

**АГРАРНИЙ ВІСНИК
ПРИЧОРНОМОР'Я**

**AGRARIAN BULLETIN OF
THE BLACK SEA LITTORAL**

SCIENTIFIC JOURNAL

ISSUE 119

ODESA, 2026

АГРАРНИЙ ВІСНИК ПРИЧОРНОМОР'Я

Відповідно до наказу Міністерства освіти і науки України № 886 від 02.07.2020 р. входить до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»).

Свідцтво про державну реєстрацію КВ № 24151-13991 від 11.10.2019 року.

Внесено до реєстру суб'єктів у сфері медіа за № R30-04716 рішенням від 23.05.2024.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Голова редакційної колегії

Юрій БОЙКО (Україна)

Технічний редактор

Володимир КУШНІР (Україна)

Члени редакційної колегії

Олена БЕЗАЛТИЧНА (Україна)

Руслан СУСОЛ (Україна)

Василь МАЧУК (Румунія)

Антон ПИСКУН (Україна)

Катерина РОДІОНОВА (Україна)

Марина РОМАНЬКО (Україна)

Іван ЯЦЕНКО (Україна)

Ірина ІЩЕНКО (Україна)

Олександр РУДІК (Україна)

Анна КРИЄНКО (Україна)

Юлія КОРЕНЕВА (Україна)

Ніна МУЛЮКІНА (Україна)

Олександр ВІНЮКОВ (Україна)

Юрій КОВАЛЬСЬКИЙ (Україна)

Erdal MATUR (Туреччина)

Sinem Özlem Enginler (Туреччина)

Георг НІКОЛАЕСКУ (Молдова)

Рекомендовано Вченою радою Одеського державного аграрного університету (Протокол №8 від 28.05.2026).

Засновник:

Одеський державний аграрний університет,
вул. Канатна, 99, м. Одеса, Україна, 65039
тел. +380487845732, Email: osau@osau.edu.ua

Адреса редакційної колегії:

Одеський державний аграрний університет,
вул. Пантелеймонівська, 13, м. Одеса, Україна, 65012,
тел. +380482371609,
Email: agrojournal@osau.edu.ua

Автори статей відповідають за оригінальність тексту, достовірність викладеного матеріалу, правильне цитування джерел та посилання на них.

AGRARIAN BULLETIN OF THE BLACK SEA LITTORAL

According to the order of the Ministry of Education and Science of Ukraine №. 886 of 02.07.2020 it is included in the List of scientific professional editions of Ukraine (category "B").

Certificate of state registration Series KB № 24151-13991. Date of issue 11.10.2019.

Included to the register of subjects in the field of media № R30-04716. Date of issue 23.05.2024.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief

Yuriy BOYKO (Ukraine)

Technical editor

Volodymyr KUSHNIR (Ukraine)

Editorial board members

Olena BEZALTICHNA (Ukraine)

Ruslan SUSOL (Ukraine)

Vasyl MACHUK (Romania)

Anton PYSKUN (Ukraine)

Kateryna RODIONOVA (Ukraine)

Maryna ROMANKO (Ukraine)

Ivan YATSENKO (Ukraine)

Iryna ISCHENKO (Ukraine)

Oleksandr RUDIK (Ukraine)

Anna KRYVENKO (Ukraine)

Yuliya KORENEVA (Ukraine)

Nina MULUKINA (Ukraine)

Oleksandr VINUKOV (Ukraine)

Yuriy KOVALSKIY (Ukraine)

Erdal MATUR (Turkey)

Sinem Özlem Enginler (Turkey)

Georg NIKOLAESKU (Moldova)

Recommended by Academic Council of Odesa State Agrarian University (Protocol №8 from 28.05.2026).

Founder:

Odesa State Agrarian University
st. Kanatnaya, 99, Odesa, Ukraine, 65039
tel. +380487845732, Email: osau@osau.edu.ua

Editorial board address:

Odesa State Agrarian University
Panteleimonivska str., 13, Odesa, Ukraine,
65012, tel. +380482371609,
Email: agrojournal@osau.edu.ua

The authors are responsible for the originality and accuracy of the presented results and materials, correct citations and references to them.

РОЗДІЛ 1. ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

Є. Калічак, М. Брошков ДОСЛІДЖЕННЯ ГОСТРОЇ ТОКСИЧНОСТІ ЕКСТРАКТУ ВОДНОЇ РОСЛИНИ <i>ROTAMOGETON PERFOLIATUS</i> НА ЛАБОРАТОРНИХ ТВАРИНАХ	7
I. Bondarenko, A. Lazorenko, Z. Korenyeva, L. Volevskiy MORPHO-BIOCHEMICAL REMODELING OF THE ENDOMETRY OF COWS: DYNAMICS OF METABOLIC AND ENZYMATIC PROFILES DURING THE ESTROUS CYCLE	17
Т. Буднік, С. Гуральська, О. Пінський ГЕМАТОЛОГІЧНІ, ЦИТОМОРФОЛОГІЧНІ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЙНІ ЗМІНИ ПРИ ЛІМФОМІ У СОБАКИ: ОПИС КЛІНІЧНОГО ВИПАДКУ	29
R. Dubin, O. Ivleva, S. Ulyzko ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF SILVER NANOPARTICLES AS A SUBSTITUTE FOR SYNTHETIC ANTIBIOTICS IN POULTRY FARMING	49
Л. Піддубна, Т. Ковальчук, В. Трохименко, С. Матковська ВПЛИВ ПРОБІОТИЧНИХ ДОБАВОК НА ЯКІСТЬ ВОДИ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО РИБНИЦТВА	60
О. Мирний ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТКАНИННИХ КОМПОНЕНТІВ ОРГАНІВ УНІВЕРСАЛЬНОГО КРОВОТВОРЕННЯ ТА ІМУННОГО ЗАХИСТУ У ПЛОДІВ СВИНІ СВІЙСЬКОЇ	73
С. Михайлютенко, М. Панченко ДІАГНОСТИЧНИЙ ПІДХІД У ЛІКУВАННІ ОТОДЕКТОЗУ КОТІВ	85
А. Завгородній, В. Білушко, С. Позмогова, А. Ушкалов ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБКА БІОЛОГІЧНОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ НА ТУБЕРКУЛЬОЗ	95
В. Чумак, М. Гаращук, В. Єфімова ДЕЯКІ ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗА БАБЕЗІОЗУ СОБАК ПІД ЧАС АНЕМІЇ	107
Н. Сулова, М. Шкваря, Н. Тішкіна, П. Склярів, Р. Милостивий, Р. Корейба КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ УТРИМАННЯ ТА ГОДІВЛІ, КЛІНІКО-ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КОРІВ ГОЛШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ В СИСТЕМІ ГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ	119
В. Бінкевич, Т. Фаріонік, А. Колечко УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ В УМОВАХ ГАРМОНІЗАЦІЇ ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ З ВИМОГАМИ ЄС	146
В. Яропуд, І. Купчук, О. Труханська ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ БЕТОНУ, ЩО ТВЕРДНЕ, З УРАХУВАННЯМ ПОТРЕБ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ	162
Ю. Буткалюк ВПЛИВ ТРИВАЛИХ ПОРУШЕНЬ ГОДІВЛІ ТА УТРИМАННЯ НА ОБМІН РЕЧОВИН І РЕПРОДУКТИВНЕ ЗДОРОВ'Я КОРІВ	170

К. Фільчугова, Д. Кібкало

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСКУТАННОЇ МІКРОТОКОВОЇ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ
ПРИ ЛІКУВАННІ НЕЙРОГЕННОГО ГІПЕРТОНУСУ СФІНКТЕРА СЕЧОВОГО
МІХУРА У СОБАК З ТРАВМАМИ ХРЕБТА 183

Г. Скрипка, О. Найдіч, Н. Данкевич, Н. Недялкова

СТАН РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ ТА ВМІСТ ¹³⁷CS У КОРМАХ КОРІВ
ЗАМІСЬКОГО КОМПЛЕКСУ «ЕКОЛАНДІЯ» 200

В. Бінкевич, Т. Фаріонік, А. Колечко

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ
ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ В УМОВАХ ГАРМОНІЗАЦІЇ ЗАКОНОДАВСТВА
УКРАЇНИ З ВИМОГАМИ ЄС 211

РОЗДІЛ 2. СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

Igor Dudarev, Serhii Uminskyi, Inna Moskalyuk, Serhiy Zhitkov,
ENSURING THE QUALITY OF COMPOUND FEED DURING THEIR STORAGE 227

Р. Санжара, Л. Миколайчук, О. Лесновська, Р. Милостивий,
ВІРУСНА ГЕМОРАГІЧНА ХВОРОБА КРОЛІВ: ВІД ЕПІЗООТИЧНИХ
ВИКЛИКІВ ДО ЕФЕКТИВНИХ СТРАТЕГІЙ КОНТРОЛЮ 239

С. Цап, О. Орішук, Л. Кременчук, Т. Пушкар, О. Чемерисова,
ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОРГАНІЧНОГО БІЛКОВОГО
КОНЦЕНТРАТУ ПРИ ГОДІВЛІ ПЕРЕПЕЛІВ 271

Т. Рижкова,
ОЦІНКА ВПЛИВУ БІОПРЕПАРАТА «СПХ-С» НА ПОКРАЩЕННЯ
СИРОПРИДАТНОСТІ МОЛОКА ДЛЯ СИРОВАРІННЯ 281

А. Гарбар, В. Гарбар, С. Гарбар,
ЕФЕКТИВНІСТЬ РАННЬОГО ВИПОЮВАННЯ ТА АМІНОКИСЛОТНОГО
ЖИВЛЕННЯ У ВИРОЩУВАННІ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ 298

Є. Ващенко, А. Лихач
СИНЕРГІЯ СЕЗОННИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ
ВІДТВОРЮВАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СВИНОМАТОК 308

С. Арапакі
МОДЕЛЮВАННЯ ТА АПРОБАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЕНЕРГООЩАДНОЇ
ГОДІВЛІ СВИНЕЙ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНИХ КОРМОВИХ РЕСУРСІВ 326

V. Sheiko
DYNAMICS OF WEIGHT AND GROWTH RATES OF YOUNG STOCK OF
DIFFERENT ORIGINS 341

I. Cherneha, T. Bordun, O. Tsindyk
INVESTMENT AND INNOVATION-DRIVEN RESILIENCE OF ROMANIA'S
SHEEP FARMING SECTOR AMID CONTEMPORARY GEOPOLITICAL
CHALLENGES IN UKRAINE 351

S. Osadchuk, I. Osadchuk
SUBSTANTIATION OF THE USE OF OZONE FOR CREATING AN OPTIMAL
MICROCLIMATE ON LIVESTOCK FARMS 366

В. Мельник, Н. Прокопенко, С. Базиволяк, О. Онищук
ВІДТВОРЮВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ КУРЕЙ КРОСУ «НОВОГЕН БРАУН» 375

I. Antonik, K. Zaruba

РОЗДІЛ 1. ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

DOI 10.37000/abbsl.2026.119.01

УДК 615.9:582.263:619:57.084

Євгеній Калічак, аспірант

Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

ORCID ID 0009-0001-3514-3840

email: Kalichak.dar@gmail.com

Михайло Брошков, д.вет.наук, професор кафедри нормальної і патологічної морфології, фізіології та судової ветеринарії

ORCID ID: 0000-0002-9917-7257

email: mr_m_m@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ГОСТРОЇ ТОКСИЧНОСТІ ЕКСТРАКТУ ВОДНОЇ РОСЛИНИ *POTAMOGETON PERFOLIATUS* НА ЛАБОРАТОРНИХ ТВАРИНАХ

Анотація

Рослини є цінним джерелом терапевтичних агентів та основ для синтетичних ліків. Визначення токсичності екстрактів водних рослин має вирішальне значення для забезпечення їх безпеки використання у фармакології, харчових технологіях та аквакультурі, оскільки вони можуть містити шкідливі ціанотоксини, виробляти фікотоксини або викликати алергію. Метою нашого дослідження було визначення параметрів гострої токсичності екстракту водної рослини Рдесника пронизанolistого (*Potamogeton perfoliatus*) на лабораторних тваринах. В якості рослинного матеріалу використовували трав'янисту водну рослину *Potamogeton perfoliatus*, що було зібрано у червні 2025 року з озера Ялпуг в Одеській області. Токсикологічні дослідження на лабораторних тваринах (білі щури, миші) проводили загальноприйнятими методами. Тварини утримувались за оптимальних умов віварію: температура у приміщенні складала 18 ± 2 °C, відносна вологість повітря (55 ± 10) %, цикл освітлення «день–ніч» упродовж експерименту складав 12/12 год, а також було забезпечено 10-ти разову зміну об'єму повітря в кімнаті віварію за годину. У проведеному експериментальному дослідженні загибелі щурів та мишей не реєстрували, розрахувати LD_{50oral} екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* не вдалося, проте вочевидь вона буде більшою за 15000,0 мг/кг маси тіла. Тому на 15 добу експерименту мишей та щурів, яким вводили екстракт водної рослини *Potamogeton perfoliatus* у дозі 15000,0 мг/кг маси тіла, було піддано евтаназії та проведено патологоанатомічний розтин. Проведені нами патологоанатомічний розтини трупів щурів та мишей з метою виявлення змін в органах, на рівні токсичності, не встановив змін характерних для впливу токсичних речовин. В існуючій науковій літературі практично відсутні дані, щодо фактів токсичності екстрактів водоростей та загибелі дослідних тварин внаслідок їх застосування. Дослідженням визначено, що екстракт водної рослини *Potamogeton perfoliatus* можна віднести до VI класу токсичності – речовини відносно нешкідливі ($LD_{50oral} > 15000,0$ мг/кг маси тіла), а за ступенем небезпечності – до IV класу – малонебезпечні речовини ($LD_{50oral} > 5000,0$ мг/кг).

Ключові слова: білі щури, LD_{50oral} , токсикологічна оцінка, біологічно активні речовини

Вступ. Рослини є цінним джерелом терапевтичних агентів та основ для синтетичних ліків. Деякі види рослин вивчалися щодо протиракових

властивостей, і за оцінками, приблизно 40–50% ліків, представлених сьогодні для терапевтичних цілей отримані з природних продуктів, або є природними продуктами [1]. В умовах сьогодення наукові дослідження водних рослин направлені на вивчення їх хімічного складу, що дозволить з'ясувати їх властивості, оскільки добре відомо, що біомаса водоростей є багатим джерелом біологічно активних сполук, що недостатньо використовується [2]. Фотосинтетична природа макро-, і мікроводоростей привернула увагу промислових підприємств. З одного боку, їх легко збирати чи культивувати. З іншого – їх фотосинтетична здатність вказує на біохімічне багатство.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що матриці водоростей багаті на цінні сполуки, такі як білки, полісахариди, жирні кислоти, мінерали, вітаміни та вторинні метаболіти, такі як фенольні сполуки або пігменти, серед інших [3]. Цей багатий хімічний профіль пов'язаний з широким спектром біологічної активності, такий як антиоксидантна, протизапальна, протиракова або протигрибкова дія, серед інших [4]. Тим не менш, для демонстрації ефективності та безпеки для клінічного застосування необхідна всебічна та систематична оцінка «природних» продуктів [5,6,7,8]. Визначення токсичності екстрактів водних рослин має вирішальне значення для забезпечення їх безпеки використання у фармакології, харчових технологіях та аквакультурі, оскільки вони можуть містити шкідливі ціанотоксини, виробляти фікотоксини, або викликати алергію.

Метою наших досліджень було визначення параметрів гострої токсичності екстракту з трав'янистої водної рослини *Potamogeton perfoliatus* на лабораторних тваринах.

Завданням дослідження стало отримання екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* та проведення його токсикологічної оцінки на лабораторних тваринах із визначенням показників гострої токсичності, аналізом клінічного стану піддослідних тварин і результатів патологоанатомічних досліджень, а також встановленням класу токсичності та ступеня небезпечності досліджуваного екстракту.

Матеріал і методи дослідження. В якості рослинного матеріалу використовували трав'янисту водну рослину *Potamogeton perfoliatus*. Зразки було зібрано вручну у червні 2025 року з озера Ялпуг в Одеській області. Отриманий рослинний матеріал підсушували до повного висихання поверхні зеленої маси, після чого його заморожували при температурі -20°C . Перед приготуванням екстракту розморожений рослинний матеріал порізали на невеликі шматки, а потім подрібнили до кашоподібної маси. Отриману масу залили дистильованою водою у співвідношенні 1:5 (рослинний матеріал: вода) та ретельно перемішали до отримання однорідної суспензії. Отриману суміш обробляли ультразвуком за допомогою ультразвукового дезінтегратора клітин UCD-1200 (виробництва Китай). Обробку проводили за наступних параметрів: круглий ультразвуковий випромінювач, потужність 1200 Вт, об'єм оброблюваної суміші 400 мл, температура суміші змінювалася під час обробки від 25°C до 47°C . Тривалість ультразвукової обробки становила 1,5 години.

Токсикологічні дослідження на лабораторних тваринах (білі щури, миші) проводили загальноприйнятими методами. Тварин утримували за стандартних умов віварію: температура повітря становила (18 ± 2) °С, відносна вологість — (55 ± 10) %, фотоперіод «день–ніч» — 12/12 год протягом усього експерименту. Також забезпечували 10-разовий обмін повітря в приміщенні віварію за годину. Для годівлі тварин використовували повнораціонний комбікорм для гризунів. Тварини мали вільний доступ до води та корму [9, 10]. Статистичну обробку даних проводили з використанням Microsoft Excel із застосуванням методів описової статистики. Усі маніпуляції над тваринами здійснювали відповідно до існуючих нормативних документів, що регламентують організацію робіт із використанням експериментальних тварин і дотримання принципів «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються в експериментальних та інших наукових цілях» [11].

Результати та їх обговорення. *Визначення параметрів гострої токсичності екстракту водної рослини Рдесник пронизанолистоного (*Potamogeton perfoliatus*) за одноразового внутрішньошлункового введення білим щурам.* Дослідження параметрів гострої токсичності екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* були проведені на нелінійних білих щурах-самках ($n=24$) (3-4)-місячного віку, масою (190-200) г, що утримувались за оптимальних умов віварію. Перед початком досліджень кожную тварину зважували і дози екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus*, що вводили, розраховували індивідуально, відповідно до маси щура. За принципом аналогів було сформовано 3 дослідні групи: щурам вводили препарат в дозах 5000,0; 10000,0 і 15000,0 мг/кг маси тіла перорально за допомогою металевого стравохідно-шлункового зонду. Тваринам контрольної групи за аналогічних умов вводили дистильовану воду в кількості 2,0 см³. У кожній групі (як дослідних, так і контрольній) було по 6 щурів ($n=6$).

За клінічним станом дослідних щурів спостерігали упродовж 14 діб. Відмічали появу та розвиток клінічних ознак отруєння, строки загибелі або відновлення до фізіологічної норми. Під час клінічного обстеження щурів звертали увагу на поведінку, реакцію на зовнішні подразники, наявність апетиту, стан шерстного покриву, колір слизових оболонок, частоту дихання та дефекації, зміни кольору фекалій тощо. Після діагностичного забою тварин шляхом передозування хлороформного наркозу, проводили патологоанатомічний розтин. Для встановлення патологоанатомічних змін використовували макроскопічний метод досліджень. Патологоанатомічний розтин виконували за наступною схемою:

– на першому етапі проводили зовнішній огляд, відмічаючи стан шерстного покриву і слизових оболонок;

– на другому – виконували розтин та огляд порожнин тіла і внутрішніх органів, таких як глотка, трахея, гортань, серце, легені, печінка, селезінка, нирки, шлунок, кишечник, відмічаючи зміни кольору, консистенції, малюнку та форми органів.

У ході гострого токсикологічного експерименту за умов внутрішньошлункового введення шурам-самкам екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* в дозах 5000,0; 10000,0 і 15000,0 мг/кг маси, - були отримані наступні результати.

У щурів I і II дослідних груп (доза 5000,0 і 10000,0 мг/кг маси тіла) картини гострого отруєння не спостерігали, тварини були рухливі, адекватно реагували на зовнішні подразники. Об'єми споживання корму та води не відрізнялись від аналогічних показників контрольної групи. Загибелі щурів у цих групах не відмічали протягом 14-добового терміну спостереження.

У щурів III дослідної групи (доза 15000,0 мг/кг маси тіла) у першу добу експерименту відмічали незначне пригнічення: тварини мало рухались і спожили менший об'єм корму та води, ніж тварини контрольної групи. Проте вже на другу добу стан щурів відновився відносно контролю. Загибелі щурів впродовж 14 діб спостереження не відмічали.

Тому на 15 добу експерименту щурів, яким вводили екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* у дозі 15000,0 мг/кг маси тіла, було піддано евтаназії, та проведено патологоанатомічний розтин. Під час зовнішнього огляду трупів дослідних тварин встановлено, що шерсть була природного кольору, не забруднена; видимі слизові оболонки природного рожевого кольору.

На розтині у щурів реєстрували:

- серце конусоподібної форми, не збільшене в об'ємі з залишками кров'яних згустків;
- легені блідо-рожевого кольору, правильної анатомічної форми;
- шлунок із невеликою кількістю корму;
- печінка темно-вишневого кольору, пружної консистенції;
- селезінка та підшлункова залоза – без змін;
- нирки світло-коричневого кольору, не збільшені в об'ємі;
- тонкий і товстий кишечник без змін.

Оскільки у проведеному експерименті загибелі щурів не реєстрували, то розрахувати LD_{50oral} екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* не вдалося, проте, вочевидь, вона буде більшою за 15000,0 мг/кг маси тіла.

Отже, екстракт водної рослини *Potamogeton perfoliatus* за токсичністю можна віднести до VI класу – речовини відносно нешкідливі ($LD_{50oral} > 15000$ мг/кг маси тіла), а за ступенем небезпечності – до IV класу – малонебезпечні речовини ($LD_{50oral} > 5000$ мг/кг) (Коцюмбас та ін., 2006).

Визначення параметрів гострої токсичності екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* за внутрішньошлункового введення білим мишам. Експеримент було проведено на 24 самцях нелінійних білих мишей 3-місячного віку і масою (19,0-21,0) г, що утримувались за оптимальних умов віварію. Перед початком досліджень кожну тварину зважували і дози екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus*, що вводили, розраховували індивідуально, відповідно до маси миші. Об'єм препарату, що вводили внутрішньошлунково за один раз, не перевищував 1,0 см³. За принципом аналогів було сформовано 3 дослідні групи: екстракт водної рослини *Potamogeton perfoliatus* вводили в дозах 5000,0; 10000,0

і 15000,0 мг/кг маси тіла перорально за допомогою металевого стравохідно-шлункового зонду. Тваринам контрольної групи вводили дистильовану воду. У кожній групі було по 6 тварини (n=6).

За клінічним станом дослідних тварин спостерігали упродовж 14 діб, відмічаючи появу та розвиток клінічних ознак отруєння, строки загибелі або відновлення до фізіологічної норми. Під час клінічного обстеження мишей звертали увагу на поведінку, реакцію на зовнішні подразники, наявність апетиту, стан шкіри, колір слизових оболонок, частоту дихання та дефекації, зміни кольору та консистенції фекалій тощо. Після діагностичного забою тварин, шляхом передозування хлороформного наркозу, проводили патологоанатомічний розтин. Для встановлення патологоанатомічних змін використовували макроскопічний метод досліджень. Патологоанатомічний розтин виконували за наступною схемою:

– на першому етапі проводили зовнішній огляд, відмічаючи стан шерстного покриву і слизових оболонок;

– на другому – виконували розтин та огляд порожнин тіла та внутрішніх органів, таких як глотка, трахея, гортань, серце, легені, печінка, селезінка, нирки, шлунок, кишечник відмічаючи зміни кольору, консистенції, малюнку та форми органів.

У ході гострого токсикологічного експерименту за умов внутрішньошлункового введення мишам екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* в дозах 5000,0; 10000,0 і 15000,0 мг/кг маси тіла були отримані наступні результати.

Уведення препарату мишам I і II дослідної групи (доза 5000,0 і 10000,0 мг/кг маси тіла) не викликало негативного впливу: миші були рухливі, добре реагували на зовнішні подразники, активно споживали корм та воду. Загибелі мишей у цих групах не реєстрували протягом 14-добового терміну спостереження.

У мишей III дослідної групи (доза 15000,0 мг/кг маси тіла) спостерігали незначне пригнічення та зниження апетиту протягом першої доби після введення. Клінічний стан тварин відновився вже на другу добу досліду. Загибелі тварин не відмічали впродовж терміну експерименту.

Тому на 15 добу експерименту мишей, яким вводили екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* у дозі 15000,0 мг/кг маси тіла, було піддано евтаназії та проведено патологоанатомічний розтин. Під час зовнішнього огляду трупів дослідних тварин встановлено, що шерсть була природного кольору, гладка; видимі слизові оболонки природного рожевого кольору.

На розтині у шурів реєстрували:

- серце конусоподібної форми, не збільшене в об'ємі з залишками кров'яних згустків;
- легені блідо-рожевого кольору, правильної анатомічної форми;
- шлунок із невеликою кількістю корму;
- печінка темно-вишневого кольору, пружної консистенції;
- селезінка та підшлункова залоза – без змін;

- нирки коричневого кольору, не збільшені в об'ємі;
- тонкий і товстий кишечник без змін.

Оскільки у проведеному експерименті загибелі мишей не реєстрували, то розрахувати LD_{50oral} екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* не вдалося, проте, вочевидь, вона буде більшою за 15000,0 мг/кг маси тіла. Тому екстракт водної рослини *Potamogeton perfoliatus* можна віднести до VI класу токсичності – речовини відносно нешкідливі ($LD_{50oral} > 15000,0$ мг/кг маси тіла), а за ступенем небезпечності – до IV класу – малонебезпечні речовини ($LD_{50oral} > 5000,0$ мг/кг) (Коцюмбас та ін., 2006).

Це дослідження було проведено для оцінки гострих токсичних ефектів екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* на моделях білих щурів за одноразового внутрішньошлункового введення. Відсутність загибелі щурів та захворюваності за введення 15000,0 мг/кг маси тіла екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* в рамках граничного тесту свідчать про те, що LD_{50oral} знаходиться $> 15000,0$ мг/кг. Дослідження показало, що екстракт водної рослини *Potamogeton perfoliatus* практично нетоксичний, згідно з класифікацією хімічної токсичності Ходжа та Штернера [12]. Цей результат узгоджується з результатами аналогічного дослідження, проведеного Михрету Дженье [13]. Екстракти морських водоростей, такі як *Ulva lactuca* або *Sargassum wightii*, загалом безпечні, а дослідження гострої токсичності не показали жодної смертності або значних клінічних, гематологічних чи гістопатологічних змін у білих щурів після одноразового внутрішньошлункового введення до 2000–5000 мг/кг маси тіла. Введення водорості *Halimeda macroloba* у дозах до 2000 мг/кг маси тіла не призвело до гострої токсичності/порушень функції підшлункової залози, печінки або нирок. Тим не менш, обмежена доза, використана в дослідженні (2000 мг/кг маси тіла), не призвела до смерті або побічних ефектів [14]. Проведені нами дослідження показали, що уведення препарату мишам I і II дослідної групи (доза 5000,0 і 10000,0 мг/кг маси тіла) не викликало негативного впливу: миші були рухливі, добре реагували на зовнішні подразники, активно споживали корм та воду. Загибелі мишей у цій групі не реєстрували протягом 14-добового терміну спостереження. В схожих дослідженнях не було виявлено жодних аномальних ознак будь-яких рухових або сенсорних функцій. Зниження маси тіла відомо як один із найпоширеніших показників для розуміння профілю токсичності препаратів [15]. Незначні зміни маси тіла спостерігалися протягом періоду лікування [16, 17, 18]. Статистично незначні зміни у споживанні їжі та води вказують на те, що екстракт був безпечним для тривалого застосування та не викликав жодних змін у метаболічній системі [19]. Проведені нами патологоанатомічний розтин трупів щурів та мишей з метою виявлення змін в органах, на рівні токсичності, не встановив змін характерних для впливу токсичних речовин. В інших дослідженнях також була встановлена відсутність будь-яких суттєвих відмінностей у вазі органів, що виключає будь-яку таку токсичність на рівні органів. При макроскопічному дослідженні загальної анатомії не спостерігалося жодних ознак аномалій або пошкоджень на рівні органів. При гістопатологічному дослідженні всі органи демонстрували

нормальну архітектуру [17, 20]. Отже, за результатами обговорення показано, що в існуючій науковій літературі практично відсутні дані щодо фактів токсичності екстрактів водоростей та загибелі дослідних тварин внаслідок їх застосування.

Пропозиції та напрями для подальших досліджень. В подальшому планується встановити фізікохімічний склад екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* та встановити види біологічно активних речовин які входять до складу цього екстракту. Окремим напрямком дослідженнями буде встановлено вплив екстракту на імунофізіологічні показники лабораторних тварин.

Висновки. За результатами визначення параметрів гострої токсичності екстракту водної рослини *Potamogeton perfoliatus* в разі внутрішньошлункового введення LD_{50oral} для щурів-самок і для мишей-самців встановити не вдалось. Проте максимальна введена доза, при якій не спостерігали загибелі тварин, складала 15000,0 мг/кг маси тіла, що дозволяє за токсичністю віднести його до VI класу – речовин відносно нешкідливі (LD_{50oral} >15000,0 мг/кг маси тіла), а за ступенем небезпечності – до IV класу – малонебезпечні речовини (LD_{50oral} >5000,0 мг/кг маси тіла).

Список використаної літератури

1. Molinski T. Marine natural products. *Clinical Advances in Hematology & Oncology*. 2009. Vol. 7, No. 6. P. 383–385
2. Herrero M. et al. Plants, seaweeds, microalgae and food by-products as natural sources of functional ingredients obtained using pressurized liquid extraction and supercritical fluid extraction. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2015. Vol. 71. P. 26–38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.01.018>
3. Wells M. L. et al. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*. 2017. Vol. 29, No. 2. P. 949–982. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>
4. Jimenez-Lopez C. et al. Main bioactive phenolic compounds in marine algae and their mechanisms of action supporting potential health benefits. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 341. Article 128262. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128262>
5. Bechelli J. et al. Cytotoxicity of algae extracts on normal and malignant cells. *Leukemia Research and Treatment*. 2011. Article 373519. DOI: <https://doi.org/10.4061/2011/373519>
6. Ali H. et al. Potential hepatoprotective role of *Amphora coffeaeformis* algae against diazinon-induced hepatotoxicity in adult Sprague–Dawley rats. *Egyptian Liver Journal*. 2025. Vol. 15. Article 53. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43066-025-00453-9>
7. Altinok-Yipel F. et al. Investigation of hepatoprotective effect of some algae species on carbon tetrachloride-induced liver injury in rats. *Archives of Physiology and Biochemistry*. 2020. Vol. 126, No. 5. P. 463–467. DOI: <https://doi.org/10.1080/13813455.2019.1702062>
8. Altyar A. E. et al. *Spirulina platensis* ameliorates hepatic oxidative stress and DNA damage induced by aflatoxin B1 in rats. *Toxicon*. 2024. Vol. 237. Article 107553. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2023.107553>
9. Коцюмбас І. Я. та ін. *Доклінічні дослідження ветеринарних лікарських засобів*. Львів : Тріада плюс, 2006. 360 с.
10. Новосад Н. В. *Лабораторні тварини і техніка біологічного експерименту*: навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2011.
11. *European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes*. European Treaty Series. 1986. No. 123. URL: <https://rm.coe.int/168007a67b>

12. Hodge A., Sterner B. Toxicity Classes. *Canadian Centre for Occupational Health and Safety*. 2005. URL: <http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/id50.htm>
13. Jegnie M. et al. Acute and sub-acute toxicity evaluation of the crude methanolic extract of *Justicia schimperiana* leaf in Wistar albino rats. *Journal of Experimental Pharmacology*. 2023. Vol. 15. P. 467–483. DOI: <https://doi.org/10.2147/JEP.S441273>
14. Rangaraj K. et al. Phytochemical analysis and acute toxicity study of seaweed *Halimeda macroloba* using Wistar albino rats. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*. 2024. Vol. 21, No. 4. P. 511–519. DOI: <https://doi.org/10.1515/jcim-2024-0077>
15. Attanayake A. P. et al. Efficacy and toxicological evaluation of *Coccinia grandis* extract in male Wistar rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*. 2013. Vol. 3, No. 6. P. 460–466. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(13\)60101-2](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(13)60101-2)
16. Christopher P. V. et al. Acute and subchronic toxicity studies of methanol extract of *Polygonum minus* leaves in Sprague Dawley rats. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2017. Vol. 86. P. 33–41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.02.005>
17. Lynch N., Berry D. Differences in perceived risks and benefits of herbal, over-the-counter conventional, and prescribed medicines. *Complementary Therapies in Medicine*. 2007. Vol. 15, No. 2. P. 84–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2006.06.007>
18. Marrez D. A. et al. Algal extracts evaluation as an antitoxicity sustainable solution against aflatoxin B1 toxicity in rat tissues. *Toxicon*. 2024. Vol. 250. Article 108098. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2024.108098>
19. Ramu S. et al. Phytochemical screening and toxicological evaluation of *Sargassum wightii* in Wistar rats. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2019. Vol. 16, No. 4. P. 466–475. DOI: <https://doi.org/10.4274/tjps.galenos.2018.68442>
20. Sun W. et al. Microalgae-derived bioactive compounds for liver health: mechanisms, therapeutic potential, and translational challenges. *Phycology*. 2026. Vol. 6, No. 1. Article 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/phycology6010009>

Yevgenii Kalichak, PhD student

Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID 0009-0001-3514-3840

email: Kalichak.dar@gmail.com

Mykhailo Broshkov, Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Normal and Pathological Morphology, Physiology and Forensic Veterinary Medicine

ORCID ID: 0000-0002-9917-7257

email:mr_m_m@ukr.net

STUDY OF THE ACUTE TOXICITY OF THE AQUATIC PLANT POTAMOGETON PERFOLIATUS EXTRACT IN LABORATORY ANIMALS

Abstract

*Plants represent a valuable source of therapeutic agents and serve as a basis for the development of synthetic drugs. The assessment of the toxicity of aquatic plant extracts is of critical importance for ensuring their safe use in pharmacology, food technology, and aquaculture, as they may contain harmful cyanotoxins, produce phycotoxins, or induce allergic reactions. The aim of the present study was to determine the parameters of acute toxicity of an extract of the aquatic plant *Potamogeton perfoliatus* in laboratory animals. The plant material consisted of the herbaceous aquatic species *Potamogeton perfoliatus*, collected in June 2025 from Lake Yalpuh (Odesa region,*

Ukraine). Toxicological studies were conducted on laboratory animals (white rats and mice) using standard methods. The animals were maintained under optimal vivarium conditions: ambient temperature of 18 ± 2 °C, relative humidity of $55 \pm 10\%$, a 12/12 h light–dark cycle, and a tenfold air exchange per hour in the animal facility. In the conducted experimental study, no mortality was observed in rats or mice. Therefore, it was not possible to determine the LD_{50oral} of the *Potamogeton perfoliatus* extract; however, it is evidently higher than 15,000.0 mg/kg body weight. On day 15 of the experiment, mice and rats administered the extract at a dose of 15,000.0 mg/kg body weight were euthanized, followed by necropsy. The pathological examination of rat and mouse carcasses aimed at detecting organ changes revealed no alterations characteristic of toxic effects. Available scientific literature contains virtually no data on the toxicity of algal extracts or mortality of experimental animals resulting from their administration. The study demonstrated that the extract of the aquatic plant *Potamogeton perfoliatus* can be classified as toxicity class VI (relatively harmless substances, $LD_{50oral} > 15,000.0$ mg/kg body weight) and, according to hazard classification, as class IV (low-hazard substances, $LD_{50oral} > 5,000$ mg/kg).

Keywords: white rats, LD_{50oral} , toxicological assessment, bioactive compounds

References

1. Molinski T. (2009). Marine natural products. *Clinical advances in hematology & oncology: H&O*, 7(6), 383–385.
2. Herrero, M., Sánchez-Camargo, A. del P., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. (2015). Plants, seaweeds, microalgae and food by-products as natural sources of functional ingredients obtained using pressurized liquid extraction and supercritical fluid extraction. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 71, 26–38. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.01.018>
3. Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchant, S. S., Helliwell, K. E., Smith, A. G., Camire, M. E., & Brawley, S. H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of applied phycology*, 29(2), 949–982. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>.
4. Jimenez-Lopez, C., Pereira, A. G., Lourenço-Lopes, C., Garcia-Oliveira, P., Cassani, L., Fraga-Corral, M., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2021). Main bioactive phenolic compounds in marine algae and their mechanisms of action supporting potential health benefits. *Food chemistry*, 341(Pt 2), 128262. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128262>
5. Ali, H., Orabi, S., Elkirdasy, A., Abd El Fattah, E., Korany, R., Khalifa, H., & Ahmed, M. (2025). Potential hepatoprotective role of *Amphora coffeaeformis* algae against diazinon-induced hepatotoxicity in adult Sprague–Dawley rats. *Egyptian Liver Journal*, 15, 53. <https://doi.org/10.1186/s43066-025-00453-9>
6. Bechelli, J., Coppage, M., Rosell, K., & Liesveld, J. (2011). Cytotoxicity of algae extracts on normal and malignant cells. *Leukemia research and treatment*, 373519. <https://doi.org/10.4061/2011/373519>.
7. Altinok-Yipel, F., Tekeli, I. O., Ozsoy, S. Y., Guvenc, M., Sayin, S., & Yipel, M. (2020). Investigation of hepatoprotective effect of some algae species on carbon tetrachloride-induced liver injury in rats. *Archives of physiology and biochemistry*, 126(5), 463–467. <https://doi.org/10.1080/13813455.2019.1702062>
8. Altyar, A. E., Kensara, O. A., Noreldin, A. E., Albadrani, G. M., El-Demerdash, F. M., Sayed, A. A., Piscopo, M., Mohammedsaleh, Z. M., Al-Ghadi, M. Q., Ghaboura, N., & Abdel-Daim, M. M. (2024). *Spirulina platensis* ameliorates hepatic oxidative stress and DNA damage induced by aflatoxin B1 in rats. *Toxicon: official journal of the International Society on Toxinology*, 237, 107553. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2023.107553>
9. Kotsiumbas, I. Ya., Malyk, O. H., Patereha, I. P., Tishyn, O. L., Kosenko, Yu. M., Chura, D. O., Kotsiumbas H.I., P'iatnychko O.M., Brezvyin O.M., Zasadna Z.S., Chaykovs'ka O.I. & Kozhem'iakin, Yu. M. (2006). Doklinichni doslidzhennia veterynarnykh likars'kykh zasobiv. L'viv: Triada plus, 360(8).

10. Novosad, N. V. (2011). **Laboratorni tvaryny i tekhnika biolohichnoho eksperymentu: Navchal'no-metodychnyy posibnyk dlia studentiv biolohichnoho fakul'tetu dennoho ta zaochnoho viddilen'.** Zaporizhzhia: ZNU.

11. Council of Europe (1986). *European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes*. European Treaty Series, 123. <https://rm.coe.int/168007a67b>.

12. Hodge, A. & Sterner, B. (2005) *Toxicity Classes*. In: *Canadian Center for Occupational Health and Safety*. <http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/id50.htm>.

13. Jegnie, M., Abula, T., Woldekidan, S., Chalchisa, D., Asmare, Z., & Afework, M. (2023). Acute and Sub-Acute Toxicity Evaluation of the Crude Methanolic Extract of *Justicia schimperiana* Leaf in Wistar Albino Rats. *Journal of experimental pharmacology*, 15, 467–483. <https://doi.org/10.2147/JEP.S441273>

14. Rangaraj, K., Ananth, V., Singam, A., Salwe, K. J., Manimekalai, K., Samy, S., & Venkatraman, S. (2024). Phytochemical analysis and acute toxicity study of seaweed *Halimeda macroloba* using Wistar albino rats. *Journal of complementary & integrative medicine*, 21(4), 511–519. <https://doi.org/10.1515/jcim-2024-0077>.

15. Attanayake, A. P., Jayatilaka, K. A. P. W., Pathirana, C., & Mudduwa, L. K. B. (2013). Efficacy and toxicological evaluation of *Coccinia grandis* (Cucurbitaceae) extract in male Wistar rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 3(6), 460–466. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(13\)60101-2](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(13)60101-2).

16. Christopher, P. V., Parasuraman, S., Asmawi, M. Z., & Murugaiyah, V. (2017). Acute and subchronic toxicity studies of methanol extract of *Polygonum minus* leaves in Sprague Dawley rats. *Regulatory toxicology and pharmacology: RTP*, 86, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.02.005>

17. Lynch, N., & Berry, D. (2007). Differences in perceived risks and benefits of herbal, over-the-counter conventional, and prescribed conventional, medicines, and the implications of this for the safe and effective use of herbal products. *Complementary therapies in medicine*, 15(2), 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2006.06.007>.

18. Marrez, D. A., Badr, A. N., El-Bahrawy, A., & Naeem, M. A. (2024). Algal extracts evaluation as an Antitoxicity sustainable solution against aflatoxin B₁ toxicity in rat tissues. *Toxicon: official journal of the International Society on Toxinology*, 250, 108098. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2024.108098>

19. Ramu, S., Murali, A., & Jayaraman, A. (2019). Phytochemical Screening and Toxicological Evaluation of *Sargassum wightii* Greville in Wistar Rats. *Turkish journal of pharmaceutical sciences*, 16(4), 466–475. <https://doi.org/10.4274/tjps.galenos.2018.68442>.

20. Sun, W., Du, M., Shen, G., Lai, D., & Wang, J. (2026). Microalgae-Derived Bioactive Compounds for Liver Health: Mechanisms, Therapeutic Potential, and Translational Challenges. *Phycology*, 6(1), 9. <https://doi.org/10.3390/phycology6010009>

Стаття надійшла до редакції 03.03.2026

Стаття пройшла рецензування 06.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Irina Bondarenko

PhD in Veterinary Sciences, Assistant Professor
Odesa State Agrarian University
65012, 13 Panteleimonivska Str., Odesa, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-1019-3446
email bondarenkoirina173@gmail.com

Andrey Lazorenko

PhD in Veterinary Sciences, Assistant Professor
Kyiv East Ukrainian National University Named After Volodymyr Dal
17, St. John Paul II, Kyiv, Ukraine, 01042,
ORCID ID 0000-0002-0916-3901
email Lazorenkoandrej@gmail.com

Zhanna Korenyeva

PhD in Veterinary Sciences, Assistant Professor
Odesa State Agrarian University
65012, 13 Panteleimonivska Str., Odesa, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-2730-5990
email: koreneva-z@ukr.net

Lev Volevsky

3rd year student, Faculty of Veterinary Medicine
Odesa State Agrarian University
65012, 13 Panteleimonivska Str., Odesa, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-1172-3744
email Lewolevsky@gmail.com

**MORPHO-BIOCHEMICAL REMODELING OF THE ENDOMETRY
OF COWS: DYNAMICS OF METABOLIC AND ENZYMATIC PROFILES
DURING THE ESTROUS CYCLE**

Abstract.

The current body of scientific literature, despite its depth, fails to provide a comprehensive and high-resolution mapping of the morphological and histological dynamics governing endometrial formation in cattle fetuses, a gap that significantly complicates the development of precision methods for physiological correction and metabolic stimulation during gestation and placental formation. This lack of systematic data is particularly critical for understanding the assembly of the maternal placenta

during the estrus phase, where the structural integrity of the tissue determines the success of all subsequent reproductive stages.

The intricate process of gametogenesis and the concurrent maturation of reproductive organs are driven by intensive transamination reactions, characterized by a marked elevation in transferase activity where the cytoplasmic-mitochondrial fraction plays a functionally dominant role in maintaining cellular energy balance. It is analytically significant that the estrus stage acts as a metabolic catalyst, triggering a cascade of tissue enzyme activations and systemic metabolic surges, whereas the subsequent phases of inhibition and equilibration are defined by a compensatory reduction in these bioenergetic phenomena to restore basal homeostasis.

Contemporary reproductive biology has firmly established that the functional status of uterine glandular epithelial cells and the associated stromal components is characterized by profound heterogeneity throughout the estrous cycle, a state of "dynamic instability" that is paradoxically essential for maintaining long-term tissue homeostasis. Researchers hypothesize that this cellular heterogeneity serves as an evolutionary adaptation, allowing the endometrium to rapidly recruit reserve structural units in response to the volatile hormonal environment of the female organism.

In the immediate pre-ovulatory period, the morphometric thickness of the endometrium and the oviductal epithelium reaches its physiological zenith, driven by a precipitous surge in steroid hormone concentrations that stimulates the cervical epithelium to synthesize and discharge maximal volumes of low-viscosity mucus enriched with mucins, glycoproteins, and high-molecular-weight protein complexes.

Our rigorous empirical investigations confirm that the estrus phase is distinguished by a statistically significant ($p < 0.001$) escalation in total serum protein, which increases by 7.6% relative to metestrus and by 8.7% compared to proestrus, reflecting the massive hypertrophic and proliferative expansion of the myometrium and the functional endometrial layer.

Glandular epithelial units undergo a series of integrated structural-functional metamorphoses, where the proestrus phase is marked by aggressive proliferation and apical translocation of glycogen reserves within the uterine glands. The temporal duration of these cellular shifts is strictly governed by the maturation rate of the dominant ovarian follicle, ensuring a precise synchronization between ovulation and endometrial receptivity. The application of these localized metabolic findings on a macro-scale will facilitate a substantial increase in herd reproduction indices, thereby optimizing the economic efficiency of meat and dairy industries through a scientifically substantiated model of physiological remodeling.

Introduction

The critical issue of bovine reproduction, particularly concerning highly productive cows characterized by a complex physiological state of lactation dominance and prolonged reproductive cycles, remains a pivotal theme within the global landscape of veterinary morphology and endocrinology, as the maintenance of uterine physiological homeostasis directly dictates the economic viability of the entire

livestock sector (Moore et al., 2019; Faria & Simões, 2015). Against the background of significantly diminished adaptive capabilities during the recovery period, even minor infractions in the conditions of maintenance and operational stressors can become excessive, subsequently precipitating unfavorable conditions that obstruct the manifestation of a complete and functional sexual cycle, as evidenced by the high risk of symptomatic and latent infertility in post-parturient animals (Bondarenko et al., 2023; Gray et al., 2002). [1, 4].

The systemic metabolism in the bovine organism serves as a comprehensive reflection of the underlying physiological processes, where a weakening of inherent protective properties triggers the activation of compensatory and latent potential reserves whose expression is fundamentally contingent upon the stability of biochemical homeostasis (Fodor et al., 2019). Nutritional factors and the specificities of environmental maintenance exert a profound influence on these metabolic pathways, necessitating a detailed understanding of the morpho-biochemical remodeling of the endometrium—a tissue uniquely capable of cyclic destruction and total regeneration under the rigorous orchestration of ovarian steroid hormones (2023; Oznurlu et al., 2009). [2, 3].

For the clinical veterinarian, mastering the physiological features of the functional endometrial layer is paramount, as this internal environment of the uterus directly influences the integrity of the connective tissue skeleton and the underlying glandular apparatus through a series of complex structural-functional transformations (Filant & Spencer, 2013). While endometrial morphogenesis is dictated by a convergence of hereditary factors and fetal development conditions, there remains a critical lack of systematized data regarding the cattle-specific developmental stages of this tissue in the postnatal period, which justified the rigorous investigation of the morphological-biochemical remodulation of the bovine endometrium throughout the estral cycle (Moore et al., 2019). [4, 9].

The glandular epithelium undergoes integrated structural metamorphoses where, during the proestrus phase, uterine gland cells exhibit aggressive proliferation and growth, a period defined by the active translocation of glycogen from the basal to the apical region of the gland—a process strictly governed by the maturation rate of the dominant ovarian follicle (El-Gendy & Derbalah, 2021). Following ovulation, at the onset of the inhibitory stage, secretory transformation becomes manifest through the appearance of basal vacuoles, where the secretion of glycodelin acts as a crucial local immunosuppressant to shield the developing embryo from the maternal immune response (Filant & Spencer, 2013; Gray et al., 2002). [3, 4].

Endometrial regeneration initiates during the diestrus phase against a landscape of low steroid concentrations, triggering a molecular interaction between local growth factors and specific cellular receptors that promotes fibroblast activity and the synthesis of collagen, elastin, and proteoglycans (Moore et al., 2019). This heterogeneity of the epithelial and stromal components, characterized by the influx of lymphocytes from blood vessels to regulate mitotic activity, ensures that the uterine mucosa remains a highly sensitive, hormone-dependent organ capable of dynamic responses to any homeostatic imbalance—from hyperplasia to atrophy (Bondarenko et al., 2023; Fodor

et al., 2019). Consequently, in the current framework of intensive livestock farming, the application of targeted technological means to adjust reproductive function is essential to minimize the ecological footprint of production and maximize the output of high-quality food products (Moore et al., 2019). [2, 4].

Keywords: *endometrial remodeling, biochemical homeostasis, estrous cycle, bovine reproduction, metabolic status, enzymatic activity.*

Purpose and Methods. The primary objective of this study was to establish a rigorous morphofunctional and biochemical baseline for the cyclic remodeling of the bovine endometrium by quantifying systemic metabolic shifts across defined physiological stages of the estrous cycle.

To achieve this, a cohort of cows (n=50) aged 3 to 10 years was systematically screened and categorized into three distinct experimental groups based on synchronized clinical markers and endocrinological profiles. Group 1 (n=11) was composed of animals in the peak of the estrus phase, verified by the presence of a distinct standing reflex and the physiological zenith of the Luteinizing Hormone (LH) surge, which serves as the critical window for reproductive correction and artificial insemination.

Group 2 (n=20) represented the metestrus stage, specifically the 7th to 8th day post-ovulation, during which the corpus luteum reaches its maximal functional flourishing and secretes progesterone levels sufficient for pre-gestational endometrial preparation. Conversely, any identified low secretory activity of the corpus luteum during this period was analyzed as a precursor to the blockage of uterine myometrial receptors and the subsequent inhibition of glandular synthesis (Bondarenko et al., 2023; Moore et al., 2019).

Group 3 (n=19) consisted of cows in the proestrus phase (days 17–18), diagnosed via clinical evidence of hypertrophy and hyperemia of the internal reproductive tract, signaling the initiation of cellular proliferation under the stimulatory influence of hypothalamic liberins and Follicle-Stimulating Hormone (FSH). This phase is characterized by the gonadal production of estrogens—estrone, estriol, and estradiol—which directly target the endometrial glands to initiate the next wave of morphological remodeling. Furthermore, a specialized clinical subgroup was integrated into the study, consisting of healthy cows undergoing sexual cyclicity restoration following pathological complications, including endometritis (n=17) and retained placenta (n=14), who had remained anestrous for a period exceeding 30 days post-clinical recovery.

Blood samples were extracted via the jugular or tail vein under strict aseptic and antiseptic conditions in the morning prior to feeding to minimize exogenous metabolic interference.

The determination of total protein was executed using the biuret method, while total lipid concentrations were quantified utilizing the phosphovanillin reagent, and total cholesterol levels were measured via the Zlatkis-Zak method with specialized diagnostic kits (PE Danysh, Lviv, Ukraine) and a KFK-3 photoelectrocolorimeter.

To assess the intensity of cellular remodeling and tissue damage, the activity of aspartate aminotransferase (AsAT) and alanine aminotransferase (AlAT) in the blood

serum was determined by the Reitman-Frankel method using standardized diagnostic kits from "Simko LTD" (Lviv, Ukraine). This integrated biochemical approach allows for the verification of the systemic metabolic status in relation to the localized morphological state of the uterine mucosa, ensuring a mathematically consistent and biologically representative dataset (Bondarenko et al., 2023).

Presentation of the main material of the study.

In contemporary veterinary medicine, the physiology of reproductive capacity remains a central challenge due to the insufficient systemic mapping of the structural-functional processes occurring within the bovine endometrium across distinct stages of the estrous cycle (Moore et al., 2019). The regenerative capacity of the uterine mucosa post-parturition is highly variable; depending on the individual physiological status, endometrial restoration may extend over several months, thereby delaying subsequent conception and disrupting the economic cycle of the dairy enterprise. Empirical data indicate that within the first month post-calving, complete endometrial restoration and successful re-pregnancy are achieved in only 37% of cows aged three to six years, while approximately 75% of the herd exhibits irregular estrous cyclicity with periods ranging from 16 to 30 days. This variability is often attributed to a pathological lag in estrus manifestation, which is further exacerbated by adverse exogenous and endogenous stimuli encountered during intensive exploitation. [5,6,7].

During the manifestation of physiological estrous cyclicity, the cow's metabolism acquires significant intensity, making the organism highly susceptible to stress factors that disrupt steroidogenesis and hematopoiesis. These metabolic disturbances lead to profound morphological alterations in internal organs and the uterine mucosa, directly affecting the physiological sequence of structural transformations required for successful zygote nidation and stable pregnancy (Faria & Simões, 2015; Filant & Spencer, 2013). To mitigate these dysfunctional disorders, modern livestock management integrates preventive systems that combine balanced nutritional protocols with targeted veterinary interventions, such as the administration of antioxidants and uterine contractility stimulants to enhance regenerative capacity. The endometrium, as the primary hormone-sensitive lining, plays a decisive role in this process, providing the biophysical and energy support necessary for the embryo until the full establishment of the maternal placenta. [8].

The structural quality of the endometrium and its future receptivity are fundamentally established during the embryonic development of the heifer, long before the activation of other reproductive components. Scientific evidence confirms that full cellular proliferation and effective metabolism within the uterine mucosa require a precise stoichiometric ratio of estradiol to progesterone. Secretory transformation is achievable only through a cyclic surge in progesterone levels against a background of maintained local estradiol concentrations and optimized uterine blood flow. Any violation of this hormonal equilibrium triggers a cascade of dysfunction, leading to hyperplastic disorders or atrophy. Contemporary research has identified complex intercellular relationships where growth factors, cytokines, and the cellular immune system act as co-regulators of endometrial proliferative activity, maintaining a critical

balance between cell growth and apoptosis to ensure tissue homeostasis (Moore et al., 2019). [9].

To establish the general metabolic status, a comprehensive quantification of protein-lipid metabolism and aminotransferase activity was conducted across the estrous stages. Total serum protein serves as a primary indicator of vital activity, acting as the plastic material for all tissue organs and a catalyst for biochemical signaling. Our results demonstrate that during estrus, the total blood protein significantly ($p < 0.001$) escalates to a peak, showing a mathematically verified increase of 7.6% compared to the metestrus phase and an 8.7% rise relative to proestrus. This surge reflects the massive mobilization of protein components required for the rapid proliferation of the functional endometrial layer and the synthesis of protein-rich cervical mucus (mucin and glycoproteins). [2,4].

Lipid metabolism follows a similar upwards trajectory during the excitation stage; lipids and neutral fats are essential for the structural organization of cell membranes and the stabilization of antioxidant systems under stress. The concentration of total lipids during estrus significantly increased by 29.5% compared to metestrus ($p < 0.001$) and by 14.76% relative to proestrus ($p < 0.001$). Correspondingly, total cholesterol—the fundamental precursor for steroid hormone biosynthesis—rose by 46.6% during estrus compared to the flowering of the corpus luteum (metestrus) and by 23.9% relative to proestrus ($p < 0.001$). This intensive lipid accumulation within epithelial cells acts as a functional barrier, protecting the uterine environment during the heightened activity of the estrus phase. Conversely, in cows suffering from postpartum complications (endometritis or retained placenta), lipid levels remained significantly lower (by 14.19% to 32%), indicating a failure of the endometrial barrier function and a suppression of necessary proliferative processes. (Fig. 1).

The quantitative analysis of globulin fractions revealed a physiological trajectory congruent with the total protein dynamics, where all indicators remained within strictly defined homeostatic norms yet exhibited statistically significant inter-group variance. This differentiation reflects the adaptive redistribution of protein sub-fractions—specifically alpha-, beta-, and gamma-globulins—to support the humoral immune response and the transport of steroid ligands during the peak of the estrous cycle. Lipids, acting as complex ergomic compounds that encompass neutral fats and steroids, exert a profound regulatory influence on the renewal of uterine structures, the modulation of maternal-embryonic immune relationships, and the overall fertilization success (Moore et al., 2019).

Lipids play a multifaceted role in the structural-functional organization of endometrial cells, serving as both integral membrane components and precursors for secondary messengers in intracellular signaling pathways. Their participation in the regulation of membrane stability and the orchestration of inflammatory and immunological reactions is paramount for maintaining tissue integrity during the intensive remodeling phase of the estrous cycle. Under the influence of negative exogenous stressors, the bovine organism frequently undergoes oxidative stress, leading to a precipitous increase in reactive oxygen species (ROS). This triggers the mobilization of antioxidant defense systems and the activation of specialized lipid-

mediated metabolic pathways designed to stabilize cell membranes and preserve the functionality of the secretory apparatus under extreme physiological conditions (Faria & Simões, 2015; El-Gendy & Derbalah, 2021).

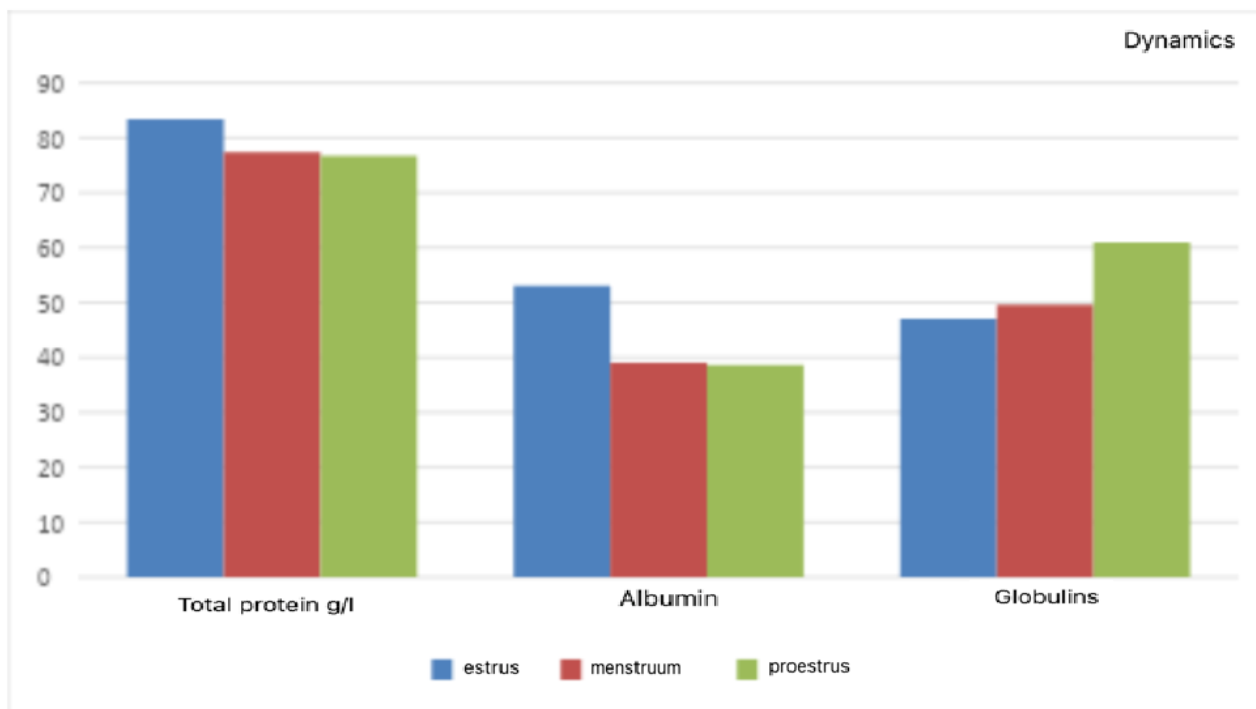


Fig. 1. Dynamics of protein metabolism in the body of cows during the estrous cycle

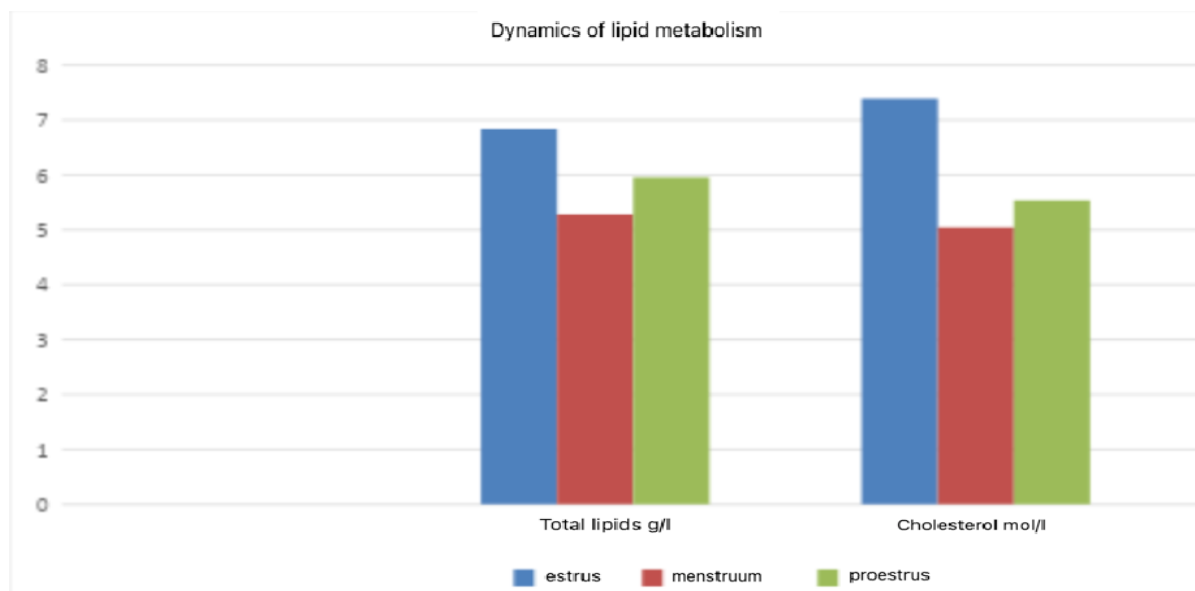


Fig. 2. Dynamics of lipid metabolism in the body of cows during the estrous cycle.

Steroid hormones, which dictate the rhythm of the sexual cycle, are fundamentally derived from cholesterol through a series of complex enzymatic transformations. Cholesterol is not merely a precursor but a vital structural element that determines the fluidity and permeability of all cellular membranes within the reproductive tract. A precise homeostatic balance between cholesterol concentrations

and the unsaturated fatty acid profiles of phospholipids is mandatory for the preservation of membrane integrity. By directly modulating the physical state of the phospholipid bilayer, cholesterol regulates the functional conformation of membrane-bound receptor proteins, including transferrin, nicotinic, and acetylcholine receptors, as well as the critically important oxytocin and rhodopsin receptors (Moore et al., 2019). This molecular architecture ensures that the endometrium remains highly responsive to the hormonal surges required for successful ovulation and subsequent nidation.

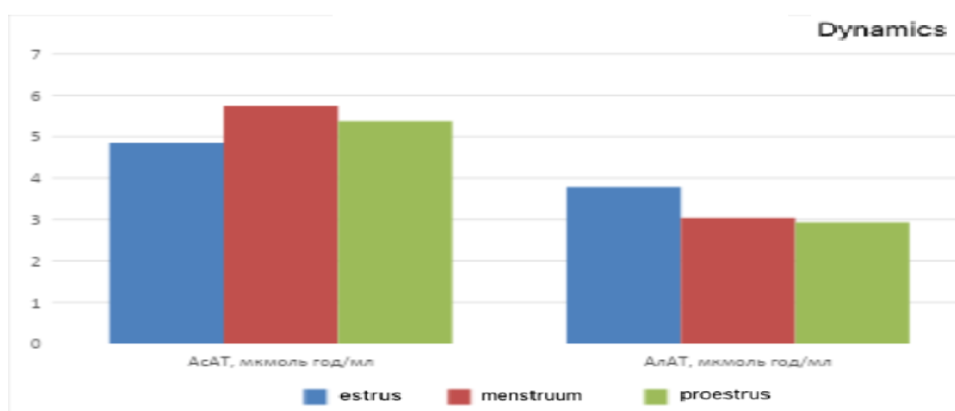


Fig. 3. Dynamics of aspartic and alanine transferase activity in the body of cows at different stages of the estrous cycle n=11-20. ($M \pm m$)

The quantitative evaluation of lipid metabolism during the estrous cycle reveals a statistically significant ($p < 0.001$) surge in total lipids during the estrus phase, exhibiting a mathematically verified increase of 29.5% compared to the metestrus period and 14.76% relative to proestrus. This accumulation is directly associated with the accelerated mitotic activity of endometrial epithelial cells, which function as a biological reservoir for neutral fats. Furthermore, the elevation in lipid concentrations serves as a critical component of the endometrial barrier function, providing the necessary structural stability for cells undergoing rapid proliferation. In contrast, the significant depletion of lipids observed during the flowering stage of the corpus luteum (metestrus) acts as a biochemical indicator of epithelial exposure and the initiation of localized tissue destruction.

A parallel and even more pronounced trajectory is observed in cholesterol dynamics, where levels during estrus escalate by 46.6% compared to metestrus and by 23.9% relative to proestrus ($p < 0.001$). This surge is physiologically indispensable for the heightened biosynthesis of steroid hormones required to sustain the phenomenon of heat (estrus) and ensure the receptivity of the uterine environment. Crucially, in cows experiencing delayed restoration of sexual cyclicity post-partum, cholesterol and lipid levels remain significantly lower (by 14.19% to 32%), indicating a profound suppression of the barrier function and hormonal signaling pathways caused by parturition-related trauma and subsequent metabolic failure (Bondarenko et al., 2023).

The activity of intracellular enzymes, specifically aspartate (AST) and alanine (ALT) aminotransferases, provides a window into the intensity of protein metabolism and cellular remodeling. As catalysts for amino acid metabolism, these enzymes are mobilized to meet the increased energy and plastic needs of the reproductive tract. While AST is traditionally viewed as an indicator of cytoplasmic integrity, ALT—distributed across both cytoplasm and mitochondria—reflects the deeper metabolic intensity of the tissue. Our findings indicate a unique enzymatic inversion during estrus: AST activity significantly decreases by 15.5% compared to metestrus and by 9.8% relative to proestrus ($p < 0.001$), signaling a shift from catabolic cell destruction to constructive protein synthesis.

Conversely, ALT activity during estrus exhibits a sharp increase of 19.6% relative to metestrus and a 29.1% surge compared to proestrus ($p < 0.001$). This intensive activation of alanine aminotransferase facilitates the physiological increase in total proteins and lipids, creating the optimal metabolic substrate for follicular maturation and subsequent zygote implantation. The dominance of the cytoplasmic-mitochondrial enzymatic fraction during the excitation stage substantiates the transition of the endometrium into a state of maximal functional readiness. These enzymatic fluctuations, while remaining within physiological limits, act as sensitive biomarkers of the organism's adaptive capacity and the precision of the neurohumoral regulation of the reproductive cycle.

Conclusions and prospects for further research.

The clinical and biochemical manifestation of the estrus phase in cows is driven by a systemic activation of physiological and metabolic pathways, primarily mediated by the mobilization of key tissue enzymes and the redistribution of intracellular substrates. Our findings substantiate that the peak of the excitation stage is characterized by a statistically significant ($p < 0.001$) escalation in blood serum total protein, which increases by 7.6-8.7% as a direct consequence of the intensive proliferation of the myometrium and the functional endometrial layer. This anabolic surge is accompanied by a concurrent rise in total lipids (+29.5%) and cholesterol (+46.6%), reflecting the heightened demand for structural membrane components and steroid precursors necessary for effective ovulation and subsequent nidation. Furthermore, the dynamic shifts in aminotransferase activity—specifically the adaptive inversion of AsAT and AlAT—serve as precise indicators of the intensity of cellular remodeling and the organism's readiness for zygote implantation. This enzymatic profile, characterized by the dominance of the cytoplasmic-mitochondrial fraction, underscores the transition of the reproductive system from a state of post-ovulatory inhibition to maximal functional activity.

List of references

1. Bondarenko, I., Lazorenko, A., Musiienko, Y., & Panasenko, O. (2023). Inflammatory and anti-inflammatory cytokines in the endometrium of cows during anaphrodisia and estrous cycle. *Scientific Horizons*, 26(9), 35–43. <https://doi.org/10.48077/scihor9.2023.35>

2. Faria, N. A., & Simões, J. (2015). Incidence of uterine torsion during veterinary-assisted dystocia and singleton live births after vaginal delivery in Holstein-Friesian cows at pasture. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 4(4), 309–312. <https://doi.org/10.1016/j.apjr.2015.07.009>

3. Filant, J., & Spencer, T. E. (2013). Endometrial glands are essential for blastocyst implantation and decidualization in the mouse uterus. *Biology of Reproduction*, 88(4), Article 93, 1–11. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.113.107631>.

4. Gray, C. A., Burghardt, R. C., Johnson, G. A., Bazer, F. W., & Spencer, T. E. (2002). Evidence that absence of endometrial gland secretions in uterine gland knockout ewes compromises conceptus survival and elongation. *Reproduction*, 124(2), 289–300. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1240289>

5. El-Gendy, S. A., & Derbalah, A. S. (2021). Histology of hair follicles in different breeds of rabbits. *Indian Journal of Animal Research*, 55(4), 405–411. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-4343>

6. Moore, S. G., Ericson, A. C., Coyne, G. S., et al. (2019). Pro-inflammatory cytokines and the bovine endometrium. *Journal of Dairy Science*, 102(1), 114–125. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15112>

7. Filant J., Spencer T.E. Endometrial glands are essential for blastocyst implantation and decidualization in the mouse uterus. *Biol Reprod*. 2013. Vol. 88, № 4. P. 93. DOI: 10.1095/biolreprod.113.107631.

8. Gray C.A., Burghardt R.C., Johnson G.A., Bazer F.W., Spencer T.E. Evidence that absence of endometrial gland secretions in uterine gland knockout ewes compromises conceptus survival and elongation. *Reproduction*. 2002. Vol. 124, № 2. P. 289–300.

9. Cooke P.S., Ekman G.C., Kaur J., Davila J., Bagchi I.C., Clark S.G., Bartol F.F. Brief exposure to progesterone during a critical neonatal window prevents uterine gland formation in mice. *Biol Reprod*. 2012. Vol. 86, № 3. P. 63. DOI: 10.1095/biolreprod.111.097188.

10. Burton G.J., Watson A.L., Hempstock J., Skepper J.N., Jauniaux E. Uterine glands provide histiotrophic nutrition for the human fetus during the first trimester of pregnancy. *J Clin Endocrinol Metab*. 2002. Vol. 87, № 6. P. 2954–2959. DOI: 10.1210/jcem.87.6.8563.

11. Couto P.S., Shatirishvili G., Bersenev A., Verter F. First decade of clinical trials and published studies with mesenchymal stromal cells from umbilical cord tissue. *Regenerative medicine*. 2019. Vol. 14, № 4. P. 309–319. DOI: 10.2217/rme-2018-0171.

12. El-Hawary A., El-Kishk M., Abou-Aiana R.M. Prevention of Retention of Placenta in Lactating Friesian Cows with Dystocia and its Relation with their Productive and Reproductive Efficiency and Blood Constituents. *Journal of Animal and Poultry Production*. 2020. Vol. 11. P. 339–347. DOI: 10.21608/jappmu.2020.118217.

13. Kuhla B., Kaefer V., Tuchscherer A., Kuhla A. Involvement of Plasma Endocannabinoids and the Hypothalamic Endocannabinoid System in Increasing Feed Intake after Parturition of Dairy Cows. *Neuroendocrinology*. 2020. Vol. 110, № 3-4. P. 246–257. DOI: 10.1159/000501208.

Ірина Бондаренко

Кандидат ветеринарних наук, доцент
Одеський державний аграрний університет
65012, вул. Пантелеймонівська, 13, Одеса, Україна
ORCID ID 0000-0002-1019-3446
email bondarenkoirina173@gmail.com

Андрій Лазоренко

Кандидат ветеринарних наук, доцент
Київський Східноукраїнський національний університет імені Володимира

Даля

17, вул. св. Івана Павла II, Київ, Україна, 01042,
ORCID ID 0000-0002-0916-3901
email Lazorenkoandrej@gmail.com

Жанна Коренєва

Кандидат ветеринарних наук, доцент
Одеський державний аграрний університет
65012, вул. Пантелеймонівська, 13, Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0003-2730-5990
електронна пошта: koreneva-z@ukr.net

Лев Волевський

студент 3-го курсу, факультет ветеринарної медицини
Одеський державний аграрний університет
65012, вул. Пантелеймонівська, 13, Одеса, Україна
ORCID ID 0000-0002-1172-3744
електронна пошта Lewolevsky@gmail.com

**МОРФО-БІОХІМІЧНЕ РЕМОДЕЛЮВАННЯ ЕНДОМЕТРІЇ КОРІВ:
ДИНАМІКА МЕТАБОЛІЧНИХ ТА ФЕРМЕНТНИХ ПРОФІЛІВ
ПРОТЯГОМ ТЕЧОВОГО ЦИКЛУ**

Анотація

Сучасний корпус наукової літератури, незважаючи на його глибину, не забезпечує комплексного та високороздільного картування морфологічної та гістологічної динаміки, що регулює формування ендометрію у плодів великої рогатої худоби, що значно ускладнює розробку прецизійних методів фізіологічної корекції та метаболічної стимуляції під час вагітності та формування плаценти. Ця відсутність систематичних даних особливо важлива для розуміння формування материнської плаценти під час фази еструсу, де структурна цілісність тканини визначає успіх усіх наступних репродуктивних стадій.

Складний процес гаметогенезу та одночасного дозрівання репродуктивних органів зумовлений інтенсивними реакціями трансамінування, що характеризуються значним підвищенням трансферазної активності, де цитоплазматично-мітохондріальна фракція відіграє функціонально домінуючу роль у підтримці клітинного енергетичного балансу.

Аналітично важливо, що стадія еструсу діє як метаболічний каталізатор, запускаючи каскад активації тканинних ферментів та системних метаболічних сплесків, тоді як наступні фази гальмування та зрівноваження визначаються компенсаторним зниженням цих біоенергетичних явищ для відновлення базального гомеостазу.

Сучасна репродуктивна біологія твердо встановила, що функціональний стан залозистих епітеліальних клітин матки та пов'язаних з ними стромальних компонентів характеризується глибокою гетерогенністю протягом усього естрального циклу, станом «динамічної нестабільності», який парадоксально необхідний для підтримки довгострокового тканинного гомеостазу. Дослідники висувують гіпотезу, що ця клітинна гетерогенність слугує еволюційною адаптацією, дозволяючи ендометрію швидко набирати резервні структурні одиниці у відповідь на мінливе гормональне середовище жіночого організму.

Близько в передовуляторний період морфометрична товщина ендометрію та епітелію яйцепроводів досягає свого фізіологічного зеніту, що зумовлено різким зростанням концентрації стероїдних гормонів, що стимулює епітелій шийки матки синтезувати та виділяти максимальні об'єми низьков'язкого слизу, збагаченого муцинами, глікопротеїнами та високомолекулярними білковими комплексами.

Наші ретельні емпіричні дослідження підтверджують, що фаза еструсу характеризується статистично значущим ($p < 0,001$) зростанням загального білка сироватки крові, яке збільшується на 7,6% порівняно з метеструсом та на 8,7% порівняно з проеструсом, що відображає масивне гіпертрофічне та проліферативне розширення міометрія та функціонального шару ендометрію.

Залозисті епітеліальні одиниці зазнають серії інтегрованих структурно-функціональних метаморфоз, де фаза проеструсу характеризується агресивною проліферацією та апікальним переміщенням запасів глікогену в маткових залозах. Тривалість цих клітинних зрушень суворо регулюється швидкістю дозрівання домінантного фолікула яєчника, що забезпечує точну синхронізацію між овуляцією та рецептивністю ендометрію. Застосування цих локалізованих метаболічних даних на макрорівні сприятиме суттєвому збільшенню показників відтворення стада, тим самим оптимізуючи економічну ефективність м'ясної та молочної промисловості за допомогою науково обґрунтованої моделі фізіологічного ремоделювання.

Стаття надійшла до редакції 05.03.2026

Стаття пройшла рецензування 07.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Тетяна Буднік, PhD з ветеринарії, старший викладач кафедри внутрішньої патології та морфології

Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

ORCID: 0000-0002-9754-3938

email: tatjanabudnik@ukr.net

Світлана Гуральська, доктор ветеринарних наук, професор, завідувач кафедри внутрішньої патології та морфології

Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

ORCID: 0000-0001-7383-1989

email: svitlana.huralska@polissiauniver.edu.ua

Олег Пінський, кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри внутрішньої патології та морфології

Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

ORCID: 0000-0002-1978-5261

email: pinsky.o.v@ukr.net

ГЕМАТОЛОГІЧНІ, ЦИТОМОРФОЛОГІЧНІ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЙНІ ЗМІНИ ПРИ ЛІМФОМІ У СОБАКИ: ОПИС КЛІНІЧНОГО ВИПАДКУ

Анотація

Актуальність вивчення лімфоми у собак зумовлена високою частотою її виникнення, складністю ранньої діагностики та різноманіттям клінічних форм і перебігу. Встановлено, що лімфома у собак частіше діагностується у тварин старшої вікової групи, переважно після 7-ми річного віку. До розвитку даної патології більш схильні окремі породи собак, зокрема боксери, лабрадори, ротвейлери та німецькі вівчарки. Етіологія лімфоми у собак є мультифакторною і включає генетичну схильність, порушення імунної регуляції, вплив факторів навколишнього середовища, особливо хімічних та канцерогенних сполук. У статті наведено клінічний випадок лімфоми у метиса собаки віком 9 років. Клінічним обстеженням собаки встановлено відсутність апетиту, гіпертермію, симетричне збільшення привушних та підколінних лімфатичних вузлів, болючість черевної порожнини, апатію. З діагностичною метою було проведено лабораторне дослідження крові, за результатами якого виявлено зниження кількості еритроцитопенію до 5,36 Т/л, тромбоцитопенію, та лейкоцитоз. При морфологічному дослідженні мазка периферичної крові було виявлено великі гранулярні лімфоцити, до 88 %. Біохімічним дослідженням сироватки крові встановлено гіпоальбумінемію, підвищення активності аланін аміотрансферази, зростання концентрації лужної фосфатази, що є ознакою вираженого гепатоцелюлярного або м'язового ушкодження, холестазу або індукції ферменту. Лактатдегідрогеназа підвищена у 2,1 рази, креатинкіназа підвищена до 399,5 ОД/л що може вказувати на активний цитоліз та тканинне ушкодження. Відмічали гіпокальціємію, яка може бути пов'язана з гіпоальбумінемією, і свідчить про порушення всмоктування або системний метаболічний дисбаланс. Ультрасонографічним дослідженням встановлено, що підшлункова залоза містить

множинні вогнищеві зміни, лімфопроліферативного або метастатичного походження, відзначається генералізована лімфаденопатія, що узгоджується з системним процесом, ймовірно неопластичного або інфекційно-реактивного характеру. Рентгенологічним обстеженням ознак метастатичного ураження органів грудної порожнини не виявлено. Під час проведення цитоморфологічного дослідження лімфатичного вузла виявлено виражене порушення нормальної архітекτονіки лімфоїдної тканини з переважанням популяції атипичних лімфоїдних клітин середнього та великого розміру з ознаками вираженої клітинної атипії. У частини клітин спостерігається підвищена ядерна щільність та ознаки активної проліферації, що відображає високий мітотичний потенціал пухлинної популяції, та є характерною для злоякісного лімфопроліферативного процесу. Сукупність отриманих даних мають практичну цінність для лікарів ветеринарної медицини, дані клінічного випадку надані з метою своєчасного встановлення діагнозу для подальшого лікування тварини.

Ключові слова: лімфопроліферативне захворювання, злоякісне новоутворення, онкологія дрібних тварин, ультрасонографія, рентгенографія.

Вступ. Лімфома у собак є однією з найпоширеніших злоякісних неоплазій гемопоетичної системи, що характеризується проліферацією трансформованих лімфоїдних клітин і зазвичай діагностується на пізніх стадіях розвитку [2]. У собак лімфома становить 24% від усіх зареєстрованих новоутворень та 85% серед діагностованих злоякісних гематологічних пухлин. Частота виникнення даної патології оцінюється приблизно в 20 випадків на сто тисяч собак [3, 14]. Захворювання уражає як молодих, так і старших тварин, проте найчастіше реєструється у собак середнього та похилого віку [19]. З урахуванням породних особливостей лімфому виявляють частіше у породистих собак, зокрема у золотистих ретриверів, німецьких вівчарок, боксерів та бульмастифів. Натомість у декоративних порід собак попри їх поширеність випадки лімфоми були поодинокими [4].

Етіологія лімфоми залишається до кінця не з'ясованою, однак передбачається вплив генетичних, імунологічних та екологічних факторів [17]. Клінічні прояви лімфоми у собак є різноманітними та залежать від анатомічної форми захворювання. Найбільш поширеною є мультицентрична форма, що супроводжується генералізованою лімфаденопатією. Крім того, виділяють аліментарну, медіастинальну, шкірну та екстранодальну форми лімфоми [5]. Кожна з цих форм має свої особливості перебігу та прогнозу. Важливим аспектом є те, що клінічні симптоми часто є неспецифічними, що ускладнює ранню діагностику. Це гетерогенна група пухлин, які можуть відрізнятися за морфологічними, імунологічними та клінічними характеристиками [10, 13].

Диференційна діагностика лімфоми базується на виключенні інших захворювань, що можуть імітувати клінічні, гематологічні та морфологічні прояви пухлини лімфоїдної системи [8]. У першу чергу необхідно диференціювати лімфому від реактивних лімфаденопатій, які виникають при бактеріальних, вірусних, грибкових та паразитарних інфекціях. У таких випадках збільшення лімфатичних вузлів супроводжується збереженням поліморфізму клітинного складу, наявністю великої кількості реактивних лімфобластів і

плазматичних клітин, а також відсутністю монотонної популяції атипичних клітин [11-12, 15]. Важливим етапом є відмежування лімфоми від лейкозів, зокрема гострих та хронічних лімфоїдних лейкозів, які можуть мати подібну картину у периферичній крові. У таких випадках вирішальне значення мають дані мієлограми, імунофенотипування та оцінка ступеня ураження кісткового мозку [1, 6-7]. Також слід враховувати інші пухлинні процеси, що уражають лімфатичні вузли або селезінку, зокрема гістіоцитарні саркоми, метастатичні карциноми та мастоцити, які можуть морфологічно і клінічно імітувати лімфому [8].

Отже, остаточна диференціація лімфоми базується на комплексному підході із застосуванням гематологічних, цитологічних та гістологічних досліджень [9, 16, 18].

Прогноз при лімфомі залежить від багатьох факторів, включаючи імунологічний тип пухлини, стадію захворювання та загальний стан тварини. В-клітинні лімфоми зазвичай мають більш сприятливий прогноз порівняно з Т-клітинними. Важливу роль також відіграє своєчасність діагностики та початку лікування [6].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Лімфома характеризується високою поширеністю та заданими різними авторів складає 1/4 усіх новоутворень собак, водночас займаючи провідне місце серед злоякісних неопластичних процесів до 85% [3, 14].

Етіологія лімфоми у собак залишається остаточно не з'ясованою та вважається мультифакторною, із залученням генетичних, імунологічних та екзогенних чинників. Встановлено, що значну роль відіграє генетична схильність, про що свідчить підвищена частота захворювання у певних порід (зокрема боксерів, ротвейлерів, золотистих ретриверів), що вказує на можливу участь спадкових мутацій у регуляції проліферації та апоптозу лімфоїдних клітин. Серед потенційних етіологічних чинників розглядають вплив факторів довкілля, включаючи хронічний контакт із хімічними агентами такими як пестициди, гербіциди, хімічні розчинники, тютюновий дим, а також іонізуюче випромінювання, які можуть індукувати генетичні пошкодження та неопластичну трансформацію клітин лімфоїдної тканини. Окрему увагу приділяють ролі імунної дисфункції. Порушення імунного нагляду, хронічна антигенна стимуляція та імуносупресивні стани можуть сприяти неконтрольованій проліферації лімфоцитів [1, 6-8, 17].

Лімфома у собак класифікується за анатомічною локалізацією на мультицентричну, медіастинальну, аліментарну та екстранодальну форми, а також за імунним фенотипом — на В- та Т-клітинні варіанти, що мають різний клінічний перебіг і прогноз (див. табл.1) [5].

Таблиця 1

Порівняльна характеристика основних форм лімфоми у собак

Ознака	Аліментарна форма	Медіастинальна форма	Шкірна форма	Екстранодальна форма

Локалізація	Шлунково-кишковий тракт	Краніальне середостіння, тимус, медіастинальні лімфовузли	Шкіра, слизові оболонки	Поліорганна форма: печінка, селезінка, нирки, центральна нервова система
Основні клінічні ознаки	Блювання, діарея, втрата маси, анорексія	Задишка, кашель, ціаноз, слабкість	Вузлики, бляшки, виразки, свербіж	Неврологічні, офтальмологічні, нефрологічні симптоми
Особливості перебігу	Часто агресивний, швидке прогресування	Часто асоційована з Т-клітинним типом	Може бути повільною, або агресивною	Варіабельний перебіг
Цитоморфологічне дослідження	Атипові лімфоцити в аспіратах кишечника та лімфатичних вузлів	Бласні лімфоцити в пункті середостіння	Інфільтрація дерми лімфоцитами	Атипові клітини в уражених органах

Метою нашого дослідження було встановити та охарактеризувати гематологічні та цитоморфологічні зміни при лімфомі у собаки на основі аналізу клінічного випадку, а також оцінити їх діагностичну значущість у комплексному підході до верифікації діагнозу.

Виклад основного матеріалу дослідження. В лютому 2026 року на клінічний огляд була представлена тварина – сука, віком 9 років, безпородна на ім'я Моллі, нестерилізована. Клініко-діагностичні заходи проводилися на базі ветеринарної клініки VetHelp (м. Житомир, Україна).

Морфологічним дослідженням крові, що проводили за допомогою автоматичного аналізатору Mindray BC-2800Vet, визначали вміст гемоглобіну, абсолютну кількість формених елементів крові, гематокритне число, середній еритроцитарний гемоглобін, середній вміст гемоглобіну в еритроциті, середню концентрацію корпускулярного гемоглобіну, абсолютну ширину розподілу еритроцитів, відносну ширину розподілу еритроцитів, тромбокрит, середній об'єм тромбоцитів. Швидкість осідання еритроцитів визначали за загальноприйнятою методикою в апараті Панченкова. Лейкоформулу крові підраховували в мазку крові пофарбованого Лейкоцид 200 за допомогою лічильника лейкоцитарної формули СЧ-12 під мікроскопом Primo Star (Carl Zeiss, Німеччина). Біохімічний аналіз виконували на автоматичному аналізаторі Mindray BS-240Vet. Документування морфології клітин крові в забарвлених мазках Лейкоцид 200 здійснювали шляхом макрофотографування з використанням цифрової камери ProWay DCE-PW500. Зображення отримували при збільшенні $\times 1000$ з імерсією, з подальшим збереженням у форматі JPEG з високою роздільною здатністю для архівування та морфологічного аналізу.

Інструментальні методи дослідження включали ультрасонографію, яку проводили за допомогою апарата Toshiba Aplio 500 із лінійним датчиком частотою 5–10 МГц, а також рентгенологічне обстеження із застосуванням ветеринарної цифрової рухомої рентген-системи BT-VETX01 та панелі BTXSO4.

Цитологічне дослідження проводили на матеріалі, отриманому за допомогою тонкоголкової аспіраційної біопсії. Клітинні зразки рівномірно наносили на стерильні, знежирені предметні скельця, висушували при кімнатній температурі. Після чого скельця забарвлювали за стандартною швидкою методикою з використанням реактиву Diff-Quik Leucodif 200 (Erba, Чехія). Мікроскопію проводили за допомогою біологічного бінокулярного мікроскопу ProWay XSZ-PW109B, з використанням імерсійного масла. Документування цитологічних препаратів здійснювали шляхом макрофотографування з використанням цифрової камери ProWay DCE-PW500. Зображення отримували при збільшенні $\times 1000$ з імерсією, з подальшим збереженням у форматі JPEG з високою роздільною здатністю для архівування та морфологічного аналізу. Редагування та маркування зображень виконували у програмному забезпеченні ImageView, що дозволяло коректно фіксувати масштаб та підписувати об'єкти дослідження.

Під час проведення досліджень дотримувалися «Загальних етичних принципів експериментів над тваринами» (Україна, 2001), положень Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» від 15.07.2021 № 1684-IX, а також вимог Європейської конвенції про захист тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей.

Власники тварини звернулися до ветеринарної клініки зі скаргами на відсутність апетиту, поступову втрату маси тіла (близько 3 кг протягом одного місяця), а також відмітили збільшення лімфатичних вузлів у підколінній ділянці. Зі слів господарів тварини, при пальпації черевної порожнини у собаки відмічалися занепокоєння та ознаки больової реакції.

Під час клінічного обстеження встановлено, що тварина перебуває у пригніченому стані, температура тіла становить 40 °C, відмічається симетричне збільшення привушних і підколінних лімфатичних вузлів, а також болючість при пальпації черевної порожнини, апетит відсутній.

Під час клінічного обстеження тварині було проведено забір крові для морфологічного та біохімічного дослідження.

За результатами гематологічного дослідження було виявлено незначне зниження кількості еритроцитів до 5,36 Т/л, що свідчить про розвиток легкої анемії, ймовірно нормоцитарно-нормохромного типу, характерної для хронічного захворювання або неопластичного процесу (табл. 2).

Таблиця 2

Деякі гематологічні показники собаки

Показники	Результати	Норма для собак
Еритроцити (Т/л)	5.36	5.5-7.8
Гемоглобін (г/л)	149	140-190
Гематокрит, %	40.7	37-55
Середній еритроцитарний гемоглобін, фл	74.7	64-75
Середній вміст гемоглобіна в еритроциті ,пг	26.3	22-27
Середня концентрація корпускулярного гемоглобіну	336	310-340
Ширина розподілу еритроцитів в клітині, фл	15.5	13.5-20
Тромбоцити (Т/л)	150	250-500
Тромбокрит, %	0.1	0.25-0,45
Середній об'єм тромбоцитів, фл	9	3.9-11.1
Лейкоцити (Г/л)	251.1	6.0-12.0
ШОЕ (мм/год)	23	1-5

Виявлена тромбоцитопенія свідчить про можливе пригнічення мегакаріоцитарного росту кісткового мозку, підвищене споживання тромбоцитів або їх імунне руйнування, що часто супроводжує системні неопластичні чи запальні процеси. Підвищення кількості лейкоцитів до 251,1 Т/л при нормі до 12,0 Т/л свідчить про виражений лейкоцитоз, що може бути обумовлений лейкемічною стадією лімфопроліферативного захворювання або тяжкою системною запальною реакцією, однак з огляду на рівень показника більш імовірним є неопластичний процес.

При морфологічному дослідженні мазка периферичної крові було виявлено значну кількість макролімфоцитів та великих гранулярних лімфоцитів, що свідчить про наявність атипової лімфоїдної популяції (рис. 1).

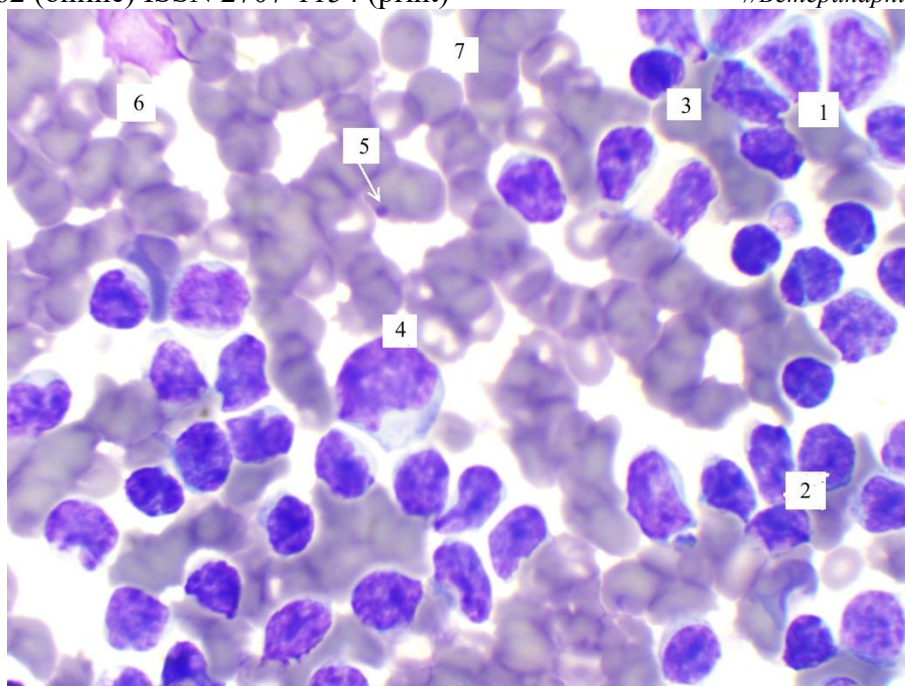


Рис. 1. Морфологічна картина крові собаки
1, 2 – великі гранулярні лімфоцити; 3 – малий лімфоцит
4 – моноцит; 5 – тільце Жоллі; 6 – лізис нейтрофільного гранулоцита; 7 –
еритроцити.
Фарбування Лейкодиф 200. x1000.

Такі зміни характерні для лімфопроліферативних захворювань, зокрема лімфоми або лейкомізації пухлинного процесу та можуть вказувати на залучення великих гранулярних лімфоцитів (LGL) у патологічний процес.

У мазку периферичної крові були виявлені тільця, що представляють собою залишки ядерного хроматину в еритроцитах (див. рис. 1). Їх наявність свідчить про порушення або зниження функції селезінки, а також може спостерігатися при посиленій регенерації еритропоезу після крововтрати чи при гемолітичних станах.

При підрахунку лейкоформули у собаки встановлено виражений абсолютний і відносний лімфоцитоз (88%), що є значним відхиленням від фізіологічних показників і свідчить про домінування лімфоїдної популяції в периферичній крові (табл. 3).

Таблиця 3

Лейкоформула собаки

Показники, %	Результати	Норма для собак
Базофіли, %	0	0-1
Еозинофіли, %	2	3-6
Нейтрофіли:		
Юні, %	0	0
Паличкоядерні, %	7	1-6
Сегментноядерні, %	3	43-72
Лімфоцити, %	88 (45-50% макролімфоцитів (великих гранулярних лімфоцитів, NK-клітин)	21-40
Моноцити, %	0	1-5

Така картина є типовою для лімфопроліферативних процесів, зокрема лімфоми з лейкоїзацією або хронічного лімфолейкозу. Виявлення 7% паличкоядерних нейтрофілів вказує на помірний регенеративний зсув лейкограми вліво, що може бути пов'язано із супутнім запальним процесом або реакцією кісткового мозку на системну патологію. Відсутність моноцитів може відображати перерозподіл клітинного пулу або пригнічення моноцитопоезу на тлі вираженої лімфоїдної проліферації.

За результатами біохімічного дослідження встановлено гіпопротеїнемію зі зниженням загального білка до 59,8 г/л, що свідчить про порушення білоксинтетичної функції печінки, втрати білка або системний катаболізм (табл. 4).

Таблиця 4

Біохімічні параметри сироватки крові собаки

Показники	Результати	Норма для собак
Глюкоза (ммоль/л)	5.34	3.4-5.6
Загальний білок (г/л)	59.8	60-75
Альбуміни (г/л)	17	28-40
Глобуліни (г/л)	42.8	
Білірубін загальний (моль/л)	5.15	0-4.65
Білірубін прямий (моль/л)	1.64	0.1-1.5
АЛТ (од/л)	109.7	10-55
АСТ (од/л)	76	10-25
α-амілаза (од/л)	1808.7	500-1750
ГГТ(од/л)	3.9	0-6
Лужна фосфатаза (од/л)	377.6	20-150
Креатинін (моль/л)	78.1	70-150
Сечовина (ммоль/л)	4.78	3.8-7.8
Сечова кислота (моль/л)	43.9	
ЛДГ, (од/л)	577.8	50-250
Холестерин (ммоль/л)	4.4	3.6-6.4
Тригліцериди (ммоль/л)	0.44	0.10-1.10
Креатинкіназа(од/л)	399.5	10-150
Са (ммоль/л)	2.07	2.24-3.12
Р (ммоль/л)	1.76	1.3-1.9
К (моль/л)	5	3.5-5.0
Mg (ммоль/л)	0.97	0.8-1,2

Рівень альбумінів знижений до 17 г/л при нормі 28–40 г/л, що вказує на виражену гіпоальбумінемію, ймовірно пов'язану з печінковою дисфункцією, хронічним запальним процесом або білковтратами. Виявлено підвищення загального білірубіну до 5,15 мкмоль/л, а прямого до 1,64 мкмоль/л, що може свідчити про початкові прояви холестази або порушення білірубінового обміну.

Активність аланінамінотрансферази на 99,5% перевищує умовну норму 55 ОД/л та вказує на значне ушкодження гепатоцитів. Аспартатамінотрансфераза підвищена майже у 3 рази, що додатково підтверджує гепатоцелюлярне або м'язове ушкодження. Активність α -амілази становила 1808,7 ОД/л при нормі 1750 ОД/л, що свідчить про незначне підвищення і може мати реактивний характер. Лужна фосфатаза зросла з 150 до 377,6 ОД/л, що є ознакою

вираженого холестазу або індукції ферменту. Лактатдегідрогеназа підвищена у 2,1 раза, свідчить про активний цитоліз та тканинне ушкодження. Креатинкіназа підвищена до 399,5 ОД/л порівняно з 150 ОД/л, і може вказувати на ушкодження м'язової тканини. Рівень кальцію знижений до 2,07 ммоль/л, що свідчить про гіпокальціємію, яка може бути пов'язана з гіпоальбумінемією, порушенням всмоктування або системним метаболічним дисбалансом.

За результатами досліджень крові тварин було призначено ультразвукографічну діагностику. На момент проведення ультразвукового дослідження виявлено комплекс виражених патологічних змін внутрішніх органів.

Печінка значно збільшена в розмірах, з дифузним підвищенням ехогенності паренхіми та неоднорідністю структури, що відповідає гепатопатії за типом жирової дистрофії (рис. 2).

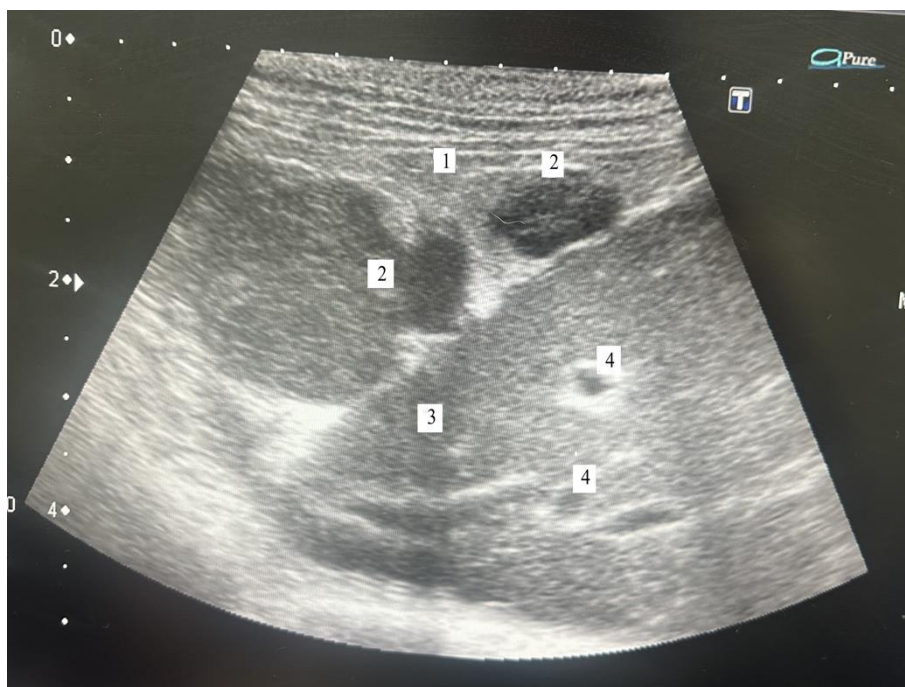


Рис. 2. Ультрасонографічне зображення собаки:
1 – підшлункова залоза; 2 – новоутворення; 3 – печінка; 4 – судини печінки.

Підшлункова залоза містить множинні вогнищеві зміни, що можуть відповідати як неопластичному процесу (лімфопроліферативного або метастатичного походження), так і інфільтративному ураженню. Також відзначається генералізована лімфаденопатія, що узгоджується з системним процесом, ймовірно неопластичного або інфекційно-реактивного характеру.

Жовчний міхур із ознаками потовщення стінки та зміненним вмістом, що може свідчити про хронічний холецистит. Ознак механічної обструкції жовчних проток не виявлено, однак наявні ультразвукові дані свідчать про холестатичні зміни функціонального характеру.

Селезінка збільшена – спленомегалія, з вираженою дифузною неоднорідністю паренхіми (рис. 3). Виявлені структурні зміни потребують диференційної діагностики між лімфомою, нодулярною гіперплазією та реактивною гіперплазією.

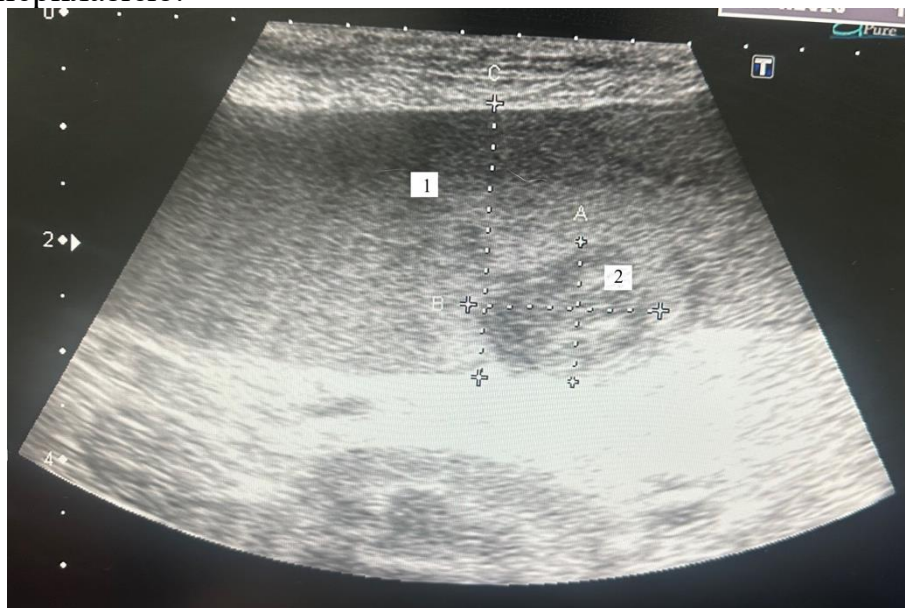


Рис. 3. Ультрасонографічне зображення селезінки собаки
1 – селезінка ; 2 – включення в селезінці 12,9 x 17,6 мм.

Окрім того, наявність вогнищевих утворень у паренхімі селезінки дозволяє припускати неопластичний процес, зокрема гемангіосаркому або гемангіому.

За результатами узд-діагностики лікарем було прийнято рішення провести тонкоголкову аспірацію біопсію привушного лімфатичного вузла з метою уточнення діагнозу.

З метою виключення метастатичного ураження тварині було проведено рентгенологічне обстеження органів грудної порожнини. Знімки виконані в ортогональних проекціях (рис. 4).



Рис. 4. Рентгенологічне обстеження собаки в ортогональних проекціях

У ділянці шийно-грудного переходу трахея візуалізується з помірно розширеним просвітом. Стінки трахеї підвищеної рентгенологічної щільності, з ознаками мінералізації; просвіт без видимих патологічних змін. Трахея розташована паралельно хребту. Краніальне середостіння слабо диференціюється. Проекційні зони грудних лімфатичних вузлів без додаткових тіней чи об'ємних утворень. У легеневій тканині в усіх долях відмічається посилення неструктурованого інтерстиційного малюнка. У прикореневих ділянках легень визначається посилення бронхіального малюнка, стінки бронхів потовщені, з ознаками мінералізації. Кардіоваскулярні структури візуалізуються. Відмічається посилення кардіодіафрагмального та кардіостернального контактів у обох проекціях.

На вентродорсальній проекції визначається випинання контурів серцевої тіні в ділянці правих відділів. Легеневі судини розширені. Купол діафрагми сплюснений. Діафрагмальні синуси вільні. Рентгенологічних ознак метастатичного ураження органів грудної порожнини не виявлено.

Під час проведення цитоморфологічного дослідження лімфатичного вузла виявлено виражене порушення нормальної архітекτονіки лімфоїдної тканини з переважанням популяції атипичних лімфоїдних клітин (рис. 5).

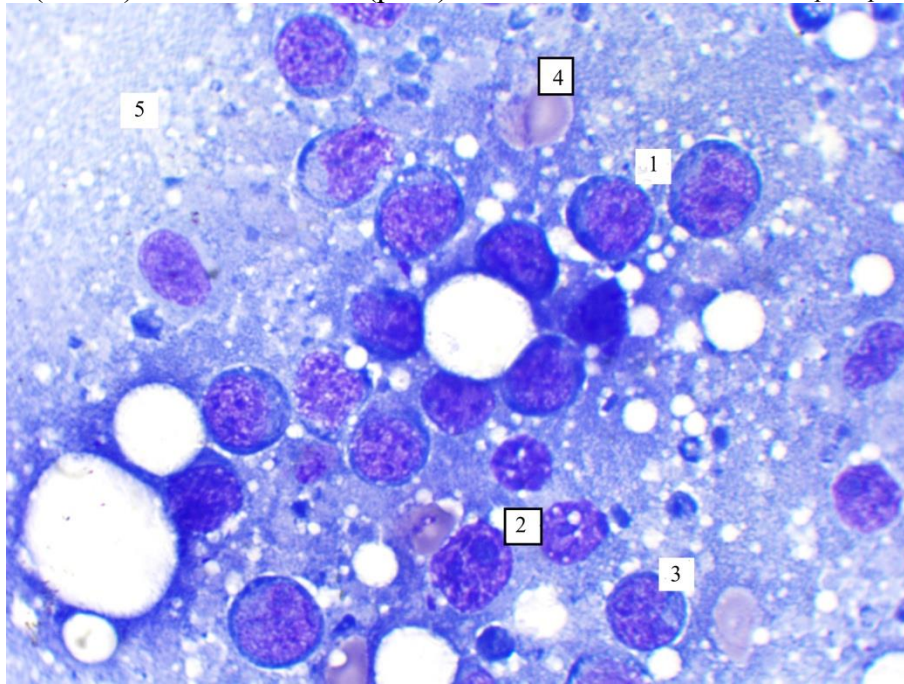


Рис. 5. Цитологічне дослідження тонкоголкової аспіраційної біопсії лімфатичного вузла собаки.

1 – велика лімфоїдна клітина; 2 – середня лімфоїдна клітина;

3 – малий лімфоцит

4 – еритроцит; 5 – білковий фон.

Фарбування Лейкодиф 200. x1000.

В цитологічних препаратах переважає мономорфна популяція лімфоїдних клітин середнього та великого розміру з ознаками вираженої клітинної атипії. Клітини мають нерівномірні контури ядер, грубодисперсний хроматин, наявні помітні нуклеоли. Ядерно-цитоплазматичний індекс помірний або високий. Мітотична активність підвищена.

У цитологічному препараті лімфатичного вузла собаки відзначається зниження частки реактивних малих лімфоцитів, наявність поодиноких макрофагів та елементів клітинного детриту (рис. 6).

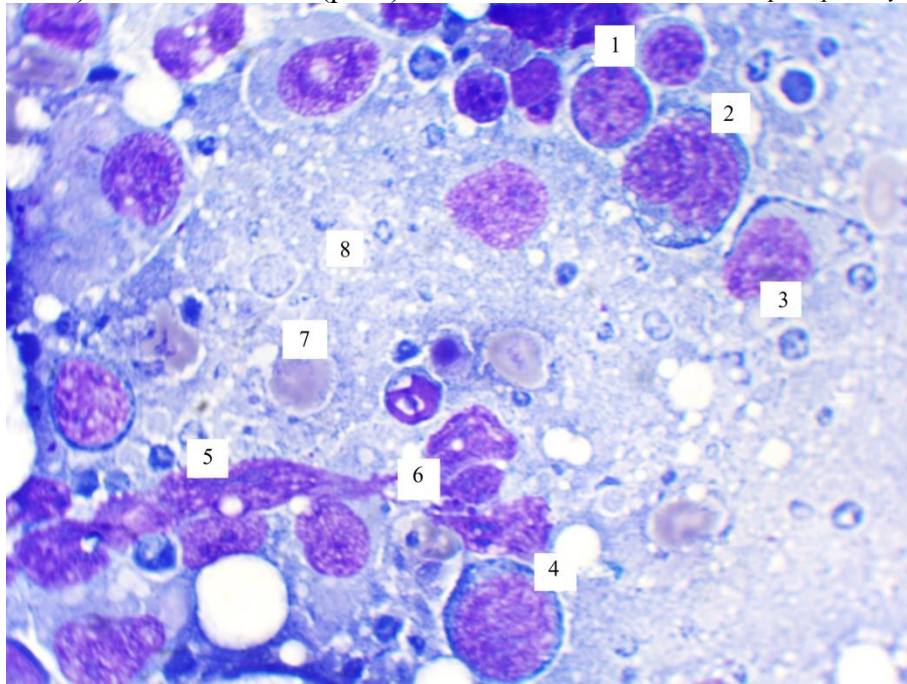


Рис. 6. Цитологічне дослідження тонкоголкової аспіраційної біопсії лімфатичного вузла собаки.

1 – мала лімфоїдна клітина; 2 – макрофаг; 3 – моноцит
4 – велика лімфоїдна клітина; 5 – фіброblast; 6 – дегенеративний нейтрофіл;
7 – еритроцит; 8 – білковий фон.
Фарбування Лейкодиф 200. x1000.

Ядерність клітин у цитологічному препараті характеризується вираженою гетерогенністю та переважанням клітин із високим ядерно-цитоплазматичним співвідношенням. Більшість клітин мають великі, округлі або овальні ядра, які займають значну частину клітини, з тонким обідком цитоплазми. Відзначається варіабельність розмірів ядер від середніх до великих, із нерівномірними контурами та помірною вираженою ядерною атипією (рис. 7).

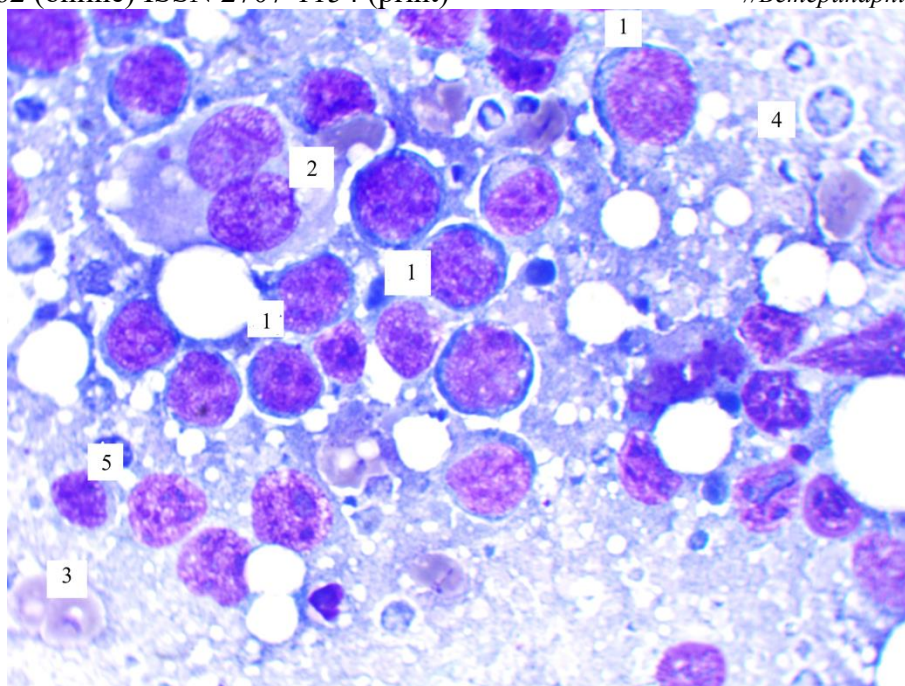


Рис. 7. Цитологічне дослідження тонкоголкової аспіраційної біопсії лімфатичного вузла собаки.

1 – мала лімфоїдна клітина; 2 – макрофаг; 3 – еритроцит;
4 – білковий фон; 5 – малий лімфоцит.
Фарбування Лейкодиф 200. x1000.

Хроматин переважно грубодисперсний, місцями нерівномірно розподілений, з наявністю чітко помітних 1–2, іноді більше, нуклеол. У частини клітин спостерігається підвищена ядерна щільність та ознаки активної проліферації, що відображає високий мітотичний потенціал пухлинної популяції і є характерним для злоякісного лімфопроліферативного процесу.

Цитоморфологічна картина дозволяє констатувати злоякісний лімфопроліферативний процес, що є найбільш сумісний з лімфомою.

На основі всіх результатів досліджень було встановлено заключний діагноз – лімфома. Для подальшої диференціації лімфоми необхідно приділити увагу встановленню форми лімфоми собак та гістологічному дослідженню уражених ділянок неопластичним процесом.

Висновки

За результатами комплексного обстеження встановлено наявність системного патологічного процесу злоякісної природи.

Гематологічні зміни характеризуються вираженим лейкоцитозом із домінуванням лімфоцитів, наявністю атипових, незначною анемією та тромбоцитопенією, що свідчить про лейкемізацію процесу та ураження кісткового мозку.

Ультрасонографічно виявлено генералізовані зміни внутрішніх органів: гепатомегалію з ознаками жирової дистрофії, холестаз без явної обструкції, спленомегалію з дифузними та вогнищевими змінами паренхіми, множинні ураження підшлункової залози, лімфаденопатію, що свідчить про системне поширення патологічного процесу з імовірною інфільтрацією органів.

Цитоморфологічне дослідження лімфатичного вузла підтвердило наявність мономорфної популяції атипівих лімфоїдних клітин із ознаками злоякісності та високою мітотичною активністю.

Таким чином, сукупність отриманих даних є найбільш сумісною з діагнозом мультицентричної лімфоми з лейкемізацією та системним ураженням внутрішніх органів.

Відомості про конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Bedel, F., Betting, A., Girod, M., Chavalle, T., Prata, D., Lecoindre, P., & Lecoindre, A. (2025). Clinicopathological and Endoscopic Features of Diffuse Alimentary Lymphoma in 18 Dogs. *Veterinary Sciences*, 12(8), 751. <https://doi.org/10.3390/vetsci12080751>
2. Będkowska, D., Al-Ameri, S., Wiczorek, A., Bubak, J., & Miszczak, M. (2025). What We Know and Do Not Yet Know About the Canine Model of Lymphoma in Human Medicine—The Current State of Knowledge. *Cancers*, 17(4), 596. <https://doi.org/10.3390/cancers17040596>.
3. Bennett, P., Williamson, P., & Taylor, R. (2023). Review of Canine Lymphoma Treated with Chemotherapy—Outcomes and Prognostic Factors. *Veterinary Sciences*, 10(5), 342. <https://doi.org/10.3390/vetsci10050342>.
4. Eraghi, V., Medven Zagradišnik, L., & Hohsteter, C. (2025). Canine lymphoma in Croatia: a fourteen-year retrospective study. *BMC Veterinary Research*, 21, Article 172.
5. Gorenstein, T. G., Pimentel, P. A. B., Paes Leme, F. O., Duarte, R. C. F., & Horta, R. S. (2025). Hemostatic evaluation in dogs with lymphoma – Systematic review. *Research in Veterinary Science*, 196, 105885. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2025.105885>.
6. Henriques, J.; Felisberto, R.; Constantino-Casas, F.; Cabeçadas, J.; Dobson, J. Peripheral blood cell ratios as prognostic factors in canine diffuse large B-cell lymphoma treated with CHOP protocol. *Vet. Comp. Oncol.* 2021, 19, 242-252.
7. Kim, J.; Bae, H.; Ahn, S.; Shin, S.; Cho, A.; Cho, K.W.; Jung, D.I.; Yu, D. Cell-Free DNA as a Diagnostic and Prognostic Biomarker in Dogs With Tumors. *Front. Vet. Sci.* 2021, 8, 735682.
8. Kisseberth, W. C., Hanel, W., & Seelig, D. M. (2026). Lymphoma. In *Comparative oncology* (pp. 159–203). First online: January 2, 2026.
9. L. C. Bilhalva, N. R. Biedak, E. J. Brinker, et al., “Cytologic, Histologic, and Ultrasonographic Features of Hepatic Intravascular Lymphoma in a Dog,” *Veterinary Clinical Pathology* (2026): 1–6, <https://doi.org/10.1111/vcp.70086>.
10. M. O. Childress, A. Avery, E. Behling-Kelly, et al., “Diagnosis and Classification of Primary Nodal Lymphomas in Dogs: A Consensus of the Oncology-Pathology Working Group,” *Veterinary and Comparative Oncology* 23, no. 3 (2025): 331–345, <https://doi.org/10.1111/vco.13064>.

11. Marconato, L., Comazzi, S., Agnoli, C., Aresu, L., Stefanello, D., Riondato, F., Gamberini, L., & Sabattini, S. (2024). Prognostic value of peripheral blood and bone marrow infiltration assessed by flow cytometry in dogs with de novo nodal peripheral T-cell lymphoma receiving alkylating-rich chemotherapy. *The Veterinary Journal*, 303, 106057. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2023.106057>.
12. Parachini-Winter, C.; Carioto, L.M.; Gara-Boivin, C. Retrospective evaluation of anemia and erythrocyte morphological anomalies in dogs with lymphoma or inflammatory bowel disease. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2019, 254, 487-495.
13. Purzycka, K.; Peters, L.M.; Desmas, I.; Davies, O.; Chang, Y.-M.; Lara-Garcia, A. Clinicopathological characteristics and prognostic factors for canine multicentric non-indolent T-cell lymphoma: 107 cases. *Vet. Comp. Oncol.* 2020, 18, 656-663.
14. Rocha, M. d. C. P., Araújo, D., Carvalho, F., Vale, N., Pazzini, J. M., Feliciano, M. A. R., De Nardi, A. B., & Amorim, I. (2025). Canine Multicentric Lymphoma: Diagnostic, Treatment, and Prognostic Insights. *Animals*, 15(3), 391. <https://doi.org/10.3390/ani15030391>
15. Saellström, S.; Sharif, H.; Jagarlamudi, K.K.; Rönnberg, H.; Wang, L.; Eriksson, S. Serum TK1 protein and C-reactive protein correlate to treatment response and predict survival in dogs with hematologic malignancies. *Res. Vet. Sci.* 2022, 145.
16. Skinner, S.M.; Specht, A.J.; Cicchirillo, V.; Fox-Alvarez, S.; Harris, A.N. Association of proteinuria at time of diagnosis with survival times in dogs with lymphoma. *J. Vet. Intern. Med.* 2024, 38, 2633-2641.
17. Smith N, Luethcke KR, Craun K, Trepanier L. Risk of bladder cancer and lymphoma in dogs is associated with pollution indices by county of residence. *Vet Comp Oncol.* 2022;20(1):246-255. doi:10.1111/vco.12771.
18. Valeria Martini, Giuseppe Marano, Luca Aresu, Ugo Bonfanti, Patrizia Boracchi, Mario Caniatti, Francesco Cian, Matteo Gambini, Laura Marconato, Carlo Masserdotti, Arturo Nicoletti, Fulvio Riondato, Paola Roccabianca, Damiano Stefanello, Erik Teske, Stefano Comazzi, Performance of lymph node cytopathology in diagnosis and characterization of lymphoma in dogs, *Journal of Veterinary Internal Medicine*, Volume 36, Issue 1, January-February 2022, Pages 204-214, <https://doi.org/10.1111/jvim.16326>.
19. Yale AD, Crawford AL, Gramer I, Guillén A, Desmas I, Holmes EJ. Large granular lymphocyte lymphoma in 65 dogs (2005–2023). *Vet Comp Oncol.* 2024;22(1):115-124. doi:10.1111/vco.12959.

Tetiana Budnik, PhD in Veterinary Medicine, Senior Lecturer at the Department of Internal Pathology and Morphology

Polissya National University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: 0000-0002-9754-3938

email: tatjanabudnik@ukr.net

Svitlana Gural'ska, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Internal Pathology and Morphology

Polissya National University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: 0000-0001-7383-1989

email: svitlana.gural'ska@polissiauniver.edu.ua

Oleg Pinsky, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Internal Pathology and Morphology

Polissya National University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID: 0000-0002-1978-5261

HEMATOLOGIC, CYTOMORPHOLOGICAL AND IMAGING CHANGES IN CANINE LYMPHOMA: DESCRIPTION OF THE CLINICAL CASE

Annotation

The relevance of the study of lymphoma in dogs is due to the high frequency of its occurrence, the complexity of early diagnosis and the variety of clinical forms and course. It has been established that lymphoma in dogs is more often diagnosed in animals of the older age group, mainly after 7 years of age. impaired immune regulation, exposure to environmental factors, especially chemical and carcinogenic compounds. The article presents a clinical case of lymphoma in a half-breed dog aged 9 years. A clinical examination of the dog revealed a lack of appetite, hyperthermia, symmetrical enlargement of the parotid and popliteal lymph nodes, abdominal pain, and apathy. For diagnostic purposes, a laboratory blood test was performed, according to the results of which a decrease in the amount of erythrocytopenia to 5.36 T/l, thrombocytopena, and leukocytosis was revealed. Morphological examination of a peripheral blood smear revealed large granular lymphocytes, up to 88%. A biochemical study of blood serum revealed hypoalbuminemia, an increase in the activity of alanine aminotransferase, an increase in the concentration of alkaline phosphatase, which is a sign of severe hepatocellular or muscle damage, cholestasis or enzyme induction. Lactate dehydrogenase is increased by 2.1 times, creatine kinase is increased to 399.5 U/L, which may indicate active cytolysis and tissue damage. Hypocalcemia, which may be associated with hypoalbuminemia, has been noted and indicates malabsorption or systemic metabolic imbalance. Ultrasonographic examination established that the pancreas contains multiple focal changes, of lymphoproliferative or metastatic origin, generalized lymphadenopathy is noted, consistent with a systemic process, probably of a neoplastic or infectious-reactive nature. X-ray examination did not reveal signs of metastatic lesions of the chest cavity. During the cytomorphological study of the lymph node, a pronounced violation of the normal architectonics of lymphoid tissue was revealed with a predominance of a population of atypical lymphoid cells of medium and large size with signs of pronounced cellular atypia. In some cells, there is an increased nuclear density and signs of active proliferation, which reflects the high mitotic potential of the tumor population, and is characteristic of malignant lymphoproliferative process. The totality of the data obtained is of practical value for veterinary doctors, the data of the clinical case are provided for the purpose of timely diagnosis for further treatment of the animal.

Key words: lymphoproliferative disease, malignant neoplasm, oncology of small animals, ultrasonography, radiography.

Reference

1. Bedel, F., Betting, A., Girod, M., Chavalle, T., Prata, D., Lecoindre, P., & Lecoindre, A. (2025). Clinicopathological and Endoscopic Features of Diffuse Alimentary Lymphoma in 18 Dogs. *Veterinary Sciences*, 12(8), 751. <https://doi.org/10.3390/vetsci12080751>
2. Będkowska, D., Al-Ameri, S., Wieczorek, A., Bubak, J., & Mischczak, M. (2025). What We Know and Do Not Yet Know About the Canine Model of Lymphoma in Human Medicine—The Current State of Knowledge. *Cancers*, 17(4), 596. <https://doi.org/10.3390/cancers17040596>.
3. Bennett, P., Williamson, P., & Taylor, R. (2023). Review of Canine Lymphoma Treated with Chemotherapy—Outcomes and Prognostic Factors. *Veterinary Sciences*, 10(5), 342. <https://doi.org/10.3390/vetsci10050342>.

4. Eraghi, V., Medven Zagradišnik, L., & Hohsteter, C. (2025). Canine lymphoma in Croatia: a fourteen-year retrospective study. *BMC Veterinary Research*, 21, Article 172.
 5. Gorenstein, T. G., Pimentel, P. A. B., Paes Leme, F. O., Duarte, R. C. F., & Horta, R. S. (2025). Hemostatic evaluation in dogs with lymphoma – Systematic review. *Research in Veterinary Science*, 196, 105885. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2025.105885>.
 6. Henriques, J.; Felisberto, R.; Constantino-Casas, F.; Cabeçadas, J.; Dobson, J. Peripheral blood cell ratios as prognostic factors in canine diffuse large B-cell lymphoma treated with CHOP protocol. *Vet. Comp. Oncol.* 2021, 19, 242-252.
 7. Kim, J.; Bae, H.; Ahn, S.; Shin, S.; Cho, A.; Cho, K.W.; Jung, D.I.; Yu, D. Cell-Free DNA as a Diagnostic and Prognostic Biomarker in Dogs With Tumors. *Front. Vet. Sci.* 2021, 8, 735682.
 8. Kisseberth, W. C., Hanel, W., & Seelig, D. M. (2026). Lymphoma. In *Comparative oncology* (pp. 159–203). First online: January 2, 2026.
 9. L. C. Bilhalva, N. R. Biedak, E. J. Brinker, et al., “Cytologic, Histologic, and Ultrasonographic Features of Hepatic Intravascular Lymphoma in a Dog,” *Veterinary Clinical Pathology* (2026): 1–6, <https://doi.org/10.1111/vcp.70086>.
 10. M. O. Childress, A. Avery, E. Behling-Kelly, et al., “Diagnosis and Classification of Primary Nodal Lymphomas in Dogs: A Consensus of the Oncology-Pathology Working Group,” *Veterinary and Comparative Oncology* 23, no. 3 (2025): 331–345, <https://doi.org/10.1111/vco.13064>.
 11. Marconato, L., Comazzi, S., Agnoli, C., Aresu, L., Stefanello, D., Riondato, F., Gamberini, L., & Sabattini, S. (2024). Prognostic value of peripheral blood and bone marrow infiltration assessed by flow cytometry in dogs with de novo nodal peripheral T-cell lymphoma receiving alkylating-rich chemotherapy. *The Veterinary Journal*, 303, 106057. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2023.106057>.
 12. Parachini-Winter, C.; Carioto, L.M.; Gara-Boivin, C. Retrospective evaluation of anemia and erythrocyte morphological anomalies in dogs with lymphoma or inflammatory bowel disease. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2019, 254, 487-495.
 13. Purzycka, K.; Peters, L.M.; Desmas, I.; Davies, O.; Chang, Y.-M.; Lara-Garcia, A. Clinicopathological characteristics and prognostic factors for canine multicentric non-indolent T-cell lymphoma: 107 cases. *Vet. Comp. Oncol.* 2020, 18, 656-663.
 14. Rocha, M. d. C. P., Araújo, D., Carvalho, F., Vale, N., Pazzini, J. M., Feliciano, M. A. R., De Nardi, A. B., & Amorim, I. (2025). Canine Multicentric Lymphoma: Diagnostic, Treatment, and Prognostic Insights. *Animals*, 15(3), 391. <https://doi.org/10.3390/ani15030391>
 15. Saellström, S.; Sharif, H.; Jagarlamudi, K.K.; Rönnberg, H.; Wang, L.; Eriksson, S. Serum TK1 protein and C-reactive protein correlate to treatment response and predict survival in dogs with hematologic malignancies. *Res. Vet. Sci.* 2022, 145.
 16. Skinner, S.M.; Specht, A.J.; Cicchirillo, V.; Fox-Alvarez, S.; Harris, A.N. Association of proteinuria at time of diagnosis with survival times in dogs with lymphoma. *J. Vet. Intern. Med.* 2024, 38, 2633-2641.
 17. Smith N, Luethcke KR, Craun K, Trepanier L. Risk of bladder cancer and lymphoma in dogs is associated with pollution indices by county of residence. *Vet Comp Oncol.* 2022;20(1):246-255. doi:10.1111/vco.12771.
- Valeria Martini, Giuseppe Marano, Luca Aresu, Ugo Bonfanti, Patrizia Boracchi, Mario Caniatti, Francesco Cian, Matteo Gambini, Laura Marconato, Carlo Masserdotti, Arturo Nicoletti, Fulvio Riondato, Paola Roccabianca, Damiano Stefanello, Erik Teske, Stefano Comazzi, Performance of lymph node cytopathology in diagnosis and characterization of lymphoma in dogs, *Journal of Veterinary Internal Medicine*, Volume 36, Issue 1, January-February 2022, Pages 204-214, <https://doi.org/10.1111/jvim.16326>.

Ruslan Dubin,

Ph.D. in Veterinary Medicine,

Associate Professor, Department of Internal Medicine and Clinical Diagnostics,
Odessa State Agrarian University, Odessa, Ukraine

ORCID ID 0000-0003-3540-0816

e-mail: dubinruslan1@gmail.com

Oksana Ivleva,

Ph.D. in Veterinary Sciences,

Associate Professor, Animal Health and Ecology,

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine,

ORCID ID 0000-0001-8090-4373

e-mail: sauce1908@gmail.com

Serhii Ulyzko

Candidate of Veterinary Sciences,

Associate Professor, Department of Internal Medicine and Clinical Diagnostics,
Odessa State Agrarian University, Odessa, Ukraine

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-1160-5657>

e-mail: sauce1908@gmail.com

ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF SILVER NANOPARTICLES AS A SUBSTITUTE FOR SYNTHETIC ANTIBIOTICS IN POULTRY FARMING

Abstract

The present study investigated the antimicrobial properties of silver nanoparticles (AgNPs) against selected Gram-negative and Gram-positive bacteria using the agar diffusion method. AgNPs were applied at concentrations ranging from 10 to 50 ppm. Tetracycline (45 ppm) served as the positive control, while distilled water was used as the negative control. To determine the minimum inhibitory concentration (MIC), bacterial growth inhibition was evaluated spectrophotometrically by measuring optical density at 600 nm (OD_{600}). Statistical analysis was conducted using one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's multiple range test, with significance established at $P < 0.05$.

*The results demonstrated a pronounced antimicrobial effect of AgNPs against the Gram-negative strains *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium*. All tested concentrations (10–50 ppm) significantly suppressed bacterial growth ($P < 0.01$), and the lowest MIC value was identified as 6.25 ppm, at which OD_{600} values indicated complete inhibition of cell proliferation. In contrast, AgNPs had no significant inhibitory effect ($P > 0.05$) on the growth of the Gram-positive bacteria *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus sp.*, highlighting the selective nature of their antimicrobial activity.*

The observed selectivity suggests that silver nanoparticles can effectively target pathogenic Gram-negative bacteria while preserving beneficial lactic acid microflora. This is particularly relevant for poultry farming and veterinary medicine, where maintaining a balanced gut microbiota

is crucial for animal health and productivity. Furthermore, the strong inhibitory action of AgNPs supports their potential as a natural and efficient alternative to conventional synthetic antibiotics. The application of AgNPs at low, biologically safe concentrations may contribute to enhanced biosafety, reduction of antimicrobial resistance risks, and improved microbiological quality of animal-derived products.

Overall, the findings underscore the promise of silver nanoparticles as a multifunctional antimicrobial agent. Their incorporation into feed additives, veterinary preparations, or biosafety protocols could provide an innovative strategy for reducing antibiotic use while supporting sustainable and health-oriented livestock production.

Keywords: silver nanoparticles, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Lactobacillus acidophilus*, minimum inhibitory concentration, antimicrobial activity.

Introduction. The global increase in antibiotic-resistant microorganisms has become one of the most pressing challenges for modern medicine, veterinary science, and animal production systems. According to the World Health Organization (WHO, 2022), antimicrobial resistance (AMR) is responsible for more than 1.2 million deaths annually, and this number continues to grow as resistance spreads across geographical regions and production sectors. The development of resistance is largely facilitated by the prolonged, excessive, or uncontrolled use of antibiotics in human and veterinary medicine, as well as in livestock and poultry production, where antimicrobial agents are frequently employed for therapeutic, prophylactic, or growth-promoting purposes [1–4].

Bacteria can rapidly modify their genetic material and exchange resistance determinants through mobile genetic elements such as plasmids, integrons, transposons, or via horizontal gene transfer mechanisms—including conjugation, transformation, and transduction. These adaptive processes enable bacteria to survive even under exposure to high antibiotic concentrations and promote the emergence of multidrug-resistant (MDR), extensively drug-resistant (XDR), or pan-resistant strains. Among the most clinically and economically significant antibiotic-resistant pathogens are *Escherichia coli* [5], *Salmonella spp.* [6], *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, and *Streptococcus pyogenes*, all of which are known to cause a broad spectrum of pathological conditions affecting the gastrointestinal, respiratory, integumentary, and urogenital systems of animals [7].

In livestock and poultry production, MDR *E. coli* and *Salmonella spp.* are particularly threatening, as they frequently cause enteritis, septicemia, and dysbiosis in young animals, leading to high morbidity and mortality rates and substantial declines in productivity [8]. These concerns emphasize the urgent need to develop alternative antimicrobial strategies that are effective, biologically safe, and capable of reducing antibiotic use while preserving the balance of beneficial intestinal microbiota.

One promising direction involves the application of nanotechnology, specifically the use of metal-based nanoparticles, which exhibit unique physicochemical properties at the nanoscale (1–100 nm). Nanoparticles demonstrate high surface reactivity, enhanced catalytic potential, electrical conductivity, and strong biological interactions that make them suitable for biomedical and veterinary applications [9]. Among metallic nanoparticles, silver nanoparticles (AgNPs) are the

most widely studied due to their potent broad-spectrum antimicrobial, antiviral, and antifungal activities, confirmed by numerous experimental and applied studies conducted over the past decade [10–12].

The antimicrobial effect of silver nanoparticles is multi-stage and involves several complementary mechanisms:

1. **Adsorption of Ag⁺ ions onto bacterial cell surfaces.** Silver interacts with thiol (-SH) groups of membrane-bound proteins, resulting in enzyme inactivation and disruption of metabolic pathways.

2. **Damage to membrane integrity.** Electrostatic interactions between AgNPs and membrane phospholipids increase permeability, causing leakage of intracellular contents and osmotic imbalance.

3. **Induction of oxidative stress.** AgNPs stimulate the formation of reactive oxygen species (ROS), including hydroxyl radicals, superoxide anions, and hydrogen peroxide, which damage nucleic acids, membrane lipids, and proteins.

4. **Inhibition of respiratory chain enzymes.** Ag⁺ ions bind to components of the cytochrome system, blocking ATP synthesis and inducing energy deprivation.

5. **Interference with DNA replication.** Silver ions interact with phosphate groups of DNA, disrupting replication and transcription processes [13–18].

These multi-target interactions not only inhibit microbial growth but also significantly reduce the probability of resistance formation, as bacteria are unable to simultaneously adapt to several lethal mechanisms. Importantly, AgNPs are generally biocompatible with mammalian host tissues and do not exert destructive effects on beneficial lactic acid bacteria (*Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp.) when used at optimal concentrations. This renders them attractive candidates for use in veterinary practice and poultry farming as natural antimicrobial agents and potential alternatives to conventional antibiotics.

Recent Ukrainian studies highlight the safety and functional potential of AgNPs in poultry production. Research by Shevchenko, Zheltonozhskaya, Dovbnia et al. (2023) demonstrated that hybrid silica/polyacrylamide carriers containing AgNPs (2.4 ± 1.0 nm) added to drinking water of laying hens resulted in mild accumulation of silver in eggshells but did not produce toxic effects on birds, nor did they compromise egg quality or mineral composition under controlled dosing [19]. Other studies (Kucheruk, Zaseikin, 2021–2023) have shown that colloidal silver nanoparticles may beneficially modulate the gut microbiota of broiler chickens, reducing pathogenic microflora and decreasing the need for antibiotic intervention [20–23].

Given these findings, investigating the physicochemical properties and antimicrobial efficacy of silver nanoparticles is of particular scientific and practical relevance for developing novel antimicrobial solutions in veterinary medicine. The current study aims to assess the antimicrobial activity of silver nanoparticles (AgNPs) against Gram-negative (*Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*) and Gram-positive (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus* sp.) bacteria to evaluate their potential as alternatives to conventional antibiotics in veterinary applications.

The aim of the study was to evaluate the antimicrobial activity of silver nanoparticles (AgNPs) against Gram-negative (*Escherichia coli*, *Salmonella*

typhimurium) and Gram-positive (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus* sp.) bacteria in order to determine their potential use as an alternative to antibiotics in veterinary medicine.

Materials and Methods.: Preparation of silver nanoparticles. Silver nanoparticles were synthesized using the conventional citrate method. In a round-bottom flask, 0.0425 g of AgNO_3 (1 mM) was dissolved in 250 mL of distilled water, and the solution was brought to a boil on a hot plate with vigorous stirring. After boiling, 5 mL of a 1% sodium citrate solution (w/v) was rapidly added to the hot solution, and boiling was maintained for 30 min until a stable yellow-brown color was achieved. The resulting suspension was cooled to room temperature and stored in a dark glass container at 4 °C. Particle size and morphology were determined using a Zetasizer Nano ZS particle size analyzer (Malvern Instruments, UK). The average diameter of the nanoparticles was 84.78 ± 1.54 nm, the polydispersity index was 0.23 ± 0.015 , and the zeta potential was -22.03 mV, indicating high stability of the colloidal system [24].

Study of Antimicrobial Activity The antimicrobial activity of AgNPs was determined using the agar diffusion method (Kirby–Bauer) (CLSI, 2020).

The following test microorganisms were used: *Salmonella typhimurium*; *Escherichia coli*; *Lactobacillus acidophilus*; *Lactobacillus* sp.

Bacterial cultures were re-established from lyophilized forms on Nutrient Agar (NA) for Gram-negative bacteria and MRS Agar (de Man, Rogosa & Sharpe) for lactobacilli (manufacturer—HiMedia, India; distributor — Bio-Test-Ukraine LLC) [25].

Preparation of bacterial cultures Four isolated colonies from a pure culture were transferred to a tube containing 7 mL of liquid nutrient medium (NA or MRS) and incubated at 37 °C for 24 hours in a TS-80 thermostat (Ukraine). The inoculum was standardized to 0.5 McFarland, corresponding to 1.5×10^8 CFU/mL, using a DEN-1 photometer (Grant Instruments, UK) [26].

Test Procedure 0.1 mL of bacterial suspension was aseptically applied to the surface of pre-solidified agar medium and evenly spread with a sterile spatula. Paper discs (Ø 6 mm, Liofilchem, Italy) were saturated with the corresponding samples and placed on the agar surface:

Table 1

Composition of experimental groups in the study of the antimicrobial activity of silver nanoparticles

Option	Composition	Note
KN	distilled water	negative control
KP	tetracycline 45 ppm (manufactured by Darnitsa LLC, Ukraine)	positive control
P1–P5	AgNPs (10–50 ppm)	silver nanoparticles

After incubation at 37 °C for 24 hours, the diameter of the inhibition zones was measured using a Scan 500 automatic colony counter (Interscience, France).

Determination of the minimum inhibitory concentration (MIC) The minimum inhibitory concentration of AgNPs was determined by the microdilution method in 96-well microplates (CLSI, 2020).

Nutrient broth (NB) was used; 100 µL of the medium and corresponding dilutions of AgNPs (from 100 to 0.2 ppm) were added to each well.

50 µL of a standardized bacterial suspension was added to each well. Rows 1–10 contained sequential dilutions of AgNPs, row 11—a positive control (broth + bacteria), and row 12—a negative control (broth without bacteria). The plates were incubated at 37 °C for 24 hours in a Binder BD 56 CO₂ incubator (Germany). After incubation, the optical density (OD₆₀₀) was determined using a Multiskan Sky microplate spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific, USA). The minimum inhibitory concentration was defined as the lowest concentration of AgNPs at which no visible bacterial growth was observed [27].

Statistical Analysis Statistical analysis of the results was performed using GraphPad Prism 9.0 (GraphPad Software, USA) and SPSS Statistics 21.0 (IBM, USA). Data were tested for normality of distribution using the Shapiro–Wilk test. Results are presented as mean ± standard deviation (M ± SD). To assess the significance of differences between means, one-way analysis of variance (ANOVA) was used, followed by Duncan's multiple range test. A p-value of <0.05 was considered statistically significant [28].

Research results. Statistical analysis of the results revealed statistically significant differences ($P < 0.01$) in the diameter of bacterial growth inhibition zones among the different treatment options (Table 2). The use of silver nanoparticles at concentrations of 10 ppm (P1), 20 ppm (P2), 30 ppm (P3), 40 ppm (P4), and 50 ppm (P5) resulted in a significant increase in the diameter of the inhibition zone ($P < 0.01$). At the same time, the efficacy of silver nanoparticles was lower ($P < 0.01$) than that of tetracycline (45 ppm, KP) when tested against *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium*. The antimicrobial effect of silver nanoparticles is due to their ability to interact with the bacterial cell membrane, disrupting its integrity and functional activity. Silver has a high affinity for sulfur-containing, carbonyl, and phosphate groups, which are components of proteins and lipopolysaccharides in the bacterial cell wall. Due to electrostatic interactions between positively charged Ag⁺ ions and negatively charged components of the cell surface, nanoparticles adsorb onto the membrane, leading to a change in its permeability, loss of ionic balance, and leakage of intracellular contents. A distinctive feature of Gram-negative bacteria, such as *E. coli* and *S. typhimurium*, is the presence of porins—protein channels in the outer membrane through which silver nanoparticles can penetrate into the cell. Once inside the cytoplasm, the nanoparticles bind to membrane-bound enzymes, inhibit their activity by forming complexes with the sulfhydryl groups of proteins, and disrupt the functions of the respiratory chain and DNA replication. These changes lead to the inhibition of cellular metabolism, damage to nucleic acids, and, ultimately, the death of the bacterial cell.

Table 2

Inhibition zone diameter of silver nanoparticles against Gram-negative (*Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*) and Gram-positive (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus sp.*) bacteria.

Medications	Gram-negative		Gram-positive	
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Lactobacillus sp.</i>
KN	0,00	0,00	0,00	0,00
KP	27,93	22,53	30,13	28,60
P1	18,33	7,33	0,00	0,00
P2	18,57	7,67	0,00	0,00
P3	18,93	8,59	0,00	0,00
P4	19,73	8,70	0,00	0,00
P5	20,60	9,40	0,00	0,00
P value	0,001	0,001	0,001	0,001

Note: Different superscripts in the same column indicate statistically significant differences ($P < 0.05$). KN = negative control; KP = positive control (tetracycline 45 ppm); P6 = 10 ppm silver nanoparticles; P7 = 20 ppm silver nanoparticles; P8 = 30 ppm silver nanoparticles; P9 = 40 ppm silver nanoparticles; P10 = 50 ppm silver nanoparticles.

The results of the studies (Table 2) showed that treatment with silver nanoparticles at concentrations of 10 ppm (P1), 20 ppm (P2), 30 ppm (P3), 40 ppm (P4), and 50 ppm (P15) did not cause significant changes in the diameter of the inhibition zone ($P > 0.05$) compared to tetracycline (45 ppm, KP) against the Gram-positive bacteria *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus sp.*

The reduced sensitivity of *Lactobacillus* bacteria to silver nanoparticles may be attributed to a number of factors. One of these is the presence of a robust cell wall 20–80 nm thick, which acts as a barrier and limits contact between the nanoparticles and the cytoplasmic membrane. This structural feature reduces the affinity of silver nanoparticles for the bacterial surface, which, in turn, diminishes their antimicrobial effect. In addition, the metabolic activity of lactic acid bacteria, particularly fermentation processes and lactic acid production, creates a microenvironment less conducive to the action of silver nanoparticles. This may account for a reduction in their inhibitory effect on these microorganisms. At the same time, tetracycline at a concentration of 45 ppm demonstrated high efficacy in inhibiting the growth of Gram-positive bacteria. Its mechanism of action involves blocking protein synthesis at the ribosomal level, which provides both bacteriostatic and bactericidal effects. The results obtained indicate pronounced antimicrobial activity of silver nanoparticles against Gram-negative pathogens, confirming the potential for their use in veterinary medicine as an alternative antimicrobial agent.

Determination of the minimum inhibitory concentration (MIC) showed that the values for silver nanoparticles against *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* ranged from 6.25 to 50 ppm. Bacterial growth was observed at concentrations below

3.125 ppm, as evidenced by an increase in turbidity and optical density (OD₆₀₀) at a wavelength of 600 nm within the range of 1.24–0.15. At a concentration of 6.25 ppm, the OD₆₀₀ value was approximately 0.09, indicating nearly complete inhibition of bacterial cell growth.

Thus, it was determined that the MIC value for silver nanoparticles against both Gram-negative bacteria is 6.25 ppm, which corresponds to the concentration at which cell proliferation ceases and the optical density (OD₆₀₀) does not exceed 0.1. It is known that a decrease in OD₆₀₀ below this threshold indicates effective inhibition of bacterial growth. As the concentration of silver nanoparticles increased to 50 ppm, a further reduction in the growth of *E. coli* and *S. typhimurium* was observed, confirming the high antimicrobial activity of silver against Gram-negative microorganisms. The results obtained are consistent with previously published data indicating the effectiveness of silver nanoparticles in the range of 3–7 ppm against these bacteria. It has been established that the antimicrobial action of silver nanoparticles is due to their ability to disrupt the integrity of the cell wall, penetrate the membrane, and affect DNA. This leads to the inhibition of pathogenic bacterial growth at relatively low concentrations of the preparation. The results obtained are of practical significance for veterinary medicine, particularly in poultry and livestock farming, where silver nanoparticles can be used as an alternative to antibiotics or as a feed additive with antimicrobial, anti-inflammatory, and immunostimulatory effects. The use of low concentrations (up to 4 ppm) in feed or during the treatment of hatching eggs potentially contributes to improving the immune status, digestion, and overall productivity of animals without disrupting the balance of the natural intestinal microflora.

Conclusions and future research perspectives. The results of the present study clearly demonstrate the high antimicrobial potential of silver nanoparticles (AgNPs) against pathogenic Gram-negative bacteria. Silver nanoparticles exhibited strong inhibitory activity toward *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium*, two clinically and economically significant pathogens in veterinary medicine and animal production systems. The minimum inhibitory concentration (MIC) for both bacterial species was identified as 6.25 ppm, at which the optical density (OD₆₀₀) remained below 0.1, indicating almost complete suppression of bacterial growth. The dose-dependent nature of the antimicrobial effect was further confirmed by progressively reduced bacterial proliferation at concentrations up to 50 ppm. In contrast, AgNPs showed minimal inhibitory activity against Gram-positive *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus sp.*, which are essential representatives of normal gastrointestinal microbiota in poultry and livestock. This selective antibacterial response highlights an advantageous property of silver nanoparticles—the ability to suppress harmful pathogens without significantly affecting beneficial commensal bacteria.

The mechanisms underlying the antimicrobial activity of AgNPs include several synergistic cellular disruptions: compromising the integrity of the bacterial cell wall and membrane; interacting with membrane proteins, phospholipids, and lipopolysaccharides; binding to sulfhydryl groups of key bacterial enzymes; inhibiting metabolic and respiratory pathways; promoting the generation of reactive oxygen

species (ROS); and interfering with DNA replication and transcription. This multifunctional mode of action distinguishes AgNPs from traditional antibiotics, which typically act on a single cellular target, and therefore reduces the likelihood of resistance development. These findings support the feasibility of using silver nanoparticles as an alternative antimicrobial agent in veterinary practice, either independently or as a component of feed additives. Their potential roles include suppressing pathogenic microflora, enhancing immune responses, reducing inflammation, and ultimately improving the overall productive and physiological status of animals.

Despite these promising results, several aspects require further investigation to ensure the safe and effective implementation of AgNPs in veterinary medicine and livestock production. Future research should prioritize evaluating potential long-term effects associated with the repeated or chronic administration of silver nanoparticles, particularly focusing on bioaccumulation in animal tissues, possible alterations in metabolic processes, and cytotoxicity toward host cells. Assessing oxidative stress markers, immune responses, and the integrity of vital organs following prolonged exposure will be crucial for establishing a comprehensive safety profile.

Another important area for further study is the refinement of dosage strategies, especially low-dose formulations (≤ 4 ppm), which may provide beneficial immunostimulatory effects while maintaining microbiome stability. Determining the threshold concentrations that enhance the growth of beneficial lactic acid bacteria without promoting dysbiosis will be essential for optimizing feed additive formulations. Moreover, advanced molecular and genomic studies are needed to elucidate the precise pathways through which AgNPs influence microbial cells and interact with probiotic species. Such insights may help identify potential synergistic effects between silver nanoparticles and conventional antimicrobial agents, thereby improving the efficacy of therapeutic interventions and reducing the required dose of antibiotics.

Furthermore, practical applications of AgNPs in commercial poultry and livestock operations warrant extensive field trials to validate laboratory findings under real production conditions. This includes evaluating their impact on growth performance, feed conversion efficiency, immune status, carcass quality, and overall animal welfare. Studies should also address environmental considerations, such as the fate of nanoparticles in manure, soil, and water systems, as well as their potential ecological impacts.

In summary, the outcomes of the current study reinforce the scientific and practical relevance of silver nanoparticles as a promising alternative to conventional antibiotics in veterinary medicine. With targeted future research aimed at understanding their safety, optimizing their application, and assessing their interactions with microbial ecosystems, AgNPs hold substantial potential to contribute to sustainable livestock production, reduce reliance on antibiotics, and improve the microbiological safety of animal-derived products.

References

1. World Health Organization. Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS) Report 2022. Geneva: WHO; 2022. DOI: 10.6019/glassreport2022.
2. Murray C.J.L., Ikuta K.S., Sharara F., et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*. 2022;399(10325):629–655. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0.
3. Cassini A., Högberg L.D., Plachouras D., et al. Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area 2015–2019: a population-level modelling analysis. *Lancet Infect Dis*. 2021;21(1):18–30. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30605-4.
4. Van Boeckel T.P., Pires J., Silvester R., et al. Global trends in antimicrobial use in food animals from 2010 to 2030. *Science*. 2020;368(6490):eaba6096. DOI: 10.1126/science.aba6096.
5. European Centre for Disease Prevention and Control. Antimicrobial-resistant *Escherichia coli* in animals: Summary of the ECDC-EFSA Joint Report 2023. <https://www.ecdc.europa.eu>.
6. FAO/WHO. Joint Food and Agriculture Organization–World Health Organization Expert Meeting on Salmonella in animals. Rome; 2021.
7. O'Neill J. Tackling drug-resistant infections globally: Final report and recommendations. 2020 Update. <https://amr-review.org>.
8. Kogut M.H., Arsenault R.J. Microbiome and antimicrobial resistance in poultry. *Front Vet Sci*. 2020;7:511. DOI: 10.3389/fvets.2020.00511.
9. Wang L., Zhang S., Wang J. Nanotechnology in veterinary medicine: applications and prospects. *Vet Res Commun*. 2021;45:201–214. DOI: 10.1007/s11259-021-09816-x.
10. Rai M., Ingle A.P. Silver nanoparticles: Mechanisms of antimicrobial action and application. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2020;104:4755–4767. DOI: 10.1007/s00253-020-10747-9.
11. Gupta S., Xie X., Ansari M.A., et al. Antimicrobial efficacy of silver nanoparticles: A comprehensive review. *Materials Sci Eng C*. 2021;118:111403. DOI: 10.1016/j.msec.2020.111403.
12. Singh P., Kim Y.J., Zhang D., Yang D.C. Biological synthesis of nanoparticles and their applications. *Nanomaterials*. 2022;12(3):472. DOI: 10.3390/nano12030472
13. Durán N., Seabra A.B., Etcheverry S.B. Mechanisms of silver nanoparticle antimicrobial activity: A review. *Biotechnol Adv*. 2020;40:107534. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2020.107534.
14. Shevchenko L., Zheltonozhskaya E., Dovbnia S., et al. Application of silver nanoparticle hybrid carriers in poultry production. *Ukr J Vet Sci*. 2023; (special issue):45–56.
15. Kucheruk O., Zaseikin D. Effects of colloidal AgNPs on gut microbiota of broiler chickens. *Poultry Res J*. 2021–2023; (Vol. 9–11):112–128.
16. Balakumar K., Ramachandran R., Rahuman A. Antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized using plant extracts. *Materials Today: Proceedings*. 2020;25:44–49. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.10.005.
17. Ahmad F., Bari M.A., et al. Green synthesis of silver nanoparticles and their antimicrobial activity in veterinary pathogens. *Vet Microbiol*. 2022;267:109350. DOI: 10.1016/j.vetmic.2022.109350.
18. Silva A., Souza T., et al. Silver nanoparticles in poultry feed: Impacts on performance and gut health. *Animal Feed Sci Technol*. 2022;280:115043. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2021.115043.
19. Zhang Q., Chen Y., et al. Dose-dependent effects of AgNPs on intestinal microbiota composition in broilers. *Front Microbiol*. 2023;14:1171751. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1171751.
20. Li J., Napier M.E., et al. Interaction of silver nanoparticles with bacterial biofilms. *ACS Nano*. 2021;15(1):467–480. DOI: 10.1021/acsnano.0c08340
21. Singh R., Nalwa H.S. Silver nanoparticle applications in animal health and production. *J Nanobiotechnol*. 2023;21:89. DOI: 10.1186/s12951-023-01815-2
22. Chen H., Wu S., et al. Antibacterial mechanisms of AgNPs against Gram-negative bacteria: Proteomic insights. *J Proteomics*. 2021;246:104324. DOI: 10.1016/j.jprot.2021.104324.



23. Maher F., Roberts F., et al. Safety evaluation of long-term AgNP exposure in livestock species. Food Chem Toxicol. 2023;165:113117. DOI: 10.1016/j.fct.2022.113117.
24. Castillo Rodríguez A., García Martínez R., et al. Regulatory aspects of nanomaterials in veterinary feed additives. Regul Toxicol Pharmacol. 2022;133:105159. DOI: 10.1016/j.yrtph.2022.105159.
25. Nguyen T., Lee B., et al. Enhancing probiotic activity with silver nanoparticle supplementation in animal models. Microbiol Res. 2023;259:127109. DOI: 10.1016/j.micres.2022.127109.
26. Tariq M., Khan M.S. Silver nanoparticles: A promising antimicrobial agent in veterinary therapeutics. Front Vet Sci. 2023;10:119052. DOI: 10.3389/fvets.2023.119052
27. Melnichuk S.D., Kovtun V.V. Nanotechnology in veterinary medicine: achievements and challenges. Sci Tech Bull Inst Anim Biol NAPS Ukraine. 2023;29(1):95–102.
28. WHO. Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS) report 2021. World Health Organization; 2021. DOI: 10.6019/glassreport2021.

Руслан Дубін,

кандидат ветеринарних нау,

доцент кафедри внутрішньої медицини та клінічної діагностики,

Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна

ORCID ID 0000-0003-3540-0816

e-mail: dubinruslan1@gmail.com

Оксана Івлєва,

кандидат ветеринарної медицини Кандидат ветеринарних наук,

Доцент кафедри здоров'я тварин та екології,

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,
Київ, Україна,

ORCID ID 0000-0001-8090-4373

e-mail: sauce1908@gmail.com

Сергій Улизько

Кандидат ветеринарних наук,

Доцент кафедри внутрішньої медицини та клінічної діагностики,

Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-1160-5657>

e-mail: sauce1908@gmail.com

АНТИБАКТЕРІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА ЯК ЗАМІНИ СИНТЕТИЧНИХ АНТИБІОТИКІВ У ПТАХІВНИЦТВІ

Анотація

У цьому дослідженні досліджували антимікробні властивості наночастинок срібла (AgNPs) проти окремих грамнегативних та грампозитивних бактерій за допомогою методу дифузії в агарі. Метод. AgNPs наносили в концентраціях від 10 до 50 ppm. Тетрациклін (45 ppm) служив позитивним контролем, а дистильована вода – негативним контролем. Для визначення мінімальної інгібуючої концентрації (МІК) пригнічення росту бактерій оцінювали спектрофотометрично, вимірюючи оптичну густину при 600 нм (OD₆₀₀). Статистичний

аналіз проводили за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з подальшим використанням багатодіапазонного тесту Дункана, зі значущістю, встановленою при $P < 0,05$.

Результати продемонстрували виражений антимікробний ефект AgNPs проти грамнегативних штамів *Escherichia coli* та *Salmonella typhimurium*. Усі протестовані концентрації (10–50 ppm) значно пригнічували ріст бактерій ($P < 0,01$), а найнижче значення МІК було визначено як 6,25 ppm, при якому значення OD_{600} вказували на повне пригнічення проліферації клітин. На відміну від цього, AgNP не мали значного інгібуючого ефекту ($P > 0,05$) на ріст грампозитивних бактерій *Lactobacillus acidophilus* та *Lactobacillus sp.*, що підкреслює селективний характер їхньої антимікробної активності.

Спостережувана селективність свідчить про те, що наночастинки срібла можуть ефективно впливати на патогенні грамнегативні бактерії, зберігаючи при цьому корисну молочнокислу мікрофлору. Це особливо актуально для птахівництва та ветеринарії, де підтримка збалансованої кишкової мікробіоти має вирішальне значення для здоров'я та продуктивності тварин. Крім того, сильна інгібуюча дія AgNP підтверджує їхній потенціал як природної та ефективної альтернативи звичайним синтетичним антибіотикам. Застосування AgNP у низьких, біологічно безпечних концентраціях може сприяти підвищенню біобезпеки, зниженню ризиків резистентності до антимікробних препаратів та покращенню мікробіологічної якості продуктів тваринного походження.

Загалом, отримані результати підкреслюють перспективність використання наночастинок срібла як багатофункціонального антимікробного засобу. Їх включення до кормових добавок, ветеринарних препаратів або протоколів біобезпеки може забезпечити інноваційну стратегію для зменшення використання антибіотиків, одночасно підтримуючи стає та орієнтоване на здоров'я тваринництво.

Ключові слова: наночастинки срібла, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Lactobacillus acidophilus*, мінімальна інгібуюча концентрація, антимікробна активність.

Стаття надійшла до редакції 11.03.2026

Стаття пройшла рецензування 14.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

УДК 639.3:579.64

Людмила Піддубна,

к. с.-г. н., професор кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

ORCID ID 0000-0002-5893-8726

email: l.m.poddubnaya@gmail.com

Тетяна Ковальчук,

к. с.-г. н., доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

ORCID ID 0000-0002-8682-3280

email: tanyana72@ukr.net

Віта Трохименко,

к.с.-г.н., доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури Поліський
національний університет, м. Житомир, Україна

ORCID ID 0000-0002-1763-3141

email: trohimenkovita@ukr.net

Світлана Матковська ,

к.с.-г.н., доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури Поліський
національний університет, м. Житомир, Україна

ORCID ID 0000-0002-8019-5498

email: matkovska@ukr.net

ВПЛИВ ПРОБІОТИЧНИХ ДОБАВОК НА ЯКІСТЬ ВОДИ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО РИБНИЦТВА

Анотація

Інтенсивний розвиток сучасного рибництва супроводжується зростанням антропогенного навантаження на водне середовище, що проявляється у накопиченні органічних речовин і токсичних азотовмісних сполук та погіршенні гідрохімічних показників води. Це негативно впливає на фізіологічний стан риб, їх продуктивність і стабільність функціонування рибогосподарських систем. У зв'язку з цим актуальним є пошук екологічно безпечних і ефективних методів регулювання якості води в умовах інтенсивного рибництва.

Метою роботи є узагальнення та системний аналіз наукових даних щодо впливу пробіотичних добавок на якість води та продуктивність інтенсивних систем рибництва. Дослідження виконано шляхом аналізу, порівняння та узагальнення результатів вітчизняних і зарубіжних наукових публікацій, присвячених застосуванню пробіотичних мікроорганізмів у рибництві.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що використання пробіотичних добавок сприяє зниженню концентрації амонійного азоту та нітритів у воді, стабілізації кислотно-лужної рівноваги та зменшенню органічного навантаження в інтенсивних рибогосподарських системах. Поліпшення гідрохімічних показників води супроводжується підвищенням виживаності риб, збільшенням середньодобових приростів маси та покращенням ефективності використання кормів.

Практична цінність роботи полягає у можливості використання узагальнених результатів для обґрунтування доцільності застосування пробіотичних добавок у практиці інтенсивного рибництва з метою покращення якості води та підвищення продуктивності. Зроблено висновок, що пробіотики є перспективним біотехнологічним інструментом стабілізації водного середовища в аквакультурі.

Ключові слова: пробіотики, інтенсивне рибництво, якість води, амонійний азот, нітрити, аквакультура.

Вступ. Сучасне рибництво характеризується активним впровадженням інтенсивних технологій, які передбачають високу щільність посадки риби та значні обсяги використання кормів. Такі умови неминуче призводять до накопичення органічних решток, продуктів метаболізму гідробіонтів та підвищення концентрації азотовмісних сполук у водному середовищі, що негативно впливає на екологічний стан рибогосподарських систем [1, 2, 4, 15, 35, 36].

Найбільш небезпечними компонентами водного середовища в умовах інтенсивного рибництва є амонійний азот та нітрити. Амоній у неіонізованій формі (NH_3) характеризується високою токсичністю та здатністю проникати через зябровий епітелій риб, порушуючи фізіологічні процеси, тоді як нітрити знижують здатність крові транспортувати кисень [7, 19].

Традиційні методи регулювання якості води, зокрема механічна та біологічна фільтрація, часта заміна води або застосування хімічних реагентів, не завжди забезпечують стабільність гідрохімічних показників і можуть бути економічно або екологічно обмеженими. У зв'язку з цим актуальним є пошук альтернативних біологічних методів стабілізації водного середовища, серед яких важливе місце займають пробіотичні мікроорганізми [3, 6, 10, 11, 27].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Упродовж 2023–2025 років наукові дослідження, присвячені використанню пробіотичних добавок в аквакультурі, зазнали суттєвого розвитку та зміщення акцентів. Якщо раніше основна увага приділялася впливу пробіотиків переважно на ріст і виживаність риб, то сучасні роботи дедалі частіше зосереджуються на **комплексному аналізі якості води**, мікробіологічних процесів та стабільності функціонування інтенсивних рибогосподарських систем [1, 3, 23, 24, 25].

Сучасні оглядові публікації наголошують, що пробіотики слід розглядати не лише як кормові добавки, а як **інструмент управління водною мікробіотою**, здатний впливати на трансформацію азотовмісних сполук і зменшення токсичного навантаження на гідробіонтів [23, 24, 25]. Зокрема, у роботах Brunі та співавторів (2023) і Fernández-Alacid та співавторів (2024) підкреслюється, що ефективність пробіотичних препаратів значною мірою залежить від типу

системи вирощування, гідрохімічних умов та способу внесення пробіотиків [23, 24].

Значна кількість експериментальних досліджень останніх років присвячена застосуванню пробіотиків у **рециркуляційних системах аквакультури**, де ключовим обмежувальним фактором є накопичення амонійного азоту та нітритів. У дослідженнях Zhou та співавторів (2024) показано, що використання мультиштамових пробіотичних композицій сприяє зниженню концентрації амонійного азоту та нітритів у воді, а також модифікації мікробних спільнот біофільтрів, що позитивно впливає на стабільність нітрифікаційних процесів [28]. Аналогічні результати отримано Singh та співавторами (2023), які встановили статистично значуще зменшення амонію та нітритів у комерційних ставкових господарствах із застосуванням пробіотиків на основі бактерій роду *Bacillus* [26].

Окрему групу сучасних досліджень становлять роботи, присвячені **біофлок-технологіям**, де пробіотики розглядаються як складова мікробного консорціуму, що забезпечує переробку органічних речовин і азоту. Gao та співавтори (2023) встановили, що поєднання пробіотиків із біофлок-системою сприяє ефективнішій утилізації амонійного азоту та зменшенню коливань нітритів у воді [29]. Подальші дослідження Xu та співавторів (2025) підтвердили, що використання пробіотичних консорціумів у біофлок-системах дозволяє оптимізувати динаміку азотного циклу та підвищити екологічну стабільність інтенсивних систем вирощування [30].

Водночас низка публікацій звертає увагу на **неоднозначність ефектів пробіотиків**. Зокрема, у роботах зазначається, що некоректний вибір штаму, дози або способу внесення може не призводити до покращення гідрохімічних показників, а в окремих випадках навіть спричиняти тимчасове підвищення концентрації нітритів [6, 21, 34]. Це свідчить про необхідність індивідуального підходу до застосування пробіотичних добавок з урахуванням специфіки конкретної рибогосподарської системи.

Сучасні дослідження також активно аналізують взаємозв'язок між **якістю води, водною мікробіотою та мікробіотою кишечника риб**. У роботах Liu та співавторів (2025) показано, що модифікація мікробного складу водного середовища за допомогою пробіотиків опосередковано впливає на фізіологічний стан риб, їх імунну відповідь та продуктивність [25]. Подібні висновки зроблено й у дослідженнях Huang та співавторів (2024), де простежується чіткий зв'язок між стабілізацією гідрохімічних показників води та змінами мікробіоти гідробіонтів [31].

Українські наукові публікації останніх років також підтверджують доцільність використання пробіотичних добавок у практиці інтенсивного рибництва. Зокрема, у роботах Кравченка та Мельника (2021), а також у пізніших дослідженнях, опублікованих у фахових виданнях категорії «Б», зазначено, що застосування пробіотиків сприяє покращенню гідрохімічних показників води та підвищенню продуктивності коропових і осетрових видів риб в умовах інтенсивного вирощування [36, 39].

Таким чином, аналіз сучасних досліджень свідчить, що пробіотичні добавки є перспективним інструментом управління якістю води в інтенсивному рибництві. Водночас актуальним залишається питання розробки уніфікованих підходів до вибору штамів, дозування та режимів застосування пробіотиків з метою забезпечення стабільного та прогнозованого ефекту на гідрохімічні параметри водного середовища [24, 25, 28, 34].

Мета. Метою даної роботи є **узагальнення та системний аналіз сучасних наукових досліджень**, присвячених впливу пробіотичних добавок на **якість води в умовах інтенсивного рибництва**, зокрема на динаміку амонійного азоту, нітритів, нітратів та стабільність кислотно-лужної рівноваги, а також на **продуктивність інтенсивних рибогосподарських систем**.

Досягнення поставленої мети передбачає **аналіз механізмів дії пробіотичних мікроорганізмів**, оцінку ефективності їх застосування в різних технологічних системах аквакультури та визначення **перспектив і обмежень практичного використання пробіотиків** для стабілізації гідрохімічних показників води й підвищення ефективності рибництва.

Дослідження виконано у формі огляду та узагальнення літературних джерел. Проаналізовано наукові публікації, присвячені застосуванню пробіотичних добавок у рибництві та їх впливу на гідрохімічні показники води й продуктивність інтенсивних систем аквакультури. У роботі використано методи порівняльного аналізу, систематизації та узагальнення експериментальних даних, наведених у вітчизняних і зарубіжних наукових виданнях [1, 3, 5, 13].

Виклад основного матеріалу дослідження. Амонійний азот є основним продуктом азотистого обміну риб та утворюється внаслідок розкладання органічних речовин у водному середовищі. Його накопичення в інтенсивних рибогосподарських системах призводить до пригнічення росту риб, порушення осморегуляції та підвищення смертності [4, 7].

Узагальнення літературних даних свідчить, що застосування пробіотичних добавок, зокрема бактерій роду *Bacillus* та молочнокислих бактерій, сприяє зниженню концентрації амонійного азоту у воді. У більшості досліджень зафіксовано зменшення вмісту амонію на 20–50 % порівняно з контрольними варіантами, що пояснюється активною мінералізацією органічних решток та конкуренцією пробіотичних мікроорганізмів з умовно патогенною мікрофлорою [1, 5, 6, 12, 20, 22].

Узагальнені результати досліджень впливу пробіотичних добавок на якість води в інтенсивному рибництві наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Узагальнені результати досліджень впливу пробіотичних добавок на якість води в інтенсивному рибництві

Автори	Об'єкт дослідження	Пробіотичні культури	Параметри води	Основні результати

Hai N. V., 2015 [1]	Тиляпія (<i>Oreochromis niloticus</i>)	<i>Bacillus</i> spp.	NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , pH	Зниження концентрації амонію до 40 %, стабілізація показника pH
Zorriehzah ra et al., 2016 [5]	Короп (<i>Cyprinus carpio</i>)	<i>Lactobacillus</i> spp.	NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻	Зменшення концентрації нітритів, підвищення виживаності
Kesarcodi- Watson et al., 2008 [6]	Морські види риб	<i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i>	NH ₄ ⁺ , DO	Покращення кисневого режиму, зменшення органічного навантаження
Martínez Cruz et al., 2012 [8]	Різні види риб	Мультиштамові пробіотики	NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻	Стабілізація процесів нітрифікації, зниження токсичних форм азоту
Hoseinifar et al., 2018 [13]	Форель	<i>Bacillus subtilis</i>	pH, NH ₄ ⁺	Зменшення коливань pH, покращення ростових показників
Dawood et al., 2018 [12]	Сом	LAB + <i>Bacillus</i>	NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻	Зменшення азотного навантаження, покращення конверсії корму

Singh et al., 2023 [26]	Тиляпія (<i>Oreochromis niloticus</i>)	<i>Bacillus</i> spp.	NH_4^+ , NO_2^- , pH	Зниження концентрації амонійного азоту та нітритів, стабілізація pH у комерційних ставкових умовах
Zhou et al., 2024 [28]	Рециркуляційна система (різні види)	Мультиштамові пробіотики	NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-	Підвищення ефективності нітрифікації, зменшення токсичних форм азоту, стабілізація мікробних спільнот
Xu et al., 2025 [30]	Біофлок-система	Пробіотичні консорціуми	NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-	Оптимізація азотного циклу, зменшення коливань амонію та нітритів, підвищення екологічної стабільності

Примітки:

• NH_4^+ (амоній): амонієвий іон, який може бути токсичним при високих концентраціях.

• NO_2^- (нітрит): проміжний продукт нітрифікації, який також може бути токсичним для риб.

• NO_3^- (нітрат): кінцевий продукт нітрифікації, менш токсичний, але при надмірі може викликати інші проблеми.

- **pH**: параметр, що характеризує кислотність води.

- **DO (розчинений кисень)**: показник, що вказує на наявність кисню у воді, важливий для дихання риб

Як видно з наведених у таблиці даних, у більшості досліджень застосування пробіотичних добавок супроводжується зниженням концентрації амонійного азоту та нітритів, стабілізацією показника pH і покращенням загального гідрохімічного режиму води, що позитивно впливає на продуктивність інтенсивних рибогосподарських систем.

Особливу увагу привертають дослідження останніх років, які підтверджують ефективність пробіотичних добавок у різних типах інтенсивних систем аквакультури, включно з рециркуляційними та біофлок-системами.

Аналогічні результати отримані й у вітчизняних дослідженнях, де застосування пробіотичних препаратів у рибництві сприяло зниженню концентрації амонійного азоту та покращенню загального гідрохімічного режиму водойм [28, 29].

Нітрити є проміжним продуктом нітрифікації та вважаються одними з найбільш токсичних сполук для риб. Навіть незначне підвищення їх концентрації може викликати гіпоксію та порушення функціонування дихальної системи [7].

За даними численних досліджень, застосування пробіотичних добавок сприяє стабілізації процесів нітрифікації та зменшенню пікових концентрацій нітритів у воді. При цьому спостерігається поступове накопичення нітратів, які є менш токсичними та можуть бути використані у подальших біогеохімічних процесах [6, 8, 10, 13, 21].

Коливання показника pH є характерними для інтенсивних систем рибництва та негативно впливають на фізіологічний стан риб і стабільність мікробіоценозу води. Узагальнення літературних джерел свідчить, що застосування пробіотичних культур сприяє стабілізації кисло-лужної рівноваги та зменшенню добових коливань pH [9, 10, 18].

Крім того, в ряді досліджень відзначено зниження біохімічного споживання кисню, покращення прозорості води та зменшення органічного навантаження, що свідчить про позитивний вплив пробіотиків на загальний екологічний стан рибогосподарських систем [20, 24].

Покращення гідрохімічних показників води в умовах застосування пробіотичних добавок безпосередньо відображається на продуктивності рибництва. За даними літератури, у дослідних групах спостерігалось підвищення виживаності риб, збільшення середньодобових приростів маси та зниження коефіцієнта конверсії корму [11–13, 14, 18].

Вітчизняні автори також відзначають позитивний вплив стабілізації якості води на продуктивні показники риб, що підтверджує доцільність застосування пробіотичних добавок у практиці інтенсивного рибництва [36, 39].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Незважаючи на значну кількість позитивних результатів, ефективність пробіотичних добавок значною мірою залежить від виду риби, складу мікробної культури, дози та умов утримання. Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка

мультиштамових пробіотичних препаратів та їх поєднання з пребіотиками, що дозволить підвищити стабільність мікробіоценозу води та ефективність інтенсивних систем аквакультури [9, 14, 17]. Застосування пробіотичних добавок є ефективним і екологічно безпечним підходом до покращення якості води в умовах інтенсивного рибництва. Узагальнення літературних даних свідчить, що пробіотики сприяють зниженню концентрацій амонійного азоту та нітритів, стабілізації показника рН і покращенню загальних гідрохімічних параметрів води. Поліпшення якості води позитивно впливає на продуктивність, виживаність і фізіологічний стан риб, що робить пробіотичні добавки перспективним інструментом у сучасній аквакультурі.

Список використаних джерел

1. Hai N. V. The use of probiotics in aquaculture. *Journal of Applied Microbiology*. 2015. Vol. 119, No. 4. P. 917–935. DOI: 10.1111/jam.12886
2. Boyd C. E. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn : Auburn University, 2020. 482 p.
3. Banerjee G., Ray A. K. Probiotics in aquaculture: importance and future perspectives. *Aquaculture Reports*. 2023. Vol. 28. Article 101451. DOI: 10.1016/j.aqrep.2022.101451
4. Wedemeyer G. A. *Physiology of fish in intensive culture systems*. Boston : Springer, 1996. 232 p.
5. Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action / Zorriehzakra M. J., Delshad S. T., Adel M. et al. *Veterinary Quarterly*. 2016. Vol. 36, No. 4. P. 228–241. DOI: 10.1080/01652176.2016.1172132
6. Probiotics in aquaculture: the need, principles and mechanisms of action and screening processes / Kesarcodi-Watson A., Kaspar H., Lategan M. J., Gibson L. *Aquaculture*. 2008. Vol. 274, No. 1. P. 1–14. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2007.11.019
7. Lewis W. M., Morris D. P. Toxicity of nitrite to fish: a review. *Transactions of the American Fisheries Society*. 1986. Vol. 115, No. 2. P. 183–195. DOI: 10.1577/1548-8659(1986)115<183:TONTTF>2.0.CO;2
8. Use of probiotics in aquaculture / Martínez Cruz P., Ibáñez A. L., Monroy Hermosillo O. A., Ramírez Saad H. C. *ISRN Microbiology*. 2012. Vol. 2012. Article ID 916845. DOI: 10.5402/2012/916845
9. Prebiotics in aquaculture: a review / Ringø E., Olsen R. E., Gifstad T. Ø. et al. *Aquaculture Nutrition*. 2010. Vol. 16, No. 2. P. 117–136. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2009.00731.x
10. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture / Verschuere L., Rombaut G., Sorgeloos P., Verstraete W. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2000. Vol. 64, No. 4. P. 655–671. DOI: 10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000
11. Probiotics in aquaculture: FAO Fisheries Technical Paper / Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome : FAO, 2019. 89 p.
12. Dawood M. A. O., Koshio S., Esteban M. Á. Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*. 2018. Vol. 10, No. 4. P. 950–974. DOI: 10.1111/raq.12209
13. Probiotics as means of disease control in aquaculture: a review of current knowledge and future perspectives / Hoseinifar S. H., Sun Y. Z., Wang A., Zhou Z. *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. Article 2429. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02429
14. Merrifield D. L., Carnevali O. Probiotic modulation of the gut microbiota of fish. *Aquaculture Research*. 2014. Vol. 45, No. 3. P. 354–365. DOI: 10.1111/are.12202

15. Wang Y. B., Li J. R., Lin J. Probiotics in aquaculture: challenges and outlook. *Aquaculture*. 2008. Vol. 281, No. 1/4. P. 1–4. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.06.002
16. Irianto A., Austin B. Probiotics in aquaculture. *Journal of Fish Diseases*. 2002. Vol. 25, No. 11. P. 633–642. DOI: 10.1046/j.1365-2761.2002.00422.x
17. The use of probiotics in aquaculture: current status and future perspectives / El-Saadony M. T., Alagawany M., Patra A. K. et al. *Aquaculture Nutrition*. 2021. Vol. 27, No. 2. P. 632–646. DOI: 10.1111/anu.13184
18. Dash G., Raman R. P., Prasad K. P. Probiotics as functional additives in fish nutrition. *Aquaculture Research*. 2014. Vol. 45, No. 3. P. 355–368. DOI: 10.1111/are.12083
19. Aquaculture and stress management: a review / Mohapatra S., Chakraborty T., Kumar V. et al. *Aquaculture Research*. 2013. Vol. 44, No. 1. P. 1–14. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2012.03020.x
20. Abdel-Tawwab M., Monier M. N. Stimulatory effect of probiotics on water quality and growth performance of fish. *Aquaculture International*. 2018. Vol. 26. P. 421–434. DOI: 10.1007/s10499-017-0213-0
21. Probiotic supplementation in biofloc systems / Gobi N., Vaseeharan B., Rekha R. et al. *Aquaculture*. 2018. Vol. 495. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.05.038
22. Evaluation of *Bacillus subtilis* as a probiotic / Kumar R., Mukherjee S. C., Prasad K. P., Pal A. K. *Aquaculture Research*. 2006. Vol. 37, No. 12. P. 1215–1221. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2006.01589.x
23. Probiotics in aquaculture: recent advances and future perspectives / Bruni L., Trocino A., Ferretti V., Pastorelli R. *Aquaculture Reports*. 2023. Vol. 30. Article 101562. DOI: 10.1016/j.aqrep.2023.101562
24. Impact of water quality on fish health and probiotic effects / Fernández-Alacid L., Pérez-Jiménez A., Montero D., Tort L. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 2024. Vol. 32, No. 1. P. 1–18. DOI: 10.1080/23308249.2023.2253471
25. Integrated water quality and gut microbiota modulation by probiotics in aquaculture / Liu Z., Wang W., Li J., Shi X. *Frontiers in Microbiology*. 2025. Vol. 16. Article 1298456. DOI: 10.3389/fmicb.2025.1298456
26. Singh P., Rai A. K., Kumar R. Effect of *Bacillus*-based probiotics on water quality and growth performance of Nile tilapia in commercial ponds. *Aquaculture International*. 2023. Vol. 31. P. 1295–1308. DOI: 10.1007/s10499-023-01087-3
27. Mohanty S. P., Swain R. K., Sarangi N. Probiotic supplementation and nitrogenous waste dynamics in catfish culture. *Journal of Applied Aquaculture*. 2023. Vol. 35, No. 4. P. 567–580. DOI: 10.1080/10454438.2022.2145876
28. Application of multi-strain probiotics in recirculating aquaculture systems: effects on water chemistry and microbial communities / Zhou X., Sun J., Zhang T., Wang Y. *Aquaculture Research*. 2024. Vol. 55, No. 3. P. 987–1001. DOI: 10.1111/are.16987
29. Gao G., Wang Y., Xue Q. Probiotics and biofloc technology: interactions and nitrogen recycling efficiency. *Bioresource Technology Reports*. 2023. Vol. 23. Article 101560. DOI: 10.1016/j.biteb.2023.101560
30. Xu H., Liu L., Zhou J. Nitrogen dynamics in biofloc systems enhanced with probiotic consortia. *Aquaculture*. 2025. Vol. 577. Article 740506. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2025.740506
31. Synergistic effects of probiotics and biofloc on water quality and gut microbiota in shrimp culture / Huang L., Du Z., Li Y., Zhang J. *Scientia Marina*. 2024. Vol. 88, No. 2. P. 89–101. DOI: 10.3989/scimar.05432.22A
32. Ahmed I., Khan M. N. A. Probiotic effects on thermal stress and water quality stability in aquaculture. *Journal of Thermal Biology*. 2023. Vol. 110. Article 103420. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2023.103420
33. Oliveira F. J. R., Silva D. C. P. Probiotics for mitigation of ammonia toxicity in intensive tilapia culture. *Aquaculture Research*. 2025. Vol. 56, No. 1. P. 215–229. DOI: 10.1111/are.17122

34. Tran N., Duong H. H., Pham T. T. Probiotic dosage optimization for water quality improvement in carp polyculture. *Aquaculture*. 2024. Vol. 567. Article 739927. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2024.739927
35. Желтов Ю. О., Грициняк І. І. *Інтенсивні технології у прісноводному рибництві*. Київ : Аграрна наука, 2016. 312 с.
36. Грициняк І. І., Кулешов О. М. Гідрохімічний режим водойм рибогосподарського призначення. *Рибогосподарська наука України*. 2018. № 2. С. 5–15.
37. Шерман І. М., Красікова О. А. Біологічні методи покращення якості води в аквакультурі. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 3. С. 112–118.
38. Бех В. В., Кузьменко Н. В. Використання пробіотиків у рибництві. *Науковий вісник Львівського нац. університету вет. медицини*. 2020. Т. 22, № 97. С. 45–51.
39. Кравченко О. В., Мельник В. О. Вплив пробіотичних препаратів на гідрохімічні показники води. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 98–104.

Lyudmila Piddubna,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Biological Resources, Animal Husbandry and Aquaculture Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-5893-8726

email: l.m.poddubnaya@gmail.com

Tetyana Kovalchuk,

PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture, Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-8682-3280

email: tanyana72@ukr.net

Vita Trokhymenko,

PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture, Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-1763-3141

email: trohimenkovita@ukr.net

Svitlana Matkovska,

PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture, Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-8019-5498

email: matkovcka@ukr.net

INFLUENCE OF PROBIOTIC SUPPLEMENTS ON WATER QUALITY IN INTENSIVE FISH FARMING CONDITIONS

Abstract

The intensive development of modern aquaculture is accompanied by increasing anthropogenic pressure on the aquatic environment, resulting in the accumulation of organic matter and toxic nitrogen compounds as well as deterioration of water quality parameters. These changes negatively affect fish physiological condition, productivity, and the overall stability of aquaculture systems. Therefore, the search for environmentally safe and effective approaches to water quality management in intensive fish farming remains highly relevant.

The aim of this study is to summarize and systematically analyze scientific data on the effects of probiotic supplementation on water quality and the performance of intensive aquaculture systems. The research was conducted through the analysis, comparison, and synthesis of data from national and international scientific publications focusing on the use of probiotic microorganisms in fish farming.

The results of the analysis indicate that probiotic supplementation contributes to a reduction in ammonium nitrogen and nitrite concentrations in water, stabilization of acid–base balance, and a decrease in organic load in intensive aquaculture systems. Improved water quality parameters are associated with increased fish survival, enhanced growth rates, and improved feed utilization efficiency.

The practical significance of the study lies in the possibility of applying the summarized findings to justify the use of probiotic supplements in intensive fish farming practices aimed at improving water quality and increasing system productivity. It is concluded that probiotics represent a promising biotechnological tool for maintaining water quality stability in aquaculture.

Keywords: probiotics, aquaculture, water quality, ammonium nitrogen, nitrites, intensive fish farming.

Reference

1. Hai, N. V. (2015). The use of probiotics in aquaculture. *Journal of Applied Microbiology*, 119(4), 917–935. 10.1111/jam.12886
2. Boyd, C. E. (2020). *Water quality in ponds for aquaculture*. Auburn: Auburn University.
3. Banerjee, G., & Ray, A. K. (2023). Probiotics in aquaculture: importance and future perspectives. *Aquaculture Reports*, 28, 101451. 10.1016/j.aqrep.2022.101451
4. Wedemeyer, G. A. (1996). *Physiology of fish in intensive culture systems*. Boston: Springer.
5. Zorriehzahra, M. J., Delshad, S. T., Adel, M., Tiwari, R., Karthik, K., & Dhama, K. (2016). Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action. *Veterinary Quarterly*, 36(4), 228–241. 10.1080/01652176.2016.1172132
6. Kesarcodi-Watson, A., Kaspar, H., Lategan, M. J., & Gibson, L. (2008). Probiotics in aquaculture: the need, principles and mechanisms of action and screening processes. *Aquaculture*, 274(1), 1–14. 10.1016/j.aquaculture.2007.11.019
7. Lewis, W. M., & Morris, D. P. (1986). Toxicity of nitrite to fish: a review. *Transactions of the American Fisheries Society*, 115(2), 183–195. 10.1577/1548-8659(1986)115<183:TONTTF>2.0.CO;2
8. Martínez Cruz, P., Ibáñez, A. L., Monroy, Hermosillo O. A., & Ramírez, Saad H. C. (2012). Use of probiotics in aquaculture. *ISRN Microbiology*, 2012, ID 916845. 10.5402/2012/916845
9. Ringø, E., Olsen, R. E., Gifstad, T. Ø., Dalmo, R. A., Amlund, H., Hemre, G. I., & Bakke, A. M. (2010). Prebiotics in aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition*, 16(2), 117–136. 10.1111/j.1365-2095.2009.00731.x

10. Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., & Verstraete, W. (2000). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64(4), 655–671. 10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *Probiotics in aquaculture: FAO Fisheries Technical Paper*. Rome: FAO.
12. Dawood, M. A. O., Koshio, S., & Esteban, M. Á. (2018). Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10(4), 950–974. 10.1111/raq.12209
13. Hoseinifar, S. H., Sun, Y. Z., Wang, A., & Zhou, Z. (2018). Probiotics as means of disease control in aquaculture: a review of current knowledge and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2429. 10.3389/fmicb.2018.02429
14. Merrifield, D. L., & Carnevali, O. (2014). Probiotic modulation of the gut microbiota of fish. *Aquaculture Research*, 45(3), 354–365. 10.1111/are.12202
15. Wang, Y. B., Li, J. R., & Lin, J. (2008). Probiotics in aquaculture: challenges and outlook. *Aquaculture*, 281(1/4), 1–4. 10.1016/j.aquaculture.2008.06.002
16. Irianto, A., & Austin, B. (2002). Probiotics in aquaculture. *Journal of Fish Diseases*, 25(11), 633–642. 10.1046/j.1365-2761.2002.00422.x
17. El-Saadony, M. T., Alagawany, M., Patra, A. K. & et al. (2021). The use of probiotics in aquaculture: current status and future perspectives. *Aquaculture Nutrition*, 27(2), 632–646. 10.1111/anu.13184
18. Dash, G., Raman, R. P., & Prasad, K. P. (2014). Probiotics as functional additives in fish nutrition. *Aquaculture Research*, 45(3), 355–368. 10.1111/are.12083
19. Mohapatra, S., Chakraborty, T., Kumar, V., DeBoeck, G., & Mohanta, K. N. (2013). Aquaculture and stress management: a review. *Aquaculture Research*, 44(1), 1–14. 10.1111/j.1365-2109.2012.03020.x
20. Abdel-Tawwab, M., & Monier, M. N. (2018). Stimulatory effect of probiotics on water quality and growth performance of fish. *Aquaculture International*, 26, 421–434. 1007/s10499-017-0213-0
21. Gobi, N., Vaseeharan, B., Rekha, R. & et al. (2018). Probiotic supplementation in biofloc systems. *Aquaculture*, 495, 1–10. 10.1016/j.aquaculture.2018.05.038
22. Kumar, R., Mukherjee, S. C., Prasad, K. P., & Pal, A. K. (2006). Evaluation of *Bacillus subtilis* as a probiotic. *Aquaculture Research*, 37(12), 1215–1221. 10.1111/j.1365-2109.2006.01589.x
23. Bruni, L., Trocino, A., Ferretti, V., & Pastorelli, R. (2023). Probiotics in aquaculture: recent advances and future perspectives. *Aquaculture Reports*, 30, 101562. 10.1016/j.aqrep.2023.101562
24. Fernández-Alacid, L., Pérez-Jiménez, A., Montero, D., & Tort, L. (2024). Impact of water quality on fish health and probiotic effects. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 32(1), 1–18. 10.1080/23308249.2023.2253471
25. Liu, Z., Wang, W., Li, J., & Shi, X. (2025). Integrated water quality and gut microbiota modulation by probiotics in aquaculture. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1298456. 10.3389/fmicb.2025.1298456
26. Singh, P., Rai, A. K., & Kumar, R. (2023). Effect of *Bacillus*-based probiotics on water quality and growth performance of Nile tilapia in commercial ponds. *Aquaculture International*, 31, 1295–1308. 10.1007/s10499-023-01087-3
27. Mohanty, S. P., Swain, R. K., & Sarangi, N. (2023). Probiotic supplementation and nitrogenous waste dynamics in catfish culture. *Journal of Applied Aquaculture*, 35(4), 567–580. 10.1080/10454438.2022.2145876
28. Zhou, X., Sun, J., Zhang, T., & Wang, Y. (2024). Application of multi-strain probiotics in recirculating aquaculture systems: effects on water chemistry and microbial communities. *Aquaculture Research*, 55(3), 987–1001. 10.1111/are.16987
29. Gao, G., Wang, Y., & Xue, Q. (2023). Probiotics and biofloc technology: interactions and nitrogen recycling efficiency. *Bioresource Technology Reports*, 23, 101560. 10.1016/j.biteb.2023.101560

30. Xu, H., Liu, L., & Zhou, J. (2025). Nitrogen dynamics in biofloc systems enhanced with probiotic consortia. *Aquaculture*, 577, 740506. 10.1016/j.aquaculture.2025.740506
31. Huang, L., Du, Z., Li, Y., & Zhang, J. (2024). Synergistic effects of probiotics and biofloc on water quality and gut microbiota in shrimp culture. *Scientia Marina*, 88(2), 89–101. 10.3989/scimar.05432.22A
32. Ahmed, I., & Khan, M. N. A. (2023). Probiotic effects on thermal stress and water quality stability in aquaculture. *Journal of Thermal Biology*, 110, 103420. 10.1016/j.jtherbio.2023.103420
33. Oliveira, F. J. R., & Silva, D. C. P. (2025). Probiotics for mitigation of ammonia toxicity in intensive tilapia culture. *Aquaculture Research*, 56(1), 215–229. 10.1111/are.17122
34. Tran, N., Duong, H. H., & Pham, T. T. (2024). Probiotic dosage optimization for water quality improvement in carp polyculture. *Aquaculture*, 567, 739927. 10.1016/j.aquaculture.2024.739927
35. Zheltov, Yu. O., & Hrytsyniak, I. I. (2016). Intensive technologies in freshwater fish farming. Kyiv: Agrarian Science [in Ukrainian].
36. Hrytsyniak, I. I., & Kuleshov, O. M. (2018). Hydrochemical regime of water bodies for fishery purposes. *Fisheries Science of Ukraine*, 2, 5–15. [in Ukrainian].
37. Sherman, I. M., & Krasikova, O. A. (2019). Biological methods for improving water quality in aquaculture. *Bulletin of the Black Sea Region Agricultural Science*, 3, 112–118. [in Ukrainian].
38. Bekh, V. V., & Kuzmenko, N. V. (2020). The use of probiotics in fish farming. *Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine*, 22(97), 45–51. [in Ukrainian].
39. Kravchenko, O. V., & Melnyk, V. O. (2021). The influence of probiotic preparations on the hydrochemical parameters of water. *Tavria Scientific Bulletin*, 118, 98–104. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 20.03.2026

Стаття пройшла рецензування 22.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Олександр Мирний

кандидат ветеринарних наук, асистент кафедри хірургії, акушерства та хвороб дрібних тварин

Одеського державного аграрного університету, м. Одеса, Україна

ORCID ID 0009-0001-3219-9419

email: vet.mirniy@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТКАНИННИХ КОМПОНЕНТІВ ОРГАНІВ УНІВЕРСАЛЬНОГО КРОВОТВОРЕННЯ ТА ІМУННОГО ЗАХИСТУ У ПЛОДІВ СВИНІ СВІЙСЬКОЇ

Анотація

Встановлені основні закономірності росту та розвитку тканинних компонентів органів універсального кровотворення та імунного захисту у плодів свині свійської. Визначений період трансформації гемопоєзу, від мієлоїдного кровотворення печінки до універсального кровотворення кісткового мозку у плодів свині свійської. Гемопоетичні компоненти печінки мають найбільшу відносну площу в першій третині плідного періоду онтогенезу, та поступово до моменту народження практично зникають на тлі збільшення відносної площі строми та паренхіми печінки. Кровотворні компоненти печінки анатомічно представлені у вигляді гемопоетичних островців, які зосереджені між балками гематоцитів в тісному взаємозв'язку з судинами мікроциркуляторного русла. Особливості гемопоєзу в кістках скелета плодів свині свійської, також характеризуються специфічною трансформацією, поступовим збільшенням відносної площі кровотворного мозку та кісткової тканини в кістках скелета плодів, та поступовим зменшенням відносної площі хрящової тканини. Таким чином, максимальна відносна площа кісткового мозку серед кісток осового скелета спостерігається в 3-му сегменті грудної клітини та 5-ій реберній кістці, а серед кісток скелета кінцівок в стегновій та плесновій кістках. Кістковий мозок має певні морфологічні особливості розташування в основних осередках окостеніння кісток осового скелета та скелета кінцівок, та характеризується формуванням його двох основних форм: островцевої - розташування кісткового мозку характерно для плодів першої половини плідного періоду онтогенезу, а островцево-дифузна - для плодів другої половини пренатального розвитку. Розвиток додаткових осередків окостеніння характерний тільки для кісток скелета кінцівок в плодів свині свійської наприкінці плідного періоду, де відносна маса кісткового мозку розташована в незначній кількості у вигляді невеликих скупчення гемопоетичних островців.

Ключові слова: *плоди свині свійської, кістковий мозок, печінка, кістки осового скелета, кістки скелета кінцівок.*

Вступ. На сьогоднішній день зроблені значні успіхи в дослідженнях ультраструктури гемопоетичних клітин та клітинних компонентів кровотворного мікрооточення у лабораторних тварин та людини. Експериментально *in vitro* та *in vivo* доведено, що клітини кровотворного мікрооточення кісткового мозку та кісткової тканини складають єдину функціональну систему, всі елементи якої мають єдиного попередника [1, 4, 18, 21]. Структурно-функціональна неоднорідність кісткового мозку на різних стадіях його розвитку, особливо в

період становлення та посилення кістково-мозкової фази універсального кровотворення поряд з гасанням печінкової, потребує ще більш детального дослідження, доповнення, та можливого перегляду деяких аспектів, особливо на ранніх етапах пренатального онтогенезу. Відсутність даних про закономірності росту та розвитку клітинних компонентів в органах універсального гемопоезу у плодів свині свійської, призводить до зниження ефективності лікувально-профілактичних заходів при різних анеміях та імунодефіцитних станах у молодняка [3, 10, 13].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проведений нами аналіз наукових літературних джерел свідчить про те, що на сьогодні особливу увагу дослідники звертають на морфологічні аспекти системи органів кровотворення та імунного захисту, як однієї з основних структур організму ссавців та птиці. Значення досліджень у такому напрямі зростає, зокрема питань збереження основних функцій в умовах збільшення негативного впливу на організм людини та тварини комплексу антропогенно-техногенних факторів, що призводить до різкого зниження процесів життєдіяльності, продуктивності, скорочення тривалості життя. Актуальності набувають дослідження системи крові та кровотворення, як надзвичайно чутливих систем, які беруть участь у забезпеченні гомеостазу [2, 3, 7, 9, 11, 14, 15].

В ембріональному періоді онтогенезу в плодів перші імунокомпетентні структури формуються у жовтковому міхурі, в предплідному періоді відбувається міграція гемопоетичних компонентів до печінки де відбувається утворення стовбурових клітин, які також починають розвиватись в кісткових органах. В результаті чого, утворюється кістковий мозок, який стає органом універсального кровотворення та імунного захисту до кінця постнатального періоду онтогенезу тварин [1, 5, 9, 20, 22].

Процес кровотворення в печінці в пренатальному періоді онтогенезу розділяють на чотири періоди розвитку. Перша стадія характеризується наявністю плюрипотентних стовбурових клітин в печінці, які мають назву CD34⁺. Вони мають певні особливості локалізації біля синусоїдів капілярного русла між печінковими балками. При подальшому розвитку ці клітини поступово починають міграцію внаслідок більш тісного контакту з ендотеліальними клітинами синусоїдів. [5, 7, 9]. Друга стадія кровотворення в печінці, характеризується появою гемопоетичних скупчень кровотворних компонентів між тяжами гепатобластів і синусоїдальним просвітом. Таким чином, ми можемо спостерігати підтвердження теорії про те, що синусоїдальні ендотеліальні клітини можуть підтримувати процес кровотворення. Під час третьої стадії в печінці плоду відбувається максимальне підвищення активності кровотворення, та впродовж цієї стадії гемопоетичні клітини займають не менше 70% паренхіми печінки. Більша частина клітин, що складають гемопоетичні вогнища, є клітинами еритроцитарного ряду, але присутня значна кількість зрілих гранулоцитів, що свідчить про наявність клітин мієлоїдного ряду, які ще знаходяться в недиференційованому стані [1, 5, 9, 20]. Четверта стадія кровотворного процесу в печінці має ознаки зниження кровотворної активності,

де гемопоетичні клітини займають менше 30% паренхіми печінки.

Ряд науковців [1, 4, 6, 15, 19, 21] вважають, гемопоетичні стовбурові клітини є плюрипотентними і можуть утворювати будь-яку гемопоетичну клітину. Їхнім першим кроком у внутрішньопечінковому дозріванні є більш обмежений діапазон варіантів походження, як правило, еритромієлоїдний або мієлолімфоїдний попередники.

На сьогодні відомо, що закономірності морфогенезу компонентів скелета, які забезпечують функцію кровотворення та імунного захисту в ссавців на різних рівнях структурної організації та етапах індивідуального розвитку, майже не досліджені, на відміну від структур, виконуючих біомеханічну функцію, що негативно впливає на вирішення прикладних проблем тваринництва та ветеринарної медицини, спрямованих на розробку методів підвищення життєздатності та продуктивності сільськогосподарських тварин. Таким чином, особливості адаптивних структурних перетворень кісток у зв'язку з участю в реалізації функції універсального гемопоезу та імунного захисту практично не з'ясовані, що значно ускладнює розуміння патогенезу розладів кровотворення в молодняку тварин, а також розробку ефективних методів лікування й профілактики анемії та імунодефіцитів у продуктивних ссавців та птиці [4, 13, 16, 18]. Також в більшості наукових статей та монографій кістковий мозок розглядається як відокремлена, самостійна структура, яка з кістковими органами пов'язана переважно топографічно. При цьому є велика кількість інформації про особливості цитогенезу та ультраструктурної організації диферона кровотворних клітин, отримані, як правило, в дослідженнях *in vitro* в культурах клітин або при вивченні забарвлених мазків пунктатів кісткового мозку. Особливий інтерес дослідників до кровотворних клітин пов'язаний, перш за все, з розробкою нових методів лікування злоякісних хвороб крові, а також відновлювальної терапії з використанням стовбурових та напівстовбурових клітин [15, 19, 20, 22].

На сьогоднішній день в наукових роботах (Гаврилів П.М., Криштафорової Б.В., Никифорова О.О. та Олійник А.В.) визначенні основні особливості структурно-функціональної організації органів кровотворення та імунного захисту в продуктивних тварин в постнатальному періоді онтогенезу, але інформація стосовно особливостей взаємозв'язку кісткового мозку із структурою губчастої і компактної кісткової речовини у продуктивних тварин в пренатальному періоді онтогенезу практично відсутня.

Мета досліджень. Визначити закономірності структурно-функціональної організації тканинних компонентів у плодів свині свійської.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження були плоди свині свійської білої української породи. Для досліджень використовували матеріал – печінку, кістки осевого скелета (нижньощелепна кістка, 5-й грудний хребець, 5-та реберна кістка, грудина, 1-й і 5-й хвостові хребці) та скелета кінцівок (плечова, стегнова, великогомілкова кістки та кістки зап'ястка) 1,5-, 2-, 2,5-, 3-, 3,5- та 4-х місячного віку плодів свині свійської (n=6), всього 36 голів. Всі дослідження проводили згідно вимог «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються в експериментальних та інших наукових

цілях» (Страсбург, Франція, 18 березня 1986 р., ETS № 123), а також відповідно до положень Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (Київ, 21 лютого 2006 р., № 3447-IV).

Гістологічні дослідження печінки та кісток проводили із використанням комплексу методик (забарвлення гематоксиліном та еозином, азур II еозином). Дослідження гістопрепаратів проводили за допомогою мікроскопів біологічного стереометричного (МБС-10), світлових - Olympus CH 20 та CX 41.

Відносну площу (ВП) тканинних компонентів (хрящової (ХТ), кісткової тканини (КТ) і кісткового мозку (КМ)) в гістопрепаратах визначали за методикою «крапкового підрахунку» (Автанділов Г.Г., 1990) з використанням стандартних тестових систем (окулярних вставок) на мікроскопі МБС-10 (окуляр 8х, об'єктив 7х) за формулою: $S_{відн.} = P_t / P_z \times 100 \%$, де $S_{відн.}$ – відносна площа відповідних компонентів, %; P_t – кількість крапок, що потрапили на відповідні тканинні компоненти; P_z – загальна кількість крапок, що потрапили на всю площу гістопрепарату.

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою персонального комп'ютера та стандартної програми Windows XP „Microsoft Excel”.

Гістопрепарати та їх окремі ділянки фотографували цифровим фотоапаратом Olympus C-460 ZOOM та з використанням мікроскопів Olympus CH 20 та CX 41 (окуляр 10х/18L, об'єктив 10х/0,25, 40х/0,65, 100х/0,65).

В результаті проведених досліджень, встановлено, що печінка в плодів свині свійської 1,5-місячного віку представлена трьома структурно-функціональними тканинними компонентами: строюю, паренхімою та мієлоїдною тканиною. На початку плідного періоду онтогенезу (1,5-2,0-місячних плодів) ВП сполучнотканинної строми у печінці має високий ступінь розвитку і становить $6,43 \pm 0,93\%$. Протягом всього плідного періоду онтогенезу її кількісні показники нерівномірно змінюються, та характеризуються збільшенням її ВП у 2- і 3-місячних плодів (на 5,06% і 8,45%, відповідно) та поступовим зменшенням – у 2,5- та 3,5-місячних (на 5,44% і 9,20%, відповідно). Але, спостерігається пік збільшення ВП сполучної тканини в кінці плідного періоду. Таким чином, у 4-місячних плодів ВП сполучної тканини зростає на 7,12%.

ВП паренхіматозної тканини у 1,5-місячних плодів складає $36,97 \pm 0,93\%$. Ріст та розвиток паренхіматозної тканини протягом всього плідного періоду онтогену у плодів свині, також має нерівномірний характер розвитку, та характеризується поступовим зменшенням у 2-, 3- та 3,5-місячних плодів (на 4,06%, 4,99% і 0,62%) та помірним зростанням в 2,5- та 4-місячних (на 12,96% і 3,21%).

ВП мієлоїдної тканини у 1,5-місячних плодів складає $52,32 \pm 0,93\%$, зменшуючись протягом всього плідного періоду, найбільше у 2,5-місячних плодів (на 13,94%), а найменше – в 2-місячних (на 2,58%) (рис. 1). Мієлоїдна тканина складається переважно із кровотворних острівців, зосереджених між балками гепатоцитів, ближче до основи кровеносних судин (рис. 2).

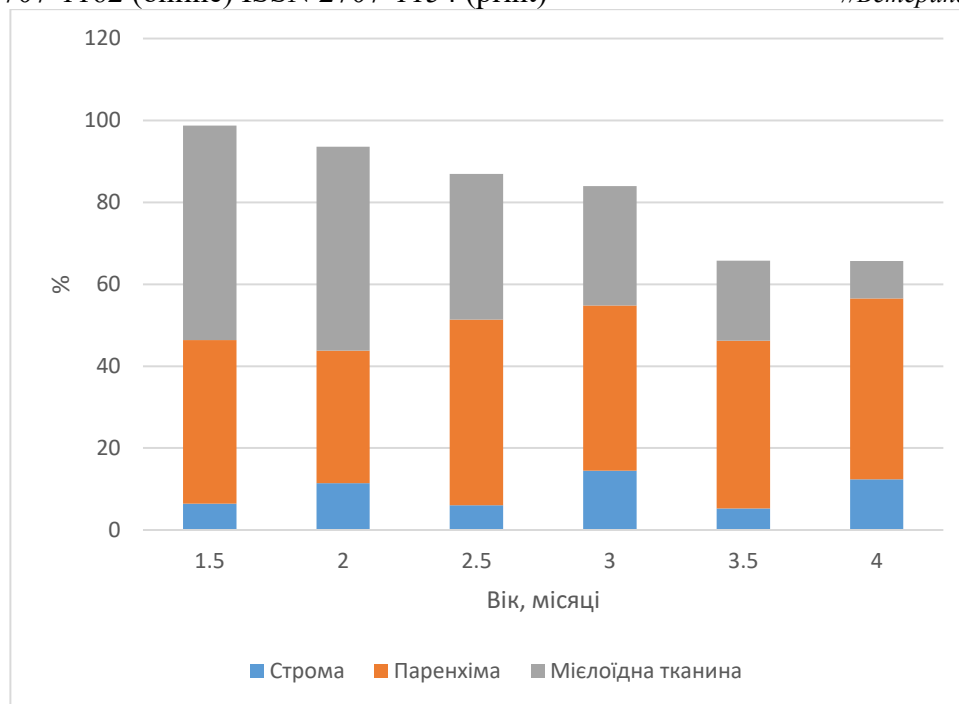


Рис. 1. Динаміка відносної площі тканинних компонентів печінки плодів свині свійської, %.

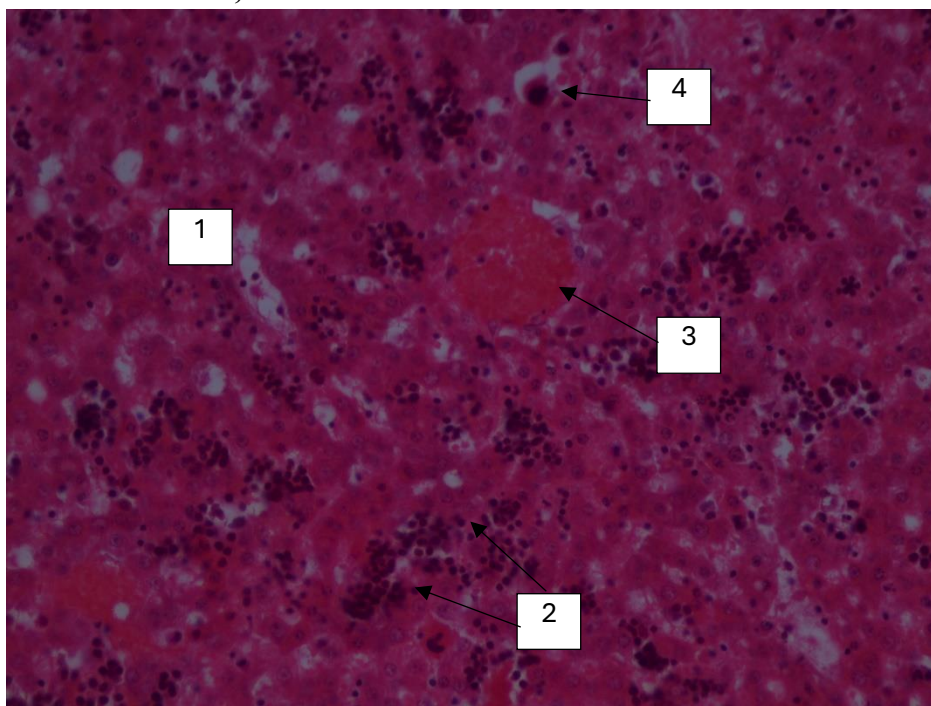


Рис. 2. Гістограма печінки 3-місячного плода свині свійської. Заб. гематоксиліном і еозином, $\times 400$. 1 – паренхіма печінки; 2 – мієлоїдна тканина; 3 – судина мікроциркуляторного русла; 4 – мегакаріоцит.

У плодів свині свійської на початку плідного періоду онтогенезу спостерігається розвиток КМ лише в основних осередках окостеніння (ООК) кісток осового скелета та скелета кінцівок. Таким чином, максимальна ВП КМ у 1,5-місячних плодів серед кісток осового скелета спостерігається в основному

осередку окостеніння тіла 5-го грудного хребця, де його ВП складає $12,44 \pm 0,69\%$. В меншій мірі КМ розвинений в 3-му сегменті груднини ($10,50 \pm 1,66\%$), основному ООК 5-ої реберної кістки ($8,65 \pm 1,76\%$), 1-го хвостового хребця ($7,73 \pm 0,93\%$) та 5-го хвостового хребця ($4,61 \pm 0,46\%$). Ріст КМ в кістках осевого скелета плодів свині свійської впродовж всього плідного періоду має тенденцію до постійного рівномірного збільшення, як основних, так і додаткових ООК. Максимальний показник ВП КМ від початку та до кінця плідного періоду зосереджений основному ООК 5-грудного хребця та складає $29,96\%$ (рис. 3).

Динаміка росту та розвитку КМ у 1,5-місячних плодів свині свійської характеризується максимальним зосередженням ВП КМ саме в трубчастих кістках кінцівок, на відміну від кісток осевого скелета. Також було встановлено, що ВП КМ серед трубчастих кісток скелета кінцівок майже однакова (рис. 4). Така динаміка росту ВП КМ спостерігається протягом всього плідного періоду онтогенезу та набуває свого максимуму за рахунок збільшення ВП КМ в основних та додаткових ОКК на момент народження.

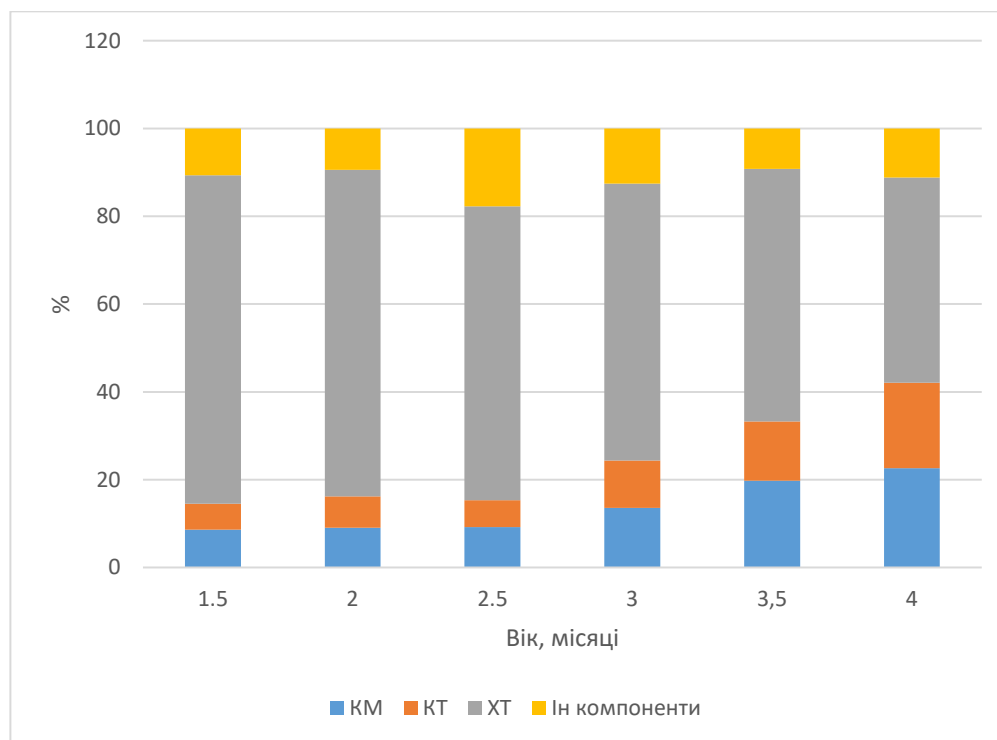


Рис. 3. Динаміка відносної площі тканинних компонентів основного ООК 5-го грудного хребця плодів свині свійської, %.

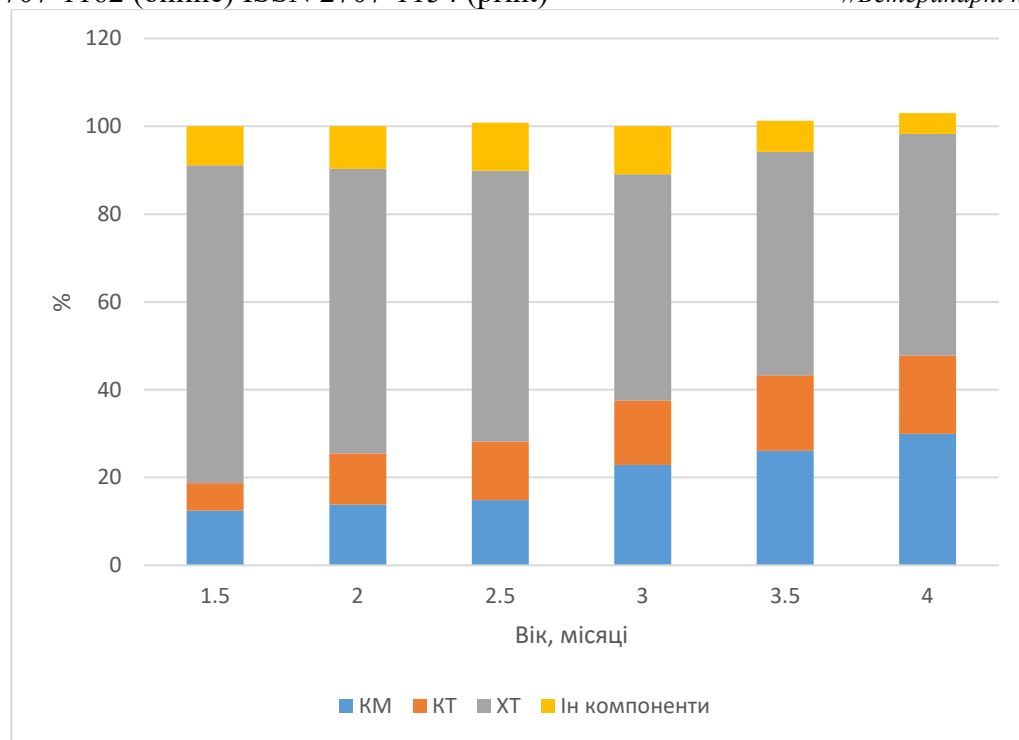


Рис. 4. Динаміка відносної площі тканинних компонентів основного ООК стегнової кістки плодів свині свійської, %.

У плодів свині свійської 1,5-місячного віку максимальний показник ВП КТ, спостерігається в основному ООК тіла 5-го грудного хребця ($6,30 \pm 0,80\%$), дещо менший в 3-му сегменті груднини та 1-му хвостовому хребці ($6,25 \pm 1,02\%$ та $6,03 \pm 0,41\%$, відповідно). Мінімальна ВП КТ спостерігається в 5-ій реберній кістці ($5,86 \pm 0,44\%$) та основному ООК 5-го хвостового хребця ($3,79 \pm 1,07\%$). Протягом всього плідного періоду спостерігається поступове збільшення ВП КТ та на момент народження максимальний показник ВП КТ спостерігається в 5-грудному хребці та 3-сегменті груднини (рис. 5).

Найбільша ВП КТ серед кісток скелета кінцівок відмічається в основному ООК стегнової кістки, де вона складає $17,74 \pm 1,96\%$, а в основному ООК (діафізарному) плеснової та плечової кісток ВП КТ майже однакова ($12,34 \pm 1,85\%$ та $11,66 \pm 0,20\%$, відповідно). Максимальне збільшення ВП КТ в кістках скелета кінцівок спостерігається в основних ООК стегнової та плеснової кісток плодів 3,5-місячного віку ($19,46 \pm 0,58\%$ та $29,57 \pm 0,11$, відповідно), додатково спостерігається поява додаткових ООК.

Максимальне показники серед всіх структурних компонентів кісткових органів впродовж всього плідного періоду онтогенезу в плодів свині свійської, особливо в його першу третину, - займає XT. Серед кісток осевого скелета плодів свині свійської 1,5-місячного віку найбільша ВП XT спостерігається в основному ООК тіла 5-го хвостового хребця ($86,54 \pm 1,53\%$), а найменша ВП XT відмічається в 5-му грудному хребці ($72,37 \pm 1,72\%$). До кінця плідного періоду онтогенезу спостерігається поступове рівномірне зменшення ВП XT в кістках осевого скелета, та досягає свого мінімуму, серед кісток осевого скелета у 4-

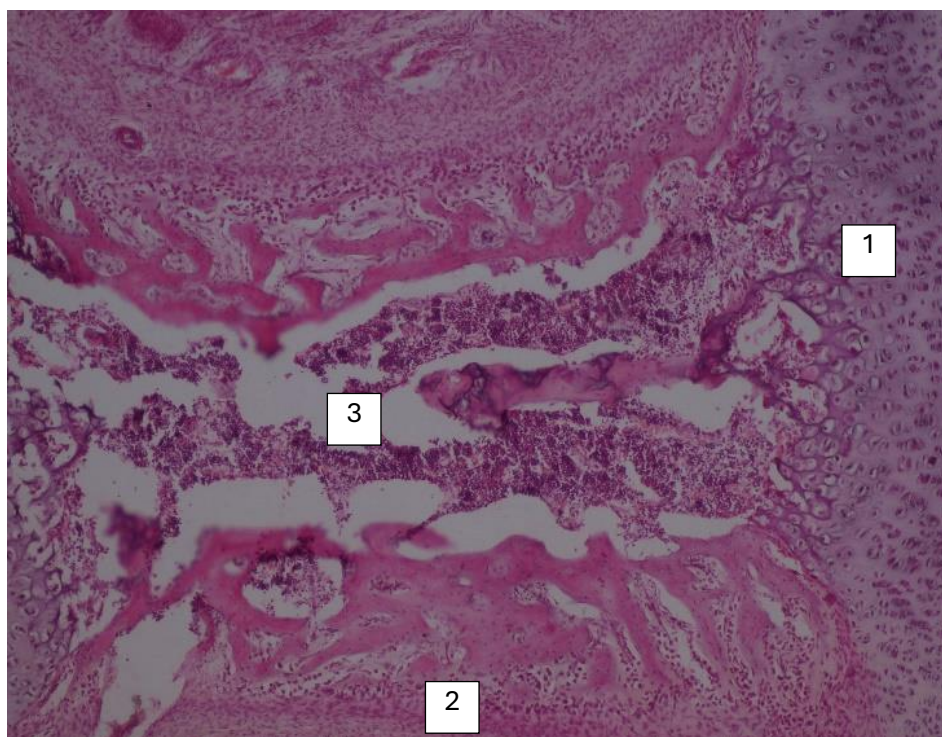


Рис. 5. Гістограма основного ООК 5-грудного хребця у 3,5-місячного плода свині свійської. Заб. гематоксиліном і еозином, $\times 100$. 1 – хрящова тканина; 2 – кісткові трабекули; 3 – кровотворні компоненти кісткового мозку.

У трубчастих кістках скелета кінцівок 1,5-місячних плодів свині свійської максимальна ВП ХТ відмічається в діафізарному основному ООК плечової та плеснової кістках ($63,36 \pm 0,47\%$ та $59,12 \pm 5,43\%$, відповідно), а мінімальна в основному ООК стегнової кістки – $52,69 \pm 1,58\%$. На момент народження ВП ХТ поступово зменшується. Максимальне зменшення ВП ХТ серед трубчастих кісток скелета кінцівок у плодів 4-місячного віку спостерігається в основному ООК стегнової кістки ($27,07 \pm 0,38\%$).

Висновки та перспективи подальших досліджень. В результаті проведених досліджень, було встановлено:

-динаміка основних структурно-функціональних компонентів печінки яка протікає на тлі суттєвих морфологічних трансформацій кісткового мозку протягом плідного періоду онтогенезу, характеризується поступовим збільшенням відносної площі стромальних компонентів та рівнозначним зменшенням мієлоїдної тканини печінки;

- у плодів свині свійської на початку плідного періоду онтогенезу КМ виявляється лише в основних ООК скелета, а наприкінці в додаткових ООК;

- максимальна кількість КМ у плодів свині свійської зосереджена в основних ООК кісток осового скелета;

- ріст та розвиток ВП КМ в основних ООК 1,5-місячних плодів свині свійської має тісний позитивний взаємозв'язок з розвитком ВП КТ та негативний

з ХТ;

- оскільки ВП КТ в основних осередках ООК 1,5-місячних плодів свині свійської складає приблизно $\frac{1}{2}$ від ВП КМ, а ВП ХТ, навпаки в 4-5 разів більше за ВП КМ;

- збільшення ВП КМ наприкінці плідного періоду онтогенезу за рахунок не тільки розширення основних ОКК, але і за рахунок появи додаткових ООК.

-

Список використаної літератури

1. Alison MR, Poulsom R, Forbes SJ. Update on hepatic stem cells. Liver. 2001 Dec. 21(6). 367-73.
2. Allen T.D. Haemopoietic microenvironments in vitro: ultrastructural aspects. Microenvironments in haemopoietic and lymphoid differentiation. London, 1981. P.38-67.
3. Гаврилін П.М., Мирний О.М. Морфогенез органів універсального гемопоезу та імунного захисту у свині свійської. Діпро. 2018. 243 с.
4. Гаврилін П. М., Никифорова О. О., Мирний О. М. Закономірності морфогенеза червоного кісткового мозку поросят. Актуальні напрямки розвитку ветеринарної медицини на сучасному етапі науково-технічного прогресу: Матеріали наук. конф. професорсько-викладацького складу і студентів факультету ветеринарної медицини. Дніпропетровськ. 2005. С. 60–61.
5. Drize N. J., Keller J. R., Chertkov J. L. Local clonal analysis of the hematopoietic system shows that multiple small short-living clones maintain life-long hematopoiesis in reconstituted mice. Blood. 1996. V. 88, № 8. P. 2927- 2938.
6. Fukuda T. Fetal hemopoiesis. II. Electron microscopic studies on human hepatic hemopoiesis. Virchows Arch. B Cell Pathol. 1974, 16. P. 249–270.
7. Carpentier R., Suner R.E., Kopp J. L., Beaudry J. et al. Embryonic Ductal Plate Cells Give Rise to Cholangiocytes, Periportal Hepatocytes and Adult Liver Progenitor Cells. Gastroenterology. 2011. 141. P. 1432–1438.
8. Chen J., Alt F. Gene rearrangement and B-cell development. Current Opinion Immunol. 1992. v. 5. - P. 194-206.
9. Kawamoto H., Ohmura K., Hattori N., Katsura Y. Hemopoietic progenitors in the murine fetal liver capable of rapidly generating T cells. J. Immunol. 1997, 158. P. 3118–3124.
10. Криштофорова Б. В., Грабчак Ж. Г. Структурно-функціональні особливості кісткового мозку неонатальних телят із різним ступенем внутрішньоутробного розвитку. Аграрний вісник Причорномор'я: Збірник наукових праць. Одеса. 2000. Вип. 4 (9). С. 29-31.
11. Криштофорова Б. В., Максаков В. Я. Проблеми продуктивного тваринництва в умовах наростаючої дії антропогенних факторів. Вісник аграрної науки. 1998. № 6. С. 31-35.
12. Мирний О.М., Оліяр А.В. Закономірності морфогенезу кровотворних компонентів органів універсального кровотворення та імунного захисту в плодів свині свійської. Науково-технічний бюлетень науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – Дніпропетровськ. 2014. Т2. №1 С. 37-42.
13. Мирний О. М. Морфофункціональні особливості гісто-та цитогенезу органів універсального кровотворення та імунного захисту у плодів свині свійської: монографія. Харків. 2025. С. 122.
14. Мирний О. М. Динаміка відносної площі основних тканинних компонентів кісткових органів плодів свині свійської. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини. 2008, №37. С. 182-185.
15. Nevi L., Cardinale V., Carpino G., Costantini D. et al. Cryopreservation protocol for human biliary tree stem/progenitors, hepatic and pancreatic precursors. Sci. Rep. 2017. P. 102-125.
16. Оліяр А. В. Особливості морфогенезу органів кровотворення у поросят :

автореф. дис. канд. вет. наук: 16.00.02. Біла Церква. 2003. 21 с.

17. Parkman R. The biology of bone marrow transplantation for severe combined immunodeficiency. / Adv. Immunol., 1991, v. 49. - P. 381-388.

18. Оліяр А. В. Закономірності морфогенезу тканинних компонентів органів кровотворення та імунного захисту в новонароджених поросят. Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини: зб. наук. праць / Харк. держ. зоовет. акад. Харків. 2008. Вип. 16(41), Ч. 2: Ветеринарні науки. Т 1. С. 13–16.

19. Rao M.S., Khan A. A., Parveen N., Habeeb M. A. Characterization of hepatic progenitors from human fetal liver during second trimester. World J. Gastroenterol. 2008, 14. P. 5730–5737.

20. Spee B., Carpino G., Schotanus B.A., Katoonizadeh A. Characterisation of the liver progenitor cell niche in liver diseases: Potential involvement of Wnt and Notch signalling. Gut. 2010. 59. P. 247–257.

21. Taylor D., Dharmar M, Urquhart-Scott E, Ryan R, et al Relationship between pediatric blood and marrow transplant center volume and day +100 mortality: Pediatric Blood and Marrow Transplant Consortium experience. Bone Marrow Transplant. 2013. P. 14-22.

22. Yusa K., Rashid S. T., Strick-Marchand H., Varela I. Targeted gene correction of alpha1-antitrypsin deficiency in induced pluripotent stem cells. Natur. 2011. 478. P. 391–394.

Oleksavdr Myrnyi

Candidate of Veterinary Sciences, assistant of the Department of Surgery, Obstetrics and Small Animal Diseases

Odessa State Agrarian University, Odessa, Ukraine

ORCID 0009-0001-3219-9419

email: vet.mirniy@gmail.com

FEATURES OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ORGANIZATION OF TISSUE COMPONENTS OF THE UNIVERSAL BLOOD POWERING ORGANIZATIONS AND IMMUNE PROTECTION IN OF DOMESTIC PIG'S FETUSES

Abstract

The main patterns of growth and development of tissue components organs of universal hematopoiesis and immune defense in domestic pig's fetuses have been established. The period of transformation of hematopoiesis, from myeloid hematopoiesis of the liver to universal hematopoiesis of the bone marrow in domestic pig fetuses, has been determined. Hemacomponents of the liver have the largest relative area in the first third of the fertile period of ontogenesis, and gradually by the time of birth they practically disappear against the background of an increase in the relative area of the stroma and parenchyma of the liver. Hematopoietic components of the liver are anatomically represented in the form of hematopoietic islands, which are concentrated between the beams of hematocytes in close connection with the vessels of the microcirculatory bed. Features of hematopoiesis in the bones of the fetal skeleton of domestic pigs are also characterized by a specific transformation, a gradual increase in the relative area of the hematopoietic marrow and bone tissue in the bones of the fetal skeleton, and a gradual decrease in the relative area of the cartilage tissue. Thus, the maximum relative area of the bone marrow among the bones of the axial skeleton is observed in the 3rd segment of the chest and the 5th rib, and among the bones of the limb skeleton in the femur and metatarsal bones. The bone marrow has certain morphological features of the location in the main foci of ossification of the bones of the axial skeleton and the skeleton of the limbs, and is characterized by the formation of its two main forms: insular - the location of the bone marrow is

characteristic of the fetuses of the first half of the fertile period of ontogenesis, and insular-diffuse - for the fetuses of the second half of prenatal development. The development of additional foci of ossification is characteristic only of the bones of the skeleton of the limbs in the fetuses of the domestic pig at the end of the fertile period, where the relative mass of the bone marrow is located in a small amount in the form of small clusters of hematopoietic islets.

Keywords: domestic pig fetuses, bone marrow, liver, bones of the axial skeleton, bones of the limb skeleton.

Reference

1. Alison M., Poulsom R., Forbes S. (2001) Update on hepatic stem cells. *Liver*. Dec. 21 (6), 367-73.
2. Allen T. D. (1981) Haemopoietic microenvironments in vitro: ultrastructural aspects. Microenvironments in haemopoietic and lymphoid differentiation. – London, 38-67.
3. Gavrylin P. M., Myrnyi O. M. (2018) Morphogenesis of organs of universal hematopoiesis and immune defense in domestic pigs. *Dipro*, 243 (in Ukrainian).
4. Gavrylin P. M., Nykyforenko O. O., Myrnyi O. M. (2005) Regularities of morphogenesis of red bone marrow of piglets. *Current directions of development of veterinary medicine at the present stage of scientific and technological progress: Materials of scientific conference of the teaching staff and students of the faculty of veterinary medicine*. Dnipropetrovsk, 60–61 (in Ukrainian).
5. Drize N. J., Keller J. R., Chertkov J. L. (1996) Local clonal analysis of the hematopoietic system shows that multiple small short-living clones maintain life-long hematopoiesis in reconstituted mice. *Blood*, V. 88, № 8, 2927- 2938.
6. Fukuda T. Fetal hemopoiesis. (1974) II. Electron microscopic studies on human hepatic hemopoiesis. *Virchows Arch. B Cell Pathol*, 16, 249–270.
7. Carpentier R., Suner R.E., Kopp J. L., Beaudry J. et al. (2011) Embryonic Ductal Plate Cells Give Rise to Cholangiocytes, Periportal Hepatocytes and Adult Liver Progenitor Cells. *Gastroenterology*, 141, 1432–1438.
8. Chen J., Alt F. (1992) Gene rearrangement and B-cell development. *Current Opinion Immunol.*, V. 5, 194-206.
9. Kawamoto H., Ohmura K., Hattori N., Katsura Y. (1997) Hemopoietic progenitors in the murine fetal liver capable of rapidly generating T cells. *J. Immunol.*, № 158, 3118–3124.
10. Kryshtoforova B. V., Grabchak Zh. G. (2000) Structural and functional features of the bone marrow of neonatal calves with different stages of intrauterine development. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Region: Collection of Scientific Works*. Odesa, V. 4 (9), 29-31 (in Ukrainian).
11. Kryshtoforova B. V., Maksakov V. Ya. (2008) Problems of productive livestock breeding in conditions of increasing impact of anthropogenic factors. *Bulletin of Agrarian Science*, № 6, 31-35 (in Ukrainian).
12. Myrnyi O.M., Oliyar A.V. (2014) Regularities of morphogenesis of hematopoietic components of organs of universal hematopoiesis and immune protection in domestic pig fetuses. *Scientific and technical bulletin of the scientific research center of biosafety and ecological control of agricultural resources of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*. Dnipropetrovsk, V. 2, №1, 37-42 (in Ukrainian).
13. Myrnyi O. M. (2025) Morphofunctional features of histo-and cytogenesis of organs of universal hematopoiesis and immune defense in domestic pig fetuses: monograph, Kharkiv, 122 (in Ukrainian).
14. Myrnyi O. M. (2008) Dynamics of the relative area of the main tissue components of the bony organs of domestic pig fetuses. *Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine*, № 37, 182-185 (in Ukrainian).
15. Nevi L., Cardinale V., Carpino G., Costantini D. et al. (2017) Cryopreservation protocol for human biliary tree stem/progenitors, hepatic and pancreatic precursors. *Sci. Rep.*, 102-125.

16. Oliyari A. V. (2003) Peculiarities of morphogenesis of hematopoietic organs in piglets: author's abstract of dissertation candidate of veterinary sciences: 16.00.02. Bila Tserkva, 21 (in Ukrainian).

17. Parkman R. The biology of bone marrow transplantation for severe combined immunodeficiency. *Adv. Immunol.*, 1991, V. 49, 381-388.

18. Oliyari A. V. (2006) Regularities of morphogenesis of tissue components of organs of hematopoiesis and immune protection in newborn piglets. *Problems of zooengineering and veterinary medicine: collection of scientific works*. Kharkiv, State Zoovet. Acad, V. 16(41), 13–16 (in Ukrainian).

19. Rao M.S., Khan A. , Parveen N., Habeeb M. (2008) Characterization of hepatic progenitors from human fetal liver during second trimester. *World J. Gastroenterol.*, 14, 5730–5737.

20. Spee B., Carpino G., Schotanus B. A., Katoonizadeh A. (2010) Characterisation of the liver progenitor cell niche in liver diseases: Potential involvement of Wnt and Notch signalling. *Gut.*, 59, 247–257.

21. Taylor D., Dharmar M, Urquhart-Scott E, Ryan R, et al. (2010) Relationship between pediatric blood and marrow transplant center volume and day +100 mortality: Pediatric Blood and Marrow Transplant Consortium experience. *Bone Marrow Transplant*, 14-22.

22. Yusa K., Rashid S. T. (2011) Strick-Marchand H., Varela I. Targeted gene correction of alpha1-antitrypsin deficiency in induced pluripotent stem cells. *Natur.*, № 478, 391–394.

Стаття надійшла до редакції 23.03.2026

Стаття пройшла рецензування 24.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Світлана Михайлютенко,

кандидат ветеринарних наук, доцент,

доцент кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

ORCID ID: 0000-0001-6634-1244

email: svitlana.muhaylutenko@pdau.edu.ua

Марія Панченко,

здобувач вищої освіти магістр

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

ORCID ID: 0009-0002-4156-8295

email: sv_81@ukr.net

ДІАГНОСТИЧНИЙ ПІДХІД У ЛІКУВАННІ ОТОДЕКТОЗУ КОТІВ

Анотація

*Отит є багатофакторним захворюванням, що суттєво ускладнює його лікування. Поширеною клінічною помилкою є фокусування виключно на терапії наявної інфекції, у той час як ефективний контроль хронічного отиту можливий лише за умови комплексного підходу, який враховує всі етіологічні та супутні чинники. Дослідження проводили восени 2025 року на базі наукової лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету та клініки ветеринарної медицини «Мах Vet» (м. Полтава). У межах діяльності клініки здійснювали дослідження безпритульних тварин у рамках проєкту «KISHKA», що реалізується за підтримки ТОВ «Чотири лапи Україна», представника міжнародного благодійного фонду Four Paws International. Метою роботи було оцінити ефективність сучасних препаратів при лікуванні котів, хворих на отодектоз, ускладнений стафілококовою інфекцією. Комплексна діагностика включала клінічний огляд, отоскопію та відбір зіскрібків із вушних раковин. Для повної оцінки стану тварини обов'язково оглядали зовнішній слуховий прохід, проводили отоскопію, оцінювали стан барабанної перетинки та виключали можливі ускладнення. Основним методом виявлення збудників отиту та оцінки ефективності лікування була мікроскопія. Екстенсивність інвазії становила 42,19 %. Інвазованим тваринам призначали терапію з урахуванням чутливості *Staphylococcus aureus* до антибіотиків, використовуючи препарати Орідерміл (Vetoquinol, Франція) та Омігель (Arterium, Україна). Випробувані препарати задавали тваринам упродовж 10 днів із подальшим контролем результатів. За результатами досліджень встановлено, що обидва препарати забезпечували 100,00 % ефективність на 31-шу добу лікування. При цьому найкоротший період одужання – 14 діб – спостерігали у групі застосування препарату Орідерміл. Оцінка стану здоров'я вільно гуляючих бездомних котів є важливою не лише для покращення їхнього добробуту, але й для отримання значущих даних щодо регіональних патогенів та поширених захворювань.*

Ключові слова: паразитологія, отодектоз, коти, *Staphylococcus aureus*, лікування, показники ефективності.

Вступ. Коти належать до найбільш незалежних і малосоціальних тварин, яких людині вдалося приручити. Варто зазначити, що останніми роками, особливо у великих містах, спостерігається різке зростання їх чисельності. Це призводить до концентрації значної кількості як домашніх, так і безпритульних тварин на обмежених територіях, що, своєю чергою, сприяє активному поширенню різноманітних хвороб. Інформації щодо зовнішнього отиту в котів у наукових джерелах достатньо. Відомо, що зовнішній отит – це поліетіологічне та багатофакторне захворювання зовнішнього слухового проходу у м'ясоїдних тварин, зокрема й у котів. Для встановлення діагнозу зазвичай застосовують пряме отоскопічне дослідження, цитологічний аналіз вушних виділень та мікроскопію вушної сірки [1, 2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За даними літератури, збудник отодектозу є провідною причиною розвитку зовнішнього отиту в котів. Вид *Otodectes cynotis* як окремий етіологічний чинник або в поєднанні з іншими був виявлений як причина отиту у 53,3 % бездомних котів північної Італії [3]. Також високий відсоток ураження зазначають інші дослідники. Так, *Otodectes cynotis* було виявлено у 66,1% бездомних, разом з тим бактерії були виявлені у 18,7% котів [4, 5].

Разом з тим паразитарний отит, може бути ускладнений стафілококами, Кліщі травмують епітелій вуха, викликаючи запалення та свербіж. Мікротравми і порушення цілісності шкіри сприяють колонізації стафілококами; розвивається первинний паразитарний отит – вторинна бактеріальна інфекція.

Підтверджено високу поширеність зовнішнього отиту, спричиненого *Otodectes cynotis* та дріжджоподібними грибами роду *Malassezia*, у вільно гуляючих котів у Хорватії. Автори констатують, що основною причиною отитів у 63,3% інвазованих котів був саме збудник отодектозу [6]. Інше дослідження вказує на те, що в популяції котів Великої Британії спостерігалася низька поширеність *O. cynotis* (0,9%) [7].

Нові дослідження підтверджують циркуляцію збудника на Полтавщині, Україна [8]. Так, у ветеринарній клініці “АЙБОЛИТЬ” (м. Полтава, Україна) впродовж 2023 року було зафіксовано 14 випадків отодектозу, а у 2024 році – ще 4. Переважна більшість випадків захворювання спостерігалася в осінньо-зимовий період [9].

Наведені вище дані різняться, що може бути пов'язано з відмінностями в оцінюваних популяціях (безпритульні та ті, що належать клієнтам), діагностичними методами та географічним регіоном [10].

При виборі медикаментозного лікування Yang C., Huang H.P. рекомендують враховувати кілька факторів. До них належать вік кішки, тяжкість клінічних ознак та вторинних інфекцій, кількість уражених тварин, зараження ектопічними кліщами, життєвий цикл кліща та час повторного огляду, рецептура, а також зручність та дотримання власником рекомендацій [11].

Мета. Беручи до уваги вищезазначене, мета роботи полягала у встановленні поширеності зовнішнього отиту, спричиненого *Otodectes cynotis*, в популяції бездомних котів м. Полтава та оцінити терапевтичну ефективність

препаратів. Запропонувати методологію для майбутніх клінічних випробувань та досліджень у ході лікування.

Виклад основного матеріалу досліджень. Дослідження проводили протягом осені 2025 року на базі наукової лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи та клініки ветеринарної медицини «Мах Vet» у м. Полтава. У рамках діяльності клініки здійснювали обстеження безпритульних тварин у межах проєкту «KISHKA», який реалізується за підтримки ТОВ «Чотири лапи Україна», представника міжнародного благодійного фонду Four Paws International. Комплексна діагностика включала клінічний огляд, отоскопію та відбір зіскрібків із вушних раковин. Для лабораторної діагностики застосовували загальноприйнятий спосіб: метод із застосуванням бішофітно-гліцеринової суміші [12, 13]. Подальше дослідження здійснювали за допомогою світлового мікроскопа при малому збільшенні (x100). Морфологічні ознаки кліщів *Otodectes cynotis* та їх чисельність у зразках оцінювали під час мікроскопії. Загалом обстежено 64 котів.

На першому етапі досліджень підтверджували наявність кліщів, потім визначали екстенсивність та інтенсивність отодектозної інвазії у безпритульних котів.

Другий етап передбачав відбір мазків/зіскрібів шкіри із зовнішнього слухового проходу та внутрішньої поверхні вушної раковини для бактеріологічного аналізу, включаючи визначення мікрофлори та чутливості до антибіотиків. Біоматеріал надсилали для дослідження до ветеринарної лабораторії «Бальд» (м. Київ). Надані результати підготовлено у програмі «Доктор Елекс».

В обох групах для очищення вушних раковин застосовували препарат «Отомін», що забезпечував видалення ексудату та покращував доступ до місця інвазії для подальшої терапії.

Дослідження з визначення лікувальної ефективності препаратів за отодектозу, проводили на котах з урахуванням результатів бактеріального посіву. Випробувані препарати (Орідерміл, Vetoquinol, Франція й Отігель, Arterium, Україна) задавали тваринам дослідних груп за схемою: котів першої дослідної групи (n=6) обробляли Орідермілом, Vetoquinol один раз на добу по 1 краплі в кожне уражене вухо протягом 10 діб. Отігель, Arterium котам другої дослідної групи (n=6) вводили в уражене вухо 1 раз на добу розміром з горошину впродовж 10 діб. Ефективність лікування визначали за загальним станом шкіри в місцях ураження та лабораторним дослідженням зіскрібків шкіри із вух: на 14, 21 та 31 добу після застосування препаратів за показниками екстенсивності інвазії (ЕІ). Головними показниками дії акарицидних препаратів були екстенсефективність (ЕЕ).

Отриманий цифровий матеріал оброблений статистично з використанням табличного процесора Microsoft Excel 2016 for Windows.

За результатами проведених спостережень було встановлено, що із 64 досліджених тварин у 28 безпритульних котів виявлено наявність кліщів *Otodectes cynotis* та їхніх яєць. (рис. 1).

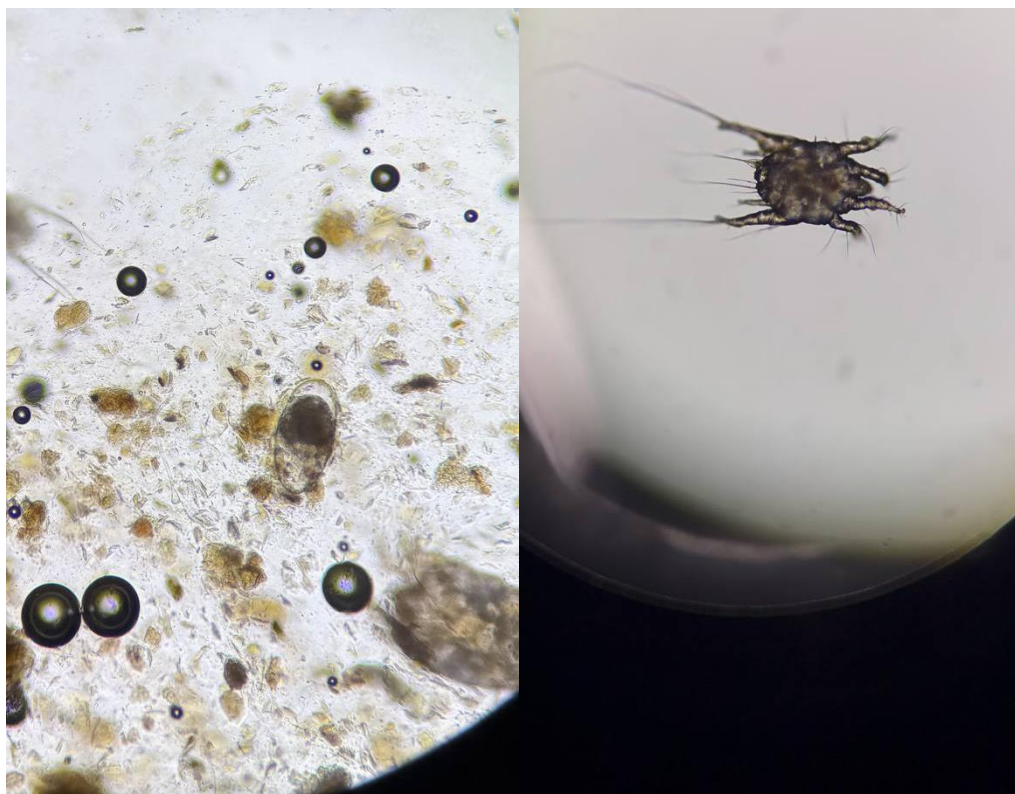


Рис. 1. Кліщ *Otodectes cynotis* та його яйця

Після підтвердження отодектозу у безпритульних котів ми відправляли мазки в лабораторію, де додатково проводили бактеріологічне дослідження та визначали чутливість виявлених мікроорганізмів до антибіотиків. Результати бакпосіву зіскрібів шкіри з внутрішньої поверхні вушних раковин безпритульних котів підтвердив наявність у 9 мазках *Staphylococcus epidermidis* та *Staphylococcus aureus* (13). Загалом, дві виділені грамнегативні бактерії були чутливими до Марфлосину (Marbofloxacin), Офлоксацину, Цефтіфуру.

На основі результатів наданих ветеринарної лабораторії «Бальд» (м. Київ). бактерії *Staphylococcus aureus* були високочутливими до Марфлосину, Офлоксацину, Цефтіфуру та Неоміцину сульфат, а також мали стійкість до Цефалексину, Доксицикліну та Синулоксу (амоксацилін + клавуланова кислота) (табл. 1).

Таблиця 1

Профіль антибіотикочутливості ізольованого збудника

№	Показник	Антибіотикограма
1.	Марфлосин (Marbofloxacin), KRKA	високочутливий
2.	Офлоксацин	високочутливий
3.	Енрофлосацин	чутливий
4.	Цефтріаксон	чутливий
5.	Цефотаксим	чутливий

6.	Цефтіфур	високочутливий
7.	Цефалексин	стійкий
8.	Гентаміцин	чутливий
9.	Доксициклін	стійкий
10.	Синулокс (амоксацилін + клавуланова к-та)	стійкий
11.	Комбікел (пеніцилін + дигідрострептоміцин сульфат)	чутливий
12.	Зинаприм (сульфаметазин + триметоприм)	помірно чутливий
13.	Лінкоміцин – спектиноміцин 5/10	помірно чутливий
14	Неоміцину сульфат	високочутливий

Відомо, що на ринку існує велика кількість ветеринарних препаратів, спрямованих на лікування котів за акарозів, викликаних акариформними кліщами [14-16]. Burnouf Tishyn. Tielemans Незважаючи на різноманітність запропонованих препаратів, слід враховувати діючі речовини та антибіотикочутливість. Згідно вищенаведених даних, ми проаналізували дію двох препаратів з діючою речовиною – Неоміцину сульфат (табл. 2). Орідерміл, Vetoquinol та Отігель, Arterium вже тривалий час наявні на ветеринарному ринку. Обидва препарати містять одні й ті ж чотири діючі речовини: перметрин (протипаразитарний), неоміцин (антибіотик), ністатин (протигрибковий), триамцинолон (кортикостероїд, протизапальну дію). Концентрації цих діючих речовин у перерахунку на грам – майже однакові. Обидва призначені для лікування отитів та вушних захворювань у котів. Відмінності в допоміжних речовинах і формулі основи: «Отігель» основа – поліетиленовий віск + мінеральна олія. «Орідерміл» – поліетилен віск ФС6 + рідкий парафін. Це може впливати на те, як мазь розподіляється, як “тримаються” діючі речовини, як вона проникає, як змивається, як довго діє, а також на консистенцію і комфорт при застосуванні. На нашу думку, фірмове походження / виробник / упаковка / контроль якості, все це також може давати незначні відмінності у чистоті, стабільності, допоміжних компонентах, можливих алергенах тощо.

Таблиця 2 відображає порівняльну акарицидну й антимікробну ефективність обраних нами вушних мазей при лікуванні отодектозу котів, ускладненого *Staphylococcus aureus*, у динаміці терапії.

Таблиця 2

Порівняння акарицидної ефективності вушних мазей Орідермілу та Отігель за отодектозу котів, ускладненому *Staphylococcus aureus*

№ групи тварин/ Назва препарату	Збудники	ЕІ, % /титр	На14 добу лікування, ЕЕ,%/титр	На 21 добу лікування, ЕЕ, % /титр	На 31 добу лікування, ЕЕ, % /титр
І Орідерміл	<i>Otodectes cynotis</i>	100,00	100,00	100,00	100,00
	<i>Staphylococcus aureus</i>	+++	+	+	-

II Отігель	<i>Otodectes cynotis</i>	100,00	66,67	83,33	100,00
	<i>Staphylococcus aureus</i>	+++	++	+	-

Примітка: EI – екстенсивність інвазії; EE – екстенсефективність

У групі I, де застосовували Орідерміл, вже на 14-ту добу лікування досягнуто 100,0% екстенсефективності (EE) щодо *Otodectes cynotis*, і цей показник зберігався на 21-шу та 31-шу добу. Одночасно відмічалось зниження бактеріального обсіменіння.

Досліджуючи тварин другої групи через 14 діб клінічне одужання було виявлене у чотирьох тварин, що становило 66,67 % ефективності препарату Отігель. Слід зауважити, що діагностували лише яйця кліща. На 31 добу спостереження повне клінічне одужання відмічалось у 6 тварин, 100,00 % інтенсефективності (рис. 2). Спостереження за дослідними тваринами продовжували ще протягом одного місяця.

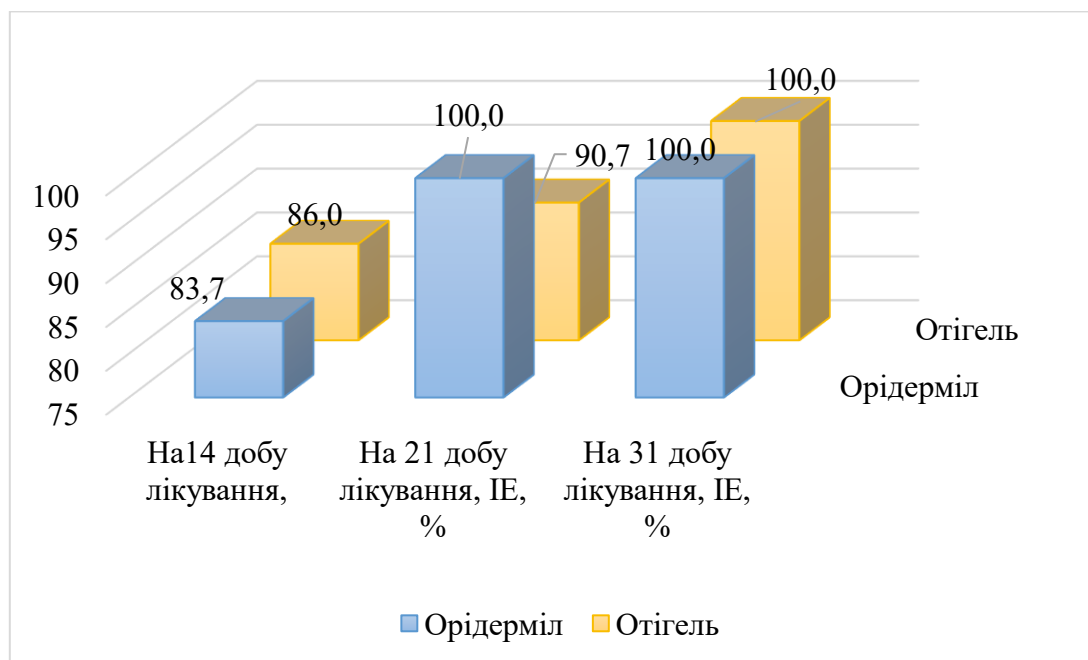


Рис. 2. Інтенсефективність обраних препаратів за отодектозу котів, ускладнених *Staphylococcus aureus*

Проведеними дослідженнями встановлено, за отодектозу котів, ускладненому *Staphylococcus aureus*, обидва препарати на 31 добу лікування забезпечували 100,0 %-ву ефективність щодо *Otodectes cynotis*. Однак найкоротший термін одужання спостерігали у ході застосування Орідермілу.

В подальшому рекомендували власникам тварин проводити один раз на місяць протипаразитарну обробку Селафортом (містить діючу речовину: селамектін) для лікування та профілактики акариформених кліщів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень у популяції безпритульних котів міста Полтава,

виконаних у межах проєкту «KISHKA», було встановлено значну поширеність (суб)клінічних патологій зовнішнього слухового проходу. Екстенсивність отодектозної інвазії, ускладненої стафілококами становила 42,19 %.

Ефективність препаратів Орідерміл та Отігель при лікуванні отодектозу котів досягла 100,0 % на 31-шу добу терапії.

Успішний діагностичний підхід включає комплекс заходів: збір анамнезу, фізикальний огляд з отоскопією, визначення наявності *Otodectes cynotis*, цитологічне дослідження та урахування результатів антибіотикограми.

Для ефективного лікування хронічного отиту необхідно виявити й максимально контролювати первинні, сприятливі та провокуючі чинники розвитку захворювання.

Список використаної літератури

1. El-Dakhly, K. M., Bakry, M. A., Abdel-Rahim, M. M., Arafa, W. M., & Mohamed, H. I. (2025). Insights into the prevalence and diagnosis of feline otoacariasis in Egypt. *Journal of Parasitic Diseases*, 49(1), 193–206. <https://doi.org/10.1007/s12639-024-01746-3>
2. Bollez, A., de Rooster, H., Furas, A., & Vandenabeele, S. (2018). Prevalence of external ear disorders in Belgian stray cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 20(2), 149–154. <https://doi.org/10.1177/1098612X17700808>
3. Perego, R., Proverbio, D., Bagnagatti De Giorgi, G., Della Pepa, A., & Spada, E. (2014). Prevalence of otitis externa in stray cats in northern Italy. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 16(6), 483–490. <https://doi.org/10.1177/1098612X13512119>
4. Nardoni, S., Ebani, V. V., & Fratini, F., et al. (2014). Malassezia, mites, and bacteria in the external ear canal of dogs and cats with otitis externa. *Slovenian Veterinary Research*, 51, 113–118.
5. Arinata, I. K. T., Arjentina, I. P. G. Y., & Suartha, I. N. (2025). Subacute otitis externa in cats caused by *Otodectes cynotis* infestation with bacterial infections. *Buletin Veteriner Udayana*, 17(2), 28. <https://doi.org/10.24843/bulvet.2025.v17.i02.p28>
6. Hađina, S., Kolenc, M., Ivanek, R., Ferencaković, M., Habuš, J., Stevanović, V., Perharić, M., & Štritof, Z. (2025). Otitis externa in free-roaming cat population: Clinical examination, cytology, and mycology culture. *Open Veterinary Journal*, 15(4), 1624–1636. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2025.v15.i4.14>
7. Tyler, S., Swales, N., Foster, A. P., Knowles, T. G., & Barnard, N. (2020). Otoscopy and aural cytological findings in a population of rescue cats and cases in a referral small animal hospital in England and Wales. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 22(2), 161–167. <https://doi.org/10.1177/1098612X19834969>
8. Мележик А. В., Плахотна Ю. О., Корчан Л. М., Михайлютенко С. М., Замазій А. А. Ефективність лікувальних заходів при отодектозі, саркоптозі та демодектозі у собак. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Т. 28, № 2. С. 171–175. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.26>
9. Калюжний Н. М., Живило А. В. Ектопаразитарна інвазія котів. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Ветеринарні науки*. 2024. Т. 26, № 114. С. 154–159. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11422>
10. Brame, B., & Cain, C. (2021). Chronic otitis in cats: Clinical management of primary, predisposing and perpetuating factors. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 23(5), 433–446. <https://doi.org/10.1177/1098612X211007072>
11. Yang, C., & Huang, H. P. (2016). Evidence-based veterinary dermatology: A review of published studies of treatments for *Otodectes cynotis* (ear mite) infestation in cats. *Veterinary Dermatology*, 27(4), 221–e56. <https://doi.org/10.1111/vde.12340>

12. Yevstafieva, V. O., & Havryk, K. A. (2014). Improvement of methods of lifetime diagnostic of sarcoptoses, demodecoses and otodektoses of dogs. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 62–64. <https://doi.org/10.31210/visnyk2014.04.1122>
13. Євстаф'єва В. О., Гаврик К. А., Гаврик Б. А. Рекомендації щодо діагностики та заходів боротьби з акарозами собак. Полтава. 2015. 23 с.
14. Blazejak, K., Viljoen, A., Zwiegers, R., Klopper, R., Ringeisen, H., Petry, G., Young, D. R., Shane, D., Spruill, J., Tessman, R. K., Settje, T., & Knoppe, T. N., & Mencke, N. (2023). Efficacy of Felpreva®, a new spot-on formulation containing tigolaner, emodepside and praziquantel, applied as a single application to cats artificially infested with ear mites (*Otodectes cynotis*). *Current Research in Parasitology and Vector-Borne Diseases*, 4, 100131. <https://doi.org/10.1016/j.crpvbd.2023.100131>
15. Coelho, E. L. J., Antunes, H. M. R., Silva, T. F. D., Veggi, N. D. G., Sousa, V. R. F., & Almeida, A. D. B. P. F. (2024). Prevalence and clinical findings of feline otitis externa in Midwest Brazil. *Topics in Companion Animal Medicine*, 60, 100876. <https://doi.org/10.1016/j.tcam.2024.100876>
16. Hiblu, M. A., Ellraiss, O. M., Karim, E. S., Elmishri, R. A., Duro, E. M., Altaeb, A. A., Bennour, E. M. (2021). Otodectic and bacterial etiology of feline otitis externa in Tripoli, Libya. *Open Veterinary Journal*, 10(4), 377–383. <https://doi.org/10.4314/ovj.v10i4.4>

Svitlana Mykhailiutenko,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor,

Department of Parasitology and Veterinary and Sanitary Expertise

Poltava State Agrarian University

ORCID ID: 0000-0001-6634-1244

email: svitlana.muhaylutenko@pdau.edu.ua

Maria Panchenko,

higher education student

Poltava State Agrarian University

ORCID ID: 0009-0002-4156-8295

email: sv_81@ukr.net

DIAGNOSTIC APPROACH TO THE TREATMENT OF OTODECTOSIS IN CATS

Abstract

Otitis is a multifactorial disease that significantly complicates its treatment. A common clinical mistake is focusing exclusively on the treatment of the existing infection, whereas effective control of chronic otitis requires a comprehensive approach that takes into account all etiological and associated factors. The study was conducted in the autumn of 2025 at the scientific laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary and Sanitary Expertise of Poltava State Agrarian University and at the Max Vet Veterinary Clinic (Poltava, Ukraine). As part of the clinic's activities, stray cats were examined within the framework of the KISHKA project, implemented with the support of Four Paws Ukraine LLC, a representative of the international charitable foundation Four Paws International. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of modern drugs in the treatment of cats with otodectosis complicated by staphylococcal infection. Comprehensive diagnostics included clinical examination, otoscopy, and microscopic examination of ear canal scrapings. To

fully assess the animals' condition, the external auditory canal was inspected, otoscopy was performed, the integrity of the tympanic membrane was evaluated, and possible complications were ruled out. Microscopy was the primary method used to identify otitis pathogens and to assess treatment efficacy. The extent of invasion was 42.19%. Infected animals received therapy based on the antibiotic sensitivity of *Staphylococcus aureus*, using *Oridermil* (Vetoquinol, France) and *Otigel* (Arterium, Ukraine). The tested drugs were administered for 10 days, followed by monitoring of treatment outcomes. The results showed that both drugs achieved 100.00% efficacy by day 31 of treatment. However, the shortest recovery period (14 days) was observed in the group treated with *Oridermil*. Assessing the health status of free-roaming stray cats is important not only for improving animal welfare but also for obtaining valuable data on regional pathogens and prevalent diseases.

Keywords: parasitology, otodectosis, cats, *Staphylococcus aureus*, treatment, efficacy indicators.

References

1. El-Dakhly, K. M., Bakry, M. A., Abdel-Rahim, M. M., Arafa, W. M., & Mohamed, H. I. (2025). Insights into the prevalence and diagnosis of feline otoacariasis in Egypt. *Journal of Parasitic Diseases*, 49(1), 193–206. <https://doi.org/10.1007/s12639-024-01746-3>
2. Bollez, A., de Rooster, H., Furcas, A., & Vandenabeele, S. (2018). Prevalence of external ear disorders in Belgian stray cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 20(2), 149–154. <https://doi.org/10.1177/1098612X17700808>
3. Perego, R., Proverbio, D., Bagnagatti De Giorgi, G., Della Pepa, A., & Spada, E. (2014). Prevalence of otitis externa in stray cats in northern Italy. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 16(6), 483–490. <https://doi.org/10.1177/1098612X13512119>
4. Nardoni, S., Ebani, V. V., & Fratini, F., et al. (2014). *Malassezia*, mites, and bacteria in the external ear canal of dogs and cats with otitis externa. *Slovenian Veterinary Research*, 51, 113–118.
5. Arinata, I. K. T., Arjentina, I. P. G. Y., & Suartha, I. N. (2025). Subacute otitis externa in cats caused by *Otodectes cynotis* infestation with bacterial infections. *Buletin Veteriner Udayana*, 17(2), 28. <https://doi.org/10.24843/bulvet.2025.v17.i02.p28>
6. Hađina, S., Kolenc, M., Ivanek, R., Ferencaković, M., Habuš, J., Stevanović, V., Perharić, M., & Štritof, Z. (2025). Otitis externa in free-roaming cat population: Clinical examination, cytology, and mycology culture. *Open Veterinary Journal*, 15(4), 1624–1636. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2025.v15.i4.14>
7. Tyler, S., Swales, N., Foster, A. P., Knowles, T. G., & Barnard, N. (2020). Otoscopy and aural cytological findings in a population of rescue cats and cases in a referral small animal hospital in England and Wales. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 22(2), 161–167. <https://doi.org/10.1177/1098612X19834969>
8. Melezhyk A., Plakhotna, Y., Korchan, L., Mykhailiutenko, S., & Zamazyi, A. (2025). Effectiveness of treatment measures for otodectosis, sarcoptosis and demodecosis in dogs. *Scientific Progress & Innovations*, 28(2), 171–175. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.26>
9. Kaliuzhnyi, N. V., & Zhivilo, A. V. (2024). Ectoparasitic invasion of cats. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 26(114), 154–159. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11422>
10. Brame, B., & Cain, C. (2021). Chronic otitis in cats: Clinical management of primary, predisposing and perpetuating factors. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 23(5), 433–446. <https://doi.org/10.1177/1098612X211007072>
11. Yang, C., & Huang, H. P. (2016). Evidence-based veterinary dermatology: A review of published studies of treatments for *Otodectes cynotis* (ear mite) infestation in cats. *Veterinary Dermatology*, 27(4), 221–e56. <https://doi.org/10.1111/vde.12340>
12. Yevstafieva, V. O., & Havryk, K. A. (2014). Improvement of methods of lifetime diagnostic of sarcoptoses, demodecoses and otodektoses of dogs. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 62–64. <https://doi.org/10.31210/visnyk2014.04.1122>

13. Yevstafieva, V. O., Havryk, K. A., & Havryk, B. A. (2015). Rekomendatsii shchodo diahnostyky ta zakhodiv borotby z akarozamy sobak [Recommendations for diagnosis and control measures for dog acarioses]. Poltava.
14. Blazejak, K., Viljoen, A., Zwiegers, R., Kloppe, R., Ringeisen, H., Petry, G., Young, D. R., Shane, D., Spruill, J., Tessman, R. K., Settje, T., & Knoppe, T. N., & Mencke, N. (2023). Efficacy of Felpreva®, a new spot-on formulation containing tigolaner, emodepside and praziquantel, applied as a single application to cats artificially infested with ear mites (*Otodectes cynotis*). *Current Research in Parasitology and Vector-Borne Diseases*, 4, 100131. <https://doi.org/10.1016/j.crpvbd.2023.100131>
15. Coelho, E. L. J., Antunes, H. M. R., Silva, T. F. D., Veggi, N. D. G., Sousa, V. R. F., & Almeida, A. D. B. P. F. (2024). Prevalence and clinical findings of feline otitis externa in Midwest Brazil. *Topics in Companion Animal Medicine*, 60, 100876. <https://doi.org/10.1016/j.tcam.2024.100876>
16. Hiblu, M. A., Ellraiss, O. M., Karim, E. S., Elmishri, R. A., Duro, E. M., Altaeb, A. A., Bennour, E. M. (2021). Otodectic and bacterial etiology of feline otitis externa in Tripoli, Libya. *Open Veterinary Journal*, 10(4), 377–383. <https://doi.org/10.4314/ovj.v10i4.4>

Стаття надійшла до редакції 25.03.2026

Стаття пройшла рецензування 27.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Андрій Завгородній, доктор ветеринарних наук, професор, член-кореспондент НААН України, завідувач відділу вивчення туберкульозу та бруцельозу ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», м. Харків, Україна

ORCID ID: 0000-0003-3563-0478,

email: andrii.i.zavgorodnii@gmail.com

Віктор Білушко, кандидат ветеринарних наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії вивчення туберкульозу ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», м. Харків, Україна

ORCID ID: 0000-0002-5689-6745

email: bw.pochta@gmail.com

Світлана Позмогова, кандидат ветеринарних наук, провідний науковий співробітник лабораторії вивчення туберкульозу ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», м. Харків, Україна

ORCID ID: 0000-0002-7228-8811

email: svetlanapozmogova@gmail.com

Артем Ушкалов, кандидат ветеринарних наук, старший науковий співробітник лабораторії вивчення туберкульозу ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», м. Харків, Україна

ORCID ID: 0000-0001-8317-7909

vetdocman@gmail.com

Анатолій Палій, доктор ветеринарних наук, професор, директор ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», м. Харків, Україна

ORCID ID: 0000-0002-9193-3548

email: paliy.dok@gmail.com

Каріна Свірідова, аспірант, лабораторії вивчення туберкульозу ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», м. Харків, Україна

ORCID ID: 0009-0000-0600-2224

email: karinasviridova12@gmail.com

ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБКА БІОЛОГІЧНОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ НА ТУБЕРКУЛЬОЗ

Мета. Розробити оптимальний спосіб передпосівної обробки патологічного матеріалу при дослідженні на туберкульоз, який максимально забезпечує збереження життєздатності мікобактерій і високу їх висіваємість на поживному середовищі, а також стерильність висівів. **Методи.** Культуральний, бактеріологічний, патологоанатомічний. **Результати.** На підставі проведених досліджень було встановлено, що при використанні в якості деконтамінуючої речовини розчину мурашиної кислоти в концентрації 0,25 % за експозиції 15 хвилин виявляли ріст культур в 100 % висіяних пробірок за відсутності росту нецільової мікрофлори. Чистоту виділених культур було підтверджено шляхом мікроскопії мазків, пофарбованих за методом Циля-Нільсена. За меншої концентрації мурашиної кислоти (0,2 %) при передпосівній обробці патологічного матеріалу у 10-50 % пробірок спостерігали контамінацію посівів. Збільшення концентрації мурашиної кислоти до 0,5 % суттєво пригнічувало ріст культур мікобактерій за відсутності контамінації висівів секундарною мікрофлорою. **Практична цінність.** Запропонований спосіб передпосівної обробки патологічного матеріалу може бути використаний у практиці ветеринарних лабораторій для підвищення ефективності бактеріологічної діагностики туберкульозу. Його застосування забезпечує отримання чистих культур мікобактерій у коротші терміни, підвищує достовірність результатів досліджень, зменшує ризик контамінації посівів та дозволяє своєчасно встановлювати діагноз і проводити оздоровчі заходи у тваринницьких господарствах. **Висновки.** Результати проведених досліджень свідчать, що використання запропонованого способу передпосівної обробки патологічного матеріалу 0,25 % розчином мурашиної кислоти за експозиції 15 хвилин забезпечує стовідсоткову висіваємість культур мікобактерій на поживному середовищі за відсутності росту нецільової мікрофлори.

Ключові слова: туберкульоз, *M. avium*, *M. bovis*, діагностика, патологічний матеріал, спосіб, мурашина кислота.

Туберкульоз належить до особливо небезпечних інфекційних захворювань і є одним із найбільш значущих бактеріальних зоонозів, що становить серйозну загрозу здоров'ю людей і тварин. Інфекційні хвороби заразної етіології, зокрема туберкульоз, завдають суттєвих збитків спеціалізованим тваринницьким господарствам, негативно впливаючи як на епізоотичну ситуацію, так і на економіку держави загалом. Економічні втрати зумовлені вимушеним забоєм тварин і зниженням їх племінної цінності, недоотриманням продукції та приплоду, а також значними витратами на проведення діагностичних, профілактичних і ветеринарно-санітарних заходів. [1-5].

З метою своєчасного з'ясування епізоотичної ситуації та контролю благополуччя стад в господарствах у плановому порядку проводять діагностичні дослідження ВРХ на туберкульоз.

Кількість господарств в Україні, де виявляють тварин з параалергічними реакціями на туберкулін, невпинно зростає, а це, в свою чергу, значно ускладнює життєву діагностику туберкульозу [6, 7]. Тому вивчення етіологічних чинників виникнення таких неспецифічних реакцій та удосконалення системи діагностики в цілому є надзвичайно актуальними питаннями сьогодення [8].

Під час постановки діагнозу на туберкульоз, коли у забитих тварин не виявляють патологоанатомічних змін, характерних для цього захворювання або якщо ці зміни не чітко виражені, проводять бактеріологічне дослідження, яке є одним з найважливіших складових діагностичного процесу, а результати цього дослідження, в свою чергу, ґрунтуються на ефективності методу і способів

передпосівної обробки біологічного матеріалу, відібраного від тварин, забитих з діагностичною метою [9, 10].

Результативність культурального дослідження багато в чому залежить від правильного відбору, транспортування і обробки біоматеріалу, якості поживного середовища, яке використовується для культурального дослідження, а також кількості життєздатних мікобактерій в біологічному матеріалі.

Оскільки зразки біологічного матеріалу, які надходять для бактеріологічного дослідження, містять певну кількість супутньої мікрофлори, при культивуванні збудника туберкульозу на живильному середовищі вони досить швидко розмножуються, чим інгібують ріст і розвиток мікобактерій [11]. Тому досліджувані зразки біоматеріалу піддаються спеціальній передпосівній обробці, яка включає подрібнення біологічного матеріалу для вивільнення мікобактерій із тканин і клітин та деконтамінацію від нецільової мікрофлори.

Препарати, які використовуються на сьогодні для очищення діагностичного матеріалу, проявляють достатньо агресивну дію на мікобактерії та є досить токсичними для них, тому необхідно використовувати такі методи обробки, які б, з одного боку, дозволяли зберегти максимальну кількість життєздатних мікобактерій в біологічному матеріалі, а з іншого – забезпечили б достатню бактерицидну дію на контамінуючу секундарну мікрофлору [12].

В ветеринарній медицині широко поширений спосіб передпосівної обробки біологічного матеріалу за методом А.П. Алікаєвої. Недоліком цього методу є недостатня бактерицидна дія сірчаної кислоти, яка використовується, на сапрофітну мікрофлору, що призводить до контамінації посівів і негативно впливає на достовірність результатів дослідження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ефективність бактеріологічної діагностики туберкульозу у людини та тварин значною мірою залежить від якості передпосівної обробки дослідного матеріалу, що зумовлює необхідність постійного вдосконалення методів деконтамінації та підготовки зразків. Сучасні наукові дослідження спрямовані на пошук оптимального співвідношення між пригніченням супутньої мікрофлори та збереженням життєздатності мікобактерій.

У роботі Correa-Valencia N.M. [13] узагальнено сучасні підходи до деконтамінації фекальних та екологічних зразків великої рогатої худоби при дослідженні на *M. avium subsp. paratuberculosis*. Автором встановлено, що використання агресивних хімічних реагентів негативно впливає на життєздатність збудника, що призводить до зниження його висіваємості. Підкреслено, що оптимізація концентрації деконтамінуючих речовин і тривалості експозиції є ключовим чинником підвищення ефективності культуральної діагностики.

Аналогічної думки дотримуються Dane H. et. al. [14], які у своєму огляді зазначають, що передпосівна обробка є одним із критичних етапів культивування *M. avium subsp. paratuberculosis*. Автори наголошують, що вибір методу підготовки матеріалу повинен враховувати тип досліджуваного зразка (тканини,

фекалії, молоко), а також рівень його контамінації, оскільки універсального підходу не існує.

У дослідженні Prajwal P. et. al. [15] показано, що стандартні методи деконтамінації, які широко застосовуються в лабораторній практиці, можуть призводити до значної втрати мікобактеріальної ДНК. Це негативно впливає не лише на культуральні дослідження, але й на чутливість молекулярних методів діагностики. Автори підкреслюють необхідність розробки більш щадних методів передпосівної обробки матеріалу.

Результати досліджень Bruczyńska M. et. al. [16], присвячених мікобактеріозам у тварин, у тому числі птиці, підтверджують важливість правильно підібраної деконтамінації фекальних зразків. Встановлено, що ефективність виділення *M. avium* безпосередньо залежить від якості попередньої обробки матеріалу, що впливає на точність діагностики у популяціях тварин.

У роботі Lienhard J. et. al. [17] детально описано підходи до підготовки тканинних зразків, зокрема лімфатичних вузлів, при діагностиці туберкульозу у тварин. Показано, що поєднання ефективної гомогенізації матеріалу з оптимальною деконтамінацією дозволяє суттєво знизити рівень контамінації посівів та підвищити вихід чистих культур мікобактерій.

Важливу роль у підвищенні ефективності культурального методу відіграють також фізичні методи обробки матеріалу. Зокрема, Chaula G.T. et. al. [18] встановили, що оптимізація режимів центрифугування сприяє більш ефективному осадженню мікобактерій та підвищує їх відновлення при посіві, що позитивно впливає на чутливість діагностики.

Перспективним напрямом є використання комбінованих методів обробки. Так, у дослідженні Wang J. et. al. [19] запропоновано застосування ультразвукової обробки біологічного матеріалу, що сприяє кращому вивільненню мікобактерій із тканин і підвищує їх висіваємість при культуральному дослідженні.

Таким чином, аналіз сучасних наукових публікацій свідчить, що ключовою проблемою передпосівної обробки матеріалу при бактеріологічній діагностиці туберкульозу є необхідність досягнення балансу між ефективною деконтамінацією та збереженням життєздатності мікобактерій. Незважаючи на значну кількість запропонованих методів, питання оптимізації складу деконтамінуючих розчинів і режимів їх застосування залишається актуальним, що обґрунтовує доцільність проведення подальших досліджень у цьому напрямі.

Мета. Розробити та експериментально обґрунтувати оптимальний спосіб передпосівної обробки патологічного матеріалу при бактеріологічному дослідженні на туберкульоз, який забезпечує максимальне збереження життєздатності мікобактерій, їх високу висіваємість на поживних середовищах і ефективну деконтамінацію супутньої мікрофлори. Визначити вплив різних концентрацій мурашиної кислоти та тривалості експозиції на ріст референтних штамів мікобактерій і результати культивування з патологічного матеріалу різного походження, а також провести порівняльну оцінку запропонованого

способу з традиційними методами передпосівної обробки за показниками ефективності, стерильності висівів і термінів отримання первинних культур.

Виклад основного матеріалу дослідження. Першим етапом дослідження було визначення впливу 0,2 %, 0,25 % та 0,5 % розчину мурашиної кислоти за експозиції 10, 15, 20 і 30 хв. на життєздатність референтних штамів мікобактерій *M. bovis*, *M. avium*, які зберігаються в колекції культур лабораторії вивчення туберкульозу ННЦ «ІЕКВМ». Для цього з бактеріальної маси, вирощеної на картопляному середовищі Павловського, готували завись культур в концентрації 1 мг/см³. Отриману гомогенну суспензію відбирали стерильною бактеріологічною піпеткою у центрифужні пробірки та центрифугували за 3000 об./хв. протягом 15 хвилин. Отриманий супернатант зливали, а до осаду окремо додавали 0,2 %, 0,25 % та 0,5 % розчин мурашиної кислоти і витримували за кімнатної температури протягом 10, 15, 20 та 30 хвилин відповідно та центрифугували при 3000 об./хв.. Після цього надосадову рідину зливали, а отриманий осад двічі відмивали від залишків кислоти стерильним 0,85 % розчином натрію хлориду шляхом центрифугування за 3000 об./хв. протягом 15 хв. Після відмивання отриманий осад ресуспендували зі стерильним 0,85 % розчином натрію хлориду, ретельно перемішуючи піпеткою, та висівали по 0,5 см³ гомогенізату на кожну пробірку для висіву на поживне яєчне середовище. Пробірки з висівами інкубували в термостаті за температури 37,5±0,5°C впродовж 90 діб. Облік росту культур мікобактерій проводили через кожні сім діб. Показники росту після дії мурашиної кислоти порівнювали з ростом культур, які не піддавали її впливу.

Наступним етапом було визначення ефективності способу передпосівної обробки проб патологічного матеріалу (лімфатичні вузли, печінка, селезінка, легені) від експериментально заражених морських свинок (*M. bovis*), ВРХ (*M. bovis*) та кролів (*M. avium*). Досліджувані зразки органів поміщали у стерильну фарфорову ступку, після чого подрібнювали ножицями на шматочки розміром 0,3-0,5 см³. До подрібненого патологічного матеріалу додавали мурашину кислоту в концентрації 0,2 %, 0,25 % та 0,5 % у співвідношенні 1:3. Ступки накривали пергаментним папером та витримували за кімнатної температури при експозиції 10, 15 і 20 хв.. Після цього мурашину кислоту зливали, а шматочки патматеріалу відмивали від залишків мурашиної кислоти стерильним фізіологічним розчином у співвідношенні 1:5 та через 10 хв. надосадову рідину зливали, а шматочки органів гомогенізували шляхом їх розтирання зі стерильним піском. До отриманого гомогенізату додавали стерильний 0,85 % розчин натрію хлориду (1:5), перемішували і залишали на 5-7 хв. для осадження піску. Після цього стерильною піпеткою відбирали 10 см³ надосадової рідини та центрифугували при 3000 об./хв. протягом 15 хвилин. Осад ресуспендували у стерильному фізіологічному розчині та висівали на щільне яєчне середовище. В якості контролю патологічний матеріал обробляли за методом А.П. Алікаєвої 5,0 % сірчаною кислотою за експозиції 20 хв. Пробірки з висівами інкубували у термостаті за температури 37±0,5 °C впродовж 90 діб. Облік росту колоній проводили через кожні сім діб.

При виконанні експериментальних досліджень, приведених в роботі, всі маніпуляції з тваринами, задіяними в дослідженнях, проводили з урахуванням основних принципів біоетики відповідно до Статті 26 Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження», Європейської Конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей (1986) та «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим національним конгресом з біоетики (2012).

На підставі проведених досліджень впливу мурашиної кислоти на референтні штами мікобактерій було встановлено, що найбільш інтенсивний ріст колоній *M. bovis* та *M. avium* спостерігали при використанні мурашиної кислоти в концентрації 0,2 % за експозиції 10, 15, 20 і 30 хв. та в концентрації 0,25 % за експозиції 10 і 15 хв., а також у контрольних пробах.

Незначну затримку росту колоній мікобактерій спостерігали при використанні 0,25 % розчину мурашиної кислоти за експозиції 20 і 30 хв. та 0,5 % розчину, в якому культура *M. bovis* витримувалась протягом 10 і 15 хв., а культура *M. avium* – протягом 10, 15 і 20 хв. Найбільший інгібуючий вплив на референтні штами культур мікобактерій виявляли при використанні розчину мурашиної кислоти в концентрації 0,5 % за експозиції 20 і 30 хв. (відносно *M. bovis*) та за експозиції 30 хв. (відносно *M. avium*). У порівнянні з ростом не оброблених детергентом музейних штамів *M. bovis* та *M. avium* (контроль), ріст після дії препарату спостерігали з різницею у три доби.

Появу перших колоній *M. bovis* у контрольних пробірках виявляли на тринадцяту добу, а після витримки культури мікобактерій у 0,2 % розчині мурашиної кислоти протягом 10 хв. – на шістнадцяту добу відповідно. Перші колонії *M. avium* у контролі виростили на десяту добу, а після дії мурашиної кислоти за мінімальних параметрів концентрації та експозиції (0,2 % протягом 10 хв.) – на тринадцяту добу.

Результати передпосівної обробки патологічного матеріалу, відібраного від експериментально заражених лабораторних тварин, мурашиною кислотою в порівнянні з методом А.П. Алікаєвої наведено в таблиці 1.

Табл. 1

Результати культурального дослідження проб патологічного матеріалу

Патологічний матеріал від	Мурашина кислота, %									H ₂ SO ₄ , %
	0,2			0,25			0,5			5,0
	Експозиція, хв.									
	10	15	20	10	15	20	10	15	20	20
	Кількість пробірок з ростом мікобактерій/контамінованих, (%)									
Кролі (<i>M.avium</i>)	50/50	80/20	90/10	90/10	100/-	90/-	80/-	20/-	10/-	90/10
Морські свинки (<i>M.bovis</i>)	50/50	80/20	90/10	90/10	100/-	90/-	80/-	30/-	10/-	90/10
ВРХ (<i>M.bovis</i>)	50/50	70/30	90/10	90/10	100/-	70/-	50/-	10/-	-/-	90/10
Інтенсивність росту колоній через 30 діб										

	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	-	+++
Примітки. «+» - ріст від 1 до 10 колоній; «++» - 10-20 колоній; «+++» - 20-30 колоній; «-» - відсутність росту.										

Дані таблиці – результати досліджень авторів.

Як видно з матеріалів, наведених в таблиці 1, при використанні мурашиної кислоти в концентрації 0,2 % за експозиції 10 хв. ріст колоній мікобактерій спостерігали у 50 % пробірок, при цьому контамінація посівів секундарною мікрофлорою була встановлена у 50 % висіяних пробірок. За експозиції 15 хв. ріст колоній *M. bovis* та *M. avium* спостерігався у 70-80 % пробірок, а кількість контамінованих пробірок дещо знизилась (20-30 %).

Використовуючи мурашину кислоту в концентрації 0,2 % за експозиції 20 хв. та в концентрації 0,25 % за експозиції 10 хв., ріст колоній мікобактерій виявляли у 90 % пробірок, а контамінація посівів складала 10 % висіяних пробірок.

При збільшенні концентрації мурашиної кислоти до 0,5 % росту сторонньої мікрофлори не спостерігали, а ріст колоній мікобактерій дещо пригнічувався: за експозиції 10 хв. колонії *M. bovis* з патматеріалу від морських свинок та колонії *M. avium* з патматеріалу від кролів вирости у 80 % пробірок, а колонії *M. bovis* з патматеріалу, одержаного від ВРХ – у 50 %. За експозиції 15 хв. ріст колоній *M. bovis* (морські свинки), *M. avium* (кролі), *M. bovis* (ВРХ) виявляли у 30 %, 20 % та 10 % пробірок відповідно. За експозиції 20 хв. ріст культур мікобактерій, виділених з патматеріалу від морських свинок та кролів, спостерігався лише у 10 % пробірок, а росту колоній *M. bovis* з патматеріалу, одержаного від ВРХ взагалі не було.

Враховуючи вищезазначене, встановлено, що оптимальні параметри (концентрація і експозиція) для передпосівної обробки патологічного матеріалу мав 0,25 % розчин мурашиної кислоти за експозиції 15 хвилин. При цьому ріст первинних колоній *M. bovis* на поживному середовищі відмічали на 18-21 добу, а *M. avium* – на 15-19 день, а за експозиції 10 хв. спостерігали контамінацію посівів (10 % пробірок), тоді як за експозиції 15-20 хв. росту нецільової мікрофлори виявлено не було.

Після обробки патматеріалу за методом А.П. Алікаєвої первинний ріст колоній *M. bovis* відмічали на 25-28 добу, а *M. avium* – на 16-20 добу. Ріст банальної мікрофлори відмічали у 10% пробірок. Чистоту виділених культур було підтверджено шляхом проведення мікроскопії мазків, пофарбованих за методом Ціль-Нільсена.

Висновки. У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що ефективність бактеріологічної діагностики туберкульозу значною мірою залежить від способу передпосівної обробки патологічного матеріалу, який повинен поєднувати достатню деконтамінуючу дію щодо супутньої мікрофлори з мінімальним впливом на життєздатність мікобактерій. Доведено, що застосування мурашиної кислоти як деконтамінуючого агента має виражений дозо- та часовозалежний ефект.

Встановлено, що використання 0,2 % розчину мурашиної кислоти не забезпечує належної деконтамінації патологічного матеріалу, що проявляється контамінацією посівів у 10–50 % випадків. Підвищення концентрації до 0,5 % повністю пригнічує ріст сторонньої мікрофлори, проте супроводжується суттєвим інгібуванням росту культур мікобактерій, що знижує їх висіваємість. Оптимальними параметрами передпосівної обробки визначено використання 0,25 % розчину мурашиної кислоти за експозиції 15 хвилин, що забезпечує ріст мікобактерій у 100 % висіяних пробірок за повної відсутності контамінації.

Показано, що за зазначених умов забезпечується отримання первинних колоній у більш ранні терміни порівняно з традиційним методом обробки за А.П. Алікаєвою, а також досягається висока інтенсивність росту культур і їх морфологічна чистота, підтверджена мікроскопією мазків, пофарбованих за методом Циля–Нільсена.

Отримані результати свідчать, що запропонований спосіб передпосівної обробки патологічного матеріалу є ефективним, технологічно доступним і може бути рекомендований для впровадження у практику ветеринарних лабораторій з метою підвищення достовірності та оперативності бактеріологічної діагностики туберкульозу тварин.

Список використаної літератури

1. Завгородній А. І., Білушко В. В., Позмогова С. А., Калашник М. В., Бусол В. О. Проблеми діагностики туберкульозу великої рогатої худоби. *Ветеринарна медицина*. 2023. Вип. 109. С. 15–18. DOI: <https://doi.org/10.36016/VM-2023-109-3>.
2. Ушкалов А. В. Поширення бактеріозів тварин в Харківській області у 2019–2022 роках. *Науковий вісник ветеринарної медицини*. 2023. № 2. С. 111–123. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2023-184-2-111-123>.
3. Gombo T. R., Shrestha A., Ranjit E., Gautam B., Ale K., Shrestha S., Bhatta D. D. Risk factors of tuberculosis in human and its association with cattle tuberculosis in Nepal: a One Health approach. *One Health*. 2020. Vol. 10. P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2020.100156>.
4. Youngkong S., Kamolwat P., Wongrot P., Thavorncharoensap M., Chaikledkaew U., Nateniyom S., Pungrassami P., Praditsitthikorn N., Mahasirimongkol S., Jittikoon J., Nishikiori N., Baena I. G., Yamanaka T. Catastrophic costs incurred by tuberculosis affected households from Thailand's first national tuberculosis patient cost survey. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14(1). Article 11205. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56594-1>.
5. Borham M., Oreiby A., El-Gedawy A., Hegazy Y., Khalifa H. O., Al-Gaabary M., Matsumoto T. Review on bovine tuberculosis: an emerging disease associated with multidrug-resistant Mycobacterium species. *Pathogens*. 2022. Vol. 11(7). Article 715. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens11070715>.
6. Busol V., Boiko P., Bednarski M., Shevchuk V., Mazur V. Pathomorphological changes in the organs of the peripheral immune system in mycobacteriosis of cattle. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*. 2023. Vol. 14(2). P. 9–27. DOI: <https://doi.org/10.31548/veterinary2.2023.09>.
7. Kurtjak B. M., Shevchuk V. M., Suchomlin K. B., Vishchur O. I., Solovei L. M., Romanovich M. S., Rudenko O. P. Peculiarities of epizootological surveillance and control of

8. Дяченко Г. М., Кравченко Н. О. Досягнення і проблеми у діагностиці туберкульозу сільськогосподарських тварин. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2005. Т. 3. С. 81–92. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.3.81-92>.

9. Хронічні інфекційні хвороби тварин: монографія / Л. Є. Корнієнко та ін.; за ред. Л. Є. Корнієнко. Біла Церква, 2008. 348 с.

10. Панівська О., Шевчук В. Порівняльна характеристика методів передпосівної обробки досліджуваного матеріалу з метою виділення мікобактерій. *Věda a perspektivy*. 2024. № 7(38). С. 267–278. DOI: [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2024-7\(38\)-267-278](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2024-7(38)-267-278).

11. Інструкція з мікробіологічної діагностики туберкульозу: затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 27.06.2019 № 1462; зареєстр. у Міністерстві юстиції України 08.08.2019 за № 886/33857.

12. Журило О. А., Барбова А. І., Глушкевич Т. Г., Третьякова Л. В. Стандарти бактеріологічної діагностики туберкульозу в лабораторіях протитуберкульозних закладів України: навч. посіб. Київ, 2012. 188 с.

13. Correa-Valencia N. M. Current approaches to decontamination of fecal and environmental samples for *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*. *Dairy and Veterinary Sciences Journal*. 2023. Vol. 15(3). DOI: <https://doi.org/10.19080/JDVS.2023.15.555917>.

14. Dane H., Stewart L. D., Grant I. R. Culture of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*: challenges, limitations and future prospects. *Journal of Applied Microbiology*. 2023. Vol. 134(1). Article lxac017. DOI: <https://doi.org/10.1093/jambio/lxac017>.

15. Prajwal P., Neary T., Rohrbach K., Bittel P., Göller P. C., Buch T., Dümcke S., Keller P. M. Optimizing mycobacteria molecular diagnostics: no decontamination, human DNA depletion, greener storage at 4 °C. *Frontiers in Microbiology*. 2023. Vol. 14. Article 1104752. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1104752>.

16. Bruczyńska M., Didkowska A., Brzezińska S., Nowak M., Filip-Hutsch K., Kalicki M., Augustynowicz-Kopeć E., Anusz K. *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* in asymptomatic zoo herbivores in Poland. *Animals*. 2023. Vol. 13(6). Article 1022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13061022>.

17. Lienhard J., Friedel U., Paganini C., Hilbe M., Scherrer S., Schmitt S. Isolation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* and other non-tuberculous mycobacteria from head lymph nodes of wild ruminants and badgers in Switzerland. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024. Vol. 10. Article 1321106. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1321106>.

18. Chaula G. T., Namkinga L., Mahadhy A., Sabiiti W., Ntinginya N. E., Mtafya B. High centrifugation speed improves recovery of *Mycobacterium tuberculosis* and yield of culture. *Tuberculosis*. 2025. Vol. 152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tube.2025.102633>.

19. Wang J. L., Zhang Z. J., Wang F., Chen M. K., Tian P., Wang X. F. A prospective study on enhanced recovery of *Mycobacterium tuberculosis* from children's stool using novel power ultrasound decontamination. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15(1). Article 13309. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-98037-5>.

Andrii Zavhorodnii, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Head of the Department for the Study of Tuberculosis and Brucellosis, National Scientific Center «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine», Kharkiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-3563-0478

Viktor Bilushko, Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher, Head of the Laboratory for the Study of Tuberculosis, National Scientific Center «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine», Kharkiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-5689-6745

email: bw.pochta@gmail.com

Svitlana Pozmogova, Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher of the Laboratory for the Study of Tuberculosis, National Scientific Center «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine», Kharkiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-7228-8811

email: svetlanapozmogova@gmail.com

Artem Ushkalov, Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher of the Laboratory for the Study of Tuberculosis, National Scientific Center «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine», Kharkiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-8317-7909

email: vetdocman@gmail.com

Anatoliy Paliy, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Director of the National Scientific Center «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine», Kharkiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-9193-3548

email: paliy.dok@gmail.com

Karina Sviridova, Postgraduate Student of the Laboratory for the Study of Tuberculosis, National Scientific Center «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine», Kharkiv, Ukraine

ORCID ID: 0009-0000-0600-2224

email: karinasviridova12@gmail.com

PRE-CULTURING TREATMENT OF BIOLOGICAL MATERIAL IN TUBERCULOSIS TESTING

Abstract.

Objective. To develop an optimal method for pre-culturing treatment of pathological material in tuberculosis diagnostics that maximizes the preservation of mycobacterial viability and ensures high inoculation efficiency on nutrient media, as well as sterility of cultures. Methods. Cultural, bacteriological, and pathological. Results. Based on the conducted studies, it was established that using a 0.25% formic acid solution as a decontaminating agent with an exposure time of 15 minutes resulted in the growth of cultures in 100% of inoculated tubes with no growth of non-target microflora. The purity of the isolated cultures was confirmed by microscopy of smears stained by the Ziehl–Neelsen method. At a lower concentration of formic acid (0.2%), contamination of cultures was observed in 10–50% of tubes during pre-culturing treatment of pathological material. Increasing

the concentration of formic acid to 0.5% significantly inhibited the growth of mycobacterial cultures while preventing contamination by secondary microflora.

Practical value. The proposed method of pre-culturing treatment of pathological material can be used in veterinary laboratories to improve the efficiency of bacteriological diagnosis of tuberculosis. Its application ensures the isolation of pure mycobacterial cultures in shorter time, increases the reliability of diagnostic results, reduces the risk of contamination, and enables timely diagnosis and implementation of control measures in livestock farms.

Conclusions. The results of the study indicate that the use of a 0.25% formic acid solution with an exposure time of 15 minutes ensures 100% inoculation efficiency of mycobacterial cultures on nutrient media in the absence of non-target microflora growth.

Keywords: tuberculosis, *M. avium*, *M. bovis*, diagnostics, pathological material, method, formic acid.

References

1. Zavhorodnii, A. I., Bilushko, V. V., Pozmogova, S. A., Kalashnyk, M. V., & Busol, V. O. (2023). Problems of diagnosis of bovine tuberculosis [Problemy diahnostryky tuberkulezu velykoi rohatoi khudoby]. *Veterinarna Medytsyna*, 109, 15–18. <https://doi.org/10.36016/VM-2023-109-3>
2. Ushkalov, A. V. (2023). Spread of animal bacterioses in Kharkiv region in 2019–2022 [Poshyrennia bakterioziv tvaryn u Kharkivskii oblasti u 2019–2022 rokakh]. *Nauk. Visnyk Veterinarnoi Medytsyny*, 2, 111–123. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2023-184-2-111-123>
3. Gompo, T. R., Shrestha, A., Ranjit, E., Gautam, B., Ale, K., Shrestha, S., & Bhatta, D. D. (2020). Risk factors of tuberculosis in human and its association with cattle tuberculosis in Nepal: A One Health approach. *One Health*, 10, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2020.100156>
4. Youngkong, S., Kamolwat, P., Wongrot, P., Thavorncharoensap, M., Chaikledkaew, U., Nateniyom, S., ... Yamanaka, T. (2024). Catastrophic costs incurred by tuberculosis affected households from Thailand's first national tuberculosis patient cost survey. *Scientific Reports*, 14(1), 11205. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56594-1>
5. Borham, M., Oreiby, A., El-Gedawy, A., Hegazy, Y., Khalifa, H. O., Al-Gaabary, M., & Matsumoto, T. (2022). Review on bovine tuberculosis: An emerging disease associated with multidrug-resistant *Mycobacterium* species. *Pathogens*, 11(7), 715. <https://doi.org/10.3390/pathogens11070715>
6. Busol, V., Boiko, P., Bednarski, M., Shevchuk, V., & Mazur, V. (2023). Pathomorphological changes in the organs of the peripheral immune system in mycobacteriosis of cattle. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 14(2), 9–27. <https://doi.org/10.31548/veterinary2.2023.09>
7. Kurtjak, B. M., Shevchuk, V. M., Suchomlin, K. B., Vishchur, O. I., Solovei, L. M., Romanovich, M. S., & Rudenko, O. P. (2024). Peculiarities of epizootological surveillance and control of mycobacteriosis in productive animals in dairy farms of Ukraine. *Biologiya Tvaryn*, 26(1), 17–23. <https://doi.org/10.15407/animbiol26.01.017>
8. Dyachenko, H. M., & Kravchenko, N. O. (2005). Achievements and problems in the diagnosis of tuberculosis in agricultural animals [Dosiahnennia i problemy u diahnostrytsi tuberkulezu silskohospodarskykh tvaryn]. *Silskohospodarska Mikrobiologiya*, 3, 81–92. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.3.81-92>
9. Korniienko, L. E., et al. (2008). Chronic infectious diseases of animals [Khronichni infektsiini khvoroby tvaryn]. *Bila Tserkva*: [s.n.].
10. Panivska, O., & Shevchuk, V. (2024). Comparative characteristics of methods of pre-sowing treatment of the studied material to isolate mycobacteria [Porivnialna kharakterystyka

metodiv peredposivnoi obrobky doslidzhuvanoho materialu z metoiu vydilennia mikobakterii]. *Věda a Perspektivy*, 7(38), 267–278. [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2024-7\(38\)-267-278](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2024-7(38)-267-278)

11. Ministry of Health of Ukraine. (2019). Instruction for microbiological diagnosis of tuberculosis [Instruktsiia z mikrobiolohichnoi diahnostyky tuberkulezu]. Order No. 1462, 27.06.2019, registered in the Ministry of Justice of Ukraine 08.08.2019, No. 886/33857.

12. Zhurilo, O. A., Barbova, A. I., Glushkevych, T. H., & Tretiakova, L. V. (2012). Standards of bacteriological diagnosis of tuberculosis in laboratories of anti-tuberculosis institutions of Ukraine [Standarty bakteriologichnoi diahnostyky tuberkulezu v laboratoriiakh protytuberkuleznykh zakladiv Ukrainy]. Kyiv: [s.n.].

13. Correa-Valencia, N. M. (2023). Current approaches to decontamination of fecal and environmental samples for *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*. *Dairy and Veterinary Sciences Journal*, 15(3). <https://doi.org/10.19080/JDVS.2023.15.555917>

14. Dane, H., Stewart, L. D., & Grant, I. R. (2023). Culture of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*: Challenges, limitations and future prospects. *Journal of Applied Microbiology*, 134(1), lxac017. <https://doi.org/10.1093/jambio/lxac017>

15. Prajwal, P., Neary, T., Rohrbach, K., Bittel, P., Göller, P. C., Buch, T., ... Keller, P. M. (2023). Optimizing mycobacteria molecular diagnostics: No decontamination, human DNA depletion, greener storage at 4 °C. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1104752. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1104752>

16. Bruczyńska, M., Didkowska, A., Brzezińska, S., Nowak, M., Filip-Hutsch, K., Kalicki, M., ... Anusz, K. (2023). *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* in asymptomatic zoo herbivores in Poland. *Animals*, 13(6), 1022. <https://doi.org/10.3390/ani13061022>

17. Lienhard, J., Friedel, U., Paganini, C., Hilbe, M., Scherrer, S., & Schmitt, S. (2024). Isolation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* and other non-tuberculous mycobacteria from head lymph nodes of wild ruminants and badgers in Switzerland. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1321106. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1321106>

18. Chaula, G. T., Namkinga, L., Mahadhy, A., Sabiiti, W., Ntinginya, N. E., & Mtafya, B. (2025). High centrifugation speed improves recovery of *Mycobacterium tuberculosis* and yield of culture. *Tuberculosis*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.tube.2025.102633>

19. Wang, J. L., Zhang, Z. J., Wang, F., Chen, M. K., Tian, P., & Wang, X. F. (2025). A prospective study on enhanced recovery of *Mycobacterium tuberculosis* from children's stool using novel power ultrasound decontamination. *Scientific Reports*, 15(1), 13309. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-98037-5>

Стаття надійшла до редакції 27.03.2026

Стаття пройшла рецензування 29.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Владислав Чумак

кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри фізіології, біохімії тварин і лабораторної діагностики

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID ID 0000-0002-0140-3982

email: chumak.v.o@dsau.dp.ua

Марина Гаращук

кандидатка ветеринарних наук, доцентка, доцент кафедри фізіології, біохімії тварин і лабораторної діагностики

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID ID 0000-0003-1533-6490

email: garashukmi@gmail.com

Валентин Єфімов

кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри фізіології, біохімії тварин і лабораторної діагностики

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID ID 0000-0002-4286-8567

email: yefimov.v.h@dsau.dp.ua

**ДЕЯКІ ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ
ЗА БАБЕЗІОЗУ СОБАК ПІД ЧАС АНЕМІЇ**

Анотація

У роботі досліджено особливості взаємозв'язків між маркерами запалення та імунологічної реактивності і морфологічними показниками крові у собак за умов появи анемічного синдрому при наявності бабезій у мазках крові. Актуальність проблеми зумовлена пошуком додаткових джерел доклінічного виявлення метаболічних порушень у тварин, що дозволяють прогнозувати можливі ускладнення і запланувати вчасно провести корекцію лікування. У ветеринарній медицині застосовуються розрахунки співвідношення тромбоцитів і окремих класів лейкоцитів з метою одержати більш повне уявлення щодо стану тварин за різної патології. У дослідженні використано зразки крові собак одержані на автоматичному гематологічному аналізаторі з подальшим використанням формул для розрахунку індексів. Одержано значення співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів, лімфоцитів до моноцитів, нейтрофілів до моноцитів, співвідношення тромбоцитів до лімфоцитів, тромбоцитів до нейтрофілів, а також комплексні індекси - системного імунзапального процесу, хронічного запалення, системної запальної відповіді, агрегований індекс системного запалення. Взаємозв'язок між розрахованими індексами і показниками крові визначали за коефіцієнтом кореляції. За умов анемії виявлена кореляція індексу системного імунзапального процесу із значеннями гемоглобіну +0,592, гематокриту +0,554 і еритроцитів +0,521, а також у індексу співвідношення тромбоцитів до лімфоцитів із вмістом гемоглобіну +0,521. Отримані дані підтверджують доцільність використання лейкоцитарних і тромбоцитарних індексів крові для оцінки поточного стану здоров'я собак і прогнозування можливих ускладнень.

Ключові слова: гемолітична анемія, лейкоцити, тромбоцити

Вступ. Гематологічні параметри є чутливими, ефективними та важливими показниками фізіологічних та патологічних змін у людей і тварин. Видові, вікові і навіть породні особливості у тварин виявляються під час лабораторних досліджень як у здорових, так і за певних захворювань заразної та незаразної патології. Залучення розрахованих індексів відбувається особливо часто за патологічних процесів, які супроводжуються значною прямою або опосередкованою реакцією клітин крові на дію пошкоджувальних факторів, зокрема за анемії, порушення гемостазу або системної запальної відповіді.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів найширше використовують співвідношення для діагностики та прогнозування запальних, інфекційних, ендокринних, серцево-судинних та неопластичних захворювань у тварин. Цей маркер використовується для оцінки балансу між запаленням та імунітетом. Його вищий рівень спостерігають у собак з дерматитом, панкреатитом, імуноопосередкованою анемією, захворюваннями кишечника, сепсисі. Крім того, фізіологічний стрес та кортикостероїди можуть збільшити концентрацію нейтрофілів та зменшувати лімфоцитів. Індекс відображає зв'язок між вродженою (нейтрофіли) та адаптивною клітинною імунною відповіддю (лімфоцити) під час хвороби та різних патологічних станів. Щоденне визначення має надійну прогностичну та прогнозовану цінність за гострого захворювання, стресу та запалення. Динамічні зміни у крові випереджають клінічні прояви за кількох годин [27].

У телят із підтвердженням системної запальної відповіді (SIRS) виявлено значні відмінності значень лейкоцитів, нейтрофілів та співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів [6].

За тейлеріозу корів вивчали співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів і кореляцію з іншими показниками. Збільшення індекса мало сильну кореляцію із $IL-1\beta$ [5]. Тропічний тейлеріоз великої рогатої худоби характеризується різноманітними клінічними ознаками, включаючи лихоманку, лімфаденопатію, анемію та іноді гемоглобінурію, може зумовити синдром системної запальної відповіді (понад 86% інфікованих тварин). Виявили підвищення нейтрофільно-лімфоцитарного співвідношення у 57,89%, тромбоцитарно-лімфоцитарного співвідношення у 42,10% інфікованих, а у 31,57% тварин спостерігається підвищення обох індексів [16].

Загальний аналіз крові широко використовується для оцінки характеру та тяжкості захворювань коней. Інтерпретація зазвичай обмежується тим, чи знаходяться значення в межах референтних інтервалів; однак цей підхід не враховує взаємозв'язки між лейкоцитами, які можуть свідчити про запалення. Прості коефіцієнти лейкоцитів (наприклад, співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів, співвідношення моноцитів до лімфоцитів) характеризують швидку, неспецифічну вроджену імунну відповідь порівняно з повільнішою, адаптивною імунною відповіддю, яка спрямована на конкретні патогени. До поширених індексів належать індекс системного запалення (SI;

порівняння кількості нейтрофілів і тромбоцитів з кількістю лімфоцитів), індекс системної запальної відповіді (SIRI; порівняння кількості нейтрофілів і моноцитів з кількістю лімфоцитів) та сукупний індекс системного запалення (AISI; порівняння кількості нейтрофілів, моноцитів, тромбоцитів і лімфоцитів). Індeksi є цінним інструментом для виявлення запалення у коней [13].

Піроплазмоз коней (ПК) – це кліщове захворювання, яке спричиняють *Theileria equi*, *Theileria haneyi* та *Babesia caballi*. Інфекція *B. caballi* викликала зміни, а саме були статистично нижчими співвідношення нейтрофілів до моноцитів ($p = 0,03$), лімфоцитів до моноцитів ($p = 0,004$), тромбоцитів до лейкоцитів ($p = 0,03$), тромбоцитів до нейтрофілів ($p = 0,03$) та тромбоцитів до моноцитів ($p = 0,03$), а моноцитів до лімфоцитів ($p = 0,004$) вищими порівняно з кіньми з негативним результатом. Проте не спостерігалось жодної різниці між кіньми, інфікованими *T. equi*, та кіньми з негативним результатом ПЛР [9].

Співвідношення моноцитів до лімфоцитів дозволяє аналізувати відмінності між клітинами вродженого та адаптивного імунітету за аутоімунних та серцево-судинних захворюваннях, цукрового діабету собак [25].

У дослідженні виявлена статистично значуща різниця між значеннями співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів, тромбоцитів до лімфоцитів та тромбоцитів до нейтрофілів у крові інфікованих та здорових собак, що свідчить про те, що ці параметри є корисними інструментами у діагностиці важкості перебігу парвовірусного ентериту собак [23].

Найпоширенішою ознакою бабезіозу у інфікованих собак є гемолітична анемія та тромбоцитопенія. Найчастіше документовані ускладнення включають синдром системної запальної відповіді (SIRS) та синдром поліорганної недостатності (MODS), що проявляються коагулопатією, нирковою, печінковою, дихальною, серцево-судинною недостатністю, імуноопосередкованою гемолітичною анемією. Імунологічна відповідь відіграє важливу роль у патогенезі бабезіозу собак через механізм руйнування циркулюючих еритроцитів за допомогою антитіл. При бабезіозі у хворих собак гепаторенальний синдром є слідством функціональної недостатності печінки, посиленої функції нирок та їх ураження [7, 18, 19, 26, 28].

Докладна інформація щодо усіх аспектів діагностики, лікування та динаміки показників крові за бабезіозу собак в Україні викладено у роботах Пруса М.П., Горальської І.Ю., Дубової О.А. та їх співавторів [1, 2, 10].

У тварин за коронавірусного ентериту відмічали достовірне збільшення лейкоцитарного індексу інтоксикації, показника реактивності організму, індексу зсуву лейкоцитів крові, достовірне зменшення ядерного, лейкоцитарного, співвідношення еозинофілів до лейкоцитів та сегментоядерних і паличкоядерних нейтрофілів, співвідношення лімфоцитів і еозинофілів, алергізації та імунореактивності, співвідношення лейкоцитів і ШОЕ, лімфоцитарно-гранулоцитарного, лімфоцитів і моноцитів до ШОЕ [3].

За парвовірусної інфекції собак достовірне збільшуються індекси лейкоцитарний інтоксикації, реактивної відповіді нейтрофілів, зсуву лейкоцитів

крові та достовірно знижуються індекси Гаркаві, алергізації, імунореактивності, співвідношення сегментоядерних і паличкоядерних нейтрофілів [4].

У собак за лептоспірозу встановлено достовірне зменшення індексів алергізації, імунореактивності, співвідношення сегментоядерних та паличкоядерних нейтрофілів, співвідношення еозинофілів і лімфоцитів, співвідношення лейкоцитів і моноцитів до ШОЕ, та достовірне збільшення індексу співвідношення лейкоцитів і ШОЕ. Розрахунки індексів надають інформацію щодо імунологічної реактивності організму тварин та допомагають визначити стратегію подальших лікувальних або профілактичних заходів [22].

Мета. Визначення змін лейкоцитарних і тромбоцитарних індексів крові собак за анемії, зумовленої збудником бабезіозу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Лабораторні дослідження проводились в Науково-дослідному центрі біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК «Biosafety-Center» Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. Використано зразки крові, які надіслані від собак з підозрою на бабезіоз і у мазках виявлено присутність бабезій. Дослідження виконано на гематологічному аналізаторі PCE90VET, додатково виготовлено мазки, які фарбували для виявлення бабезій.

Розраховували лейкоцитарні індекси, а саме співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів (Neutrophil-to-lymphocyte ratio, NLR), лімфоцитів до моноцитів (Lymphocyte-to-monocyte ratio, LMR), нейтрофілів до моноцитів (Neutrophil-to-monocyte ratio, NMR), тромбоцитарні індекси, зокрема співвідношення тромбоцитів до лімфоцитів (Platelet-to-lymphocyte ratio, PLR), тромбоцитів до нейтрофілів (Platelet-to-neutrophil ratio, PNR), а також комплексні індекси - системного імунозапального процесу Systemic immune-inflammation index, SII), хронічного запалення (Chronic inflammation index, CII), системної запальної відповіді (Systemic inflammation response index, SIRI), агрегований індекс системного запалення (Aggregate index of systemic inflammation, AISI).

Формули, використані для розрахунку комплексних індексів

$SII = (\text{Тромбоцити} \times \text{нейтрофіли}) / \text{лімфоцити}$

$CII = (\text{Тромбоцити} \times \text{моноцити}) / \text{лімфоцити}$

$SIRI = (\text{Нейтрофіли} \times \text{моноцити}) / \text{лімфоцити}$

$AISI = (\text{Нейтрофіли} \times \text{моноцити} \times \text{тромбоцити}) / \text{лімфоцити}$ [17].

Одержані результати були статистично оброблені з визначенням медіани і кuartилів, а також обрахунком коефіцієнту кореляції індексів із гематокритом, концентрацією гемоглобіну, еритроцитів і тромбоцитів за допомогою прикладних програм пакету Libre Office Calc.

У таблиці 1 наведено результати показників крові, які характеризують синдром анемії у собак.

Табл. 1

**Динаміка гематологічних показників крові
(Медіана, 1–3 кuartили, n = 10)**

Показники	Собаки, інвазовані бабезіями	

	Медіана	1 – 3 квартили	Референсні значення
Гемоглобін, г/л	107	84 – 122	120 – 180
Гематокрит, %	27	23 – 31	37 – 55
Еритроцити, Т/л	3,8	3,2 – 4,4	5.5 – 8.5
MCV (середній об'єм еритроцита), фл	71,5	69,9 – 73,4	60 – 77
MCH (середня маса гемоглобіна в еритроциті), пг	27,3	25,1 – 28,1	19,5 – 24,5
MCHC (середня концентрація гемоглобіна в еритроциті), г/л	377	356 – 401	320 – 360
Тромбоцити, Г/л	82	68 – 92	117 – 460
Лейкоцити, Г/л	7,3	4,8 – 10,1	6 – 17

Примітка. Референсні значення показників за результатами НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК «Biosafety-Center» ДДАЕУ.

У всіх тварин були ознаки, характерні для анемії і тромбоцитопенії, у половини також і лейкопенії. Індекс MCV був у межах референсних значень, а індекси MCH і MCHC перевищували у 70% собак.

За бабезіозу собак розвивається анемія, спочатку вона нормоцитарна, нормохромна та нерегенеративна, а на 2–3-й день перебігу розвивається макроцитарна, гіпохромна анемія з ретикулоцитозом [15].

У таблиці 2 наведено результати обрахунку індексів крові, які виявлено за синдрому анемії у собак.

Табл. 2

**Динаміка гематологічних індексів крові
(Медіана, 1–3 квартили, n = 10)**

Показники	Собаки, інвазовані бабезіями		Референсні значення
	Медіана	1 – 3 квартили	
Співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів	2,46	1,88 – 3,90	2,92 – 3,75
Співвідношення нейтрофілів до моноцитів	14,63	8,32 – 22,9	11,88 – 20,63
Співвідношення лімфоцитів до моноцитів	4,23	3,55 – 8,31	3,75 – 5,25

Співвідношення тромбоцитів до лімфоцитів	54,22	21,17 – 71,64	108,27 – 144,42
Співвідношення тромбоцитів до нейтрофілів	15,54	10,40 – 22,72	36,81 – 38,27
Індекс системного імунозапального процесу	229,75	148,50 – 318,70	65,30 – 98,40
Індекс хронічного запалення	11,57	3,34 – 18,02	52,96 – 119,88
Індекс системної запальної відповіді	0,62	0,13 – 2,18	1,44 – 3,31
Індекс агрегований індекс системного запалення	55,45	9,02 – 137,8	532 – 1480

Примітка. Референсні значення індексів за власними результатами авторів.

За умов анемії виявлена кореляція індексу системного імунозапального процесу із значеннями гемоглобіну +0,592, гематокриту +0,554 і еритроцитів +0,521, а також у індексу співвідношення тромбоцитів до лімфоцитів із вмістом гемоглобіну +0,521.

За лептоспірозу собак встановлено достовірне зменшення індексу співвідношення нейтрофілів і моноцитів майже у п'ять разів, за парвовірусної інфекції і коронавірусного ентериту. Співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів або індекс Кребса за парвовірусної інфекції і коронавірусного ентериту достовірно збільшується, а за лептоспірозу зменшується. У собак співвідношення лімфоцитів до моноцитів за коронавірусного ентериту, парвовірусної інфекції і лептоспірозу достовірно зменшується [3, 4, 22].

Співвідношення тромбоцитів до лімфоцитів вважається новим маркером запалення, який пов'язують із несприятливими наслідками при серцево-судинних та неопластичних захворюваннях. При ентеропатії собак індекс корелював із загальним білком ($P = 0,0152$, $r = -0,39$), альбуміном ($P = 0,0297$, $r = -0,35$) та індексом клінічної активності хронічної ентеропатії у собак (CCECAI, $P = 0,0368$, $r = +0,33$) [21].

За хронічної ентеропатії у собак співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів, індекс системного імунозапалення та співвідношення тромбоцитів до лімфоцитів були значно підвищені порівняно з референтними значеннями, але протягом лікування значно знижувались. На 9 добу перші два індекси не відрізнялися від референтних значень, але третій залишався вищим [8].

У собак із синдромом системної запальної відповіді (SIRS) та за появи синдрому поліорганної дисфункції (MODS) оцінювали співвідношення

нейтрофілів до лімфоцитів, індекс системного імунзапалення, співвідношення тромбоцитів до лімфоцитів. У собак із SIRS/MODS спостерігали підвищення перших двох індексів, але третій значно знижувався [24].

Запропоновано референтні інтервали для собак співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів (NLR) 1,3 – 7,1, моноцитів до лімфоцитів (MLR) 0,1 – 0,3, тромбоцитів до лімфоцитів (PLR) 40,4 – 271,1 та системного індексу запалення (SII) 224,6 – 2191,7, які використовуються при гострих запальних захворюваннях, неопластичних станах, патологіях печінки та шлунково-кишкового тракту, а також діють як біомаркери для раннього виявлення пухлин та кардіореспіраторних захворювань [20].

Встановлено референсні значення у котів співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів (NLR) 0,8 – 7,1, моноцитів до лімфоцитів (MLR) 0,1 – 0,6, тромбоцитів до лімфоцитів (PLR) 22,7 – 374,6, системний імунзапальний індекс (SII) 130 – 2454, агрегований індекс системного запалення (AISII) 39,5 – 1542,8 та індекс системної запальної відповіді (SIRI) 0,2 – 6,1 [12].

За парвовірозу собак у якості прогностичних показників досліджувалася співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів (NLR), яке у переживших було у межах 3,07 (0,59 – 6,97), а не переживших 1,93 (0,34 – 5,61, $P=0.328$), тоді як моноцитів до лімфоцитів (MLR) 0,56 (0,25 – 1,09) і 0,32 (0,11 – 1,22), $P=0.077$, тромбоцитів до лімфоцитів (PLR) 217,65 (117,67 – 389,65) і 336,56 (159,84 – 635,77), $P = 0,003$ відповідно. Таким чином, PLR при госпіталізації може бути корисним маркером тяжкості захворювання та мати прогностичне значення у собак за парвовірозу [14].

За моноцитарного ерліхіозу собак часто виникає синдром системної запальної відповіді (SIRS). Індeksi SII (1332 ± 372), SIRI ($6,4 \pm 1,6$) і співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів ($9,9 \pm 2,6$) були значно вищими у собак з SIRS порівняно з собаками без SIRS та здоровими тваринами (946 ± 253 , $3,1 \pm 1$ і $4,8 \pm 1$ та 722 ± 122 , $1,0 \pm 0,2$ і $2,4 \pm 0,4$ відповідно) [11].

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. На відміну від індивідуальних параметрів крові, гематологічні коефіцієнти менш чутливі до таких факторів, як вік, стать, зневоднення та обробка зразків крові, що дозволяє точніше оцінити запалення та імунітет. Оскільки абсолютна кількість клітин крові виражається як гематологічні коефіцієнти, численні фактори, що впливають на результат, такі як зневоднення, не враховуються в рівнянні, тому відносні коефіцієнти можуть бути кориснішими за абсолютні показники.

2. У ветеринарній медицині гематологічні індeksi можуть використовуватися для прогнозування результатів захворювань, зокрема серцево-судинних, імунно опосередкованих, інфекційних та паразитарних, пухлин, запалення, септичного шоку, розладів печінки тощо.

3. Визначення індивідуальної динаміки індексів доцільно використовувати для оцінки ефективності лікування тварин.

Перспективним напрямком подальших досліджень є дослідження змін окремих індексів крові за різної патології тварин.

Список використаної літератури

1. Бабезіоз собак (гепаторенальний синдром – діагностика і лікування) : монографія / Горальська І. Ю., Горальський Л. П., Сокульський І. М. Колеснік Н. Л.. Житомир : Поліський національний університет, 2024. 212 с.
2. Прус М. П., Семенко О.В., Галат М. В. Бабезіоз собак. Київ : «КОМПРИНТ», 2017. 259 с.
3. Радзиховський М. Л., Горальський Л. П., Борисевич Б. В., Дишкант О. В. Інтегральні індекси інтоксикації у собак за коронавірусного ентериту. *Науковий вісник ветеринарної медицини*. 2018. №2. С. 13-19. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2018-144-2-13-19>
4. Радзиховський М. Л., Горальський Л. П., Дишкант О. В. Динаміка лейкоцитарних індексів за парвовірусного ентериту в собак. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2019. № 7(1). С. 3-7. <https://doi.org/10.32819/2019.71001>
5. Aktas, M. S., Eren, E., Kucukler, S., Eroglu, M. S., Ilgun, M., Yanar, K. E., & Aydin, O. (2023). Investigation of haematological, inflammatory and immunological response in naturally infected cattle with *Theileria annulata*. *Parasite immunology*, 45(9), e13002. <https://doi.org/10.1111/pim.13002>
6. Aydin, Ö., & Apaydin Yildirim, B. (2024). Determination of systemic inflammation response index (SIRI), systemic inflammatory index (SII), HMGB1, Mx1 and TNF levels in neonatal calf diarrhea with systemic inflammatory response syndrome. *Veterinary immunology and immunopathology*, 275, 110815. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2024.110815>
7. Chan, K., Bęczkowski, P. M., & Almendros, A. (2025). Clinical and Clinicopathological Features of 108 Dogs Infected with *Babesia gibsoni* in Hong Kong. *Animals : an open access journal from MDPI*, 15(5), 645. <https://doi.org/10.3390/ani15050645>
8. Cristóbal, J. I., Duque, F. J., Usón-Casaús, J., Barrera, R., López, E., & Pérez-Merino, E. M. (2022). Complete Blood Count-Derived Inflammatory Markers Changes in Dogs with Chronic Inflammatory Enteropathy Treated with Adipose-Derived Mesenchymal Stem Cells. *Animals : an open access journal from MDPI*, 12(20), 2798. <https://doi.org/10.3390/ani12202798>
9. Duaso, J., Perez-Ecija, A., Martínez, E., Navarro, A., De Las Heras, A., & Mendoza, F. J. (2025). Assessment of Common Hematologic Parameters and Novel Hematologic Ratios for Predicting Piroplasmosis Infection in Horses. *Animals : an open access journal from MDPI*, 15(10), 1485. <https://doi.org/10.3390/ani15101485>
10. Dubova, O., Kovalova, L., Dubovyi, A., Kovalov, P. & Chala, I. (2022). Shock status and anti-shock infusion therapy in canine acute spontaneous babesiosis, *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 52 (1), 135-143. <https://doi.org/10.56808/2985-1130.3198>
11. Erdogan, H., Ozalp, T., Erdogan, S., & Ural, K. (2025). Assessment of novel haematological inflammatory markers (NLR, SII, and SIRI) as predictors of SIRS in dogs with canine monocytic ehrlichiosis. *Veterinarska Stanica*, 56(2), 235–243. <https://doi.org/10.46419/vs.56.2.5>
12. Erturk, A., Ozturk, A. S., & Ozdemir, R. (2026). Evaluation of Hemogram-Derived Inflammatory Markers in Healthy Cats. *Veterinary Sciences*, 13(3), 238. <https://doi.org/10.3390/vetsci13030238>
13. Friend, M. M., McGaffigan, E. M., Hall, S. M., Staniar, W. B., & Smarsh, D. N. (2025). Changes in equine complete blood count parameters and inflammatory indices with inflammation. *Journal of equine veterinary science*, 155, 105705. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2025.105705>
14. González-Domínguez, A., Cristobal-Verdejo, J. I., López-Espinar, C., Fontela-González, S., Vázquez, S., Justo-Domínguez, J., González-Caramazana, J., Bragado-Cuesta, M., Álvarez-Punzano, A., & Herrería-Bustillo, V. J. (2024). Retrospective evaluation of hematological

ratios in canine parvovirus: 401 cases. *Journal of veterinary internal medicine*, 38(1), 161–166. <https://doi.org/10.1111/jvim.16972>

15. Holovakha, V. I., Piddubnyak, O. V., Bakhur, T. I., Vovkotrub, N. V., Antipov, A. A., Anfiorova, M. V., Gutyj, B. V., Slivinska, L. G., Kurdeko, O. P., & Macynovich, A. O. (2018). Changes in erythrocytopenia indices in dogs with babesiosis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9(3), 379–383. <https://doi.org/10.15421/021856>

16. Kumar Gupta, K., Punia, S., Dutta, N., & Sudan, V. (2025). Clinico-Laboratory Biomarkers of Systemic Inflammatory Response Syndrome Associated with *Theileria annulata* Infection in Cattle and its Prognostic Significance. *Indian Journal of Veterinary Sciences and Biotechnology*, 21(2), 115–117. <https://doi.org/10.48165/ijvsbt.21.2.24>

17. Leisewitz, A. L., Mrljak, V., Dear, J. D., & Birkenheuer, A. (2023). The Diverse Pathogenicity of Various Babesia Parasite Species That Infect Dogs. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 12(12), 1437. <https://doi.org/10.3390/pathogens12121437>

18. Lotfalizadeh, Narges, & Nazifi, Saeed (2026). Clinical applications of blood cell ratios in veterinary hematology: From diagnosis to prognosis. *Veterinary and Animal Science*, 32, 100622. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2026.100622>

19. Máthé, A., Dobos-Kovács, M., & Vörös, K. (2007). Histological and ultrastructural studies of renal lesions in Babesia canis infected dogs treated with imidocarb. *Acta veterinaria Hungarica*, 55(4), 511–523. <https://doi.org/10.1556/AVet.55.2007.4.10>

20. Navarro, P. F., Monroig, M., & Gil-Vicente, L. (2025). Reference Intervals for Hematological Inflammatory Ratios in Healthy Dogs. *Animals*, 15, 3376. <https://doi.org/10.3390/ani15233376>

21. Pierini, A., Esposito, G., Gori, E., Benvenuti, E., Ruggiero, P., Lubas, G., & Marchetti, V. (2021). Platelet abnormalities and platelet-to-lymphocyte ratios in canine immunosuppressant-responsive and non-responsive enteropathy: A retrospective study in 41 dogs. *Journal of Veterinary Medical Science*, 83 (2). 248–253. <https://doi.org/10.1292/jvms.20-0291>

22. Radzikhovskiy, M., Nedosekov, V., Dyshkant, O., Sokulsky, I., Antoniuk, A., & Rusinko, M. (2021). Integrated indices as a criterion for evaluation of the level of endogenous intoxication for leptospirosis in dogs. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 23(104), 77–83. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10413>

23. Sevim, K., Çolakoğlu, E., & Kaya, U. (2025). Evaluation of hematologic indices in parvovirus infected dogs with systemic inflammatory response syndrome (SIRS). *Topics in Companion Animal Medicine*, 66, Article 100977. <https://doi.org/10.1016/j.tcam.2025.100977>

24. Sindhu, O. K. Vinu David, P., Madhavan Unny, N., Ambily, V. R., Dinesh, P T. C., Deepa, K., & Muhasin Asaf, V. N. (2025). Tracking Systemic Inflammatory Progression in Dogs: Blood Indices As Predictive Tools. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 28 (7), 128–35. <https://doi.org/10.9734/jabb/2025/v28i72532>.

25. Vaitaitis, G., Webb, T., Webb, C., Sharkey, C., Sharkey, S., Waid, D., & Wagner, D.H., (2024). Canine diabetes mellitus demonstrates multiple markers of chronic inflammation including Th40 cell increases and elevated systemic-immune inflammation index, consistent with autoimmune dysregulation. *Frontiers in Immunology*, 14:1319947. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1319947>

26. Welzl, C., Leisewitz, A. L., Jacobson, L. S., Vaughan-Scott, T., & Myburgh, E. (2001). Systemic inflammatory response syndrome and multiple-organ damage/dysfunction in complicated canine babesiosis. *Journal of the South African Veterinary Association*, 72(3), 158–162. <https://doi.org/10.4102/jsava.v72i3.640>

27. Zahorec, R. (2021). Neutrophil-to-lymphocyte ratio, past, present and future perspectives. *Bratislava Medical Journal*, 122(7), 474–488. http://doi.org/10.4149/BLL_2021_078

28. Zygnier, W., Rodo, A., Gójska-Zygnier, O., Górski, P., Bartosik, J., & Kotomski, G. (2021). Disorders in Blood Circulation As a Probable Cause of Death in Dogs Infected with *Babesia Canis*. Journal of veterinary research, 65(3), 277–285. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2021-0036>

Vladyslav Chumak

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physiology, Animal Biochemistry and Laboratory Diagnostics, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-0140-3982

email: chumak.v.o@dsau.dp.ua

Maryna Harashchuk

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physiology, Animal Biochemistry and Laboratory Diagnostics, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID ID 0000-0003-1533-6490

email: garashukmi@gmail.com

Valentyn Yefimov

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physiology, Animal Biochemistry and Laboratory Diagnostics, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-4286-8567

email: yefimov.v.h@dsau.dp.ua

SOME HEMATOLOGICAL INDICES IN CANINE BABESIOSIS WITH ANEMIA

Abstract

This study examines the relationships between markers of inflammation and immunological reactivity and morphological blood parameters in dogs with anemic syndrome and the presence of Babesia in blood smears. The relevance of this problem stems from the search for additional sources of preclinical detection of metabolic disorders in animals, allowing for the prediction of potential complications and timely treatment adjustments. In veterinary medicine, calculations of platelet ratios and individual leukocyte classes are used to obtain a more complete understanding of the condition of animals with various pathologies. The study utilized canine blood samples obtained on an automated hematology analyzer, followed by the use of formulas for calculating indices. The obtained values included the neutrophil-to-lymphocyte ratio, lymphocyte-to-monocyte ratio, neutrophil-to-monocyte ratio, platelet-to-lymphocyte ratio, and platelet-to-neutrophil ratio, as well as complex indices—systemic immunoinflammatory process, chronic inflammation, systemic inflammatory response, and aggregation. The relationship between the calculated indices and blood parameters was determined using the correlation coefficient. In anemia, a correlation was found between the systemic immune inflammatory process index and hemoglobin values of +0.592, hematocrit of +0.554, and red blood cell count of +0.521. The platelet-to-lymphocyte ratio also correlated with hemoglobin levels of +0.521. The obtained data confirm the usefulness of using leukocyte and platelet indices for assessing current health and predicting potential complications.

Keywords: hemolytic anemia, leukocytes, platelets

References

1. Aktas, M. S., Eren, E., Kucukler, S., Eroglu, M. S., Ilgun, M., Yanar, K. E., & Aydin, O. (2023). Investigation of haematological, inflammatory and immunological response in naturally infected cattle with *Theileria annulata*. *Parasite immunology*, 45(9), e13002. <https://doi.org/10.1111/pim.13002>
2. Aydın, Ö., & Apaydın Yıldırım, B. (2024). Determination of systemic inflammation response index (SIRI), systemic inflammatory index (SII), HMGB1, Mx1 and TNF levels in neonatal calf diarrhea with systemic inflammatory response syndrome. *Veterinary immunology and immunopathology*, 275, 110815. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2024.110815>
3. Chan, K., Bęczkowski, P. M., & Almendros, A. (2025). Clinical and Clinicopathological Features of 108 Dogs Infected with *Babesia gibsoni* in Hong Kong. *Animals : an open access journal from MDPI*, 15(5), 645. <https://doi.org/10.3390/ani15050645>
4. Cristóbal, J. I., Duque, F. J., Usón-Casaús, J., Barrera, R., López, E., & Pérez-Merino, E. M. (2022). Complete Blood Count-Derived Inflammatory Markers Changes in Dogs with Chronic Inflammatory Enteropathy Treated with Adipose-Derived Mesenchymal Stem Cells. *Animals : an open access journal from MDPI*, 12(20), 2798. <https://doi.org/10.3390/ani12202798>
5. Duaso, J., Perez-Ecija, A., Martínez, E., Navarro, A., De Las Heras, A., & Mendoza, F. J. (2025). Assessment of Common Hematologic Parameters and Novel Hematologic Ratios for Predicting Piroplasmosis Infection in Horses. *Animals : an open access journal from MDPI*, 15(10), 1485. <https://doi.org/10.3390/ani15101485>
6. Dubova, O., Kovalova, L., Dubovyi, A., Kovalov, P. & Chala, I. (2022). Shock status and anti-shock infusion therapy in canine acute spontaneous babesiosis, *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 52 (1), 135-143. <https://doi.org/10.56808/2985-1130.3198>
7. Erdogan, H., Ozalp, T., Erdogan, S., & Ural, K. (2025). Assessment of novel haematological inflammatory markers (NLR, SII, and SIRI) as predictors of SIRS in dogs with canine monocytic ehrlichiosis. *Veterinarska Stanica*, 56(2), 235–243. <https://doi.org/10.46419/vs.56.2.5>
8. Erturk, A., Ozturk, A. S., & Ozdemir, R. (2026). Evaluation of Hemogram-Derived Inflammatory Markers in Healthy Cats. *Veterinary Sciences*, 13(3), 238. <https://doi.org/10.3390/vetsci13030238>
9. Friend, M. M., McGaffigan, E. M., Hall, S. M., Staniar, W. B., & Smarsh, D. N. (2025). Changes in equine complete blood count parameters and inflammatory indices with inflammation. *Journal of equine veterinary science*, 155, 105705. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2025.105705>
10. González-Domínguez, A., Cristobal-Verdejo, J. I., López-Espinar, C., Fontela-González, S., Vázquez, S., Justo-Domínguez, J., González-Caramazana, J., Bragado-Cuesta, M., Álvarez-Punzano, A., & Herrería-Bustillo, V. J. (2024). Retrospective evaluation of hematological ratios in canine parvovirus: 401 cases. *Journal of veterinary internal medicine*, 38(1), 161–166. <https://doi.org/10.1111/jvim.16972>
11. Goralska, I. Yu., Goralskyi, L. P., Sokulskyi, I. M., & Kolesnik, N. L. (2024). Babezioz sobak (hepatorenalniy syndrom – diahnozyka i likuvannia) [Babesiosis in dogs (hepatorenal syndrome – diagnostics and treatment)]. Zhytomyr: Polesie National University. (in Ukrainian).
12. Holovakha, V. I., Piddubnyak, O. V., Bakhur, T. I., Vovkotrub, N. V., Antipov, A. A., Anfiorova, M. V., Gutyj, B. V., Slivinska, L. G., Kurdeko, O. P., & Macynovich, A. O. (2018). Changes in erythropoiesis indices in dogs with babesiosis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9(3), 379-383. <https://doi.org/10.15421/021856>
13. Kumar Gupta, K., Punia, S., Dutta, N., & Sudan, V. (2025). Clinico-Laboratory Biomarkers of Systemic Inflammatory Response Syndrome Associated with *Theileria annulata* Infection in Cattle and its Prognostic Significance . *Indian Journal of Veterinary Sciences and Biotechnology*, 21(2), 115-117. <https://doi.org/10.48165/ijvsbt.21.2.24>
14. Leisewitz, A. L., Mrljak, V., Dear, J. D., & Birkenheuer, A. (2023). The Diverse Pathogenicity of Various *Babesia* Parasite Species That Infect Dogs. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 12(12), 1437. <https://doi.org/10.3390/pathogens12121437>

15. Lotfalizadeh, Narges, & Nazifi, Saeed (2026). Clinical applications of blood cell ratios in veterinary hematology: From diagnosis to prognosis. *Veterinary and Animal Science*, 32, 100622. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2026.100622>
16. Máthé, A., Dobos-Kovács, M., & Vörös, K. (2007). Histological and ultrastructural studies of renal lesions in *Babesia canis* infected dogs treated with imidocarb. *Acta veterinaria Hungarica*, 55(4), 511–523. <https://doi.org/10.1556/AVet.55.2007.4.10>
17. Navarro, P. F., Monroig, M., & Gil-Vicente, L. (2025). Reference Intervals for Hematological Inflammatory Ratios in Healthy Dogs. *Animals*, 15, 3376. <https://doi.org/10.3390/ani15233376>
18. Pierini, A., Esposito, G., Gori, E., Benvenuti, E., Ruggiero, P., Lubas, G., & Marchetti, V. (2021). Platelet abnormalities and platelet-to-lymphocyte ratios in canine immunosuppressant-responsive and non-responsive enteropathy: A retrospective study in 41 dogs. *Journal of Veterinary Medical Science*, 83 (2). 248-253. <https://doi.org/10.1292/jvms.20-0291>
19. Prus, M. P., Semenko, O. V., & Galat, M. V. (2017). Babezioz sobak [Babesiosis in dogs]. Kyiv: "CPU "KOMPRINT". (in Ukrainian).
20. Radzyhovskiy, M. L., Horalskiy, L. P., Borysevich, B. V., & Dyskhant, O. V. (2018). Integral indices of intoxication in dogs with coronavirus enteritis. *Scientific Bulletin of Veterinary Medicine*, 2, 13-19. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2018-144-2-13-19> (in Ukrainian).
21. Radsikhovskii, M. L., Goralskii, L. P., & Dyshkant, O. V. (2019). Dynamics of leukocytic indices for parvoviral enteritis at dogs. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7(1), 3–7. <https://doi.org/10.32819/2019.71001> (in Ukrainian).
22. Radzykhovskiy, M., Nedosekov, V., Dyshkant, O., Sokulsky, I., Antoniuk, A., & Rusinko, M. (2021). Integrated indices as a criterion for evaluation of the level of endogenous intoxication for leptospirosis in dogs. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 23(104), 77–83. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10413> (in Ukrainian).
23. Sevim, K., Çolakoğlu, E., & Kaya, U. (2025). Evaluation of hematologic indices in parvovirus infected dogs with systemic inflammatory response syndrome (SIRS). *Topics in Companion Animal Medicine*, 66, Article 100977. <https://doi.org/10.1016/j.tcam.2025.100977>
24. Sindhu, O. K., Vinu David, P., Madhavan Unny, N., Ambily, V. R., Dinesh, P T. C., Deepa, K., & Muhasin Asaf, V. N. (2025). Tracking Systemic Inflammatory Progression in Dogs: Blood Indices As Predictive Tools. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 28 (7), 128-35. <https://doi.org/10.9734/jabb/2025/v28i72532>.
25. Vaitaitis, G., Webb, T., Webb, C., Sharkey, C., Sharkey, S., Waid, D., & Wagner, D.H., (2024). Canine diabetes mellitus demonstrates multiple markers of chronic inflammation including Th40 cell increases and elevated systemic-immune inflammation index, consistent with autoimmune dysregulation. *Frontiers in Immunology*, 14:1319947. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1319947>
26. Welzl, C., Leisewitz, A. L., Jacobson, L. S., Vaughan-Scott, T., & Myburgh, E. (2001). Systemic inflammatory response syndrome and multiple-organ damage/dysfunction in complicated canine babesiosis. *Journal of the South African Veterinary Association*, 72(3), 158–162. <https://doi.org/10.4102/jsava.v72i3.640>
27. Zahorec, R. (2021). Neutrophil-to-lymphocyte ratio, past, present and future perspectives. *Bratislava Medical Journal*, 122(7), 474–488. http://doi.org/10.4149/BLL_2021_078
28. Zygnier, W., Rodo, A., Gójska-Zygnier, O., Górski, P., Bartosik, J., & Kotomski, G. (2021). Disorders in Blood Circulation As a Probable Cause of Death in Dogs Infected with *Babesia Canis*. *Journal of veterinary research*, 65(3), 277–285. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2021-0036>

Стаття надійшла до редакції 02.04.2026

Стаття пройшла рецензування 04.05.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

УДК 636.2.456.22 – 056.24: 577.112

Наталія Сулова,

кандидат ветеринарних наук, доцент, завідувач кафедри клінічної діагностики та внутрішніх хвороб тварин, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID ID 0000-0001-9500-9224
email: suslova@ua.fm

Микола Шкваря,

кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри клінічної діагностики та внутрішніх хвороб тварин, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID ID 0000-0001-7279-3642
email: sm_140@ukr.net

Наталія Тішкіна,

кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри клінічної діагностики та внутрішніх хвороб тварин, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID ID 0000-0003-2662-5327
email: kdvht@i.ua

Павло Склярів,

доктор ветеринарних наук, професор кафедри ветеринарної хірургії і репродуктології, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID ID 0000-0002-4379-9583
email: kdvht@i.ua

Роман Милостивий,

кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри технології годівлі і розведення тварин, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID ID 0000-0002-4450-8813
email: mylostyvyi.r.v@dsau.dp.ua

Людмила Корейба,

кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри ветеринарної хірургії і репродуктології, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ УТРИМАННЯ ТА ГОДІВЛІ, КЛІНІКО-ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КОРІВ ГОЛШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ В СИСТЕМІ ГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ

Анотація.

Аналізуючи параметри мікроклімату, а саме освітленість приміщень, яка в середньому у корівниках коливалась від $29 \pm 2,3$ до $43,0 \pm 3,8$ люкс, за норми 150-200, її можна чітко по'вязати з проявом метаболічних порушень у корів через патогенетичні механізми впливу дефіциту ультрафіолету на синтез активних метаболітів вітаміну D.

Деякі показники кормів не відповідали встановленим нормам. Зокрема, рН кукурудзяного силосу становила 3,6 за норми для I та II класів 3,8–4,3, для III класу – 3,8–4,5 відповідно; вміст молочної кислоти становить 56% за норми для III класу не менше 60%. Вміст сухої речовини у сінажі становив 38,2 % за норми III класу 40–55 %.

Основна кількість інфузорій у пробах вмісту рубця дослідних тварин за безприв'язної технології утримання, мала дрібний розмір та не відповідала фізіологічним нормам, рухливість їх становила 4–5 балів. Дані результати свідчать про патології передшлунків, порушення травлення, як наслідок – метаболічні розлади. Це підтверджується результатами кількісного дослідження інфузорій. Так, у корів відзначалося $91,15 \pm 12,67$ тис. інфузорій в 1 мл. Це мало порівняно з нормальними значеннями.

З'ясовано, що показники вмісту рубця вказують на зниження його рН та кількості інфузорій, що чітко корелює із проявом метаболічних порушень у корів. Відповідно, розвиток ацидозу, порушує роботу шлунково-кишкового тракту та сприяє розвитку кето-ацидотичних станів з різким проявом порушення кальцій-фосфорного обміну, засвоєння вітамінів різних груп і прояву у корів різних форм поліморбідної патології.

Майже у всіх пробах сечі виявлено білок (протеїнурія). Аналогічну картину спостерігали і щодо білірубину та уробіліногену. Найбільший рівень білірубину відзначали у групи корів за безприв'язної технології утримання – $6,48 \pm 0,78$ ммоль/л ($P \leq 0,005$), що свідчить про можливу гемолітичну анемію та токсичний гепатит. Досліджувані тварини відрізнялися достовірно підвищеним вмістом кетонових тіл у сечі – до $0,35 \pm 0,03$ ммоль/л ($P \leq 0,05$), що є свідченням кетозу. Такі результати вказують на прояв поліморбідної патології в організмі високопродуктивних корів голштинської породи.

Отримані результати вказують на те, що більшість тварин відчувають ацидотичний стан, викликаний підвищеною кількістю крохмалю в раціоні та нестачею структурної клітковини. Це підтверджується вірогідно низьким значенням рН калу – $6,32 \pm 0,23$ ($P \leq 0,005$), а також низьким середнім балом оцінки калу – $2,3 \pm 0,2$ ($P \leq 0,005$).

Аналіз причин вибраковування, проведений у господарстві, показав, що середня тривалість продуктивного господарського використання корів складала 3,3 лактації, що зумовлено передчасним вибраковуванням тварин зі стада. Рорушення обміну речовин є основою передчасного вибраковування. Як наслідок, головні причини вибраковування – гінекологічні захворювання (28,4%), хвороби вим'я (17,8%), травної системи (15%), хвороби кінцівок (13,2%), зміщення сичуга (7,8%), хвороби дихальної системи (6,1%), захворювання печінки (4,8%), патологічні роди (3,9), синдром Довнера та інші післяродові ускладнення (2,8 %).

Ключові слова: кетоз корів, поліморбідна патологія, вміст рубця, причини вибраковування корів, системи утримання, клініко-фізіологічні показники високопродуктивних тварин.

Вступ та аналіз останніх досліджень. Прогресивне зростання інтенсифікації молочного скотарства міцно пов'язане із введенням в експлуатацію передових ресурсозберігаючих технологій годівлі та утримання тварин. Вирішенню цього завдання сприяє будівництво великих молочних комплексів із безприв'язно-боксним утриманням тварин, оснащених сучасним високоефективним обладнанням. Вони дозволяють автоматизувати ресурсозатратні процеси та значно збільшити продуктивність праці, гарантуючи більш комфортні умови праці для обслуговуючого персоналу [1, 8].

Збільшення поголів'я високопродуктивних корів на таких комплексах, в основному, здійснюється за рахунок ввезення худоби з-за кордону. Отримана худоба здатна з високим коефіцієнтом трансформувати поживні речовини кормів у молоко із низькими витратами їх на одиницю продукції, що зумовлено високою інтенсивністю обміну речовин. Тим не менш, для ефективного функціонування таких підприємств необхідно чітко дотримуватись технологічних вимог, що стосуються організації годівлі, утримання та експлуатації великої рогатої худоби [7, 14].

Підприємства прагнуть отримувати максимально високу продуктивність. При цьому годівля, утримання та експлуатація високопродуктивної молочної худоби відбувається без урахування фізіологічного стану. Це призводить до зниження показників молочної продуктивності та відтворення стада, ускладнених отелень, післяпологових ускладнень, виникнення різних метаболічних порушень, високої собівартості молока та, як правило, збиткового господарювання [10, 15].

В Україні та зарубіжних країнах із розвиненим молочним скотарством тривалість господарського використання корів становить 3,3–3,7 лактації, а річне їхнє вибраковування складає 25–30%. Відповідно, частина тварин не доживає до віку 4-6-ї лактації, в якому виявляють максимальну продуктивність, окупити витрати на вирощування телиць, телят і утримання високопродуктивних корів. Тому необхідно враховувати, що формування організму молочної корови (маса, анатомо-фізіологічна зрілість, становлення обміну речовин) завершується до кінця третьої лактації. З'ясуванням етіології виникнення захворювань обміну речовин в умовах сучасних промислових комплексів займалося багато вітчизняних вчених. Увага приділялася вивченню стану гомеостазу організму високопродуктивних тварин за інтенсивної технології виробництва молока на промислових комплексах [9, 16].

Розвиток тваринництва та впровадження новітніх технологій у виробництво зумовлюють важливість та своєчасність проведення досліджень із різних питань, пов'язаних із виходом молочного скотарства на новий рівень. Актуальність цієї проблеми, недостатня вивченість та обґрунтованість деяких практичних аспектів розвитку молочного скотарства визначили вибір теми досліджень.

Мета. Провести комплексні дослідження технологічних параметрів утримання та годівлі, клініко-фізіологічних показників вмісту рубця, сечі та калу

за метаболічних порушень у високопродуктивних корів голштинської породи та з'ясувати їх вплив на причин вибраковування зі стада.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили в умовах кафедри клінічної діагностики та внутрішніх хвороб тварин Дніпровського державного аграрно-економічного університету та ВАТ «АФ Чумаки» Дніпровського району Дніпропетровської області. Об'єктом дослідження були корови голштинської породи європейської селекції віком від 2 до 7 років, продуктивністю від 10 до 12 тис. кг молока на рік.

Інформація про терміни використання корів, молочну продуктивність, тривалість лактації, перенесені захворювання, причини вибраковування, вимушеного забою, загибелі була взята з бази даних електронних систем управління стадом DairyPlan, DairyComp 305, Селекс, журналів та записів з племінного обліку.

Для з'ясування причин високої захворюваності за технології безприв'язного утримання молочних корів вивчали умови годівлі, структуру раціонів, якість кормів. Проводили дослідження впливу подрібнених та консервованих кормів на показники обміну речовин, вмісту рубця, сечі, калу та інші технологічні показники. Повноцінність раціону визначали за допомогою зооаналізу кормів.

Забезпеченість молочного стада структурною клітковиною досліджували методом просіювання корму «Пенсільванським сепаратором кормів».

Під час проведення зооаналізу кормів визначали такі показники, як суха речовина, вологість, сира зола, сира клітковина, сирий протеїн, кальцій, фосфор, кормові одиниці, обмінна енергія. Аналізуючи корми в період заготівлі, визначали вологість та сирий протеїн. Зразки кормів (сіна, силосу, сінажу) відбирали відповідно до ГОСТ 27262-87 - «Корми рослинного походження. Методи відбору проб».

Встановлювали параметри мікроклімату в приміщеннях, де містилася високопродуктивна молочна худоба голштинської породи. Температуру, вологість, швидкість руху повітря у приміщенні визначали за допомогою приладу Testo 435-2, освітленість – люксометром Testo-540, загазованість – газоаналізатором УГ-2.

Враховували поведінкові особливості молочних корів за умов інтенсивної технології утримання, визначали молочну продуктивність.

Для виявлення причин порушень обміну речовин, що виникають у високопродуктивних корів, проводили клінічні та біохімічні дослідження біологічних субстратів у здорових та хворих тварин. Диспансерне обстеження поголів'я тварин здійснювали відповідно до інструкції з проведення диспансеризації. Моніторингові біохімічні дослідження включали аналіз комплексу біохімічних маркерів периферичної крові тварин. Дослідження крові проводили на біохімічному аналізаторі StatFax-3300, рН-метрі «Аквілон рН 410».

Визначення концентрації кетонових тіл (ацетооцтова кислота та β -оксимасляна кислота) та рівня глюкози в цілій свіжій крові корів виконували

експрес-методом за допомогою приладів FreeStyle Optimum та WellionVet BELUA.

Біохімічний аналіз крові включав визначення АлАТ, АсАТ, лужної фосфатази, креатиніну, глюкози, загального кальцію, неорганічного фосфору, загального білка, загального і прямого білірубину, сечовини та магнію.

Лабораторні дослідження вмісту рубця проводили відповідно до існуючих методичних вказівок за Левченко В.І. зі співавт., 2005 р. Вміст рубця отримували за допомогою рото-шлункового зонда з металевою оливою на кінці та насосу-аспіратора. У вмісті рубця визначали фізичні властивості: колір, запах, консистенцію, плавучість у ньому кормових мас.

Видовий склад найпростіших визначали у свіжому рубцевому вмісті. Краплю його наносили на предметне скло, накривали покривним склом та розглядали під мікроскопом. Спостереження вели при малому збільшенні (окуляр $\times 7$, об'єктив $\times 10$) у затемненому полі зору, з використанням столика з підігрівом (температура $38\text{--}39^\circ\text{C}$). При цьому оцінювали рухливість інфузорій та визначали їх якісний склад. Підрахунок інфузорій здійснювали за методикою підрахунку в камері із сіткою Горяєва.

У вмістимому рубця визначали рівень рН за допомогою платинових електродів по Жакобу.

Проби сечі отримували методом катетеризації з сечоприймачем, оцінювали фізичні показники: колір, запах, прозорість, консистенцію. Потім їх досліджували на автоматичному аналізаторі сечі CL50, визначаючи відносну щільність, рН, а також наявність білка, глюкози, уробіліногену, білірубину, кетонів, тіл, крові та нітритів.

Проби калу відбирали з прямої кишки. Визначали його органолептичні властивості: колір, запах, консистенцію. На приладі рН-метр Аквілон рН 410 встановлювали реакцію середовища. Потім отримані проби розділяли на фракції та визначали перетравність корму. Для цього використовували набір стандартних сит із діаметром отворів 0,25; 1; 2; 3; 4; 5 та 7 мм. Фракції калу після висушування зважували та поділяли на частинки за розмірами з використанням мікрометра та міліметрової лінійки. Отримані дані дозволяють оцінити параметри процесів травлення, що відбуваються в рубці корів.

Отриманий матеріал піддавали математичному обробленню методами варіаційної статистики за допомогою програми Microcal Origin (Version: 5).

Зоогігієнічна оцінка приміщень для утримання худоби, зв'язок параметрів мікроклімату з проявом метаболічних порушень

Відомо, що технологія утримання та внутрішнє обладнання корівників повинні сприяти підтримці здоров'я тварин та підвищенню їхньої продуктивності.

Дослідження мікроклімату в приміщеннях проводили в зимовий та перехідний періоди за загальноприйнятими у зоогігієні методиками (Високос М.П., 2003; Захаренко М.О., 2011). Ступінь впливу температурного стресу на корів вимірювали за допомогою спеціального індексу ТНІ (Temperature Humidity

Index). Він одночасно враховує температуру навколишнього середовища та відносну вологість повітря (Bohmanova J. та ін, 2007).

При значеннях $TNI > 75$ розвивається стресовий стан, а при $TNI > 84$ розвиваються незворотні наслідки для організму. Розрахунки температурно-вологісного індексу показали, що за безприв'язного утримання лактуючих корів у приміщенні у весняний період року (при температурі повітря в корівнику від $10,9 \pm 0,09$ до $15,9 \pm 0,67$ °C, відносної вологості повітря від $76,1 \pm 2,18$ до $86,1 \pm 1,85$ %) TNI склав 60-67, що цілком відповідає оптимальним умовам утримання (таблиця 1).

Таблиця 1

Середні показники мікроклімату у приміщеннях за безприв'язної системи утримання корів у весняний період року ($M \pm m$)

Показник мікроклімату		Поточні показники	Рекомендовані показники
Температура, °C		Від $+10,9 \pm 0,09$ до $+15,9 \pm 0,67$	Від +8 до +16
Відносна вологість, %		$76,1 \pm 2,18 - 86,1 \pm 1,85$	50–85
Індекс TNI		60–67	<75
Освітленість, люкс		$29 \pm 2,3 - 43,0 \pm 3,8$	150–200
Швидкість руху повітря, м/с		$0,34 \pm 0,05 - 0,5 \pm 0,01$	0,5
Вміст, мг/л	CO_2 , %	$0,35 - 0,40 \pm 0,02$	$0,25 - 0,27$
	NH_3 , мг/л	$0,08 - 0,1 \pm 0,02$	<0,02
	H_2S , мг/л	$0,01 - 0,15 \pm 0,09$	<0,005

Рівень освітленості у нормі має становити 50–75 люкс. Однак у науковій літературі щодо цього немає єдиної думки. Закордонні вчені пропонують збільшити освітленість у корівниках до 150–200 люкс, вважаючи, що при цьому продуктивність корів зростає в середньому на 10-15%. Показник освітленості в середньому у корівниках коливався від $29 \pm 2,3$ до $43,0 \pm 3,8$ люкс.

У корівниках встановлено перевищення концентрацій вуглекислого газу до $0,35 - 0,40 \pm 0,02$ %, за норми $0,25 - 0,27$ %, аміаку – до $0,08 - 0,1 \pm 0,02$ мг/л, при нормі 0,02 мг/л і сірководню – до $0,01 - 0,15 \pm 0,09$ мг/л, за норми 0,005 мг/л. Це негативно діє на нервову систему тварин, викликаючи загальне отруєння організму.

Годівля високопродуктивних корів проводиться з кормового столу. Його рівень на 15–20 см вищий, ніж місце, де стоїть корова, що відповідає нормам. Ширина кормового столу становить 83 см, фронт годівлі в новотільній секції – від $67,7 \pm 2,2$ до $72,1 \pm 3,0$ см, що відповідає нормі (65–75 см). Поверхня кормового столу має епоксидне покриття, що надає йому гладкості та кислотостійкості.

Перед кормовими столами з обох боків розташовуються гноєві проходи глибиною близько 150–200 мм, які прибираються мінітракторами. Далі розташовуються скотомісця для відпочинку корів (комбібокси). Індивідуальні бокси виготовлені з міцних та гладких оцинкованих труб, розміри яких відповідають основним розмірам корів та не перешкоджають їм лягати та

вставати. Комбібокси можуть регулюватися залежно від розмірів тулуба корови, що досягається шляхом переміщення обмежувача в закривку – труби, що фіксується на огорожах за допомогою хомутів.

Аналіз безприв'язної технології утримання корів на комплексі показав, що для скорочення їхньої захворюваності необхідно вирішити наступні завдання:

- кожна тварина повинна чотирма кінцівками спиратися на підлогу, яка під грудними кінцівками має бути горизонтальною;
- нахил підлоги під задніми кінцівками не повинен перевищувати 3% ;
- підлога має бути неслизькою, пружною і термічно ізолюваною:
на підлогах у боксах завжди повинен бути чистий, сухий і теплий гумовий мат, матрац або килимок із підстилкою у вигляді тирси, соломи, піску тощо;
- корова повинна мати постійну безперешкодну можливість лягати і вставати у будь-який час;
- доступ до корму та води повинен бути завжди вільний та постійний;
- місце перебування корови має добре освітлюватися, вентилюватися та забезпечувати необхідний газообмін;
- технологічні проходи повинні бути неслизькими та достатньо широкими для проходу корови.

Аналізуючи параметри мікроклімату, а саме освітленість приміщень, яка в середньому у корівниках коливалась від $29 \pm 2,3$ до $43,0 \pm 3,8$ люкс, при нормі 150–200, її можна чітко по'вязати з проявом метаболічних порушень у корів через патогенетичні механізми впливу дефіциту ультрафіолету на синтез активних метаболітів вітаміну D₃.

Годівля корів

Оцінка якості кормів за промислової технології утримання молочних корів

Відповідно до Закону України «Про ветеринарну медицину» всі корми, призначені для годівлі тварин, повинні бути безпечними (нешкідливими) для здоров'я тварин та навколишнього середовища, відповідати ветеринарно-санітарним вимогам та нормам.

Як показали авторські дослідження, при виборі та реалізації технології заготівлі кормів особливу увагу необхідно приділяти фізіологічним вимогам тварин, часу укусу, тривалості підв'ялювання зеленої маси, консервації, набору культур.

Важливим моментом є вибір гібридів та сортів. Наприклад, такий гібрид кукурудзи, як БМР (BMR-brownmidrib) відрізняється зниженим вмістом лігніну, отже, кращою перетравністю. Наприклад, гібриди Stay Green дозволяють залишатися рослині зеленою навіть після дозрівання зерна, що продовжує оптимальний термін збирання кукурудзи для силосування на 2–3 тижні.

Для об'єктивної оцінки забезпеченості фуражем, раціонального та ефективного використання кормів за умов сучасних молочних комплексів проби кормів відправляли до агрохімічної лабораторії м. Дніпро. Отримані дані щодо якості кормів дозволили грамотно скоригувати раціони за поживністю, що є

однією з умов профілактики хвороб обміну речовин.

Аналізуючи отримані результати досліджень (табл. 2), дійшли невтішного висновку, що деякі показники кормів не відповідають встановленим нормам. Так, рН силосу кукурудзяного становить 3,6 за норми для I та II класів 3,8–4,3, для III класу – 3,8–4,5; вміст молочної кислоти становить 56% за норми для III класу не менше 60%. Вміст сухої речовини у сінажі становить 38,2 % за норми III класу 40–55 %.

Таблиця 2

Результати досліджень кормів АФ «Чумаки» відповідно до ДСТУ

Вид корму	Силос кукурудзяний	Сінаж люцерновий	Зерноsumіш	Сіно вівсяне	Солома вівсяна
Волога, %	77,5	61,8	13,8	22	47,2
Суша речовина, %	22,5	38,2	86,2	78	52,8
В 1 кг натурального корму міститься : сирий протеїн, %	1,5	4,3	10,4	7,6	2,5
сира клітковина, %	6,6	10,3	5,3	19,1	19,2
сира зола, %	1,6	2,6	2,7	5,5	5,4
корм. од.	0,18	0,34	0,97	0,59	0,07
обмінна енергія, МДЖ/кг	2,2	4	10,2	7,6	4
перетравний протеїн, г	6	27	83	44	10
кальцій, г	1,2	3,2	4,6	7	2
фосфор, г	0,6	1	3,2	1,7	0,8
нітрати, мг/кг	72,4	124	140,5	520	149
масляна кислота, %	0,02	0,7			
молочна кислота, %	56	67			
рН	3,6	4,11			

Оцінку якості кормів проводили з урахуванням поведінки мікрофлори рубця стосовно кормів за нормальної температури 39 °С, роблячи акцент на вивчення активності найпростіших. В результаті досліджень проби з консервантами показали високу токсичність кормів. Найпростіші у разі контакту з консервованими кормами швидко гинули, що пояснюється низьким рН консервованих кормів (4,19 і 4,55 відповідно).

Мікологічними дослідженнями встановлено, що найчастіше (до 87,3±2,15%) корми уражаються грибами пологів *Aspergillus spp.* та *Mucor spp.*

Дослідження кормів проводили в умовах Дніпровської регіональної лабораторії ветеринарної медицини за допомогою мікроскопії з наступним посівом на середовище Сабуро.

Таким чином, на підставі комплексного дослідження якості консервованого зерна кукурудзи в промисловому тваринництві можна зробити такі висновки:

- 1) препарат для консервування «AIV 3 Plus» не забезпечує припинення росту та розвитку токсичних грибів з роду *Aspergillus spp.* та *Mucor spp.* ;
- 2) систематичне використання консервованих кормів з пониженим рН може призвести до порушення обмінних процесів у рубці і призвести до загибелі найпростіших при контакті з кормом.

Структура раціону та його повноцінність

Проаналізувавши раціони високопродуктивних молочних корів в АФ «Чумаки» ми встановили, що вони в основному складаються з кукурудзяного силосу, сінажу люцернового, концентратів із низьким умістом грубих кормів, що ускладнює фізіологічний акт травлення і недостатньо задовольняє потреби тварин у поживних речовинах. Як відомо, поживність кормів та раціонів залежить, насамперед, від комплексу факторів, що характеризують потребу організму тварини в кормах та збалансованості раціону.

Слід вважати недостатньо обґрунтованим прагнення тваринників досягти максимальних надоїв за рахунок збільшення частки зернового корму (до 50%) та легкоферментованих вуглеводів (до 35%). Організм жуйних характеризується невисокою засвоюваністю поживних речовин зернових кормів (40–60%), а відомі способи підготовки зерна до згодовування (подрібнення, плющення та інші) лише частково вирішують цю проблему. Як приклад представимо раціон господарства АФ «Чумаки» для дійних корів живою масою 600 кг на добовий надій 20 кг, продуктивність за лактацію 10-12 тис. кг молока (таблиця 3).

Таблиця 3

Структура раціону для дійних корів живою масою 600 кг на добовий надій 20 кг, продуктивність за лактацію 10-12 тис. кг.

Показники	кг	%
Структура раціону:		
грубі корми		47,1
соковиті корми		3,8
концентровані корми		49,1
сіно посівне злакове кострове	1,0	
сінаж люцерновий	7,0	
силос кукурудзяний	24,0	
кукурудза жовта зерно	3,0	
пшениця м'яка зерно	2,0	
макуха соняшникова	2,0	
сіль кухонна	0,08	
крейда	0,1	
БВМД 7426А (премікс)	0,6	

У раціоні міститься:	Норма	Факт	Різниця
ЕКЕ, ВРХ	17,7	17,8	0,128
ОЕ КРС, МДж	177	178,3	1,28
суха речовина, г	18,9	16,831	-2,069
сирий протеїн, г	2440	2777,7	337,7
перетравний протеїн (ПП), ВРХ, г	1610	1726,9	116,9
лізин, г	132	97,6	-34,4
метіонін+ цистин, г	66	88,6	22,6
триптофан, г	47	30,6	-16,4
сира клітковина, г	4540	3381,5	-1158,5
крохмаль, г	2124	2990,1	866,1
цукор, г	1416	545,9	-870,1
кухонна сіль, г	112	112	-
кальцій, г	112	159	47
фосфор, г	78	66,7	-11,3
магній, г	30	37,6	7,6
калій, г	118	172,9	54,9
сірка, г	38	30,3	-7,7
залізо, мг	1210	4311,1	3101,1
мідь, мг	140	569,2	429,2
цинк, мг	905	1608	703
марганець, мг	905	1524,4	619,4
кобальт, мг	10,6	16,56	5,96
йод, мг	12,1	19,81	7,71
каротин, мг	680	743,8	63,8
вітамін Д, тис. МО	15100	38813	23713
вітамін Е, мг	605	2084,1	1479,1

На підставі даних про захворюваність тварин у господарстві встановлено, що використання такого раціону в годівлі високопродуктивних молочних корів викликає метаболічні розлади, призводить до ацидозу рубця та прояву поліморбідної патології. Раціон не збалансований за такими показниками, як суха речовина (-2,069 г), сира клітковина (-1158,5 г), цукор (-870,1 г), фосфор (-11,3 г), сірка (-7,7 г), незамінні амінокислоти – лізин (-34,4 г) та триптофан (-16,4 г). Внаслідок того, що раціон не містить оптимальної кількості поживних речовин, він не забезпечує організм необхідним пластичним матеріалом та енергією. Крім того, раціон недостатньо збалансований за мінеральними речовинами і неминуче провокує захворювання, що знижують продуктивність тварин.

Дослідження закордонних фахівців свідчать, що першим кроком до

підвищення продуктивності тварин є збільшення енергетичної цінності основного корму при оптимізації вмісту в ньому клітковини. Сира клітковина визначає обсяг корму, сприяє наповненню рубця, а механічне подразнення слизової оболонки шлунково-кишкового тракту впливає на моторику шлунка та кишечника.

Тому, для оцінки структури раціону в більшості випадків використовується такий показник, як нейтрально-детергентна клітковина (НДК) – це залишок від навішування корму після розчинення її в нейтральних розчинниках, що диференціює структурні і неструктурні вуглеводи.

Кількість НДК у раціонах має становити щонайменше 27–28 %. При достатньому рівні вмісту НДК визначає наповнюваність та обсяг рубця, попереджаючи виникнення кетозу та зміщення сичуга.

Дослідження забезпеченості дійного стада структурною клітковиною проводили шляхом просіювання монокорму «Пенсільванським сепаратором кормів».

Проведення аналізу за допомогою даного інструменту дозволяє зрозуміти склад кормової суміші, яку споживає корова, попередити вибіркове споживання кормів і тим самим профілакувати порушення обміну речовин та зниження продуктивності. Тест проводиться раз на 10 діб або після кожної зміни складу раціону на 300-500 г кормосуміші, пробу відбирають у різних місцях кормового столу. Таким чином, "Пенсільванський сепаратор кормів" дає можливість побачити реальний розподіл частинок корму в рубці тварини. У таблиці 4 наведено результати досліджень кормів.

Таблиця 4

Результати просіювання монокорму "Пенсільванським сепаратором кормів"

№ сита	Норма, %	Отриманий результат, %
№1 (19 мм)	2–8	2,1±0,8
№2 (8 мм)	30–50	47±3,07
№3 (4 мм)	10–20	13,9±0,99
Піддон	<40	35,3±1,98

Узагальнивши отримані результати, дійшли висновку, що рівень НДК у раціонах корів АФ «Чумаки» перебуває у межах референтних значень.

Вивчення технології згодовування кормів

Згодовування повністю змішаних раціонів (ПЗР) знаходить все більше застосування в молочному скотарстві, як за безприв'язного, так і прив'язного утримання великої рогатої худоби. Проте, організація правильної годівлі важлива як на етапі заготівлі кормів і складання раціонів, так і на стадії згодовування.

Проаналізувавши процеси підготовки комбікорму до згодовування, ми дійшли висновку, що при цьому необхідно дотримуватися наступних

обов'язкових дій.

1. Суворо дотримуватись послідовності завантаження кормів у міксер кормозмішувач від сухого до вологого.
2. Завантаження корму слід здійснювати по центру кормозмішувача, при цьому він повинен стояти на рівній горизонтальній поверхні.
3. Суворо дотримуватись часу змішування компонентів раціону, від 5 до 20 хв залежно від маси завантаженого корму, наявності довговолокнустих кормів, співвідношення основних кормів до концентратів. В результаті перемішування корму (рівномірність змішування 85-92%) отримують дрібноподрібнений продукт з гомогенною структурою.

Аналіз технологій згодовування в умовах господарства свідчить, що годівлю корів проводять лише подрібненим кормом за допомогою кормозмішувача типу Mix-Max, V-mix і V-mixPlus.

Після проведення серії досліджень встановлено, що тварини найчастіше мляво реагують на роздачу корму. Корови протягом доби підходять до кормового столу до $12 \pm 1,2$ разів (переважно вдень). Млява реакція тварин на роздачу корму супроводжується і низькою активністю в його поїданні або взагалі байдужістю. Час споживання корму тваринами становив у середньому близько $189,9 \pm 12,1$ хв. Кількість жуйних періодів у середньому $5,7 \pm 1,3$ по $35,3 \pm 9,8$ хв; жувальних рухів – $58,6 \pm 6,2$ (табл. 5).

Спостереження за тваринами показали, що апетит у корів змінюється залежно від різних факторів: шумів на комплексі, присутності сторонніх людей, чистоти повітря, атмосферного тиску. Велику роль відіграє кількість приготовленого для годівлі корму. Якщо роздають багато кормів, то вони псуються і поїдаються тваринами.

Таблиця 5

Споживання комбікорму коровами ($M \pm m$, $n = 200$)

Показники		Фактично	Норма
1. Кількість монокорму, відповідно до раціону, кг/гол.:		46,1	46,1
– залишок		$15,3 \pm 1,4$	10,8-21,7
– з'їдено		$33,4 \pm 3,4$	48,1
2. Час споживання корму, хв		$189,9 \pm 12,1$	360
3. Жуйні періоди	кількість	$5,7 \pm 1,3$	8
	тривалість, хв	$35,3 \pm 9,8$	45
4. Жувальні рухи, кількість		$58,6 \pm 6,2$	83

При цьому виникає потреба проводити чищення кормових столів. Якщо дають мало кормів, їх бракує до наступної роздачі, а недолік корму, як відомо, призводить до зниження молочної продуктивності тварин. З цього випливає, що на кормовому столі протягом доби завжди має бути якісна кормова суміш у достатній кількості.

В АФ «Чумаки» кратність підгортання кормів встановлюється

начальником комплексу. Через кожні 1,5–3 год здійснюється підгортання корму мінітрактором JCB. Перед роздачею свіжої кормосуміші залишки кожної групи корів зважують і надалі не використовують. Але, незважаючи на високий рівень менеджменту годівлі на молочному комплексі, зустрічаються часті випадки порушень технології згодовування, а саме невчасна та нерівномірна роздача кормової маси.

Структура раціону регулюється таким показником, як «співвідношення грубих кормів та концентрованих». Оптимальне співвідношення об'ємних кормів до концентратів 1:1 (у перерахунку сухої речовини). Для раціонів з якісними грубими кормами допускається їхня частка понад 50%, це позитивно впливає на стан рубця і в цілому на здоров'я та самопочуття корови. Допускається зниження частки грубих кормів у раціоні до 45%, але тільки за високого споживання сухої речовини (СР) – понад 22–23 кг СР/добу та супутньому контролі годівлі.

Щоб дізнатися про реальне споживання сухої речовини в різних групах тварин (табл. 6), використовували наступну формулу:

$$\text{СР, кг/гол.} = (\text{маса розданої кормосуміші} - \text{маса залишку}) \times \text{кількість СР, \%} / 100 / \text{кількість голів у групі.}$$

Таблиця 6

Параметри споживання корму коровами

Показник	АФ «Чумаки»
Кількість голів	53
Корми: роздано, кг	2520
залишок, кг	126
Спожито, кг	2394
Кількість сухої речовини, %	46
Кількості сухої речовини, кг/гол.	20,77
Кількість залишків, %	5

Аналіз даних показав, що рівень споживання сухої речовини раціону в АФ «Чумаки» становив 20,77 кг/голову. Для ефективного згодовування монокормів рекомендуємо дотримуватися наступних правил:

1. У період, коли корова приходить з доїння, у неї спостерігається пік апетиту, тому потрібна постійна наявність корму на кормовому столі (50% від добової кормової потреби);
2. Для збільшення доступності корму його потрібно підштовхувати до борту-обмежувача щогодини. При ширині кормового столу трохи більше 75 см виконують ручне підштовхування. За більшої ширини доцільно використовувати техніку;
3. Залишок корму на кормовому столі між роздачами не повинен перевищувати 5 % від розподіленої кількості, що регулюється частотою та кількістю роздачі. При підвищенні значень виникають проблеми зі структурою, вологістю чи якістю корму. При

значеннях менше 3% – корови відчують почуття голоду.

Показники вмісту рубця

До 40–50 % всіх хвороб органів травлення у корів виникає через різні порушення в годівлі. Розлади травлення викликають недоброякісні корми (зіпсовані, промерзлі, плісняві, з отруйними домішками), а також неповноцінні раціони (за вмістом перетравного протеїну, вітамінів, мінеральних речовин або мікроелементів). Водночас слід зазначити порушення технології годівлі та порядку дня, несприятливі фактори зовнішнього середовища (переохолодження, перегрів, транспортування), відсутність прогулянок на свіжому повітрі).

У великої рогатої худоби зі всіх порушень травної системи хвороби рубця становлять понад половину. Тому дослідження вмісту рубця мають особливе значення для правильної та своєчасної діагностики цих захворювань.

Дослідження вмісту рубця проводили у корів, що утримуються за безприв'язною технологією. В отриманому рубцевому вмісті визначали фізичні показники, ферментативну активність, рухливість інфузорій, якісний та кількісний їхній склад. Дослідження органолептичних показників вмісту рубця (запах, колір, осад, флотацію) проводили відразу після отримання.

Найчастіше у досліджуваних корів відзначали наявність кольору вмісту рубця від сіро-зеленого до коричнево-зеленого. Досліджувані проби вмісту рубця мали специфічний ароматний запах, який багато в чому залежав від типу раціону. Були проби, у яких відзначали різкий чи затхлий запах, що свідчило про зниження активності мікрофлори і ферментативних процесів у рубці. Для визначення наявності осаду та флотації свіжий вміст рубця наливали у склянку, відзначаючи час осадження та флотації. У більшості проб вмісту рубця був відсутній флотуючий шар, нижній шар мав вигляд дрібнодисперсних фракцій з білим кольором, другий шар був представлений у вигляді рідини брудно-зеленого кольору.

Коливання рН вмісту рубця, за дослідженнями І.П. Кондрахіна для жуйних становлять 6,5–7,2, для високопродуктивних корів – 6,3–6,8. Реакція вмісту рубця у групі за безприв'язної технології утримання становила $6,26 \pm 0,23$ (табл. 7).

Таблиця 7

Показники вмісту рубця у корів ($M \pm m$, $n = 90$)

Показник	Референсні значення – за дослідженням І.П.Кондрахіна	Значення у корів за безприв'язної технології утримання
рН	6,5 - 7,2 (у жуйних)	$6,26 \pm 0,23$
	6,3 - 6,8 (у високопродуктивних корів)	
Ферментативна активність, од	≤ 180	$85,26 \pm 20,63$

Кількість інфузорій	500 тис.–1,2 млн.	91,15±12,67

Якщо рН досліджених зразків наближається до норми, це відображає оптимальне співвідношення в кормі легкоперетравних вуглеводів і клітковини. Збільшення частки зернового корму призводить до активізації ферментативних процесів і знижує рН рубця нижче 6,3, внаслідок чого виникають перші клінічні ознаки ацидозу.

Іншим відображенням участі мікрофлори в процесі травлення є визначення її ферментативної активності. Чим швидше настане знебарвлення метиленової сині після додавання до вмісту рубця, тим вище ферментативна активність мікроорганізмів. Мінімальний нормальний час знебарвлення метиленової сині – 3-4 хв. Ферментативна активність у пробах, відібраних від корів у групі безприв'язної технології знижувалася до 85,26±20,63 Од, що є доказом важкого порушення травлення у рубці.

За кількістю мікроорганізмів в одиниці об'єму вмісту рубця побічно можна стверджувати про участь у розщепленні клітковини, крохмалю та протеїну. Високий вміст інфузорій у рубці характеризує нормальний перебіг ферментативних процесів. Великі інфузорії найчутливіші до змін середовища рубця. У несприятливих умовах вони зникають насамперед і виникають за нормалізації процесів.

Склад найпростіших визначали у свіжому вмісті рубця. Вели оцінку рухливості інфузорій та визначали їх якісний склад. У полі зору були присутні у різній кількості великі, середні та дрібні форми. Основна маса інфузорій у пробах вмісту рубця тварин за безприв'язної технології утримання мала дрібний розмір та не відповідала нормам, рухливість їх становила 4–5 балів. Дані результати можуть свідчити про патологію передшлунків, порушення травлення і, як наслідок, – метаболічні відхилення. Це підтверджується результатами кількісного дослідження інфузорій. Так, у корів відзначалося 91,15±12,67 тис. інфузорій на 1 мл. Це дуже мало в порівнянні з нормальними значеннями.

Таким чином, аналізуючи показники вмісту рубця можна з впевненістю вказувати, що зниження його рН та кількості інфузорій чітко вказує на прояв метаболічних порушень у корів.

Параметри сечі

Стан сечовидільної системи відображає обмінні процеси, які відбуваються в організмі. При визначенні клінічного статусу тварин слід проводити дослідження сечі. Реакція середовища сечі рН – критерій, який відбиває кількість кислих продуктів, які утворилися в організмі.

Для порівняльного аналізу технологій утримання та їхнього впливу на здоров'я тварин ми провели загальний лабораторний аналіз проб сечі, результати якого представлені у табл. 8.

Таблиця 8

Показники дослідження сечі ($M \pm m$, $n=15$)

Показники	Результат
Відносна щільність, г/л	1,013±0,005

рН	6,7±0,22**
Білок г/л	0,294±0,14*
Глюкоза, ммоль/л	0
Уробіліноген, ммоль/л	49,5±12,43
Білірубін, ммоль/л	6,48±0,78**
Кетони, ммоль/л	0,35±0,03**
Кров, г/л	0
Нітрити, ммоль/л	0

** (P ≤ 0,005) – порівняно з нормою

Валідацію показників проводили зі значеннями клінічно здорових тварин групи традиційного утримання, оскільки у літературі нормативних показників не зустрічається. Дослідження, проведені в господарстві, свідчать про те, що в результаті збільшення кількості концентрованих кормів у структурі раціону високопродуктивних корів спостерігається достовірно низький рН – 6,7±0,22 (P ≤ 0,005) порівняно з нормою (7–8).

Майже у всіх пробах був виявлений білок (протеїнурия). Аналогічну картину спостерігали і щодо білірубину та уробіліногену. Найвищий рівень білірубину відзначали у групи корів за безпривязної технології утримання – 6,5±0,78 ммоль/л (P ≤ 0,005), що свідчить про можливу гемолітичну анемію та токсичний гепатит. Досліджувані тварини відрізнялися достовірно підвищеним вмістом кетонових тіл у сечі – до 0,35±0,03 ммоль/л (P ≤ 0,05), що вказує на розвиток кетозу. Такі результати вказують на реальний прояв поліморбідної патології в організмі високопродуктивних корів голштинської породи.

Дослідження калу

Дослідження калу проводили у корів голштинської породи за наступними показниками: колір, запах, консистенція, рН, перетравність кормів (табл. 9).

Таблиця 9

Показники дослідження калу (M±m, n =90)

Показники	Референсні значення	Отриманий результат
рН	6,8-7,6	6,32±0,23**
Оцінка, бал	3 (для дійних корів)	2,3±0,2**
Забарвлення	Темно-зелене	Від зелено-коричневого до злегка жовтуватого
Запах	Специфічний	Специфічний, злегка кислуватий

** (P ≤ 0,005)

Консистенція калу залежить від багатьох факторів: вмісту води, властивостей та тривалості проходження кормової маси по шлунково-кишковому тракту та ферментації в рубці та товстому кишечнику. У здорових корів консистенцію гною встановлюють за допомогою системи оцінки за шкалою від 1 до 5, яка дає не лише об'єктивне уявлення, а й показує відхилення від норми:

1 бал – рідка консистенція, структура не проглядається;

2 бали - рідка кашкоподібна консистенція, при падінні на підлогу утворює бризки;

3 бали – коржик завтовшки 2–4 см, з кільцями та заглибленням у центрі, «чобітна проба» – відбиток не залишається, до підшви не прилипає;

4 бали – щільний коржик завтовшки >4 см, з кільцями, «чобітна проба» – відбиток залишається, до підшви прилипає;

5 балів – тверда консистенція, нагадує кінський кал, висота 5–10 см.

У тварин фіксували наявність специфічного запаху та темно-зелений колір, що відповідає рекомендованим фізіологічним параметрам. Показник рН був у межах нижчих від фізіологічних коливань – $6,32 \pm 0,23$. Проте середній бал оцінки калу становив $2,3 \pm 0,2$, що відповідає низькому балу.

Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що більшість тварин відчують ацидотичний стан, викликаний підвищеною кількістю крохмалю в раціоні та нестачею структурної клітковини. Це підтверджується достовірно низьким значенням рН калу – $6,32 \pm 0,23$ ($P \leq 0,005$), а також низьким середнім балом оцінки калу – $2,3 \pm 0,2$ ($P \leq 0,005$).

Традиційний спосіб визначення перетравності кормів у травному тракті жуйних тварин заснований на використанні набору сит з різною величиною діаметра отворів. Недоліком способу є відсутність даних про фізіологічні показники рівня перетравності. Крім того, не враховується вологість частинок, що безпосередньо впливає на кінцевий результат. Рівень перетравності кормів ми визначали удосконаленим методом фракційного просіювання калу за допомогою набору стандартних сит. Метод відноситься до галузі тваринництва, зокрема до профілактики метаболічних захворювань. Завдання методу – регуляція процесів травлення у рубці жуйних тварин і підвищення продуктивності з допомогою підвищення рівня перетравності кормів раціону.

Сутність пропонованого способу полягає в просіюванні порції калу через набір стандартних сит з різним діаметром отворів (7; 5; 4; 3; 2; 1; 0,25 мм) та підрахунку рівня перетравності за розробленою формулою. Для дослідження береться проба фекалій (100 г) із прямої кишки тварини. Проба поміщається на сита, розташовані в порядку зменшення діаметра отворів і промивається водою доти, доки частинки калу не перестануть просіюватися. Непросіяні залишки відбираються, висушуються при температурі 40–42 °С до повного висихання і зважуються на терезах. Процедура повторюється з усіма ситами, що використовуються. Потім проводять розрахунок за такою формулою:

$$x = \frac{a \times 100\%}{b},$$

де x – кількість переварених частинок у ситі, %; a – маса залишку частинок калу в ситі після промивання та висушування, г; b – загальна маса частинок калу в ситі після промивання та висушування, г.

Як референтні значення параметрів рівня перетравлення корму ми пропонуємо величини, отримані для дослідження рівня травлення здорових корів (таблиця 10).

Таблиця 10

Фізіологічні параметри рівня травлення

Неперетравлені частки, %	Діаметр сита, мм
0-2	7
3-5	5
6-8	4,5
9-15	3
16-19	2
20-25	1
>40	0,25

При відхиленнях від запропонованих фізіологічних параметрів рівня перетравлення кормів прогнозують початок розвитку захворювань шлунково-кишкового тракту та метаболічної патології, що є підставою для вживання термінових заходів.

При дослідженні калу лактуючих корів отримано такі значення, які відображені в табл. 11.

Таблиця 11

Рівень перетравності кормів різних груп тварин, що відрізняються за способом утримання ($M \pm m$, $n = 15$)

№ проби	Неперетравлені частки	Результат	Норма, %
Сито №1 (7 мм)	г	$2,57 \pm 0,36$	0-2
	%	$7,57 \pm 0,78$	
Сито №2 (5 мм)	г	$4,44 \pm 0,39$	3-5
	%	$13,15 \pm 1,48$	
Сито №3 (4,5 мм)	г	$3,44 \pm 0,34$	6-8
	%	$10,16 \pm 0,79$	
Сито №4 (3 мм)	г	$4,00 \pm 0,65$	9-15
	%	$11,59 \pm 1,74$	
Сито №5 (2 мм)	г	$2,68 \pm 0,44$	16-19
	%	$7,94 \pm 1,35$	
Сито №6 (1 мм)	г	$5,09 \pm 0,69$	20-25
	%	$15,04 \pm 1,73$	
Сито 7 (0,25 мм)	г	$11,62 \pm 0,89$	>40
	%	$34,35 \pm 1,72$	
Разом у навісі	г	$33,85 \pm 2,05$	

Так, у ситі №1 (7 мм) частка неперетравлених частинок склала $7,57 \pm 0,78$ %, що у 2,26 і 3,78 разу перевищує межу фізіологічних коливань. У ситі №2 (5 мм) частка неперетравлених частинок склала – $13,15 \pm 1,48$ %, що у 2,25 і 2,63 разу перевищує межу фізіологічних коливань. Частинки у цих двох ситах були представлені неперетравленими зернами кукурудзи, і навіть частинками корму,

як соломинок, довжиною до 14 мм (рисунок 16).

Така картина вказує на порушення у роботі шлунково-кишкового тракту, особливо рубця. Відхилення від фізіологічних параметрів спостерігаються також у ситах №5, 6, 7.

Таким чином, прогресування ацидозу, порушує роботу шлунково-кишкового тракту та сприяє розвитку кето-ацидотичних станів з різким проявом порушення кальцій-фосфорного обміну, засвоєння вітамінів різних груп і відповідно прояву у корів різних форм поліморбідної патології.

ТОВ АФ «Чумаки» Дніпровського району характеризується високим рівнем зоотехнічної та селекційної роботи. В результаті тривалої племінної роботи тут створено високопродуктивне стадо голштинів, що колосально впливає на темпи вдосконалення породи всередині господарства. Проте, аналіз причин вибраковування, проведений у господарстві, показав, що середня тривалість продуктивного господарського використання корів склала 3,3 лактації, що зумовлено передчасним вибраковуванням корів зі стада. За нашими даними, захворювання обміну речовин лежать в основі передчасного вибраковування. Як наслідок, головні причини вибраковки – гінекологічні захворювання (28,4 %), хвороби вимені (17,8 %), травної системи (15 %), хвороби копит (13,2 %), зміщення сичуга (7,8 %) , хвороби дихальної системи (6,1 %), захворювання печінки (4,8 %), патологічні роди (3,9 %), синдром Довнера та післяродові парези (2,8 %), рисунок 1.

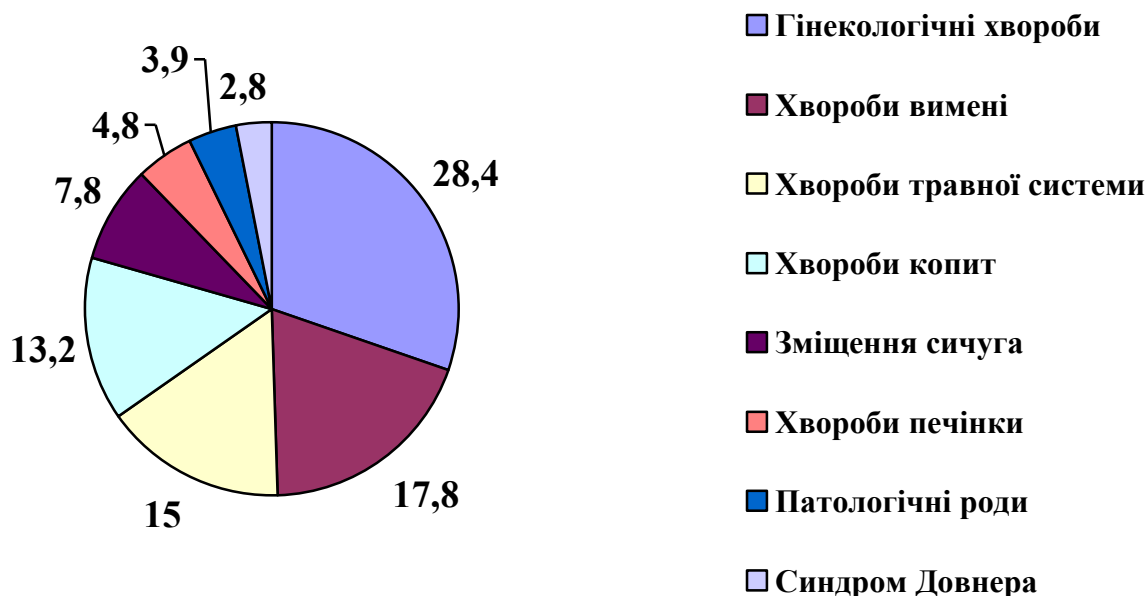


Рисунок 1. Структура вибраковки поголів'я в умовах молочного комплексу АФ «Чумаки»

Слід зазначити відсоток корів від загальної кількості фуражного поголів'я залежно від тривалості лактації:

- 0–30 днів лактації – 4,6 %
- 30-60 днів лактації - 6%

- 60–90 днів лактації – 9,5 % ;
- 90-120 днів лактації - 13,7%
- 120-150 днів лактації - 15,2%.

Відсоток вибраковки корів-первісток від кількості фуражних корів становив 2,5%, при рекомендованому показнику менше 0,9%. Важливо відзначити, що 10,6% тварин, що вибули за рік, не досягли 60 днів лактації. Таке становище ставить перед спеціалістами господарства ряд невідкладних завдань, вкладених у розробку методів зниження кількості вибракованих корів за інтенсивного ведення тваринництва.

Таким чином, проаналізувавши загальну структуру основних причин вибраковки поголів'я на молочному комплексі АФ «Чумаки» кето-ацидотичні стани та поліморбідна патологія суттєво знижують тривалість продуктивного господарського використання корів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Середня тривалість продуктивного використання корів у господарстві склала 3,3 лактації, що в основі зумовлено хворобами обміну речовин, поліморбідною патологією та кетоацидотичними станами.

Головні причини вибраковки – гінекологічні захворювання (28,4 %), хвороби вимені (17,8 %), травної системи (15 %), хвороби кінцівок (13,2 %), зміщення сичуга (7,8 %), хвороби дихальної системи (6,1 %), захворювання печінки (4,8 %), патологічні роди (3,9 %), синдром Довнера та післяродові парези (2,8 %).

Відсоток вибраковки корів-первісток від кількості фуражних корів становив 2,5%, при рекомендованому показнику менше 0,9%; 10,6% тварин, що вибули за рік, не досягли 60 днів лактації.

У зв'язку з інтенсивним веденням тваринництва у господарстві на перший план виступають хвороби метаболічного профілю, а саме кето-ацидотичний стан у корів. Ацидоз корів викликає підвищену функціональну напругу організму корів, призводить до загострення субклінічної патології і є першопричиною інших (Jain S.K. et al., 2006), [6].

Кетоз, як захворювання описано під різними назвами, що відображають той чи інший характерний бік прояву хвороби: молочна тетанія, токсикоз вагітних, післяпологова еклампсія, хронічна післяпологова дистрофія печінки, хронічне порушення травлення шлунка у продуктивних тварин, білкова аутоінтоксикація. Характеризують кетоз як порушення метаболізму, за якого підвищується утворення та різке збільшення вмісту кетонових тіл (ацетону, ацетооцтова та бетаоксимаєляна кислота) у крові, сечі та молоці (Graulet et al 2007; Fenwick et al, 2008;), [4, 5].

Вчені дійшли висновку, що кетоз як хвороба рідко переходить у клінічну форму. Саме субклінічна форма завдає істотних збитків фермерським господарствам. Причина цього – неуважне ставлення, а часом і ігнорування проблеми виникнення субклінічного кетозу у корів, що отелились (Vlizlo V. V., 1998; Sabine Mann, Jessica A A McArt, 2023), [12, 17].

Аліментарний кетоз часто виявляють у період збільшення потреби

організму в поживних речовинах. В останній період вагітності споживання організмом енергії кормів, на думку D.S. Kronfeld, має збільшуватися у 1,5 рази. Інакше посилюватиметься мобілізація ендогенних резервів материнського організму, що зумовить виникнення кетогенної ситуації у ньому (Vlizlo V. V., 2012; Borja et al, 2022), [2, 18].

Дана патологія найчастіше реєструється в період глибокої тільності та на початку лактації, як у клінічній, так і субклінічній формах. У високопродуктивних молочних корів у період лактації різко посилюється робота серця, газообмін, травлення та функціональна діяльність усіх органів та систем, відбувається глибока перебудова обміну речовин. Тому біологічна повноцінність раціону останні місяці тільності є важливим чинником виникнення та профілактики кетозу високопродуктивних корів. До основних причин кетозу відносили витрату енергії, що перевищує її надходження з кормом, при одночасній нестачі вуглеводів у раціоні, незбалансованість раціонів та різку їх зміну. Крім того, зниження апетиту на початку лактації, ожиріння тварин, годівля недоброякісними кормами з високим вмістом масляної та оцтової кислот, порушення функції залоз внутрішньої секреції, гіподинамія тощо (Levchenko V. I., Vlizlo V. V., 2001; Sailer et al, 2018), [13, 16].

Таким чином, можна стверджувати, що кетоз, будучи поліетіологічним захворюванням, у процесі розвитку призводить до порушення всіх видів обміну речовин в організмі тварини, що у свою чергу формує клінічну картину захворювання. У літературі представлено багато досліджень основних механізмів розвитку кетозу та його патогенезу в цілому, проте питання це пов'язане з діагностикою та ефективними груповими лікувально-профілактичними заходами (Vlizlo V. V., 1999; Sailer et al, 2018), [13, 19].

Часто для підвищення молочної продуктивності корів на молочних комплексах збільшують кількість концентрованих кормів, що призводить до зсуву рН вмісту рубця в кислий бік та розвитку ацидозу. Аміак, який формується при розщепленні в рубці протеїну, при нестачі цукру не встигає перетворюватися на бактеріальний білок і, всмоктуючи кров, призводить до розвитку токсикозу організму. Внаслідок цього відбувається зниження рівня кислотно-основного стану, утворюється білковий азот у сечі. Годування тварин, хворих на ацидоз, передбачає усунення причини захворювання шляхом підлужування вмісту рубця за рахунок згодовування буферних добавок (Charita K. Et al., 1999; Delbecchi et al., 2001; Oetzel GR, Miller BE., 2012), [3, 11, 20].

Постає питання середньої тривалості виробничого використання корів з високою молочною продуктивністю. На сьогодні вона становить близько 3–4 років, що набагато менше, ніж природна тривалість життя дійної худоби. Основні причини вимушеного вибраковування молочних корів пов'язані з різними патологічними станами їх організму, під час яких тварини або не виліковуються або їх лікування економічно не виправдане [25, 26, 27].

Однією із причин вибраковування тварин із стада є порушення обміну речовин і кетогенні стани [28]. Є дані, що вказують на відсутність зв'язку між кетозом і вибракуванням у корів [29].

За даними Краєвського А.Й. найбільш вагомими причинами, що призводять до вибраковування корів є акушерсько-гінекологічна патологія (37,1 %), хірургічна патологія (24,5 %), низька молочна продуктивність (21,0 %) та внутрішня незаразна патологія (13,9 %). Залежно від кількості лактацій найчастіше вибраковували корів-первісток (27,8 %), із збільшенням лактацій відсоток вибракуваних знижувався від 22,4 % до 14,7 %. Із структури акушерсько-гінекологічної патології найбільш питомим було вибракування тільних корів (36,0 %) та після першої лактації (32,0 %). Серед гінекологічної патології більше половини становила патологія яєчників (Краєвський А.Й. зі співавт., 2022) [24]. Дана статистика не повністю збігається із нашими дослідженнями. Проте, динаміка причин вибраковки корів із стада схожа в силу різних умов господарювання.

Таким чином, наведені літературні джерела свідчать про плуралізм факторів, що передують розвитку кетогенного стану у високопродуктивних молочних корів, але все-таки визначними вченими вважається, що порушення у технології годівлі худоби є першочерговою причиною і дає підставу для пошуку цілеспрямованих способів профілактики та терапії даної патології.

Список використаної літератури

1. Beam T. M. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents / T. M. Beam, T. C. Jenkins, P. J. Moate, R. A. Kohn, D. L. Palmquist // J. Dairy Sci. 2000. No. 11 - 73 p. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75149-6)
2. Borja KV, Amador AM, Parra SHS, Cárdenas CF, Núñez LF. Comparison of two diagnostic methods through blood and urine sample analyses for the detection of ketosis in cattle. Vet World. 2022 Mar;15(3):737-742. doi: 10.14202/vetworld.2022.737-742. Epub 2022 Mar 26. PMID: 35497956; PMCID: PMC9047117.
3. Delbecchi L. Milk fatty acid composition and mammary lipid metabolism in Holstein cows fed protected or unprotected canola seeds / L. Delbecchi C.E. Ahnadi, J.J. Kennely, P. Lacasse // J. Dairy. Sc. 2001. Vol. 84. No. 6. P. 1375-381. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70168-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70168-3)
4. Fenwick M.A. negative energy balance in dairy cows is associated with specific changes in IGF-binding protein expression in the oviduct / M.A. Fenwick, S. Llewellyn, R. Fitzpatrick, D.A. Kenny, J.J. Murphy, J. Patton та D. Wathes // Reproduction. - 2008. Vol. 135. No. 1. P. 63–75. DOI: [10.1530/REP-07-0243](https://doi.org/10.1530/REP-07-0243)
5. Graulet B. Effects dietary supplements of folic acid and vitamin B12 на metabolism dairy cows в early lactation / B. Graulet, J.J. Matte, A. Desrochers, L. Doepel // C.L. Girard J. Dairy Sci. 2007. Vol. 90. P. 3442-3455. DOI: [10.3168/jds.2006-718](https://doi.org/10.3168/jds.2006-718)
6. Jain S.K. Hyperketonemia (ketosis), oxidative stress and type 1 diabetes / S.K. Jain, R. McVie, Ja. Jr. Bocchini // Pathophysiology. 2006. No.13. P. 163-170. DOI: [10.1016/j.pathophys.2006.05.005](https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2006.05.005)
7. Kalyuzhny II, Barinov ND, Korobov AV. Metabolicheskie narusheniya u vysokoproduktivnykh korov [Metabolic disorders of highly productive cows]. Saratov; 2010. (In Russ.).
8. Кондрахін І.П., Архіпов А.В., Левченко В.І., Таланов Г.А., Фролова Л.А., Новіков В.Э. Методи ветеринарної клінічної лабораторної діагностики. М.: КолосС, 2004. 519 с
9. Levchenko V.I. Doklinichniy perebih metabolichnykh khvorob / V.I. Levchenko, V.M. Bezukh, V.V. Sakhniuk // Visnyk Bilotserkiv. derzh. ahrar. un-tu. – 2001. № 16. S. 115–120.

10. Milostiviy, R.V., Kalinichenko, O.O., Vasilenko, T.O., Milostiva, D.F., Gutsulyak, G.S. (2017). Problematic issues of adaptation of cows of golshtinskaya breed in the conditions of industrial technology of milk production. Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj, 19(73), 28–32. doi:10.15421/nvlvet7306
11. Oetzel GR, Miller BE. Effect of oral calcium bolus supplementation on early-lactation health and milk yield in commercial dairy herds. J Dairy Sci. 2012 Dec;95(12):7051-65. doi: 10.3168/jds.2012-5510. Epub 2012 Oct 3. PMID: 23040027.
12. [Sabine Mann](#) Hyperketonemia: A Marker of Disease, a Sign of a High-Producing Dairy Cow, or Both. [Sabine Mann](#), [Jessica A A McArt](#) Vet Clin North Am Food Anim Pract. 2023 Jul;39(2):307-324. doi: 10.1016/j.cvfa.2023.02.004. Epub 2023 Apr 7.
13. Sailer KJ, Pralle RS, Oliveira RC, Erb SJ, Oetzel GR, White HM. Technical note: Validation of the BHBCheck blood β -hydroxybutyrate meter as a diagnostic tool for hyperketonemia in dairy cows. J Dairy Sci. 2018 Feb;101(2):1524-1529. doi: 10.3168/jds.2017-13583. Epub 2017 Dec 8. PMID: 29224868.
14. Levchenko V. I. Ketoz vysokoproduktyvnyh koriv: etiologiya, diahnozyka i likuvannja. Zdorovya tvaryn i lyky — Animal health and medicine, 2009, no. 2, pp. 14–15 (in Ukrainian).
15. Levchenko V. I., Vlizlo V. V., Kondrakin I. P., ta in.; Za red. Levchenka V. I. I Haljasa V. L. Veternarna klinična bioximija. Bila Tserkva, 2002. 400 p. (in Ukrainian).
16. Bohmanova J, Misztal I, Cole JB. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. J Dairy Sci. 2007 Apr;90(4):1947-56. doi: 10.3168/jds.2006-513. PMID: 17369235.
17. Vlizlo V. V. Žyrovij hepatoz u vysokoproduktyvnyx koriv: avtoref. dys.do-ra. vet. nauk: spec. 16.00.01 «Diahnozyka ta terapija tvaryn» Kyiv, 1998. 34 p. (in Ukrainian).
18. Vlizlo V. V., Fedoruk R. S, Ratych I. B., Vishchur O. I., Sharan M. M., Vudmaska I. V. ta in.; Za red. Vlizla V. V. Laboratorni metody doslidzhen u biolohiyi, tvarynnytstvi ta veterynarniy medytsyni: Dovidnyk. Lviv, SPOLOM, 2012. 764 p.
19. Vlizlo V. V. Hepatotocerebralnyy syndrom u velykoyi rohatoyi khudoby [Hepatocerebral syndrome in cattle]. Visnyk aharnoyi nauky — Bulletin of Agricultural Science, 1999, no. 8, pp. 29–33 (in Ukrainian).
20. Charita K., Timao L., Neelamandal K. Singal Effects of methionine on endogenous antioxidants in the heart. J. Heart and circulatory physiology, 1999, 277 (6), pp. 124–128.
21. Високос М. П. Практикум для лабораторно-практичних занять з гігієни тварин / М. П. Високос, М. В. Чорний, М. О. Захаренко. Харків: Еспада, 2003. 218 с.
22. Методичні вказівки для лабораторних занять з дисципліни “Гігієна тварин”. Нормативні вимоги до мікроклімату приміщень для утримання сільськогосподарських тварин та їх енергоощадне обґрунтування. Схвалено Міністерством аграрної політики та продовольства України / М. О. Захаренко, Л. В. Шевченко, Л. В. Польовий [та ін.]. Київ; Вінниця: ВД “Едельвейс і К”, 2011. 64 с.
23. Дослідження вмісту рубця: Метод. рекомендації для студентів і магістрантів ф-ту ветеринарної медицини / [Левченко В. І., Чуб О. В., Сахнюк В. В. та ін.]. — Біла Церква, 2005. 52 с.
24. Краєвський А.Й., Чебан О.М., Гребеник Н.П., Мусієнко Ю.В., Травецький М.О., Допа В.О., Касяненко В.М., Лазоренко А.Б. Причини вибраковування корів з продуктивного стада. Науковий вісник ветеринарної медицини, 2022. № 1. С. 14–32. doi: 10.33245/2310-4902-2022-173-1-14-32.
25. De Vries A., Marcondes M.I. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. Animal. 2020. 14(S1). P. 155–164. doi:10.1017/S1751731119003264.
26. Profiling Detection and Classification of Lameness Methods in British Dairy Cattle Research: A Systematic Review and Meta-Analysis/J.S. Afonso et al. Front Vet Sci. 2020. 7. 542 p. Published 2020 Aug 20. doi:10.3389/fvets.2020.00542.

27. Edwards-Callaway L.N., Walker J., Tucker C.B. Culling Decisions and Dairy Cattle Welfare During Transport to Slaughter in the United States. *Front Vet Sci.* 2019. 5. 343 p. Published 2019 Jan 18. doi:10.3389/fvets.2018.00343.

28. Guliński P. Ketone bodies - causes and effects of their increased presence in cows' body fluids: A review. *Vet World.* 2021. 14(6). P. 1492–1503. doi:10.14202/ vetworld.2021.1492-1503.

29. Yanga D.S., Jaja I.F. Culling and mortality of dairy cows: why it happens and how it can be mitigated [version 1; peer review: 2 approved with reservations]. *F1000Research.* 2021. 10. 1014 p. doi:10.12688/f1000research.55519.1

Natalia Suslova,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Clinical Diagnosis and Internal Animal Diseases, Dniprovsky State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Orcid ID 0000-0001-9500-9224

Email: suslova@ua.fm

Mikola Shkvaria,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Clinical Diagnosis and Internal Animal Diseases, Dniprovsky State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Orcid ID 0000-0001-7279-3642

Email: sm_140@ukr.net

Natalia Tishkina,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Clinical Diagnosis and Internal Animal Diseases, Dniprovsky State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID ID 0000-0003-2662-5327

email: kdvht@i.ua

Pavel Sklyarov,

Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Veterinarian Surgery and Reproductology, Dniprovsky State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-4379-9583

email: kdvht@i.ua

Roman Mylostyvyi,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Department of Animal Feeding and Breeding Technology, Dniprovsky State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID ID 0000-0001-7279-3642

email: mylostyvyi.r.v@dsau.dp.ua

Lyudmila Koreyba,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Veterinarian Surgery and Reproductology, Dniprovsky State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID ID [0000-0002-8658-1779](https://orcid.org/0000-0002-8658-1779)

email: koreiba.l.v@dsau.dp.ua

COMPREHENSIVE STUDIES OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF HOUSING AND FEEDING, CLINICAL AND PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF RUMEN CONTENT, URINE AND FECES IN METABOLIC DISORDERS IN HIGH-YIELDING HOLSTEIN COWS

Analyzing the parameters of the microclimate, namely the illumination of the premises, which on average in cowsheds ranged from 29 ± 2.3 to 43.0 ± 3.8 lux at norms of 150-200, it is possible to clearly associate it with the manifestation of metabolic disorders in cows due to pathogenetic mechanisms of the influence of ultraviolet deficiency on the synthesis of active metabolites of vitamin D. Some feed parameters unconformed the established standards. Namely, the pH of corn silage was 3.6, the standards of I and II classes were 3.8–4.3, and of III class – 3.8–4.5, respectively; the content of lactic acid is 56%, according to the norms of the III grade, it is not less than 60%. The content of dry matter in hay was 38.2%, compared to the norms for class III of 40–55%. The main number of ciliates in the samples of rumen content of test animals under the tetherless technology of keeping, was small and did not correspond to physiological norms (their mobility was 4–5 points). These results indicate pathologies of the antrum, digestive disorders, as a result - metabolic disorders. This is confirmed by the results of a quantitative study of ciliates. Thus, cows had 91.15 ± 12.67 thousand ciliates in 1 ml, which is not enough compared to normal indicators. It was established that according to indicators of the content of the rumen, a decrease in its pH and the number of ciliates is observed, which clearly correlates with the manifestation of metabolic disorders in cows. Accordingly, the development of acidosis disrupts the work of the gastrointestinal tract and contributes to the development of ketosis, disruption of calcium-phosphorus metabolism, assimilation of vitamins of various groups. All urine samples showed protein (proteinuria). A similar pattern was observed for bilirubin and urobilinogen. The highest level of bilirubin was observed in the group of cows with no-additive technology of keeping - 6.48 ± 0.78 mmol/l ($P \leq 0.005$), which indicates possible hemolytic anemia and toxic hepatitis. The studied animals were marked by a significantly increased content of ketone bodies in the urine - up to 0.35 ± 0.03 mmol/l ($P \leq 0.05$), which indicates ketosis. Such results indicate the manifestation of pathology in the body of highly productive Holstein cows. The obtained results indicate that the majority of animals have acidosis, which is caused by an increased amount of starch in the diet and a lack of structural fibers. This is confirmed by the probably low pH value of feces – 6.32 ± 0.23 ($P \leq 0.005$), as well as the low average score of the evaluation of feces – 2.3 ± 0.2 ($P \leq 0.005$). The analysis of the causes of culling carried out in the farm showed that the average duration of productive economic use of cows was 3.3 lactations, which was due to premature culling of animals from the herd. Metabolic disorders are the basis of premature culling. As a result, the main reasons for culling are gynecological diseases (28.4%), diseases of the udder (17.8%), digestive system (15%), diseases of the hoof (13.2%), displacement of rennet (7.8%), diseases of the respiratory system (6.1%), liver diseases (4.8%), pathological births (3.9%), Downer's syndrome and postpartum paresis (2.8%).

Keywords: cow ketosis, rumen content, reasons for culling cows, housing systems, clinical and physiological indicators of high-yielding animals.

References.

1. Beam T. M. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents / T. M. Beam, T. C. Jenkins, P. J. Moate, R. A. Kohn, D. L. Palmquist // J. Dairy Sci. - 2000. - No. 11 - 73 p. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75149-6)
2. Borja KV, Amador AM, Parra SHS, Cárdenas CF, Núñez LF. Comparison of two diagnostic methods through blood and urine sample analyses for the detection of ketosis in cattle. Vet World. 2022 Mar;15(3):737-742. doi: 10.14202/vetworld.2022.737-742. Epub 2022 Mar 26. PMID: 35497956; PMCID: PMC9047117.
3. Delbecchi L. Milk fatty acid composition and mammary lipid metabolism in Holstein cows fed protected or unprotected canola seeds / L. Delbecchi C.E. Ahnadi, J.J. Kennely, P. Lacasse // J. Dairy. Sc. - 2001. - Vol. 84. - No. 6. - P. 1375-381. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70168-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70168-3)
4. Fenwick M.A. negative energy balance in dairy cows is associated with specific changes in IGF-binding protein expression in the oviduct / M.A. Fenwick, S. Llewellyn, R. Fitzpatrick, D.A. Kenny, J.J. Murphy, J. Patton and D. Wathes // Reproduction. - 2008. - Vol. 135. - No. 1. - P. 63-75. DOI: [10.1530/REP-07-0243](https://doi.org/10.1530/REP-07-0243)
5. Graulet B. Effects dietary supplements of folic acid and vitamin B12 на metabolism dairy cows в early lactation / B. Graulet, J.J. Matte, A. Desrochers, L. Doepel // C.L. Girard J. Dairy Sci. - 2007. - Vol. 90. - P. 3442-3455. DOI: [10.3168/jds.2006-718](https://doi.org/10.3168/jds.2006-718)
6. Jain S.K. Hyperketonemia (ketosis), oxidative stress and type 1 diabetes / S.K. Jain, R. McVie, Ja. Jr. Bocchini // Pathophysiology. - 2006. - No.13. - P. 163-170. DOI: [10.1016/j.pathophys.2006.05.005](https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2006.05.005)
7. Kalyuzhny II, Barinov ND, Korobov AV. Metabolicheskie narusheniya u vysokoproduktivnykh korov [Metabolic disorders of highly productive cows]. Saratov; 2010. (In Russ.).
8. Kondrakhin IP, Arkhipov AV, Levchenko VI, Talanov GA, Frolova LA, Novikov VE. Metody veterinarnoiklinicheskoi laboratornoi diagnostiki [Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics]. Moscow: KolosS publ.; 2004. (In Russ.).
Кондрахин И.П., Архипов А.В., Левченко В.И., Таланов Г.А., Фролова Л.А., Новиков В.Э. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики. М.: КолосС, 2004. 519 с
9. Levchenko V.I. Doklinichniy perebih metabolichnykh khvorob / V.I. Levchenko, V.M. Bezukh, V.V. Sakhniuk // Visnyk Bilotserkiv. derzh. ahrar. un-tu. - 2001. - № 16. - S. 115-120. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/306>
10. Milostiviy, R.V., Kalinichenko, O.O., Vasilenko, T.O., Milostiva, D.F., Gutsulyak, G.S. (2017). Problematic issues of adaptation of cows of golshinskaya breed in the conditions of industrial technology of milk production. Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj, 19(73), 28-32. doi:10.15421/nvlvet7306
11. Oetzel GR, Miller BE. Effect of oral calcium bolus supplementation on early-lactation health and milk yield in commercial dairy herds. J Dairy Sci. 2012 Dec;95(12):7051-65. doi: 10.3168/jds.2012-5510. Epub 2012 Oct 3. PMID: 23040027.
12. [Sabine Mann](#) Hyperketonemia: A Marker of Disease, a Sign of a High-Producing Dairy Cow, or Both. [Sabine Mann](#), [Jessica A A McArt](#) Vet Clin North Am Food Anim Pract. 2023 Jul;39(2):307-324. doi: 10.1016/j.cvfa.2023.02.004. Epub 2023 Apr 7.
13. Sailer KJ, Pralle RS, Oliveira RC, Erb SJ, Oetzel GR, White HM. Technical note: Validation of the BHBCheck blood β -hydroxybutyrate meter as a diagnostic tool for hyperketonemia in dairy cows. J Dairy Sci. 2018 Feb;101(2):1524-1529. doi: 10.3168/jds.2017-13583. Epub 2017 Dec 8. PMID: 29224868.
14. Levchenko V. I. Ketoz vysokoproduktyvnykh koriv: etiologiya, diahnozyka i likuvannja [Ketosis in highly productive cows: etiology, diagnosis and treatment]. Zdorovya tvaryn i lyky — Animal health and medicine, 2009, no. 2, pp. 14-15 (in Ukrainian).
15. Levchenko V. I., Vlizlo V. V., Kondrakhin I. P., and in.; Za red. Levchenka V. I. I Haljasa V. L. Vetrynarna klinichna bioximija [Veterinary clinical biochemistry]. Bila Tserkva, 2002. 400 p. (in Ukrainian).

16. Bohmanova J, Misztal I, Cole JB. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. J Dairy Sci. 2007 Apr;90(4):1947-56. doi: 10.3168/jds.2006-513. PMID: 17369235.
17. Vlizlo V. V. Žyrovij hepatoz u vysokoproduktyvnyx koriv: avtoref. dys.do-ra. vet. nauk: spec. 16.00.01 «Diahnostyka ta terapija tvaryn» [Steatosis in highly productive cows: Abstract of veterinary sciences doctor's degree thesis, specialty 16.00.01 «Diagnosis and treatment of animals»] Kyiv, 1998. 34 p. (in Ukrainian).
18. Vlizlo V. V., Fedoruk R. S., Ratych I. B., Vishchur O. I., Sharan M. M., Vudmaska I. V. ta in.; Za red. Vlizla V. V. Laboratorni metody doslidzhen u biolohiyi, tvarynnytstvi ta veterynarniy medytsyni: Dovidnyk [Laboratory methods of research in biology, stockbreeding and veterinary medicine: Handbook]. Lviv, SPOLOM, 2012. 764 p. (in Ukrainian).
19. Vlizlo V. V. Hepatotocerebralnyy syndrom u velykoyi rohatoyi khudoby [Hepatocerebral syndrome in cattle]. Visnyk ahraryoi nauky — Bulletin of Agricultural Science, 1999, no. 8, pp. 29–33 (in Ukrainian).
20. Charita K., Timao L., Neelamandal K. Singal Effects of methionine on endogenous antioxidants in the heart. J. Heart and circulatory physiology, 1999, 277 (6), pp. 124–128.
21. Vysokos M. P. Praktykum dlia laboratorno-praktychnykh zaniat z hihiieny tvaryn / M. P. Vysokos, M. V. Chorny, M. O. Zakharenko. Kharkiv: Espada, 2003. 218 s.
22. Metodychni vkazivky dlia laboratornykh zaniat z dystsypliny “Hihiiena tvaryn”. Normatyvni vymohy do mikroklimatu prymishchen dlia utrymannia silskohospodarskykh tvaryn ta yikh enerhooshchadne obhruntuvannia. Skhvaleno Ministerstvom ahraryoi polityky ta prodovolstva Ukrainy / M. O. Zakharenko, L. V. Shevchenko, L. V. Polovyi [ta in.]. Kyiv; Vinnytsia: VD “Edelveis i K”, 2011. 64 s.
23. Doslidzhennia vmistu rubtsia: Metod. rekomend. dlia studentiv i mahistrantiv f-tu vet. med. / [Levchenko V. I., Chub O. V., Sakhniuk V. V. ta in.]. – Bila Tserkva, 2005. 52 s.
24. Kraevsky A., Chekan O., Grebenik N., Musienko Yu., Travetsky M., Dopa V., Kasyanenko V., Lazorenko A. Reasons for culling cows from a productive herd. Nauk. visn. vet. med., 2022. № 1. PP. 14–32. doi: 10.33245/2310-4902-2022-173-1-14-32.
25. De Vries A., Marcondes M.I. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. Animal. 2020. 14(S1). P. 155–164. doi:10.1017/S1751731119003264.
26. Profiling Detection and Classification of Lameness Methods in British Dairy Cattle Research: A Systematic Review and Meta-Analysis/J.S. Afonso et al. Front Vet Sci. 2020. 7. 542 p. Published 2020 Aug 20. doi:10.3389/fvets.2020.00542.
27. Edwards-Callaway L.N., Walker J., Tucker C.B. Culling Decisions and Dairy Cattle Welfare During Transport to Slaughter in the United States. Front Vet Sci. 2019. 5. 343 p. Published 2019 Jan 18. doi:10.3389/fvets.2018.00343.
28. Guliński P. Ketone bodies - causes and effects of their increased presence in cows' body fluids: A review. Vet World. 2021. 14(6). P. 1492–1503. doi:10.14202/vetworld.2021.1492-1503.
29. Yanga D.S., Jaja I.F. Culling and mortality of dairy cows: why it happens and how it can be mitigated [version 1; peer review: 2 approved with reservations]. F1000Research. 2021. 10. 1014 p. doi:10.12688/f1000research.55519.1

Стаття надійшла до редакції 06.04.2026

Стаття пройшла рецензування 07.05.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Бінкевич Володимир,

кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри ветеринарно-санітарного інспектування
Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій імені С.Гжицького, м.Львів, Україна
ORCID ID:0009-0001-6234-7814
email: binkevych_volodymyr@ukr.net

Фаріонік Тарас,

кандидат ветеринарних наук, доцент,
декан факультету ветеринарної медицини
кафедра ветеринарної гігієни, санітарії і експертизи
Вінницький національний аграрний університет м.Вінниця, Україна
ORCID ID: 0000-0002-0706-2445
email: farionik19@gmail.com

Колечко Аліна,

доктор філософії з ветеринарної медицини,
старший викладач кафедри ветеринарної гігієни, санітарії і експертизи
Вінницький національний аграрний університет м.Вінниця, Україна
ORCID ID: 0000-0002-8644-3616
email: alinakolechko@gmail.com

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ В УМОВАХ ГАРМОНІЗАЦІЇ ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ З ВИМОГАМИ ЄС

Анотація

Актуальність. Удосконалення методів лабораторного контролю якості харчової сировини набуває особливого значення в умовах гармонізації законодавства України з вимогами Європейського Союзу, оскільки сучасна система контролю має забезпечувати не лише виявлення окремих відхилень, а й аналітичну точність, відтворюваність, оперативність та регуляторну придатність результатів. Актуальність проблеми посилюється складністю самої харчової сировини як об'єкта контролю, для якого характерне поєднання мікробіологічних, токсикологічних та хімічних ризиків.

Мета дослідження. Вивчити сучасний стан удосконалення методів лабораторного контролю якості харчової сировини в умовах гармонізації законодавства України з вимогами ЄС.

Методи аналізу. Застосовано бібліографічний, аналітичний, порівняльний та узагальнювальний методи. Проведено систематизацію сучасних наукових публікацій, присвячених мікробіологічним, молекулярним, хромато-мас-спектрометричним та мультимедійним підходам до контролю харчової сировини, а також оцінено їх значення для адаптації національної лабораторної практики до європейських вимог.

Отримані результати. Встановлено, що сучасне удосконалення лабораторного контролю відбувається за трьома ключовими напрямками: розширення багатокомпонентності аналізу, впровадження регуляторно валідованих методів та інтеграція лабораторного результату до системи офіційного ризик-орієнтованого контролю. Показано, що у сфері мікробіологічного контролю відбувається перехід від переважно класичних культуральних схем до швидких молекулярних та сенсорних методів, які скорочують тривалість аналізу та підвищують оперативність реагування. У токсикологічному та хімічному сегментах визначено різке зростання аналітичної місткості методів, що дало змогу одночасно контролювати широкий спектр мікотоксинів, пестицидів, антибіотиків, біоцидів та ветеринарних препаратів у різних типах сировини. Водночас виявлено, що поруч із технологічним прогресом зберігаються проблеми міжлабораторної уніфікації, стандартизації інтерпретації багатокомпонентних результатів, подолання матричних ефектів та широкого впровадження високотехнологічних платформ у рутинну практику.

Практична цінність роботи. Практична цінність полягає в узагальненні сучасних напрямів модернізації лабораторного контролю харчової сировини та визначення тих методичних підходів, які є найперспективнішими для впровадження в національну систему офіційного контролю в умовах гармонізації з вимогами ЄС.

Висновки. Удосконалення лабораторного контролю якості харчової сировини слід розглядати як перехід до комплексного, стандартизованого та регуляторно сумісного аналізу. Основними результатами такого удосконалення є підвищення аналітичної місткості методів, скорочення часу отримання результатів, розширення спектру контрольованих контамінантів та наближення лабораторної практики до європейської моделі офіційного контролю. Водночас подальше розвиток цієї сфери потребує уніфікації методик, зміцнення міжлабораторної валідації та підвищення доступності високотехнологічного аналітичного обладнання.

Ключові слова: безпечність, харчові продукти, законодавства, мікробіологічний контроль, офіційний контроль.

Вступ. Удосконалення методів лабораторного контролю якості харчової сировини в сучасних умовах набуває особливого значення не лише через потребу забезпечення безпеки продукції, а й через необхідність приведення національної системи контролю у відповідність до підходів, що діють у країнах Європейського Союзу (ЄС). За таких умов лабораторний контроль не може обмежуватися лише виявленням окремих відхилень у сировині. Він має забезпечувати аналітичну точність, відтворюваність, оперативність отримання результатів та придатність методів до використання у системі офіційного контролю. Саме тому питання модернізації лабораторних підходів сьогодні безпосередньо пов'язане з ефективністю державного нагляду за безпечністю харчової сировини, об'єктивністю оцінки ризиків і довірою до результатів лабораторних досліджень [1, 2]. Поряд з цим, сучасні європейські підходи до оцінки безпеки харчової продукції дедалі більше орієнтуються на порівняльний аналіз ризиків, системне виявлення порушень та використання уніфікованих критеріїв аналітичної оцінки, що підсилює вимоги до лабораторної бази контролю [3].

Актуальність цієї проблеми зумовлена тим, що харчова сировина залишається складним багатокомпонентним об'єктом контролю, для якого характерне одночасно існування мікробіологічних, токсикологічних і хімічних ризиків. У мікробіологічному сегменті особливу увагу привертає необхідність

швидкого та достовірного виявлення патогенних мікроорганізмів, насамперед *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* та *Staphylococcus aureus*. Саме тому сучасні дослідження зосереджені на зіставленні альтернативних сертифікованих методів виявлення патогенів із традиційними підходами, а також на розробці мультиплексних молекулярних платформ, здатних одночасно виявляти кілька небезпечних збудників [4, 5]. Паралельно розвиваються швидкі сенсорні та ізотермічні методи, зокрема колориметричні aptasensor-платформи та real-time LAMP, які скорочують час аналізу та підвищують чутливість контролю у реальних виробничих умовах [6, 7]. Практичну цінність мають і дослідження, у яких продемонстровано можливість прямого визначення харчових патогенів у м'ясній сировині без етапу тривалого культурального збагачення, що свідчить про перехід від чисто класичних схем до прискорених аналітичних моделей [8].

Не менш вагомою залишається проблема контамінації харчової сировини мікотоксинами, яка має безпосередній зв'язок із безпечністю зернової, кормової та похідної харчової продукції. Сучасні аналітичні розробки в цій сфері спрямовані на створення багатоаналітичних високочутливих методів, здатних одночасно виявляти кілька груп мікотоксинів у складних матрицях. Показовими є валідовані LC-MS/MS-підходи до визначення афлатоксинів, фумонізинів, дезоксиніваленолу, охратоксину А, зеараленону, Т-2 та НТ-2 токсинів у зерновій сировині, дитячому харчуванні, спеціях та кормах [9]. Дані багаторічного моніторингу кукурудзи та кормового сировини підтверджують, що проблема мікотоксикологічного контролю має не епізодичний, а системний характер, а отже потребує стабільних лабораторних алгоритмів спостереження та оцінки ризику [10, 11].

Окремий напрямок сучасного лабораторного контролю пов'язаний із визначенням залишкових кількостей пестицидів у рослинній харчовій сировині. Посилення регуляторних вимог до безпеки овочевої та рослинної продукції обумовлює необхідність застосування валідованих мультизалишкових методів, що поєднують високу чутливість із можливістю рутинного лабораторного використання. Саме таку тенденцію відображають дослідження, присвячені валідації методів для визначення широкого спектру пестицидів у помідорах, а також оцінці їх вмісту в перці з позицій якості та ризику для здоров'я [12, 13]. Аналогічно, використання QuEChERS в поєднанні з тандемною мас-спектрометрією демонструє високу аналітичну ефективність у контролі виноградного листя та інших рослинних матриць [14]. Важливим є те, що сучасний хімічний контроль дедалі частіше охоплює не лише класичні пестициди, а й інші групи забруднювачів, зокрема антибіотики в картоплях та супутніх ґрунтових зразках, що розширює саме поняття безпеки харчової сировини [15].

Поглиблення вимог до лабораторного контролю особливо чітко простежується у сфері визначення ветеринарних препаратів та біоцидів у сировині тваринного походження. Тут ключове значення набуває не тільки факту виявлення речовини, а й повної відповідності аналітичного методу критеріям

валідації, прийнятим у європейській регуляторній практиці. Дослідження останніх років демонструють активне впровадження високороздільної та тандемної мас-спектрометрії для визначення біоцидів у молочній продукції, а також антибіотиків у молоці різних видів сільськогосподарських тварин [16, 17]. Водночас багатоаналітні методи, орієнтовані на визначення залишків антибіотиків, вже прямо розробляються з урахуванням вимог європейської регуляторної системи нормативного лабораторного контролю [18]. Аналогічний підхід застосовується при створенні UPLC-MS/MS- та LC-MS/MS-методик для виявлення β -агоністів та заборонених ветеринарних препаратів у сировині тваринного походження, де валідація розглядається як обов'язкова умова аналітичної придатності методу для офіційного контролю [19, 20].

Отже, проблема полягає в тому, що в умовах гармонізації законодавства України з вимогами ЄС традиційні схеми лабораторного контролю вже не повною мірою відповідають сучасним викликам. Обмеження лише класичними методами аналізу знижує швидкість реагування на ризики, ускладнює багатокомпонентне виявлення контамінантів і не завжди забезпечує той рівень аналітичної доказовості, який потрібний для системи офіційного контролю [1, 2, 17]. Саме тому виникає потреба в науковому обґрунтуванні напрямів удосконалення лабораторного контролю якості харчової сировини з урахуванням сучасних мікробіологічних, молекулярних, хромато-мас-спектрометричних та мультизалишкових підходів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

У сучасних дослідженнях, присвячених лабораторному контролю харчової сировини, чітко простежується перехід від ізольованого застосування класичних методів до поєднання стандартизованих референтних підходів із прискореними молекулярними, сенсорними та багатоаналітними платформами. У мікробіологічному напрямі Chikhi та ін. [1] показали, що альтернативні сертифіковані методи виявлення *Listeria monocytogenes* вже розглядаються в Європі як реальний інструмент офіційного контролю, однак їх використання потребує чітких критеріїв прийнятності та узгодження з вимогами референтної мережі. Це дослідження фактично підтвердило, що для сучасної системи контролю важливим є не лише сам факт виявлення патогена, а й офіційне визнання методики, її відтворюваність і порівнюваність у міжлабораторному середовищі [1].

Своєю чергою Traversa та ін. [2] довели, що результативність офіційного харчового контролю залежить не тільки від лабораторного тесту, а й від того, наскільки аудит інтегрує оцінку системи управління безпечністю харчових продуктів і рівня культури безпечності на підприємстві. Wolniak та Grebski [3] на підставі порівняльного аналізу країн ЄС підтвердили, що безпечність харчових продуктів у європейському просторі сьогодні оцінюється як багатфакторна система, де поряд із лабораторними індикаторами вагоме значення мають RASFF-сповіщення, порушення щодо залишків пестицидів і втрати харчової продукції.

Подальший розвиток мікробіологічного контролю пов'язаний із впровадженням прискорених молекулярних методів. Хуе та ін. [4] розробили систему для одночасного визначення патогенних мікроорганізмів та показали високу лінійність і ефективність ампліфікації, що підтвердило придатність такого підходу до швидкого скринінгу харчових зразків. Ду та ін. [6], von Hertwig та ін. [7], Turanoglu та ін. [8] показали, що сучасні технології можуть бути використані для визначення харчових патогенів у більш короткий час. Сукупно ці праці доводять, що сучасний мікробіологічний контроль рухається в напрямі прискорення аналізу, збереження високої специфічності та перенесення частини процедур ближче до реальних умов виробництва [4–8].

У дослідженнях, присвячених мікотоксинам, Leeman та ін. [9] підтвердили, що LC-MS/MS-метод у поєднанні з імуноафінною підготовкою проб може забезпечувати одночасне визначення 12 мікотоксинів у семи різних матрицях із прийнятними характеристиками продуктивності. Nji та Mwanza [10], проаналізувавши 752 зразків кукурудзи за три роки, показали широкий спектр одночасної контамінації зернової сировини різними мікотоксинами, що підтвердило системний, а не поодинокий характер цієї проблеми. Skrzydlewski та ін. [11] у чотирирічному моніторинговому дослідженні сировини та кормів довели високу поширеність мікотоксинів і часте співіснування кількох токсинів в одному зразку. Ці результати переконливо свідчать, що лабораторний контроль мікотоксинів повинен спиратися не на визначення одного маркера, а на багатоаналітні схеми та регулярне довготривале спостереження [9–11].

У дослідженнях, присвячених залишкам пестицидів, Shrestha та ін. [12] показали, що валідований LC-MS/MS-метод для томатної матриці може забезпечувати швидке, точне й надійне кількісне визначення пестицидів різних хімічних класів, а також коректну оцінку невизначеності вимірювань. Alminderej та ін. [13] при аналізі 536 зразків перцю підтвердили високу частоту виявлення залишків пестицидів і продемонстрували, що частина зразків перевищувала встановлені максимальні рівні, що прямо вказує на необхідність регулярного лабораторного нагляду. Keklik та ін. [14], дослідивши 766 зразків виноградного листя, довели придатність комбінації QuEChERS і LC-MS/MS для аналізу понад 500 залишків, а також показали, що така методика відповідає критеріям лінійності, точності, прецизійності та невизначеності. Khaled та ін. [15] розширили межі хімічного контролю, розробивши та валідуючи за вимогами Commission Implementing Regulation (EU) 2021/808 LC-MS/MS-метод визначення тетрациклінів у картоплі та ґрунті.

Важливий напрям сучасних досліджень стосується залишків біоцидів, антибіотиків і ветеринарних препаратів у сировині тваринного походження. Dos Santos та ін. [16] показали, що QuEChERS-екстракція без стадії очищення у поєднанні з LC-ESI-QOrbitrap-MS дозволяє чутливо й надійно визначати широкий спектр біоцидів у молочній продукції та кормових субстратах. Salis та ін. [17] довели, що LC-Orbitrap-HRMS-скринінг антибіотиків у коров'ячому, овечому та козячому молоці є ефективним рішенням для рутинного офіційного контролю. Pieragostini та ін. [19] розробили якісний UPLC-MS/MS-скринінговий

метод для 21 β -агоніста в легенях і печінці тварин та показали його відповідність вимогам ЄС щодо скринінгу на рівні половини MRPL. Gaugain та ін. [20] валідовали мультикласовий LC-MS/MS-метод для заборонених ветеринарних препаратів у ковбасних оболонках, чим підтвердили можливість поширення регуляторно сумісного контролю і на менш типові матриці тваринного походження. У сукупності ці роботи доводять, що саме високо- та надвисокоєфективні мас-спектрометричні платформи нині формують основу сучасного хімічного лабораторного контролю в системі, орієнтованій на стандарти ЄС [16–20].

Мета. Вивчити сучасний стан удосконалення методів лабораторного контролю якості харчової сировини в умовах гармонізації законодавства України з вимогами ЄС.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Удосконалення лабораторного контролю якості харчової сировини в умовах гармонізації з вимогами ЄС відбувається не в одному, а в кількох взаємопов'язаних напрямках. Насамперед змінюється сама підхід до контролю: від фрагментарного визначення окремих показників до комплексної аналітичної оцінки безпечності сировини, яка поєднує мікробіологічний, токсикологічний та хімічний компоненти. Поряд із цим посилюється вимога до регуляторної придатності методів, тобто їхньої валідованості, відтворюваності, зіставності результатів між лабораторіями та можливості використання в системі офіційного контролю [1, 2]. Це означає, що сучасне удосконалення методів уже не зводиться лише до підвищення чутливості аналізу, а охоплює також стандартизацію процедур, розширення переліку контрольованих сполук і перехід до багатоаналітичних платформ [3].

У сфері мікробіологічного контролю відбулося суттєве зміщення від переважно культуральних схем до швидких молекулярних і сенсорних методів. Якщо традиційні підходи забезпечують високу надійність, але потребують тривалого часу на вирощування культур і підтвердження результату, то сучасні методики орієнтовані на прискорене виявлення патогенів без втрати аналітичної якості. Показовим є те, що Хуе та ін. розробили мультиплексну TaqMan real-time PCR-систему для одночасного визначення чотирьох харчових патогенів, що принципово підвищує інформативність одного аналізу та зменшує кількість окремих тестів [4]. Abalo та ін. підтвердили ефективність флуоресценції в реальному часі та колориметричний LAMP для виявлення *Listeria monocytogenes* на поверхнях харчового виробництва, що розширює можливості саме виробничого моніторингу, а не лише кінцевого лабораторного підтвердження [5].

Важливим наслідком таких змін стало розширення функціональних можливостей мікробіологічного контролю. Зокрема, von Hertwig та співавт. довели доцільність використання РМА-qPCR для кількісної оцінки життєздатної *Salmonella*, що частково вирішує одну з ключових проблем молекулярної діагностики – відмежування живих клітин від нежиттєздатних [7]. Turanoglu та ін. підтвердили можливість визначення харчових патогенів у фарші методом

real-time PCR без попереднього культурального збагачення, а це прямо скорочує час ухвалення лабораторного рішення [8]. Водночас аналіз цих робіт показує, що повного витіснення класичних методів не відбулося. Невирішеною залишається проблема універсальної стандартизації швидких методик для всіх матриць харчової сировини, а також питання їх повної арбітражної прийнятності в системі офіційного контролю [1, 5]. Отже, удосконалення привело до прискорення мікробіологічного аналізу та розширення скринінгових можливостей, але не усунуло потреби в референтному підтвердженні результатів.

У сфері мікотоксикологічного контролю удосконалення полягає в переході від визначення окремих токсинів до багатоаналітичних методів, придатних для кількох типів сировини. Leeman та ін. валідовали метод, який дає можливість одночасно визначати 12 мікотоксинів у семи різних матрицях, тим самим істотно розширивши аналітичну місткість одного дослідження [9]. Це має принципове значення для лабораторної практики, оскільки мікотоксична контамінація в реальних умовах рідко обмежується лише одним токсином. Удосконалення методів у цьому сегменті привело до переходу від одномірної моделі оцінки ризику до багатокомпонентного токсикологічного моніторингу. Проте невирішеною залишається проблема інтерпретації комбінованої дії кількох токсинів, оскільки наявність валідованого аналітичного методу ще не означає повної ясності щодо токсикологічного навантаження сумішей [10, 11].

Ще один напрям удосконалення виявлено у контролі пестицидів та інших хімічних забруднювачів у рослинній сировині. Тут ключові зміни пов'язані з впровадженням мультизалишкових LC-MS/MS-платформ і стандартизованих схем підготовки проб. Shrestha та ін. показали, що валідований LC-MS/MS-метод у томатній матриці забезпечує одночасно точність, відтворюваність і контроль невизначеності вимірювань, тобто удосконалення торкнулося не тільки чутливості, а й метрологічної надійності результату [12]. Разом із тим невирішеними залишаються питання високої вартості обладнання, матричних ефектів при аналізі складних зразків і потреби уніфікації процедур пробопідготовки між лабораторіями [12, 14].

Також є блок результатів пов'язаний із визначенням біоцидів, антибіотиків, β -агоністів та інших ветеринарних препаратів у сировині тваринного походження. Саме тут найчіткіше простежується зближення лабораторної аналітики з регуляторними вимогами ЄС [20]. У підсумку саме цей сегмент демонструє найбільш завершене регуляторне оформлення удосконалених методів: вони не просто чутливі, а вже від початку розробляються як придатні до офіційного контролю. Однак і тут залишаються проблеми: потреба у висококваліфікованому персоналі, у складній інтерпретації багатокомпонентних хромато-мас-спектрометричних даних та у фінансово доступному масштабуванні таких рішень для рутинної лабораторної мережі [17, 19]. Узагальнення наведених результатів дало змогу систематизувати основні напрями удосконалення лабораторного контролю, їхні наслідки та невирішені питання (табл. 1).

Таблиця 1.

Основні напрями удосконалення лабораторного контролю якості харчової сировини та їх науково-практичні наслідки

Удосконалення	Що саме удосконалено	Результат	Невирішені проблеми	Джерело
Мікробіологічний контроль патогенів	Перехід від одиничних культуральних тестів до мультиплексної PCR, LAMP та aptasensor-платформ	Скорочення часу аналізу, одночасне виявлення кількох патогенів, підвищення придатності до виробничого моніторингу	Не повністю уніфікована арбітражна придатність швидких методів для всіх матриць	[1, 4, 6, 6, 8]
Оцінка життєздатності мікроорганізмів	Впровадження РМА-qPCR для відмежування життєздатних клітин від нежиттєздатних	Підвищення клініко-санітарної значущості молекулярного результату	Потреба подальшої стандартизації для різних харчових матриць	[7]
Контроль мікотоксинів	Перехід до багатоаналітичних LC-MS/MS-методів у кількох матрицях	Одночасне визначення кількох токсинів, виявлення мультиконтамінації, краща оцінка ризику	Недостатня визначеність щодо комбінованого токсичного ефекту сумішей	[9, 10, 11]
Контроль пестицидів у рослинній сировині	Впровадження мультизалишкових LC-MS/MS-методів і QuEChERS	Різке зростання аналітичної місткості, можливість рутинного контролю сотень сполук	Висока вартість оснащення, матричні ефекти, складність уніфікації пробопідготовки	[12, 13, 14]
Контроль ветеринарних препаратів і біоцидів	Розробка регуляторно сумісних HRMS/MS- та UPLC-MS/MS-платформ відповідно до EU 2021/808	Перехід від локального визначення окремих речовин до офіційно придатного багатокомпонентного скринінгу	Потреба у фахівцях високої кваліфікації та в розширенні доступності обладнання	[15-20]
Інтеграція лабораторного контролю в систему офіційного нагляду	Посилення ролі валідації, аудиту, порівнюваності результатів і ризик-орієнтованого підходу	Зближення лабораторної практики з європейською моделлю офіційного контролю	Потреба в міжлабораторній гармонізації та єдиній інтерпретації результатів	[1, 2, 3]

Аналіз результатів показав, що головним ефектом удосконалення стало розширення аналітичної місткості сучасних методів. Інакше кажучи, один аналітичний цикл почав давати значно більше інформації, ніж це було можливо в межах традиційних підходів. Це проявляється як у кількості патогенів, що визначаються в одній реакції, так і в кількості хімічних сполук, які можуть бути проконтрольовані в межах однієї валідованої методики (табл. 2).

Таблиця 2.

**Кількісні показники аналітичних можливостей сучасних методів
лабораторного контролю харчової сировини**

Автор	Об'єкт контролю	Метод	Показник	Наукове значення результату
Xue та ін.	Харчові зразки	TaqMan multiplex real-time PCR	4 патогени в одній реакції	Перехід до одночасного мікробіологічного скринінгу кількох ключових патогенів
Leeman та ін.	Зернові, дитяче харчування, спеції, корми	IAC та LC-MS/MS	12 мікотоксинів у 7 матрицях	Багатоаналітний міжматричний підхід до токсикологічного контролю
Nji & Mwanza	Кукурудза	Мульти-мікотоксинний аналіз	752 зразки за 3 роки	Підтвердження системного характеру мультиконтамінації зернової сировини
Skrzydlewski та ін.	Корми і сировина	Моніторинговий мікотоксинний контроль	4-річне спостереження (2021–2024)	Доведення стабільності проблеми мікотоксинів у довготривалому нагляді
Alminderej та ін.	Перець	LC-MS/MS-моніторинг	536 зразків	Підтвердження практичної потреби в рутинному контролі пестицидів
Keklik та ін.	Виноградне листя	QuEChERS + LC-MS/MS	766 зразків; понад 500 залишків	Різка підвищення аналітичної місткості мультизалишкового контролю
Rodrigues та ін.	Мед	UHPLC-TOF-MS	15 антибіотиків	Розширення регуляторно сумісного контролю залишків у складних матрицях
Pieragostini та ін.	Легені та печінка тварин	UPLC-MS/MS	21 β -агоніст	Поглиблення офіційного скринінгу заборонених речовин у тваринній сировині

Сучасні удосконалення дали не лінійний, а якісний приріст можливостей лабораторного контролю. Якщо в молекулярній мікробіології приріст виражається в переході до одночасного визначення кількох патогенів у межах однієї реакції [4], то в хімічному аналізі цей прогрес набуває ще більш виразного масштабу: від контролю 12 мікотоксинів у кількох матрицях [9] до скринінгу 15 антибіотиків [18], 21 β -агоніста [19] та понад 500 пестицидних залишків в одному методичному контурі [14]. Це означає, що сучасна лабораторія поступово переходить від моделі «один метод – один показник» до моделі «один метод – широкий профіль ризиків». Саме така трансформація і відповідає логіці європейської системи контролю, орієнтованої на швидке виявлення комплексних загроз та прийняття обґрунтованих рішень на основі валідованих даних [2, 3].

Разом із тим результати дослідження показали, що навіть істотне аналітичне удосконалення не усуває всіх проблем лабораторного контролю. Частина швидких методів залишається чутливою до матричних ефектів, а отже потребує додаткової адаптації для різних видів харчової сировини [6, 12]. Зростання кількості визначуваних аналітів ускладнює стандартизацію інтерпретації результатів, особливо коли йдеться про мультиконтамінацію або складні багатокомпонентні профілі забруднення [10, 11]. Високотехнологічні HRMS- і UPLC-MS/MS-платформи потребують значних фінансових ресурсів, належної сервісної підтримки та підготовки персоналу, що може стримувати їх широке впровадження в рутинну лабораторну практику [16, 17]. Гармонізація з вимогами ЄС вимагає не лише наявності сучасного обладнання, а й функціонування системи міжлабораторної валідації, зовнішнього контролю якості та єдиних підходів до оцінки придатності методів в офіційному контролі [1, 15]. Отже, подальший розвиток цієї сфери має бути спрямований уже не тільки на створення нових методів, а й на їх повномасштабне інституційне впровадження.

Результати дослідження свідчать, що удосконалення лабораторного контролю якості харчової сировини в умовах гармонізації законодавства України з вимогами ЄС відбувається за трьома ключовими векторами: багатокомпонентність аналізу, регуляторна валідація методів та інтеграція лабораторного результату в систему офіційного ризик-орієнтованого контролю. Саме ці зміни привели до підвищення аналітичної місткості методів, скорочення часу отримання результату, розширення спектра контрольованих контамінантів і кращої пристосованості лабораторної практики до європейських вимог [1, 10, 11, 15]. Водночас невирішеними залишаються питання міжлабораторної уніфікації, економічної доступності високотехнологічних платформ, стандартизації інтерпретації багатокомпонентних результатів та повного перенесення валідованих методик із дослідницького середовища в рутинну систему державного контролю.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Удосконалення лабораторного контролю якості харчової сировини в сучасних умовах полягає у

переході від вузького визначення окремих показників до комплексного, багатокомпонентного та стандартизованого аналізу. Основна тенденція полягає не лише в підвищенні чутливості методів, а в забезпеченні їх відтворюваності, валідованості та практичної придатності для системи офіційного контролю.

У мікробіологічному сегменті найбільш суттєвим результатом стало впровадження швидких молекулярних і сенсорних методів, які дозволили скоротити тривалість аналізу, розширити спектр одночасно виявлюваних патогенів і підвищити оперативність лабораторного реагування. Водночас повна відмова від класичних референтних методів поки що є передчасною, оскільки саме вони залишаються основою підтверджувального контролю.

У хімічному та токсикологічному напрямі ключовим досягненням стало різке зростання аналітичної місткості сучасних платформ. Сучасні методи дають змогу в межах одного дослідження одночасно визначати широкий спектр мікотоксинів, пестицидів, антибіотиків, біоцидів і ветеринарних препаратів. Це суттєво посилило інформативність лабораторного контролю та дозволило перейти від локального тестування окремих забруднювачів до комплексного профілювання ризиків.

Водночас навіть за умов суттєвого технологічного прогресу залишаються невирішені питання, пов'язані з уніфікацією пробопідготовки, стандартизацією інтерпретації багатокомпонентних результатів, подоланням матричних ефектів, високою вартістю обладнання та недостатнім рівнем впровадження високотехнологічних методів у рутинну лабораторну практику.

Перспективи подальших досліджень. Перспективним є розроблення уніфікованих моделей лабораторного контролю, що поєднуюватимуть мікробіологічні, токсикологічні та хімічні показники в єдиній системі оцінки безпечності харчової сировини.

Список використаної літератури

1. Chikhi L., Mancier M., Brugère H., Lombard B., Faouzi L., Guillier L., Gnanou Besse N. Comparison of *Listeria monocytogenes* alternative detection methods for food microbiology official controls in Europe. *International Journal of Food Microbiology*. 2024. Vol. 408. P. 110448. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110448>
2. Traversa A., Rubinetti F., Lanzilli S., Bervini R., Bruatto G., Coruzzi E., Gilli M., Mendolicchio A., Osella E., Stassi E., Biglia C. Official food safety audits in large scale retail trades in the time of COVID: System control experiences supported by an innovative approach. *Italian Journal of Food Safety*. 2022. Vol. 11(4). P. 10022. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2022.10022>
3. Wolniak R., Grebski W. W. (2025). Food safety in the European Union: A comparative assessment based on RASFF notifications, pesticide residues, and food waste indicators. *Foods*. 2025. Vol. 14(14). P. 2501. <https://doi.org/10.3390/foods14142501>
4. Xue Y., He S., Li M., Qiu Y. Development and application of four foodborne pathogens by TaqMan multiplex real-time PCR. *Foodborne Pathogens and Disease*. 2025. Vol. 22(3). P. 193–201. <https://doi.org/10.1089/fpd.2023.0134>
5. Abalo M., Lamas A., Teixeira C., Prado M., Garrido-Maestu A. Surface monitoring of *L. monocytogenes* by real-time fluorescence and colorimetric LAMP. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2024. Vol. 108(1). P. 510. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13318-9>

6. Du J., Li Z., Liu K., Guo J., Bai Y. Colorimetric aptasensor for *Listeria monocytogenes* detection using dual functional Fe₃O₄@MIL-100(Fe) with magnetic separation and oxidase-like activities in food samples. *Microchimica Acta*. 2024. Vol. 191(8). P. 504. <https://doi.org/10.1007/s00604-024-06528-5>
7. von Hertwig A. M., Pereira A. A., Amorim Neto D. P., Nascimento M. S. Quantification of viable *Salmonella* by propidium monoazide real-time PCR after long-term storage of peanut products. *Microorganisms*. 2024. Vol. 12(12). P. 2640. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12122640>
8. Turanoglu B., Omeroglu M. A., Baltaci M. O., Adiguzel G., Adiguzel A. Determination of foodborne pathogens in minced beef by real-time PCR without culture enrichment. *Journal of Microbiological Methods*. 2024. Vol. 219. P. 106896. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2024.106896>
9. Leeman D., Allan A. B., Cameron H., Donnelly C., Tramaseur A., Stratton J., MacDonald S. J. Validation of the 11+Myco MS-PREP® method for determination of aflatoxins, fumonisins, deoxynivalenol, ochratoxin A, zearalenone, HT-2, and T-2 toxins in cereals, baby food, spices, and animal feed by immunoaffinity column with LC-MS/MS: AOAC Performance Tested Method SM 112401. *Journal of AOAC International*. 2025. Vol. 108(2). P. 207–252. <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsae097>
10. Nji Q. N., Mwanza M. Three-year multi-mycotoxin analysis of South African commercial maize from three provinces. *Frontiers in Fungal Biology*. 2024. Vol. 5. P. 1426782. <https://doi.org/10.3389/ffunb.2024.1426782>
11. Skrzydlewski P., Kosicki R., Grajewski J., Twarużek M. Four-year surveillance of mycotoxins in feed and raw materials (2021–2024): Occurrence, co-contamination, and risk implications. *Toxicon*. 2025. Vol. 268. P. 108618. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2025.108618>
12. Shrestha S., Lamichhane B., Chaudhary N. Method validation and measurement uncertainty estimation for determination of multiclass pesticide residues in tomato by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). *International Journal of Analytical Chemistry*. 2024. P. 3846392. <https://doi.org/10.1155/2024/3846392>
13. Alminderej F. M., Saleh S. M., Abdallah O. I. Monitoring pesticide residues in pepper (*Capsicum annuum* L.) from Al-Qassim region, Saudi Arabia: Occurrence, quality, and risk evaluations. *Heliyon*. 2024. Vol. 10(17). P. e36805. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36805>
14. Keklik M., Golge O., González-Curbelo M. Á., Kabak B. Determination of pesticide residues in vine leaves using the QuEChERS method and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Foods*. 2024. Vol. 13(6). P. 909. <https://doi.org/10.3390/foods13060909>
15. Khaled O., Ryad L., Eissa F. Determination of tetracycline residues in potatoes and soil by LC-MS/MS: Method development, validation, and risk assessment. *Food Chemistry*. 2024. Vol. 461. P. 140841. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140841>
16. Dos Santos I. D., Zomer P., Pizzutti I. R., Wagner R., Mol H. Multi-residue determination of biocides in dairy products and slurry feed using QuEChERS extraction and liquid chromatography combined with high resolution mass spectrometry (LC-ESI-QOrbitrap™-MS). *Food Chemistry*. 2024. Vol. 457. P. 140117. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140117>
17. Salis S., Rubattu N., Rubattu F., Cossu M., Sanna A., Chessa G. Analytical approaches in official food safety control: An LC-Orbitrap-HRMS screening method for the multiresidue determination of antibiotics in cow, sheep, and goat milk. *Molecules*. 2022. Vol. 27(19). P. 6162. <https://doi.org/10.3390/molecules27196162>
18. Rodrigues H., Leite M., Oliveira M. B. P. P., Freitas A. Multi-analyte method for antibiotic residue determination in honey under EU Regulation 2021/808. *Antibiotics*. 2025. Vol. 14(10). P. 987. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14100987>
19. Pieragostini V., Pecorelli I., Diamanti I., Carloni C., Galarini R., Fioroni L. Veterinary drug residues in animal-origin food: A UPLC-MS/MS screening method for the determination of 21 beta-agonists in animal lung and liver according to Commission Implementing Regulation (EU) 2021/808. *Journal of Mass Spectrometry*. 2026. Vol. 61(2). P. e70029. <https://doi.org/10.1002/jms.70029>

20. Gaugain M., Durot J., Levé L., Dubreil-Chéneau E., Guichard P., Bourcier S., Verdon E., Hurtaud-Pessel D. Multiclass method to analyze banned veterinary drugs in casings by LC-MS/MS: A validation study according to Regulation (EU) 2021/808. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2025. Vol. 73(49). P. 31590–31602. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5c08099>

Volodymyr Binkevych,

PhD in Veterinary Science, Associate Professor,

Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Inspection, Lviv S. Gzhytskiy National University of Veterinary Medicine and Biotechnology

Lviv, Ukraine

ORCID:0009-0001-6234-7814

e-mail: binkevych_volodymyr@ukr.net

Taras Farionik,

PhD in Veterinary Science, Associate Professor,

Dean of the Faculty of Veterinary Medicine,

Department of Veterinary Hygiene,

Sanitation and Expertise,

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

ORCID: 0000-0002-0706-2445

e-mail: farionik19@gmail.com

Alina Kolechko,

PhD in Veterinary Science, Senior Lecturer of Department of Veterinary Hygiene, Sanitation and Expertise,

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

ORCID: 0000-0002-8644-3616

e-mail: alinakolechko@gmail.com

**IMPROVEMENT OF METHODS OF LABORATORY QUALITY
CONTROL OF FOOD RAW MATERIALS IN THE CONDITIONS OF
HARMONIZATION OF UKRAINIAN LEGISLATION WITH EU
REQUIREMENTS**

Abstract

Relevance. *Improvement of methods of laboratory quality control of food raw materials is of particular importance in the conditions of harmonization of Ukrainian legislation with the requirements of the European Union, since a modern control system must ensure not only the detection of individual deviations, but also analytical accuracy, reproducibility, efficiency and regulatory suitability of results. The relevance of the problem is enhanced by the complexity of food raw materials themselves as an object of control, which is characterized by a combination of microbiological, toxicological and chemical risks.*

Purpose of the study. *To study the current state of improvement of methods of laboratory quality control of food raw materials in the conditions of harmonization of Ukrainian legislation with EU requirements.*

Methods of analysis. Bibliographic, analytical, comparative and generalizing methods were used. A systematization of modern scientific publications devoted to microbiological, molecular, chromatographic-mass spectrometric and multi-residue approaches to the control of food raw materials was carried out, and their significance for the adaptation of national laboratory practice to European requirements was assessed.

Results. It was established that the modern improvement of laboratory control occurs in three key areas: expanding the multicomponent analysis, implementing regulatory validated methods and integrating the laboratory result into the system of official risk-based control. It is shown that in the field of microbiological control there is a transition from mainly classical cultural schemes to rapid molecular and sensory methods that reduce the duration of analysis and increase the efficiency of response. In the toxicological and chemical segments, a sharp increase in the analytical capacity of methods has been identified, which made it possible to simultaneously control a wide range of mycotoxins, pesticides, antibiotics, biocides and veterinary drugs in different types of raw materials. At the same time, it was found that along with technological progress, the problems of interlaboratory unification, standardization of the interpretation of multicomponent results, overcoming matrix effects and widespread implementation of high-tech platforms in routine practice persist.

Practical value of the work. The practical value lies in the generalization of modern directions of modernization of laboratory control of food raw materials and the identification of those methodological approaches that are most promising for implementation in the national system of official control in conditions of harmonization with EU requirements.

Conclusions. Improving laboratory quality control of food raw materials should be considered as a transition to a comprehensive, standardized and regulatory compatible analysis. The main results of such improvement are increasing the analytical capacity of methods, reducing the time to obtain results, expanding the spectrum of controlled contaminants and bringing laboratory practice closer to the European model of official control. At the same time, further development of this area requires unification of methods, strengthening interlaboratory validation and increasing the availability of high-tech analytical equipment.

Keywords: safety, food products, legislation, microbiological control, official control.

References

1. Chikhi, L., Mancier, M., Brugère, H., Lombard, B., Faouzi, L., Guillier, L., & Gnanou Besse, N. (2024). Comparison of *Listeria monocytogenes* alternative detection methods for food microbiology official controls in Europe. *International Journal of Food Microbiology*, 408, 110448. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110448>
2. Traversa, A., Rubinetti, F., Lanzilli, S., Bervini, R., Bruatto, G., Coruzzi, E., Gilli, M., Mendolicchio, A., Osella, E., Stassi, E., & Biglia, C. (2022). Official food safety audits in large scale retail trades in the time of COVID: System control experiences supported by an innovative approach. *Italian Journal of Food Safety*, 11(4), 10022. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2022.10022>
3. Wolniak, R., & Grebski, W. W. (2025). Food safety in the European Union: A comparative assessment based on RASFF notifications, pesticide residues, and food waste indicators. *Foods*, 14(14), 2501. <https://doi.org/10.3390/foods14142501>
4. Xue, Y., He, S., Li, M., & Qiu, Y. (2025). Development and application of four foodborne pathogens by TaqMan multiplex real-time PCR. *Foodborne Pathogens and Disease*, 22(3), 193–201. <https://doi.org/10.1089/fpd.2023.0134>
5. Abalo, M., Lamas, A., Teixeira, C., Prado, M., & Garrido-Maestu, A. (2024). Surface monitoring of *L. monocytogenes* by real-time fluorescence and colorimetric LAMP. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108(1), 510. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13318-9>
6. Du, J., Li, Z., Liu, K., Guo, J., & Bai, Y. (2024). Colorimetric aptasensor for *Listeria monocytogenes* detection using dual functional Fe₃O₄@MIL-100(Fe) with magnetic separation and oxidase-like activities in food samples. *Microchimica Acta*, 191(8), 504. <https://doi.org/10.1007/s00604-024-06528-5>

7. von Hertwig, A. M., Pereira, A. A., Amorim Neto, D. P., & Nascimento, M. S. (2024). Quantification of viable *Salmonella* by propidium monoazide real-time PCR after long-term storage of peanut products. *Microorganisms*, 12(12), 2640. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12122640>
8. Turanoglu, B., Omeroglu, M. A., Baltaci, M. O., Adiguzel, G., & Adiguzel, A. (2024). Determination of foodborne pathogens in minced beef by real-time PCR without culture enrichment. *Journal of Microbiological Methods*, 219, 106896. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2024.106896>
9. Leeman, D., Allan, A. B., Cameron, H., Donelly, C., Tramaseur, A., Stratton, J., & MacDonald, S. J. (2025). Validation of the 11+Myco MS-PREP® method for determination of aflatoxins, fumonisins, deoxynivalenol, ochratoxin A, zearalenone, HT-2, and T-2 toxins in cereals, baby food, spices, and animal feed by immunoaffinity column with LC-MS/MS: AOAC Performance Tested MethodSM 112401. *Journal of AOAC International*, 108(2), 207–252. <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsae097>
10. Nji, Q. N., & Mwanza, M. (2024). Three-year multi-mycotoxin analysis of South African commercial maize from three provinces. *Frontiers in Fungal Biology*, 5, 1426782. <https://doi.org/10.3389/ffunb.2024.1426782>
11. Skrzydlewski, P., Kosicki, R., Grajewski, J., & Twarużek, M. (2025). Four-year surveillance of mycotoxins in feed and raw materials (2021–2024): Occurrence, co-contamination, and risk implications. *Toxicon*, 268, 108618. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2025.108618>
12. Shrestha, S., Lamichhane, B., & Chaudhary, N. (2024). Method validation and measurement uncertainty estimation for determination of multiclass pesticide residues in tomato by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). *International Journal of Analytical Chemistry*, 2024, 3846392. <https://doi.org/10.1155/2024/3846392>
13. Alminderej, F. M., Saleh, S. M., & Abdallah, O. I. (2024). Monitoring pesticide residues in pepper (*Capsicum annum* L.) from Al-Qassim region, Saudi Arabia: Occurrence, quality, and risk evaluations. *Heliyon*, 10(17), e36805. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36805>
14. Keklik, M., Golge, O., González-Curbelo, M. Á., & Kabak, B. (2024). Determination of pesticide residues in vine leaves using the QuEChERS method and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Foods*, 13(6), 909. <https://doi.org/10.3390/foods13060909>
15. Khaled, O., Ryad, L., & Eissa, F. (2024). Determination of tetracycline residues in potatoes and soil by LC-MS/MS: Method development, validation, and risk assessment. *Food Chemistry*, 461, 140841. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140841>
16. Dos Santos, I. D., Zomer, P., Pizzutti, I. R., Wagner, R., & Mol, H. (2024). Multi-residue determination of biocides in dairy products and slurry feed using QuEChERS extraction and liquid chromatography combined with high resolution mass spectrometry (LC-ESI-QOrbitrap™-MS). *Food Chemistry*, 457, 140117. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140117>
17. Salis, S., Rubattu, N., Rubattu, F., Cossu, M., Sanna, A., & Chessa, G. (2022). Analytical approaches in official food safety control: An LC-Orbitrap-HRMS screening method for the multiresidue determination of antibiotics in cow, sheep, and goat milk. *Molecules*, 27(19), 6162. <https://doi.org/10.3390/molecules27196162>
18. Rodrigues, H., Leite, M., Oliveira, M. B. P. P., & Freitas, A. (2025). Multi-analyte method for antibiotic residue determination in honey under EU Regulation 2021/808. *Antibiotics*, 14(10), 987. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14100987>
19. Pieragostini, V., Pecorelli, I., Diamanti, I., Carloni, C., Galarini, R., & Fioroni, L. (2026). Veterinary drug residues in animal-origin food: A UPLC-MS/MS screening method for the determination of 21 beta-agonists in animal lung and liver according to Commission Implementing Regulation (EU) 2021/808. *Journal of Mass Spectrometry*, 61(2), e70029. <https://doi.org/10.1002/jms.70029>
20. Gaugain, M., Durot, J., Levé, L., Dubreil-Chéneau, E., Guichard, P., Bourcier, S., Verdon, E., & Hurtaud-Pessel, D. (2025). Multiclass method to analyze banned veterinary drugs in casings by

Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral. 2026, Issue 119

ISSN2707-1162 (online) ISSN 2707-1154 (print)

//Ветеринарні науки//

LC-MS/MS: A validation study according to Regulation (EU) 2021/808. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 73(49), 31590–31602. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5c08099>

Стаття надійшла до редакції 06.04.2026

Стаття пройшла рецензування 07.05.2026

Стаття опублікована

Віталій Яропуд

декан інженерно-технологічного факультету, доцент.

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

ORCID: 0000-0003-0502-1356

email: yaropud@vsau.vin.ua

Ігор Купчук

доцент кафедри машини та обладнання сільськогосподарського виробництва

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

ORCID: 0000-0002-2973-6914

email: kupchuk@vsau.vin.ua

Олена Труханська

доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

ORCID: 0000-0001-8481-8878

email: olenatruhanska@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ БЕТОНУ, ЩО ТВЕРДНЕ, З УРАХУВАННЯМ ПОТРЕБ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Анотація

У роботі представлено результати дослідження комплексного впливу технологічних чинників на процес тверднення бетону з урахуванням специфічних експлуатаційних потреб об'єктів агропромислового комплексу. Проаналізовано вплив складу бетонної суміші, водоцементного співвідношення, виду цементу, добавок, режимів ущільнення та умов тверднення на формування фізико-механічних характеристик матеріалу. Особливу увагу приділено забезпеченню довговічності, тріщиностійкості, волого- та хімічної стійкості бетону в середовищах, характерних для сільськогосподарського виробництва (підвищена вологість, агресивні органічні речовини, температурні коливання). Визначено оптимальні технологічні параметри виготовлення і догляду за бетоном, що дозволяють підвищити його експлуатаційну надійність та економічну ефективність застосування в спорудах агропромислового призначення. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні та зведенні виробничих, складських і інженерних об'єктів АПК.

Ключові слова: заготовки, бетон, деформація, водонепроникність, пластичність, міцність, термосилова технологія, енергоефективність, технологічний процес.

Вступ

У кліматичних умовах, характерних для більшості регіонів України, протягом холодного періоду року, що триває в середньому до п'яти місяців, спостерігаються значні та часто різкі коливання температури навколишнього середовища. Перехід температури через нульову позначку зумовлює

багаторазові цикли замерзання та розмерзання води, що міститься у порах бетонних конструкцій. У процесі замерзання вода збільшується в об'ємі, створюючи внутрішній тиск у капілярно-пористій структурі бетону.

Це призводить до утворення мікротріщин, поступового накопичення пошкоджень і, як наслідок, до зниження міцності, водонепроникності та загальної довговічності конструкцій. Таким чином, морозне руйнування є одним із ключових факторів деградації бетонів у реальних умовах експлуатації. Особливої актуальності проблема забезпечення довговічності набуває для бетонних і залізобетонних конструкцій, що застосовуються в агропромисловому комплексі. До таких об'єктів належать силоси, зерносховища, кормосховища, резервуари для зберігання рідин, гноєсховища, а також елементи транспортної та виробничої інфраструктури. Умови їх експлуатації характеризуються поєднанням підвищеної вологості, дії агресивних органічних середовищ, температурних коливань і значних механічних навантажень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сукупний вплив цих чинників прискорює процеси корозії цементного каменю, знижує несучу здатність конструкцій і скорочує термін їх безпечної експлуатації. Для підвищення довговічності бетонних виробів, що використовуються в умовах агропромислового виробництва, необхідно забезпечити формування щільної, малопористої структури матеріалу з високими показниками міцності та водонепроникності. Саме зниження відкритої пористості й капілярної проникності безпосередньо впливає на морозостійкість бетону, його тріщиностійкість і здатність протистояти циклічним фізико-механічним навантаженням.

Досягнення зазначених експлуатаційних характеристик можливе шляхом комплексного врахування технологічних факторів на всіх етапах виготовлення бетонної суміші та формування виробів. Найбільш суттєвий вплив мають параметри ущільнення та обробки суміші, зокрема прикладений тиск, температурні режими тверднення, а також вібраційна дія. Застосування термосилових і вібраційно-ущільнювальних технологій сприяє інтенсифікації процесів гідратації цементу, зменшенню кількості пор і дефектів структури, підвищенню однорідності та щільності бетону. Кожен із зазначених технологічних чинників по-своєму впливає на формування мікро- та макроструктури матеріалу, що в подальшому визначає його фізико-механічні властивості, стійкість до дії зовнішнього середовища та довговічність у складних умовах експлуатації.

Саме тому дослідження їх комплексного впливу є важливим науково-практичним завданням, спрямованим на підвищення надійності та енергоефективності бетонних конструкцій агропромислового призначення.

Мета дослідження

Метою дослідження є визначення комплексного впливу технологічних чинників — ущільнення, температури та вібраційної обробки — на процес тверднення бетону та підвищення його міцності, щільності і довговічності з урахуванням умов експлуатації конструкцій агропромислового комплексу.

Виклад основного матеріалу дослідження

У межах дослідження комплексного впливу технологічних чинників на процес тверднення бетону особлива увага приділяється інтенсифікації гідратаційних процесів цементу як визначальному фактору формування структури та експлуатаційних властивостей матеріалу.

Поставлена науково-практична задача полягає у прискоренні тверднення, підвищенні якості гідратації цементного каменю, скороченні тривалості технологічної обробки бетонних виробів, а також у забезпеченні підвищених показників ранньої та проектної міцності, що є критично важливим для конструкцій агропромислового комплексу. Експериментальні дослідження виконувалися із застосуванням термосилового впливу на бетонну суміш, укладену у форми. У процесі тверднення в тіло суміші інтегрували електроди, за допомогою яких здійснювався безперервний контроль електричного потенціалу, що слугує індикатором інтенсивності структуроутворення та перебігу гідратаційних реакцій. Одночасно з цим бетонна суміш піддавалася привантаженню та вібраційному ущільненню з підтриманням сталого тиску протягом усього періоду віброобробки. Подальша обробка здійснювалася шляхом ізохоричного нагрівання ущільненої суміші. За умов обмеженого об'єму підвищення температури спричиняє термічне розширення компонентів системи, що, у поєднанні з зовнішнім привантаженням, забезпечує додаткове пресування бетонної структури. Такий режим сприяє зменшенню пористості, підвищенню щільності цементного каменю та покращенню контактної зони «цементний камінь – заповнювач». У процесі тепловологісної обробки здійснювався моніторинг електричного потенціалу. Досягнення його максимального значення відповідало піковій активності гідратаційних процесів, після чого проводилося повторне вібрування до моменту фіксації мінімального значення потенціалу [1].

Подальше зростання показника свідчило про відновлення структуроутворення, у зв'язку з чим цикл «нагрівання – вібрування» повторювався. Завершення обробки визначалося стабілізацією електричного потенціалу, коли його значення переставало знижуватися під дією повторної вібрації. Нагрівання бетонної суміші здійснювалося зі швидкістю 30–35 °C/год до температури 85 °C. Після досягнення заданого температурного рівня теплоподачу припиняли, а вироби витримували під тиском до охолодження нижче 55 °C. За таких режимів термосилової вібраційної обробки вже через близько 5 годин бетон досягав міцності понад 20 МПа, що дозволяло виконувати розпалублення та транспортування виробів без ризику деструктивних пошкоджень [2].

Отримані результати підтверджують, що комплексний спрямований вплив технологічних чинників — тиску, температури та циклічного вібрування — забезпечує суттєве підвищення інтенсивності набору міцності на ранніх стадіях тверднення, а також сприяє зростанню проектної міцності у віці 28 діб. Застосування таких режимів є перспективним для виготовлення бетонних виробів, призначених для експлуатації в умовах агропромислового комплексу, де висувуються підвищені вимоги до довговічності, щільності та експлуатаційної надійності матеріалу (рис.1).



Рис. 1 Приклад конструкцій зерносховища з використанням бетонних елементів

Міцність бетону є одним із ключових показників його експлуатаційної придатності, особливо для конструкцій агропромислового комплексу, де бетонні елементи піддаються циклічним механічним навантаженням, впливу вологи та температурних коливань. Зміна міцності бетону в процесі тверднення залежить від ряду факторів: складу суміші, водоцементного співвідношення, типу цементу, наявності та кількості добавок, умов ущільнення та теплової обробки. У перші години після укладання бетонна суміш проходить активну фазу гідратації цементу, коли відбувається інтенсивне формування кристалічної структури цементного каменю [3].

На ранніх стадіях міцність зростає повільно, що обумовлено формуванням первинних мікротріщин у результаті усадки та випаровування вологи. Використання термосилової технології — поєднання нагрівання, ущільнення та циклічного вібрування — дозволяє значно інтенсифікувати цей процес: пористість бетонної суміші зменшується, контакт між цементним каменем та заповнювачем покращується, а внутрішні напруження рівномірно розподіляються [4].

Підвищення температури до 85 °С у процесі ізохоричного нагрівання прискорює гідратацію цементу і сприяє більш ранньому набору міцності. При цьому повторне вібрування після пікових значень електричного потенціалу сприяє ущільненню структури та заповненню капілярних пор. Як показують експериментальні дані, уже через 5 годин термосилової обробки бетон набирає міцність понад 20 МПа, що дозволяє розпалублювати виріб і транспортувати його без ризику деструкції. Довготривала міцність бетону (28 діб) також підвищується за рахунок покращеної кристалізації цементного каменю та зменшення відкритої пористості. Така структура забезпечує високу морозостійкість, стійкість до хімічно активних середовищ та механічних навантажень, що характерно для агропромислового комплексу — силосів, зерносховищ та резервуарів для рідких і сипких матеріалів [5].

Графічно зміну міцності можна відобразити як залежність від віку бетону:

традиційна технологія характеризується повільним ростом міцності протягом перших діб, тоді як при комплексному термосиловому впливі спостерігається значний приріст вже на ранніх стадіях, з подальшою стабілізацією на проектному рівні до 28 діб (рис.2).

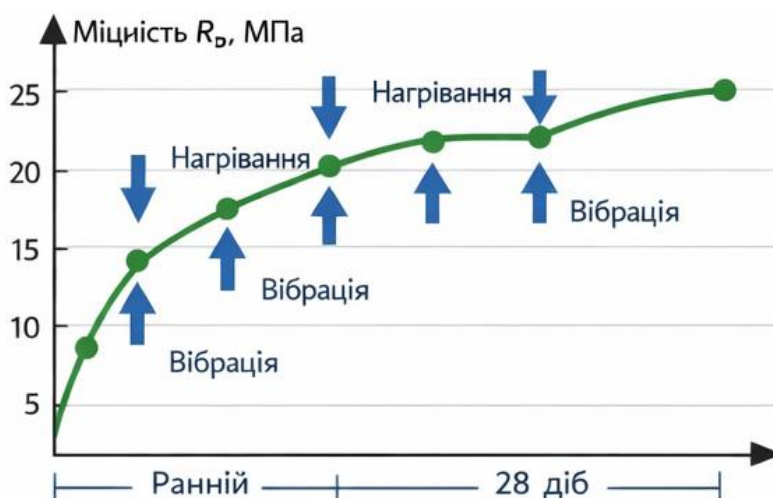


Рис. 2 Зміна міцності бетону під впливом технологічних чинників

Такий ефект дозволяє скоротити технологічний цикл, підвищити ефективність виробництва і забезпечити необхідну надійність бетонних конструкцій [6].

Бетонні конструкції займають ключове місце в інфраструктурі агропромислового комплексу завдяки високій міцності, стійкості до механічних навантажень, вологостійкості та довговічності. Вони використовуються для зберігання, транспортування та переробки зернових, кормових і рідких продуктів, а також у системах інженерного забезпечення виробничих об'єктів. Вертикальні та горизонтальні силоси для зерна і насіння виготовляються із залізобетону, що забезпечує високу міцність стінок і стійкість до тиску сипких матеріалів. Бетонні підлоги та стінки зерносховищ мають низьку пористість, що підвищує водонепроникність і запобігає утворенню плісняви. Для умов підвищеної вологості та температурних коливань застосовуються морозостійкі та хімічно стійкі марки бетону, що забезпечують тривалий термін служби конструкцій [7].

Стінки резервуарів зазвичай армовані для протистояння внутрішньому тиску і запобігання тріщинам. Аналогічні властивості необхідні для гноєсховищ і силосних траншей, де бетон контактує з агресивними органічними середовищами. Використання спеціальних добавок і ущільненої структури бетону дозволяє запобігти ерозії стінок і підвищити довговічність [8].

Бетон застосовується і для елементів транспортної та виробничої інфраструктури, таких як фундаменти, підлоги, рампи, доріжки та під'їзні шляхи на території агропідприємств. Для технічних споруд, включаючи лінії переробки зерна та склади комбікормів, використовуються плити перекриття та балки з високою несучою здатністю. Платформи для навантаження і розвантаження

сировини виготовляють із бетону високої міцності, що забезпечує довготривале використання під дією важкої техніки. Залізобетонні огорожі та стінки ізолюють технологічні зони та витримують механічні удари й навантаження [9].

Бетонні підлоги зернохосовищ і виробничих цехів армовані та мають низьку пористість, що забезпечує легке очищення та стійкість до стирання. При необхідності покриття підлоги додатково обробляються спеціальними сумішами для підвищення стійкості до хімічних речовин та механічних впливів. Таким чином, бетонні конструкції в агропромисловому комплексі одночасно виконують несучі, захисні та експлуатаційні функції, а їх довговічність та надійність безпосередньо залежить від правильного вибору технології виготовлення, складу суміші та режимів тверднення [10].

Висновки

У результаті проведеного дослідження комплексного впливу технологічних чинників на процес тверднення бетону встановлено, що поєднання ущільнення, термосилового нагрівання та циклічного вібрування суттєво впливає на структуру та фізико-механічні властивості матеріалу. Застосування таких режимів забезпечує прискорений набір міцності на ранніх стадіях тверднення, підвищення проєктної міцності до 28 діб та зменшення пористості бетонного каменю, що безпосередньо підвищує його морозостійкість і довговічність.

Дослідження показали, що бетонні конструкції агропромислового комплексу, включаючи силоси, зернохосовища, резервуари, гноєхосовища та елементи транспортної інфраструктури, потребують підвищеної стійкості до циклічних механічних і температурних навантажень. Використання технології термосилового тверднення дозволяє значно покращити експлуатаційні характеристики таких конструкцій, скоротити технологічний цикл виробництва та забезпечити надійність і довговічність бетонних виробів.

Таким чином, комплексне врахування технологічних факторів при виготовленні бетонних сумішей є ефективним інструментом підвищення міцності, щільності та експлуатаційної надійності бетонних конструкцій, що забезпечує оптимальні умови для застосування матеріалу в агропромисловому виробництві. Результати дослідження можуть бути використані для розробки технологічних регламентів виробництва бетонних виробів, адаптованих до умов агропромислового комплексу та вимог щодо довговічності і енергоефективності.

Список використаної літератури

1. Саницький М. А., Маргаль І. В., Киракевич І. І. Сучасні модифіковані бетони та розчини. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2018. – 284 с.
2. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Будівельне матеріалознавство. – Рівне : НУВГП, 2017. – 448 с.
3. Пługін А. А., Пługін О. А., Борзяк О. С. Модифіковані бетони підвищеної довговічності. – Харків : УкрДУЗТ, 2019. – 236 с.
4. Mehta P. K., Monteiro P. J. M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. – 4th ed. – New York : McGraw-Hill Education, 2017. – 659 p.
5. Bentur A., Mindess S. Fibre Reinforced Cementitious Composites. – 2nd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2015. – 601 p.

6. Aïtcin P.-C. High Performance Concrete. – Updated ed. – Boca Raton : CRC Press, 2016. – 624 p.
7. De Schutter G., Ye G., Yuan Q. Advanced Concrete Technology: Testing and Quality. – London : ICE Publishing, 2017. – 352 p.
8. EN 206:2013 + A1:2016. Concrete – Specification, performance, production and conformity. – Brussels : CEN, 2016. – 102 p.
9. ACI 308R-16. Guide to External Curing of Concrete. – Farmington Hills : American Concrete Institute, 2016. – 44 p.
10. ACI 212.3R-16. Report on Chemical Admixtures for Concrete. – Farmington Hills : American Concrete Institute, 2016. – 69 p.

УДК 666.9

Vitalii Yaropud

Dean of the Faculty of Engineering and Technology, Associate Professor

ORCID ID: 0000-0003-0502-1356

Email: yaropud@vsau.vin.ua

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

Ihor Kupchuk

Associate Professor, Department of Agricultural Machinery and Equipment

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-2973-6914

email: kupchuk@vsau.vin.ua

Olena Trukhanska

Associate Professor, Department of Agroengineering and Technical Service

ORCID: 0000-0001-8481-8878

email: olenatruhanska@gmail.com

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine

**STUDY OF THE COMBINED EFFECT OF TECHNOLOGICAL FACTORS
ON CURING CONCRETE, TAKING INTO ACCOUNT THE NEEDS OF THE
AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

Abstract

The paper presents the results of a study on the comprehensive influence of technological factors on the hardening process of concrete, taking into account the specific operational needs of agro-industrial complex facilities. The influence of the concrete mix composition, water–cement ratio, type of cement, admixtures, compaction methods, and curing conditions on the formation of the material's physical and mechanical properties is analyzed. Particular attention is paid to ensuring durability, crack resistance, moisture resistance, and chemical resistance of concrete in environments typical for agricultural production (high humidity, aggressive organic substances, temperature fluctuations). Optimal technological parameters for concrete production and curing have been determined, enabling improved operational reliability and economic efficiency in the use of concrete for agro-industrial facilities. The obtained results can be applied in the design and construction of production, storage, and engineering structures within the agro-industrial sector.

Keywords: blanks, concrete, deformation, watertightness, plasticity, strength, thermoforce technology, energy efficiency, technological process.

References

1. Sanytskyi M. A., Marhal I. V., Kyrakevych I. I. Suchasni modyfikovani betony ta rozchyny [Modern Modified Concretes and Mortars]. – Lviv : Lviv Polytechnic Publishing House, 2018. – 284 p.
2. Dvorkin L. Y., Dvorkin O. L. Budivelne materialoznavstvo [Building Materials Science]. – Rivne : NUVHP, 2017. – 448 p.
3. Pluhin A. A., Pluhin O. A., Borziak O. S. Modyfikovani betony pidvyshchenoi dovhovichnosti [Modified Concretes of Increased Durability]. – Kharkiv : Ukrainian State University of Railway Transport, 2019. – 236 p.
4. Mehta P. K., Monteiro P. J. M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. – 4th ed. – New York : McGraw-Hill Education, 2017. – 659 p.
5. Bentur A., Mindess S. Fibre Reinforced Cementitious Composites. – 2nd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2015. – 601 p.
6. Aïtcin P.-C. High Performance Concrete. – Updated ed. – Boca Raton : CRC Press, 2016. – 624 p.
7. De Schutter G., Ye G., Yuan Q. Advanced Concrete Technology: Testing and Quality. – London : ICE Publishing, 2017. – 352 p.
8. EN 206:2013 + A1:2016. Concrete – Specification, Performance, Production and Conformity. – Brussels : CEN, 2016. – 102 p.
9. ACI 308R-16. Guide to External Curing of Concrete. – Farmington Hills : American Concrete Institute, 2016. – 44 p.
10. ACI 212.3R-16. Report on Chemical Admixtures for Concrete. – Farmington Hills : American Concrete Institute, 2016. – 69 p.4

Стаття надійшла до редакції 07.04.2026

Стаття пройшла рецензування 08.05.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Юрій Буткалюк

аспірант, кафедра хірургії, терапії, вірусології та біотехнології відтворення і годівлі тварин

Вінницький Національний Аграрний Університет

21000, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна

ORCID ID: 0009-0001-9810-9615

e-mail: bym.dominanta@gmail.com

ВПЛИВ ТРИВАЛИХ ПОРУШЕНЬ ГОДІВЛІ ТА УТРИМАННЯ НА ОБМІН РЕЧОВИН І РЕПРОДУКТИВНЕ ЗДОРОВ'Я КОРІВ

Анотація

Метою дослідження було визначити вплив тривалих порушень годівлі та утримання на метаболічний статус і репродуктивне здоров'я високопродуктивних молочних корів у транзитний період. Дослідження проведено на фермі СВК «Ладиги» (Хмельницька область, Україна) у два послідовні періоди: контрольний (15.01–15.04.2025) та дослідний (16.04–15.07.2025) після впровадження комплексу корекційних заходів у системі годівлі й менеджменту. У контрольний період встановлено високий рівень метаболічних та акушерсько-гінекологічних патологій: кетоз – 42,4 %, ацидоз – 67,2 %, метрит – 34,5 %, затримка посліду – 13,2 %, гіпокальціємія – 7,9 %. Біохімічні дослідження крові виявили ознаки білкової недостатності, порушення енергетичного обміну, ураження печінки та дефіцит кальцію й фосфору. Запроваджені зміни включали оптимізацію групування тварин, переведення у пізній сухостій на 264-й день тільності, виключення спиртової барди, заміну соєвого шроту на макуху, введення мінеральних буферів і використання вітамінно-мінеральних преміксів. Після корекції частота кетозу знизилася до 18,2 %, ацидозу – до 32,5 %, метриту – до 24,6 %, затримки посліду – до 9,5 %, гіпокальціємії – до 3,2 %. Біохімічний профіль крові підтвердив нормалізацію білкового, енергетичного й мінерального обміну. Додатково відзначено зростання середньодобових надоїв з 24,3 до 28,9 л, покращення якісних показників молока та підвищення ефективності першого осіменіння з 27 % до 42 %. Результати дослідження доводять, що системна оптимізація годівлі та менеджменту у транзитний період є дієвим інструментом профілактики метаболічних захворювань, підвищення продуктивності та поліпшення відтворної функції молочних корів у промислових умовах.

Ключові слова: молочні корови; транзитний період; кетоз; ацидоз; метаболічний статус; годівля; відтворення

Вступ. Проблема впливу тривалих порушень годівлі та умов утримання на обмін речовин і репродуктивне здоров'я корів залишається однією з ключових у сучасному молочному та м'ясному скотарстві. Сучасні дослідження демонструють, що цей вплив є багатофакторним і охоплює метаболічні, гормональні та поведінкові механізми [8, 9].

Значна частина зарубіжних досліджень акцентує увагу на транзитному періоді як критичному етапі у формуванні метаболічного статусу корів. Зокрема, встановлено, що різні стратегії годівлі у сухостійний період суттєво впливають

на стан матки та тривалість післяродового анеструсу, а також на загальні репродуктивні показники [1]. Порушення енергетичного балансу в цей період має довготривалі наслідки для репродуктивної функції [3]. Транзитний період розглядається як фаза високого ризику розвитку метаболічних захворювань, пов'язаних із негативним енергетичним балансом, зокрема кетозу, жирової дистрофії печінки та зниження імунітету [3, 8].

Разом з тим, окремі дослідники розширюють часові межі впливу нутритивних факторів. Встановлено, що рівень годівлі у третій триместр тільності суттєво впливає не лише на продуктивність, але й на подальшу репродуктивну ефективність корів [2]. Як дефіцит, так і надлишок поживних речовин можуть призводити до порушень обміну речовин, що ускладнює оптимізацію раціонів [2, 14].

Суттєвий внесок у дослідження проблеми зроблено вітчизняними вченими, які акцентують увагу на клінічних та субклінічних формах метаболічних порушень. Зокрема, кетоз розглядається як один із найбільш поширених наслідків тривалих порушень годівлі, що супроводжується накопиченням кетонових тіл і негативно впливає на функцію яєчників та відтворювальну здатність корів [5]. Водночас зазначається, що кетоз є складовою ширшого комплексу метаболічних змін в організмі тварин [5, 13].

З позицій практичного застосування доведено, що оптимізація раціону у транзитний період дозволяє знизити ризик метаболічних і репродуктивних порушень [6]. Використання функціональних кормів, кормових добавок та балансування раціонів за енергією і протеїном є ефективними інструментами профілактики [6, 14].

Управління годівлею та умовами утримання розглядається як ключовий фактор підвищення продуктивності та репродуктивної ефективності. Навіть незначні порушення у балансі раціону можуть призводити до суттєвих метаболічних змін [7]. При цьому важливу роль відіграють фактори менеджменту, зокрема комфорт тварин, щільність посадки та рівень стресу [7, 11].

Окремий напрям досліджень присвячений впливу метаболічного стану на прояви репродуктивної поведінки. Встановлено, що у корів із порушенням метаболізму знижується інтенсивність проявів еструсу, що ускладнює своєчасне виявлення охоти навіть за використання сучасних автоматизованих систем моніторингу [4]. Це свідчить про тісний взаємозв'язок між метаболічними та поведінковими аспектами репродуктивної функції.

Аналіз наукових джерел свідчить про наявність різних підходів до вивчення цієї проблеми. Частина досліджень зосереджена на транзитному періоді як критичному етапі розвитку метаболічних порушень [1, 3, 8]. Інші роботи підкреслюють значення рівня годівлі у період тільності [2], а також роль метаболічних захворювань як центральної ланки порушень репродуктивної функції [5, 13]. Окремі дослідження інтегрують сучасні технології моніторингу для оцінки репродуктивної поведінки [4], тоді як прикладні роботи спрямовані на розробку ефективних стратегій годівлі та менеджменту [6, 7].

Попри значну кількість досліджень, залишаються недостатньо вивченими механізми довготривалого впливу субклінічних порушень обміну речовин, а також їх взаємодія з поведінковими факторами. Крім того, потребують уточнення ефективні стратегії профілактики з урахуванням різних технологій утримання та індивідуальних особливостей тварин.

Таким чином, тривалі порушення годівлі та умов утримання мають системний вплив на організм корів, спричиняючи метаболічні розлади та зниження репродуктивної ефективності [7, 9]. Подальші дослідження мають бути спрямовані на інтеграцію нутритивних, технологічних та біологічних підходів.

Аналіз сучасних публікацій дозволяє виділити низку аспектів, що потребують подальшого вивчення: вплив технологій моніторингу метаболічного стану на продуктивність і відтворення, ефективність індивідуалізованих програм годівлі, а також взаємозв'язок між мікробіотою рубця та системними метаболічними показниками у транзитний період [3, 11, 13]. Зазначені положення обґрунтовують необхідність проведення даного дослідження.

Мета. Оцінка впливу корекції годівлі та технологічного менеджменту у транзитний період на метаболічний статус, продуктивність та відтворну функцію корів голштино-фризької породи на молочно-товарній фермі.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводилося в умовах молочно-товарної ферми СВК «Ладиги» (с. Ладиги, Старокостянтинівський район, Хмельницька область на коровах голштино-фризької породи. Годівля тварин проводиться за системою загально змішаних раціонів (TMR), які готуються за допомогою системи ProFeed. Тривалість досліду склала шість місяців і охоплювала два послідовні періоди. Перший період (15.01–15.04.2025) був контрольним і характеризувався використанням існуючої системи годівлі без корекцій. Другий період (16.04–15.07.2025) відбувався після впровадження комплексу технологічних та кормових змін. До основних технологічних корекцій належали оптимізація системи групування тварин за фізіологічним станом, переведення корів у групу пізнього сухостою на 264-й день тільності замість 251-го, поступове виключення з раціону спиртової барди, заміна соєвого шроту на соєву макуху, введення мінеральних буферів для стабілізації pH рубця, а також застосування вітамінно-мінеральних преміксів для сухостійних і дійних корів. Корекція раціонів була спрямована на підвищення енергетичної щільності, покращення балансу протеїну за рахунок співвідношення RDP/RUP, оптимізацію вмісту крохмалю та структурної клітковини, а також забезпечення адекватного рівня макро- і мікроелементів.

Аналіз та балансування раціонів годівлі корів здійснювали з використанням програмного забезпечення Spartan Dairy 3, яке функціонує на основі науково обґрунтованої системи норм годівлі молочних корів Nutrient Requirements of Dairy Cattle (NRC, 2001), розробленої National Research Council у складі National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (США).

У кожному періоді реєстрували частоту метриту, затримки посліду, кетозу, гіпокальцемії та клінічного ацидозу. Діагностику проводили за клінічними

ознаками відповідно до загальноприйнятих ветеринарних протоколів. Для оцінки метаболічного статусу здійснювали біохімічні дослідження крові у двох незалежних групах корів по 10 тварин. Групи для біохімічних досліджень формували за принципом вирівняних аналогів із урахуванням віку, номера лактації, живої маси та рівня молочної продуктивності. Відбір тварин здійснювали випадковим чином серед корів відповідних технологічних груп за умови відсутності клінічних ознак захворювань, що могли впливати на метаболічний статус організму. Умови утримання та годівлі для відібраних тварин були однаковими. Відбір проб проводили двічі – 15.04.2025 (після завершення контрольного періоду) та 17.07.2025 (після тримісячного застосування коригованої годівлі). Кров відбирали з яремної вени вранці до годівлі у пробірки без антикоагулянта. Сироватку отримували шляхом центрифугування при 3000 об/хв протягом 10 хвилин.

Визначали рівень глюкози, загального білка, альбуміну, сечовини, кальцію, фосфору, а також активність ферментів АсАТ, АлАТ та ГГТ. Аналіз виконували у сертифікованій лабораторії господарства з використанням стандартних наборів реагентів для біохімічних аналізаторів.

Показники продуктивності оцінювали за середньодобовим надоем, вмістом жиру і білка у молоці, а також за середньою вагою новонароджених телят. Репродуктивну функцію аналізували за ефективністю першого осіменіння та використанням схем синхронізації статевого циклу. Для статистичної обробки даних застосовували описову статистику (середнє значення, стандартне відхилення, відсотки), критерій χ^2 та двовибірковий z-тест для порівняння частот патологій у різні періоди. Біохімічні показники аналізували за допомогою t-тесту або U-тесту Манна–Уїтні залежно від результатів перевірки нормальності розподілу тестом Шапіро–Уїлка. Різницю вважали статистично значущою при $p < 0.05$.

Результати досліджень. У процесі аналізу фактичної годівлі корів у господарстві було виявлено низку критичних порушень у поживному балансі раціонів як для сухостійного періоду, так і для початку лактації. Раціон пізнього сухостою формувався для тварин, яких передчасно переводили у відповідну групу на 251-й день тільності. За сучасними рекомендаціями, оптимальним є переведення на 264-й день, коли організм корови максимально готовий до переходу на передотельний раціон. Передчасний перехід порушував логіку підготовки до отелення і збільшував тривалість адаптації до сухостійного раціону. Це могло призводити до перевантаження енергетичними речовинами, порушень обмінних процесів і підвищення ризику розвитку післяродових ускладнень.

Саме ці виявлені недоліки стали підставою для впровадження комплексу коригувальних заходів, які охоплювали оптимізацію групування тварин, зміну структури концентрованої частини раціону, введення мінеральних буферів та використання спеціалізованих вітамінно-мінеральних преміксів.

Склад раціонів та нутриціологічні показники раціонів до та після корекції для групи пізнього сухостою і ранньої лактації корів наведено, відповідно, у Таблицях 1 і 2.

Табл. 1

Склад раціонів до та після корекції (кг/гол/день)

Компонент	Пізній сухостій (до корегування)	Пізній сухостій (після корегування)	Рання лактація (до корегування)	Рання лактація (після корегування)
Силос кукурудзяний	24	18	24	20
Трав'яний сінаж	3	0	5	4
Буряковий жом	0	0	6	3
Вода	0	2	0	3
Кукурудзяний корнаж	0	0	3,5	3
Соева макуха	0	0,5	0	2,4
Соевий шрот	0,5	0	1,7	0
Соняшниковий шрот	1,6	2	2,5	2,4
Спиртова барда	0,5	0	1,7	0
Ячмінь	0	0	0,75	0,4
Пшениця	0	0	0,75	0,4
Солома	2,5	4,5	1	1
Меяса	0	0	1	1
Вітамінно-мінеральний премікс	0	0,1	0	0,2
Мінеральний буфер	0	0	0	0,1
Сіль	0,05	0,05	0,1	0,1
Крейда	0,1	0,03	0,15	0,14
Монокальційфосфат	0,03	0	0,05	0,08
Разом	32,28	29,18	48,2	41,22

Табл. 2

Нутриціологічні показники раціонів до та після корекції

Показник	Пізній сухостій (до)	Пізній сухостій (після)	Рання лактація (до)	Рання лактація (після)

	корегуванн я)	(після корегуванн я)	(до корегуванн я)	(після корегуванн я)
Кількість сухої речовини, кг	13,39	13,1	22,23	18,13
НДК, %	44,4	49,1	34,7	32,8
КДК, %	27,3	31,3	19,6	19,2
Лігнін, %	3,9	5	2,9	2,8
Чиста енергія лактації, МДж/кг	6,2	5,8	6,7	6,7
Сирий протеїн, %	13,2	12,89	15,6	16,84
Рубцеводоступний протеїн, %	9,59	9,06	9,65	6,55
Рубцевозахищений протеїн, %	3,65	3,83	5,95	10,29
Метаболізований протеїн, %	8,7	8,6	11,22	11,84
Неструктурні вуглеводи, %	35,9	31,9	43,9	42,9
Крохмал, %	19,1	15,6	24,24	24,1
Жири, %	2,89	2,7	3,2	3,4
Кальцій, %	0,63	0,49	0,61	0,97
Фосфор, %	0,35	0,3	0,42	0,44
Вітамін А, тис. МО/кг	0	4,65	0	5,35
Вітамін D, тис. МО/кг	0	1,22	0	1,33
Вітамін Е, тис. МО/кг	0,00	61	0,0	43,9
Лізін, % від металізованого протеїну	6,5%	6,6	6,3	6,5
Метионін, % від металізованого протеїну	2,3%	2,3	2,2	2,1

Аналіз захворюваності у період до корекції (15.01–15.04.2025) та після корекції (16.04–15.07.2025) (Таблиця 3) показав високу частоту метаболічних та акушерсько-гінекологічних патологій у корів. Із 113 отелів метрит був зафіксований у 39 випадках (34,5 %), затримка посліду – у 15 випадках (13,2 %), кетоз – у 48 випадках (42,4 %), гіпокальціємія – у 9 випадках (7,9 %), а клінічні прояви ацидозу – у 76 випадках (67,2 %). Такі показники свідчать про

суттєве перевантаження організму корів у транзитний період, що могло бути пов'язано з дисбалансом поживних речовин у раціоні та порушенням технології групування.

Табл. 3

Частота захворювань у корів до та після корекції годівлі

Показник	До корекції (n=113)	Після корекції (n=126)
Метрит	39 (34,5 %)	31 (24,6 %)
Затримка посліду	15 (13,2 %)	12 (9,5 %)
Кетоз	48 (42,4 %)	23 (18,2 %)
Гіпокальціємія	9 (7,9 %)	4 (3,2 %)
Ацидоз	76 (67,2 %)	41 (32,5 %)

Біохімічний аналіз крові, проведений 15.04.2025 у 10 корів різних виробничих груп, підтвердив наявність метаболічного дисбалансу. У 60 % тварин спостерігалось зниження рівня загального білка до 60–62 г/л при нормі 72–86 г/л, що свідчить про білкову недостатність або порушення синтетичної функції печінки. У трьох тварин виявлено гіпоальбумінемію та гіпоглобулінемію, що є ознакою зниження імунної резистентності. Активність аспартатамінотрансферази перевищувала норму у 50 % корів (до 164 Од/л), що разом із підвищеним індексом де Рітиса свідчило про хронічне ураження печінки. Виявлена гіпоурикемія у більшості тварин (3,2–4,1 ммоль/л при нормі 4,2–6,7 ммоль/л) свідчила про порушення азотного обміну та дефіцит легкозасвоюваної енергії. У трьох корів була зафіксована гіпоглікемія (1,7–2,1 ммоль/л), що вказує на субклінічний кетоз. Також встановлено гіпокальціємію та фосфопенію у частини корів, а в окремих випадках і прихований дефіцит магнію. Загалом ці результати свідчили про високу ймовірність розвитку післяродових патологій та підтверджували необхідність корекції годівлі.

Після впровадження коригувальних заходів, які включали оптимізацію групування, зміну структури концентрованої частини раціону, введення мінеральних буферів і використання преміксів, відзначено суттєве покращення показників здоров'я. У період з 16.04.2025 по 15.07.2025, що охопив 126 отелів, частота метриту знизилася до 24,6 %, затримки посліду – до 9,5 %, кетозу – до 18,2 %, гіпокальціємії – до 3,2 %, а ацидозу – до 32,5 %. Особливо вираженою була динаміка щодо кетозу та ацидозу, де зниження частоти склало понад 50 % від початкового рівня.

Результати повторного біохімічного аналізу крові (Табл.4) засвідчили нормалізацію метаболічного статусу. У 80 % тварин рівень загального білка знаходився у межах фізіологічної норми, показники альбуміну та глобулінів відповідали нормативам, що свідчило про відновлення білоксинтезувальної функції печінки та імунної резистентності. Активність АСТ перебувала у межах норми у 9 з 10 тварин, а АЛТ та індекс де Рітиса не виходили за фізіологічні межі, що свідчило про відсутність хронічних уражень печінки.

Табл. 4

Біохімічні показники крові корів до та після корекції годівлі (n=10 у кожному періоді)

Показник	Норма	До корекції	Після корекції
Загальний білок, г/л	72–86	60–62	70–78
Альбуміни, г/л	30–38	27–29	30–33
Глобуліни, г/л	35–45	25–28	35–41
АСТ, Од/л	78–132	130–164	92–128
АЛТ, Од/л	15–35	18–22	19–24
Індекс де Рітіса	1–6	> 6 у 60 %	3,4–5,2
Лужна фосфатаза, Од/л	<200	245–312	≤195
Сечовина, ммоль/л	4,2–6,7	2,8–4,1	4,5–5,8
Азот сечовини, мг/дл	10–15	13,5–14,2	11,7–13,8
Глюкоза, ммоль/л	2,2–3,4	1,7–2,1	2,3–2,9
Кальцій, ммоль/л	2,0–2,5	1,75–1,85	2,08–2,35
Фосфор, ммоль/л	1,4–2,3	1,1–1,3	1,5–1,9
Магній, ммоль/л	0,7–1,1	0,66–0,69	0,78–1,02

Рівні сечовини (4,5–5,8 ммоль/л) та азоту сечовини (11,7–13,8 мг/дл) вказували на відновлення азотного обміну та адекватне надходження енергії. Концентрація глюкози залишалась у межах норми у більшості корів, що знижувало ризик розвитку субклінічного кетозу. Мінеральний обмін характеризувався відсутністю випадків гіпокальціємії та фосфопенії, рівень магнію був фізіологічним у всіх тварин.

Додатково встановлено позитивний вплив коригованої годівлі на продуктивність і відтворну функцію (табл. 5). Середньодобова продуктивність зросла з 24,3 до 28,9 л, а заліковий надій – з 25,59 до 31,71 л. Вміст жиру і білка у молоці мав тенденцію до підвищення. Ефективність першого осіменіння збільшилася з 27 % до 42 %, при цьому потреба у використанні схем синхронізації статевих циклу знизилася з 67 % до 41 %. Середня вага телят при народженні також підвищилася з 38,2 до 39,6 кг.

Табл. 5

Продуктивність і відтворні показники корів до та після корекції годівлі

Показник	До корекції	Після корекції

Середньодобова продуктивність, л/гол/день	24,30	28,90
Вміст жиру в молоці, %	3,6	3,7
Вміст білка в молоці, %	3,23	3,31
Заліковий надій (60 % білок + 40 % жир), л/гол/день	25,97	31,72
Ефективність першого осіменіння, %	27	42
Осіменіння із використанням схем синхронізації, %	67	41
Середня вага телят при народженні, кг	38,2	39,6

Висновки та перспективи подальших досліджень.

Проведене дослідження було спрямоване на оцінку впливу корекції годівлі та технологічного менеджменту у транзитний період на метаболічний статус, продуктивність та відтворну функцію високопродуктивних молочних корів. Було проаналізовано раціони сухостійних корів і корів ранньої лактації, визначено їхній склад, нутриціологічні показники та відповідність сучасним нормам NRC 2001, а також проведено моніторинг частоти метаболічних і акушерсько-гінекологічних патологій та біохімічний аналіз крові на ключових етапах дослідження.

У результаті дослідження встановлено, що до корекції годівлі раціони мали надлишок або нестачу окремих компонентів, що призводило до порушень білкового, енергетичного та мінерального обміну у корів. Частота метаболічних патологій була високою: кетоз реєструвався у 42,4 % тварин, ацидоз — у 67,2 %, метрит — у 34,5 %, гіпокальціємія — у 7,9 %, затримка посліду — у 13,2 %. Біохімічний аналіз крові підтвердив субклінічні та клінічні прояви метаболічного дисбалансу, включаючи зниження загального білка та альбумінів, гіпоглікемію, порушення азотного обміну та підвищену активність печінкових ферментів.

Після впровадження комплексу коригувальних заходів — оптимізації групування, зміни структури концентрованої частини раціону, введення мінеральних буферів та вітамінно-мінеральних преміксів — відзначено покращення метаболічного статусу корів. Частота кетозу знизилась до 18,2 %, ацидозу — до 32,5 %, метриту — до 24,6 %, гіпокальціємії — до 3,2 %, а затримки посліду — до 9,5 %. Біохімічні показники крові нормалізувалися у більшості тварин, що свідчить про відновлення білкового та енергетичного обміну, функцій печінки та імунного статусу.

Одночасно спостерігалось підвищення продуктивності та відтворних показників: середньодобова продуктивність збільшилась із 24,3 до 28,9 л, заліковий надій — із 25,97 до 31,72 л, ефективність першого осіменіння зросла з 27 % до 42 %, а середня вага телят при народженні збільшилась із 38,2 до 39,6 кг.

Отримані результати дозволяють концептуалізувати значення корекції годівлі та менеджменту у транзитний період як ефективного інструменту стабілізації метаболічного стану, зниження ризику розвитку післяродових патологій та підвищення продуктивності молочних корів.

Обмеженням дослідження є відносно невелика кількість тварин, залучених до біохімічного аналізу крові (по 10 голів у кожному періоді), що потребує подальшого підтвердження отриманих результатів на більшій вибірці. Перспективними напрямками подальших досліджень є оцінка впливу корекції годівлі на довгострокові продуктивні та репродуктивні показники, а також детальний аналіз взаємозв'язку між окремими нутрієнтами раціону та специфічними метаболічними розладами.

Список використаної літератури

1. Meier, S., Kay, J. K., Kuhn-Sherlock, B., Heiser, A., Mitchell, M. D., Crookenden, M. A., Vailati-Riboni, M., Loor, J. J., & Roche, J. R. (2020). Effects of far-off and close-up transition cow feeding on uterine health, postpartum anestrus interval, and reproductive outcomes in pasture-based dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, 17. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0416-8>
2. Klein, J. L., Adams, S. M., De Moura, A. F., Alves Filho, D. C., Maidana, F. M., Brondani, I. L., Cocco, J. M., Rodrigues, L. D. S., & Pizzuti, L. A. D. (2021). Productive performance of beef cows subjected to different nutritional levels in the third trimester of gestation. *Animal*, 15, 100089. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100089>
3. Caixeta, L.S., & Omontese, B.O. (2021). Monitoring and Improving the Metabolic Health of Dairy Cows during the Transition Period. *Animals*, 11(2), 352. <https://doi.org/10.3390/ani11020352>
4. Bretzinger, L.F., Tippenhauer, C.M., Plenio, J.-L., Heuwieser, W., & Borchardt, S. (2023). Effect of transition cow health and estrous expression detected by an automated activity monitoring system within 60 days in milk on reproductive performance of lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 4429–4442. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22616>
5. Huralaska, S., & Olishkevskyi, V. (2025). Ketosis of cattle: causes, consequences and prevention measures. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 27(117), 27–33. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11704>
6. Lecoultre, V. et al. (2020). Symposium review: Nutrition strategies for improved health, production, and fertility during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 105(11), 5684–5693. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17271>
7. Overton, W.R., & Santos, J.E.P. (2023). Transition cow management and nutrition: Strategies for improving metabolic health, milk yield, and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 105(5), 4033–4050. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21876>
8. Drackley, J.K. (1999). Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier. *Journal of Dairy Science*, 82(11), 2259–2273. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75474-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75474-3)
9. Overton, T.R., & Waldron, M.R. (2004). Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *Journal of Dairy Science*, 87(E. Suppl.), E105–E119. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70066-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70066-1)
10. Stone, W.C. (2004). Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 87(E. Suppl.), E13–E26. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70057-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70057-0)

11. Oetzel, G.R. (2004). Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 20(3), 651–674.
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.006>
12. Fricke, P.M., & Carvalho, P.D. (2013). Reproductive programs for dairy cows: integrating physiology and management. *Animal Reproduction Science*, 141(3–4), 103–112.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.11.007>
13. Van Saun, R.J. (2007). Metabolic profiling and health risk in transition cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(2), 225–238.
<https://doi.org/10.21423/aabppro20044964>
14. Schwab, C.G., & Broderick, G.A. (2017). A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10094–10112.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13320>

Yuriy Butkalyuk

Postgraduate Student, Department of Surgery, Therapy, Virology and Biotechnology of Animal Reproduction and Feeding

Vinnitsia National Agrarian University

21000, 3 Sonyachna St., Vinnitsia, Ukraine

ORCID ID: 0009-0001-9810-9615

e-mail: bym.dominanta@gmail.com

THE INFLUENCE OF LONG-TERM DISORDERS OF FEEDING AND KEEPING ON THE METABOLISM AND REPRODUCTIVE HEALTH OF COWS

Abstract

The aim of the study was to determine the impact of long-term disturbances of feeding and keeping on the metabolic status and reproductive health of high-yielding dairy cows during the transition period. The study was conducted at the SVK "Ladygi" farm (Khmelnitskyi region, Ukraine) in two consecutive periods: control (15.01–15.04.2025) and experimental (16.04–15.07.2025) after the implementation of a set of corrective measures in the feeding and management system. In the control period, a high level of metabolic and obstetric-gynecological pathologies was detected: ketosis - 42.4%, acidosis - 67.2%, metritis - 34.5%, retained placenta - 13.2%, hypocalcemia - 7.9%. Biochemical blood tests revealed signs of protein deficiency, impaired energy metabolism, liver damage, and calcium and phosphorus deficiency. The introduced changes included optimization of animal grouping, transfer to late dry period on the 264th day of pregnancy, exclusion of alcohol-based feed, replacement of soybean meal with cake, introduction of mineral buffers and use of vitamin-mineral premixes. After correction, the frequency of ketosis decreased to 18.2%, acidosis – to 32.5%, metritis – to 24.6%, delayed parturition – to 9.5%, hypocalcemia – to 3.2%. The biochemical profile of blood confirmed the normalization of protein, energy and mineral metabolism. Additionally, an increase in average daily milk yield from 24.3 to 28.9 l, improvement in milk quality indicators and an increase in the efficiency of the first insemination from 27% to 42% were noted. The results of the study prove that systematic optimization of feeding and management during the transition period is an effective tool for preventing metabolic diseases, increasing productivity and improving the reproductive function of dairy cows in industrial conditions.

References

15. Meier, S., Kay, J. K., Kuhn-Sherlock, B., Heiser, A., Mitchell, M. D., Crookenden, M. A., Vailati-Riboni, M., Loor, J. J., & Roche, J. R. (2020). Effects of far-off and close-up transition cow feeding on uterine health, postpartum anestrus interval, and reproductive outcomes in pasture-based dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, 17. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0416-8>
16. Klein, J. L., Adams, S. M., De Moura, A. F., Alves Filho, D. C., Maidana, F. M., Brondani, I. L., Cocco, J. M., Rodrigues, L. D. S., & Pizzuti, L. A. D. (2021). Productive performance of beef cows subjected to different nutritional levels in the third trimester of gestation. *Animal*, 15, 100089. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100089>
17. Caixeta, L.S., & Omontese, B.O. (2021). Monitoring and Improving the Metabolic Health of Dairy Cows during the Transition Period. *Animals*, 11(2), 352. <https://doi.org/10.3390/ani11020352>
18. Bretzinger, L.F., Tippenhauer, C.M., Plenio, J.-L., Heuwieser, W., & Borchardt, S. (2023). Effect of transition cow health and estrous expression detected by an automated activity monitoring system within 60 days in milk on reproductive performance of lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 4429–4442. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22616>
19. Huralska, S., & Olishkevskyi, V. (2025). Ketosis of cattle: causes, consequences and prevention measures. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 27(117), 27–33. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11704>
20. Lecoultre, V. et al. (2020). Symposium review: Nutrition strategies for improved health, production, and fertility during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 105(11), 5684–5693. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17271>
21. Overton, W.R., & Santos, J.E.P. (2023). Transition cow management and nutrition: Strategies for improving metabolic health, milk yield, and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 105(5), 4033–4050. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21876>
22. Drackley, J.K. (1999). Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier. *Journal of Dairy Science*, 82(11), 2259–2273. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75474-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75474-3)
23. Overton, T.R., & Waldron, M.R. (2004). Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *Journal of Dairy Science*, 87(E. Suppl.), E105–E119. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70066-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70066-1)
24. Stone, W.C. (2004). Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 87(E. Suppl.), E13–E26. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70057-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70057-0)
25. Oetzel, G.R. (2004). Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 20(3), 651–674. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.006>
26. Fricke, P.M., & Carvalho, P.D. (2013). Reproductive programs for dairy cows: integrating physiology and management. *Animal Reproduction Science*, 141(3–4), 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.11.007>
27. Van Saun, R.J. (2007). Metabolic profiling and health risk in transition cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23(2), 225–238. <https://doi.org/10.21423/aabppro20044964>
28. Schwab, C.G., & Broderick, G.A. (2017). A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10094–10112. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13320>

Стаття надійшла до редакції 08.04.2026

Стаття пройшла рецензування 11.05.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Фільчугова Катерина.

аспірант ,кафедра внутрішніх хвороб і клінічної діагностики тварин,
Державний біотехнологічний університет

м.Харків,Україна

ORCID ID 0009-0005-9008-6075

email: snowbsrswet9@gmail.com

Кібкало Дмитро доктор ветеринарних наук, професор,
кафедра внутрішніх хвороб і клінічної діагностики тварин,

Державний біотехнологічний університет

м.Харків,Україна

ORCID ID 0000-0002-0197-1381

email: diagnost_96@ukr.net

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСКУТАННОЇ МІКРОТОКОВОЇ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ ПРИ ЛІКУВАННІ НЕЙРОГЕННОГО ГІПЕРТОНУСУ СФІНКТЕРА СЕЧОВОГО МІХУРА У СОБАК З ТРАВМАМИ ХРЕБТА.

Анотація

Метою роботи є встановлення й оцінка ефективності впливу паравертебральної мікроелектричної стимуляції нервових волокон на можливість нормалізації тонусу сфінктера сечового міхура при нейрогенному гіпертонусі сфінктера сечового міхура у собак ,що зазнали травм хребта та мають компресійне ураження спинного мозку.

Порушення функції сечового міхура та нижніх сечовивідних шляхів є одним з найбільш розповсюджених ускладнень при травмах хребта та відповідно спинного мозку. При дії травмуючого компонента виникає компресія тканин спинного мозку що тягне за собою порушення провідниковості передачі нервового імпульсу в дузі центральної нервової системи - периферична нервова система,внаслідок чого виникає порушення регуляції акту сечовипускання.

Цей патологічний стан має назву нейрогенний сечовий міхур, тобто порушення сечовипускання (гіпотонус або гіпертонус сечового міхура або його частин) спровоковане хворобами центральної та периферичної нервової системи.

Гіпертонус сфінктера сечового міхура викликає затримку або повну неможливість відведення сечі при неможливості мануального відведення сечі, перенаповнення та перерозтягнення сечового міхура , в результаті чого можуть виникати бактеріальні цистити, відслойки слизової оболонки сечового міхура, травми стінки сечового міхура. Ці ускладнення можуть приводити до гострих станів тварини та навіть до летальних випадків. Альтернативним або допоміжним методом корекції таких станів може бути застосування мікроелектричної стимуляції нервових закінчень в області хребців S1-S3. Електроди встановлюються паравертебрально в крижовому відділі хребта або в каудальному кінці поперекового відділу хребта.Для дослідження було взято 20 тварин з компресією спинного мозку та гіпертонусом сечового міхура,розділено на піддослідну та контрольну групу порівну. Під час дослідження було виявлено,що паравертебральна транскутанна міостимуляція має позитивний вплив на контрольовану регуляцію роботи сечового міхура та самостійне сечовипускання.

Ключові слова: сечовий міхур, нейрогенний, міостимулятор, сфінктер, тварини, сечовипускання, іннервація.

Вступ. Травма спинного мозку у собак-компаньйонів може призвести до нетримання сечі або затримки сечі, залежно від тяжкості та локалізації ураження вздовж нервової системи собаки. Дисфункцію сечового міхура та шлунково-кишкового тракту, спричинену ураженнями вегетативної системи, важко розпізнати, інтерпретувати та легко пропустити. Тим не менш, вкрай важливо підтримувати високий рівень усвідомлення впливу порушень сечовипускання на стан, добробут тварини та на власника. Лікування цих порушень є тим складнішим, що фізіологія вегетативної нервової системи є складною темою[5]

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Регуляція сечовипускання включає складну нейронну систему контролю в головному мозку, спинному мозку та периферичних вегетативних гангліях, яка координує активність гладких і поперечно-смугастих м'язів сечового міхура та виходу з уретри. Механізми зберігання в спинному мозку регулюються ланцюгами в ростральному стовбурі мозку та ініціюють рефлекторне сечовипускання. Вхідні дані з переднього мозку запускають довільне сечовипускання шляхом модуляції ланцюгів стовбура мозку. Перемикання між накопиченням сечі та сечовипусканням здійснюється довгим петлевим бульбо-спінальним рефлексом сечовипускання, який має свій ростральний кінець у стовбурі мозку. Під час накопичення сечі, коли сечовий міхур наповнюється, аферентні сигнали сечового міхура зростають, доки не перевищують певний поріг у стовбурі мозку. За відсутності будь-яких контролюючих впливів активується центр сечовипускання мосту, сфінктер уретри розслабляється, сечовий міхур скорочується, і відбувається рефлекторне сечовипускання [6]

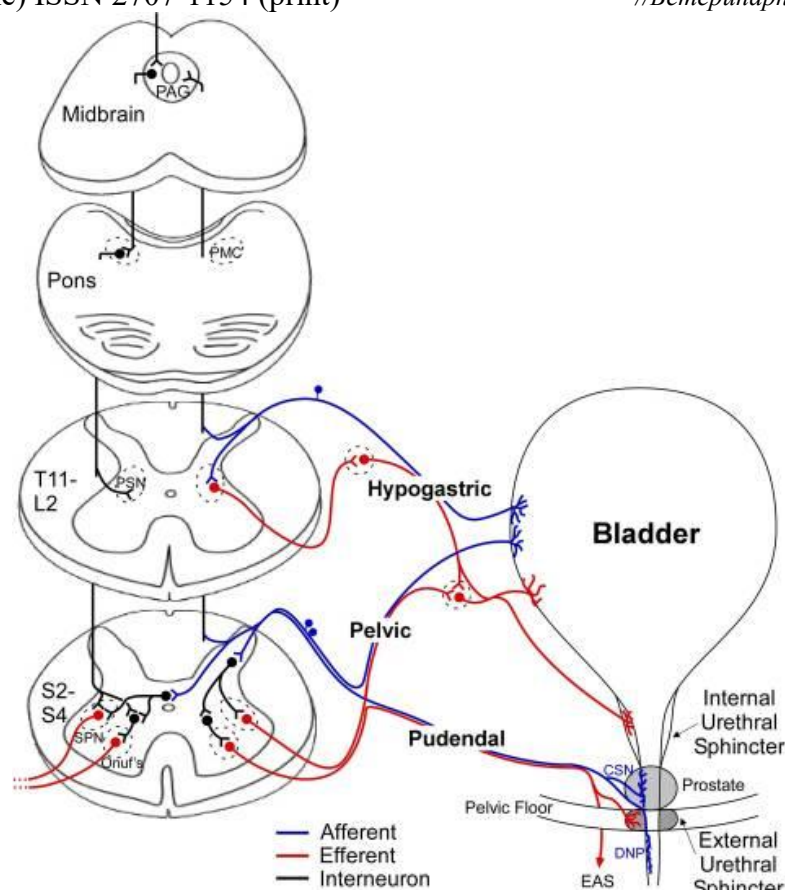


Рис.1.

Нервові та анатомічні зв'язки нормального контролю нижніх сечовивідних шляхів. Аферентні нерви від сечового міхура та тазового дна потрапляють у спинний мозок на грудному та крижовому рівнях, де вони посилюють висхідні проєкції або синапси з місцевими нейронами. Низхідна модуляція від періакведутального сірого (PAG) та мостового центру сечовипускання (PMC) координує активність сечового міхура та сфінктера, контролюючи вихід прегангліонарного симпатичного ядра (PSN), крижового парасимпатичного ядра (SPN) та ядра Онуфа. Скорочення: черепний сенсорний нерв (CSN), дорсальний нерв статевого члена (DNP), зовнішній анальний сфінктер (EAS). [14]

Захворювання нижніх сечовивідних шляхів (НСШ) включає порушення структури та функції сечового міхура та уретри. НСШ, спричинене неврологічним захворюванням, визначається як нейрогенний сечовий міхур (НМ). Для забезпечення нормального сечовипускання, підтримки належної функції сечового міхура та уретри необхідна цілісність центральної нервової системи (ЦНС) та периферичної нервової системи (ПНС). Розташування та тип неврологічних уражень впливають на характер клінічних проявів, потенційне лікування та прогноз[13] Лікування стійкої дисфункції нижніх сечовивідних шляхів, що виникає внаслідок тяжкого пошкодження спинного мозку в грудному поперековому відділі, може бути складним завданням. Тяжке пошкодження супракрижового відділу спинного мозку вивільняє сегментарний рефлекс сечовипускання спинного мозку від супраспінальної модуляції та збільшує концентрацію фактора росту нервів у стінці сечового міхура, попереково-крижовому відділі спинного мозку та дорсальному корінцевому ганглії, що згодом активує гіпермеханочутливі аферентні волокна стінки сечового міхура.

Гіперзбудливість аферентних м'язів сечового міхура та гіперактивність детрузора можуть спричинити витік сечі під час фази накопичення сечі. Під час сечовипускання втрата супраспінального контролю, який зазвичай координує скорочення детрузора з розслабленням сфінктера, може призвести до одночасного скорочення детрузора та сфінктера, опосередкованого сегментарним рефлексом спинного мозку, або до дисинергії детрузора-сфінктера, що призводить до неефективного сечовипускання та високого залишкового об'єму сечі. Ці зміни, пов'язані із захворюванням, можуть впливати на якість життя та тривалість життя тварин з травмами хребта. [3]

Одним з найбільш розповсюджених ускладнень травм хребта та спинного мозку є порушення роботи сечовидільної системи. Контроль нижніх сечовивідних шляхів (НСШ) вимагає складних нейронних ланцюгів, що включають елементи, розташовані в периферичній нервовій системі та на різних рівнях центральної нервової системи. Травма спинного мозку (ТСМ) перериває ці нейронні ланцюги та ставить під загрозу довільний контроль функції сечового міхура. У більшості випадків ТСМ призводить до періоду арефлексії сечового міхура, після чого виникає нейрогенна гіперактивність детрузора (НГД). Лише нещодавно дослідники почали мати чіткіше уявлення про механізми змін, викликаних ТСМ, які впливають на контроль НСШ. [11] В залежності від місця локалізації травми порушується координація регулювання накопичення та відведення сечі та може виникати атонія або гіпертонус сечового міхура або детрузора. У собак зі значно зниженою або відсутньою руховою функцією, пов'язаною з ураженням вище рівня крижових сегментів, розвивається дисфункція сечового міхура верхніх рухових нейронів (ВМН), що призводить до затримки сечі та періодичного нетримання сечі через переповнення. У здорової собаки центр сечовипускання мосту мозку в стовбурі мозку є контролем ВМН для нормального сечовипускання. Кора головного мозку може певною мірою порушувати цей контроль стовбура мозку, щоб дозволити добровільне сечовипускання, але кортикальний контроль не є необхідним для виникнення сечовипускання. Навпаки, зв'язок центру сечовипускання мосту мозку з тазовим нервом через спинномозкові шляхи ВМН (спіноталамічні шляхи, ретикулоспінальні шляхи, тектоспінальні шляхи) необхідний для ініціювання сечовипускання шляхом скорочення м'яза детрузора. Цей процес називається детрузорним рефлексом. Якщо травма верхнього мотонейрона (ГМН) достатньо серйозна, щоб заблокувати ці спинномозкові шляхи, це повідомлення не може відбутися, і детрузорний рефлекс не ініціюється. Сечовий міхур ГМН зазвичай відчувається набряклим при пальпації, а уретральний сфінктер підтримує нормальний або підвищений м'язовий тонус, що ускладнює ручне зцідження. Зазвичай дисфункція сечового міхура ГМН має хороший прогноз для одужання у собак, які відновлюють здатність ходити. Прогноз для відновлення ходьби та сечовипускання після гострої грудно-поперекової внутрішньочеревної дегенерації у собак від доброго до відмінного (повідомлений діапазон 80%–95%) після операції, за умови збереження ноцицепції тазових кінцівок. Якщо ноцицепція тазових кінцівок відсутня, прогноз для відновлення ходьби, а отже, і

функції сечовипускання, є більш нижчим (приблизно 50%) після операції. Зазвичай довільне сечовипускання повертається приблизно в той час, коли повертається рухова функція тазових кінцівок [1] Також можливий розвиток диссинергії детрузорного сфінктера також відома як диссинергія поперечно-сфінктерного м'яза детрузора або диссинергія зовнішнього сфінктера детрузора. Міжнародне товариство з питань нетримання сечі визначило її як скорочення детрузора, що відбувається одночасно з мимовільним скороченням уретрального та/або періуретрального поперечно-смугастого м'яза, що призводить до функціональної обструкції уретри та затримки сечі [4]

Таким чином, сучасне довгострокове урологічне лікування тварин з ушкодженнями супракрижового відділу хребта обмежується лікуванням інфекцій сечовивідних шляхів та сприянням сечовипусканню, головним чином шляхом ручного зціджування сечового міхура. Однак у собак з паралічем ручне зціджування сечового міхура є неефективним, оскільки можна спорожнити лише ~50% об'єму сечового міхура, що призводить до значно більших об'ємів залишків : 0,50–33,02 мл/кг у собак з паралічем порівняно зі значеннями 0,2–0,4 мл/кг у здорових собак. Таким чином, консенсус щодо різних аспектів нейрогенної дисфункції нижніх сечовивідних шляхів, від початкової діагностики до довгострокового лікування, повинен стандартизувати та покращити нашу сучасну практику [3] Ще один фактор проявлення нейрогенного гіпертонусу сечового міхура та один із найскладніших наслідків TL-IVDE є втрата добровільного сечовипускання та спричинене ним затримування сечі. [9] Ретроспективне контрольоване клінічне дослідження мало перевірило, чи може інтенсивна нейрореабілітація покращити ходьбу швидше, ніж спонтанне відновлення або традиційна фізіотерапія, та запропонувати можливий терапевтичний підхід у собак з післяопераційною параплегією та глибоким болем, позитивним (з відсутнім/зниженим згиначним рефлексом) та негативним сприйняттям болю, з гострою екструзією міжхребцевого диска. Між групами була продемонстрована тенденція до значної статистичної різниці щодо відновлення, результати свідчать про те, що успішність ходьби може бути покращена, головним чином щодо часу [12]

Дослідження ефективності електростимуляції показали, що електрична стимуляція стінки сечового міхура або крижових нервів є ефективною для лікування сечового міхура у пацієнтів з травмою спинного мозку (ТСМ). Однак для імплантації електродів потрібні менш інвазивні методи. Була оцінена модифікована перкутанна процедура імплантації голчастих електродів у крижовий канал. Стимуляція за допомогою цих електродів була ефективною для індукції сечовипускання з невеликим залишковим об'ємом після відновлення рефлексів сечового міхура через 3 тижні після експериментального пошкодження спинного мозку у собаки. Оптимальне розташування електродів включало один серединний монополярний електрод, розташований між крижовими отворами L7 та S1. Однак при низькому стимулюючому струмі латеральні електроди, що прилягають до крижових нервів, були ефективнішими, ніж серединні електроди, для індукції сечовипускання. Параметри стимуляції,

ефективні для щоденного сечовипускання, становили 10 імпульсів/с, 1,5-5 мА, тривалість імпульсу 0,3 мс та періоди стимуляції від 2 до 3 секунд.[2]

Більшість систем функціональної електростимуляції в основному досить схожі за конструкцією та призначенням, але електрична стимуляція може здійснюватися поверхневими (транскутанними), перкутанними або імплантованими електродами та електродами. Основні компоненти систем функціональної електростимуляції включають портативне джерело живлення (акумулятор), командний мікропроцесор/блок керування, стимулятор, дроти відведень, електроди та датчики. Поверхневі системи мають електроди, які розміщуються на шкірі над потрібними нервами або їх руховими точками, і вони з'єднані дротами відведень зі стимулятором. Поверхневі системи можуть безпечно використовуватися клініцистами та є відносно недорогими

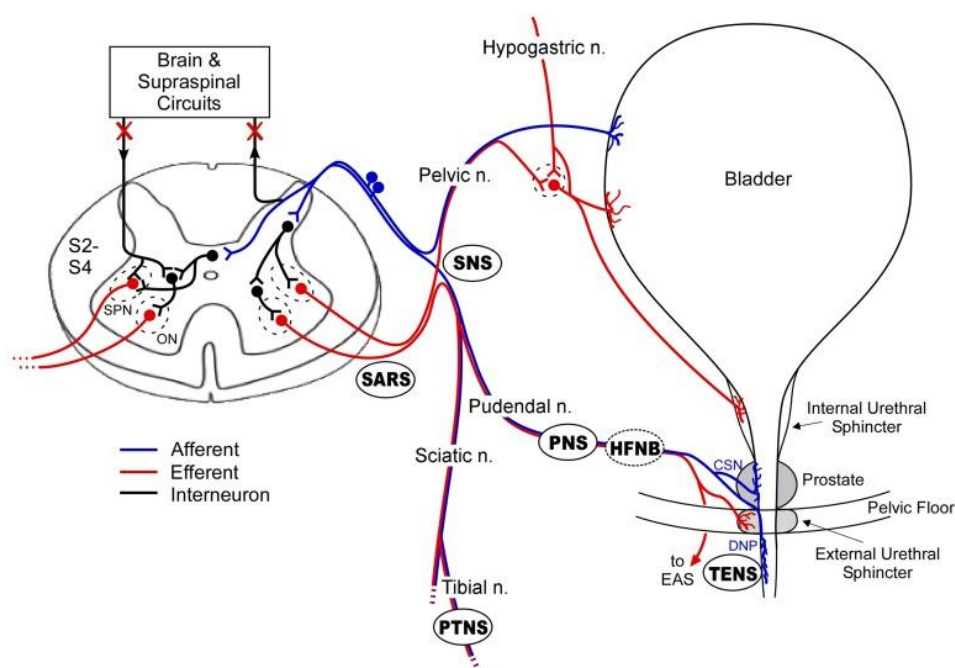


Рис.2.

Локації, цільові для відновлення контролю сечового міхура за допомогою електричної стимуляції. Показано анатомічні розташування електродів, що використовуються для електричної стимуляції функції сечового міхура: стимуляція переднього корінця крижового відділу хребта (СПК), стимуляція крижового нерва (КН), стимуляція сором'язового нерва (СНП), перкутанна стимуляція великогомілкового нерва (ПТНС), транскутанна електронервова стимуляція (ТЕНС) та високочастотна нервова блокада (ВЧНБ). ПНС, ТЕНС та ПТНС можна виконувати малоінвазивними методами. ППК зазвичай вимагає задньої ризотомії. ВЧНБ у поєднанні з ПНС або СНС може усунути небажані скорочення зовнішнього сфінктера уретри та забезпечити ефективне сечовипускання. Після травми спинного мозку (ТСМ) втрачаються зв'язки з головним мозком та вищими спинномозковими ланцюгами. Скорочення: черепний сенсорний нейрон (ЧСН), дорсальний нерв статевго члена (ДНП), ядро Онуфа (ЯО) та крижове парасимпатичне ядро (ППА) [14]

Таким чином, важливо отримати ранню інформацію про можливість клінічних проявів в центрі інтенсивної нейрореабілітації, щоб розробити та впровадити профілактичні заходи, які можуть підвищити якість життя собак з неврологічними захворюваннями. Метою цього проспективного обсерваційного

дослідження було з'ясувати поширеність клінічних випадків у собак, які проходять госпіталізовану нейрореабілітацію в реабілітаційному центрі. Як вторинна мета, це дослідження мало на меті розробити профілактичні заходи для виявлених основних клінічних випадків. Гіпотеза дослідження полягала в розгляді існування позитивного зв'язку між ймовірністю клінічних проявів у пацієнтів з неврологічними захворюваннями, які проходять нейрореабілітацію в умовах стаціонару.[8] У рекомендаціях Американської урологічної асоціації щодо нейрогенної дисфункції нижніх сечовивідних шляхів рекомендують пропонувати сакральну нейромодуляцію пацієнтам з нейрогенним сечовим міхуром, у яких гіперактивність детрузора інакше не піддається лікуванню .[10]

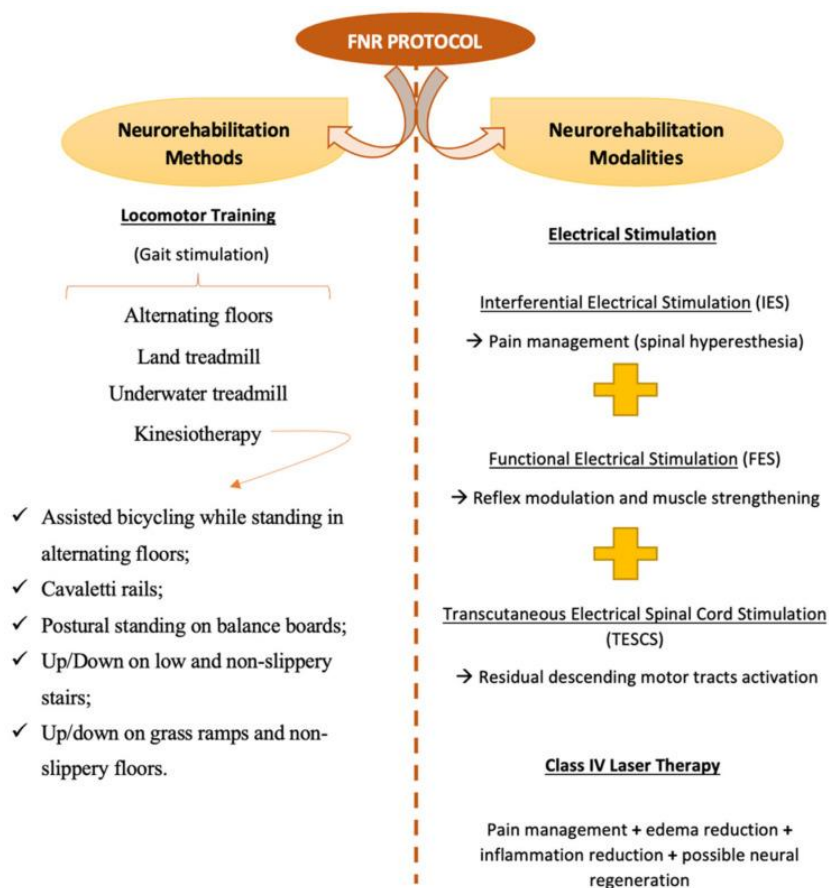


Рис.3

Загальний протокол FNR, призначений для досліджуваної популяції [8]

В дослідженнях було виявлено що нові нейрональні шляхи, створені внаслідок передачі нервів, можуть відновити відчуття сечового міхура та рухову функцію у собак з ураженням нижніх рухових нейронів навіть через 12 місяців після децентралізації.[15]

Мета. Визначити та провести дослідження впливу транскутанної мікротокової електростимуляції дорсально-крижових вихідних нервових закінчень в опереково-крижовому відділі хребта , а саме в зоні хребців З прицільною дією на збудження та передачу нервового імпульсу по нижній мотонейронній дузі для індукції сечовипускання у собак з нейрогенним

гіпертонусом сечового міхура. Дослідити ефективність транскутанної мікротокової паравертебральної електростимуляції дорсально-крижових нервових закінчень в дорсально-крижовому відділі хребта .Визначити вплив мікротокової електростимуляції на функцію сфінктера сечового міхура в собак з гіпертонусом сфінктера сечового міхура.

Виклад основного матеріалу досліджень. Для проведення дослідження були відібрані 10 собак, що мали ускладнення після травми хребта у вигляді гіпертонуса сфінктера сечового міхура На момент відбору та включення їх до дослідження були проведені обстеження для постановки кінцевого діагнозу, а саме – магнітно-резонансної томографії (МРТ), комп'ютерної томографії (КТ), ультразвукової діагностики (УЗД) органів черевної порожнини, загального аналізу крові та (ЗАК) біохімічного аналізу (БХ),неврологічний огляд. Всі тварини при проходженні лікування знаходились на стаціонарному лікуванні в клініці реабілітації та ветеринарної медицини під постійним наглядом спеціалістів.

Всі тварини мали неамбулаторний парапарез тазових кінцівок 3 - 4 ступеню.

Для роботи було відібрано 2 групи собак: 5 тварин дослідної та 5 тварин контрольної групи (табл. 1.).

Таблиця 1.

Опис експериментальних груп пацієнтів

№	Тварина	Порода, вік	Наявні обстеження	Діагноз при надходженні	Сечовий міхур
Піддослідна група					
1	Собака Фанта	Метис 6 років, 10 кг., сука. Анамнез невідомий.	МРТ,РГ,КТ, УЗД ОЧП,БАК,ЗАК, загальний аналіз сечі	Перелом L7-S1.Парапарез тазових кінцівок 4 ст. неврологічного дефіциту	Атонія сечового міхура 3 гіпертонусом сфінктера сечового міхура
2	Собака Кінг	Кане-корсо 40 кг, стрімке погіршення неврологічного статусу Обтяжений анамнез відсутній.	МРТ,РГ,УЗД ОЧП,БАК,ЗАК, загальний аналіз сечі Дослідження ліквору на стерильність.	Гематома спинного мозку - L6-L7,переломовивих L7-S1 парапарез тазових кінцівок 3-4 ст. неврологічного дефіциту	Атонія сечового міхура 3 гіпертонусом сфінктера сечового міхура

3	Собака Сірко	Метис лабрадора,36 кг кобель. Анамнез не обтяжений,п огіршення неврологічно го стану стрімке.	РГ з мієлографією ,МРТ,УЗД ОЧП,ЗАК,БА К, загальний аналіз сечі	Перелом крижових хребців S1- S3,гематома L5- L7 4 ст неврологічного дефіциту неврологічного дефіциту прооперований (фіксація транспедикуляр ними кейджами)	Гіпертонус сфінктера сечового міхура
4	Собака Белка	Метис,6 років,13кг. Травма внаслідок ДТП Анамнез не обтяжений.	МРТ,РГ,УЗД ОЧП,БАК,ЗА К, загальний аналіз сечі	Перелом хребта Зі зміщенням в зоні L6-L7, 4-5 ст. неврологічного дефіциту прооперована (фіксація транспедикуляр ними кейджами)	Гіпертонус сфінктера сечового міхура
5	Собака Бонні	Мопс, 3 роки, 5,5 кг. Анамнез не обтяжений.	МРТ,РГ,УЗД ОЧП,БАК,ЗА К,ЗАС.	Травматичний забій спинного мозку,гідроудра р речовиною міжхребцевого диску L6-L7 , 3-4 ст. неврологічного дефіциту	Гіпертонус сфінктера сечового міхура
Контрольна група					

6	Собака Роккі	Цвергпінчер, 3 роки, вага 2 кг. Анамнез не обтяжений.	МРТ, РГ, УЗД ОЧП, БАК, ЗАК, загальний аналіз сечі	Компресійний перелом L5-L6, парапарез тазових кінцівок 4-5 ст. ст. неврологічного дефіциту.	Гіпертонус сфінктера сечового міхура
7	Собака Моніка	Анамнез не обтяжений. Тракса, 8р.	мієлографія, МРТ, УЗД ОЧП, ЗАК, БАК, загальний аналіз сечі	Вивихо-перелом L7-S1. Парапарез тазових кінцівок. Неврологічний дефіцит 4-5 ст.	Гіпертонус сфінктера сечового міхура
8	Собака Тор	Мастіф, 10 р. Анамнез не обтяжений.	МРТ, РГ, УЗД ОЧП, БАК, ЗАК, загальний аналіз сечі.	Компресійний перелом L4-L5. Парапарез тазових кінцівок. Неврологічний дефіцит 3 ст.	Гіпертонус сфінктера сечового міхура
9	Собака Джордан	Цвергшнауцер, 3 міс. Анамнез не обтяжений.	МРТ, КТ, РГ, УЗД ОЧП, БАК, ЗАК, загальний аналіз сечі	Компресійний перелом T12-T13. Парапарез тазових кінцівок. Неврологічний дефіцит 3-4 ст.	Гіпертонус сфінктера сечового міхура
10	Собака Плюша	Мопс, 10р. Анамнез не обтяжений.	МРТ, РГ, УЗД ОЧП, БАК, ЗАК, загальний аналіз сечі	Компресійний перелом T13-L1. Парапарез тазових кінцівок. Неврологічний дефіцит 2-3 ст.	Гіпертонус сфінктера сечового міхура

Собаки з піддослідної та контрольної груп на момент проведення дослідження не отримували медикаментозної та підтримуючої терапії.

Фізіотерапевтичне лікування – лазерна та інфрачервона терапія, силові тренування, електростимуляція м'язів задніх кінцівок, фізична реабілітація

Для собак з групи де реєструвалися результати додатково застосовувалась паравертебральна мікротокова транскутанна міоелектростимуляція вихідних дорсальних нервових корінців в поперековому та крижовому відділі хребта а саме латерально від хребців L5-L6, S1-S3. Для даної процедури використовували електростимулятор BASS POLSKA/BN12880, в режимі TENS. Тривалість процедури 7-15 хв. 2 рази на день, курс 3 місяці .



Рис.4 Проведення транскутанної паравертебральної міоелектростимуляції в зоні хребців L7-S1



Рис.5 Проведення транскутанної паравертебральної міоелектростимуляції в зоні хребців L7-S1 .

Отримані дані аналізували та систематизували.

Таблиця 2

Результати щодо вивчення динаміки зміни клінічних ознак у тварин контрольної та піддослідної груп

Доба	Група	Наявність самостійного сечовипускання. (кількість тварин з групи)	Відсоток залишкової сечі в сечовому міхурі після сечовипускання	Здатність самостійно контролювати детрузор (кільк.тварин з групи)
1	піддослідна	0	відсутнє	0
	контрольна	0	відсутнє	0
15	піддослідна	0	відсутнє	0
	контрольна	0	відсутнє	0
30	піддослідна	1	+70%	1
	контрольна	0	відсутнє	0
45	піддослідна	2	+50%	2
	контрольна	0	відсутнє	1
60	піддослідна	3	+30%	3
	контрольна	1	+60%	1
75	піддослідна	4	+20%	4
	контрольна	1	+50%	2
90	піддослідна	5	+10%	5
	контрольна	3	+30%	2

Результати досліджень , що показані в таблиці 2, вказують на те що в дослідженні брали участь 10 собак з гіпертонусом детрузора внаслідок травми хребта. Починаючи з 30 доби терапії транскутанною міоелектростимуляцією відмічалася покращення контролю роботи детрузора ,більший відсоток випорожнення сечового, про що вказує менший відсоток залишкової сечі в сечовому міхурі ,та появу самостійних актів сечовипускання .

На 90 день дослідження в піддослідній групі собак 100% тварин мали самостійне сечовипорожнення з максимальною кількістю залишкової сечі не більше 10% та самостійно-контрольованим випорожненням 80-90% Тварини контрольної групи лише у 2 випадках з 5 мали самостійне сечовипускання ,при цьому кількість залишкової сечі близько 30%.

Результат дослідження показав, що застосування транскутанної паравертебральної мікротокової стимуляції в тварин з гіпертонусом детрузора, прискорює відновлення функцій регуляції сечового міхура на термін +- 20-25 діб.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

При проведенні дослідження було проведено роботу з 10 собаками що мали неврологічний дефіцит внаслідок травми хребта. У всіх собак що брали участь в дослідженні було зареєстровано гіпертонус сфінктера сечового міхура. Клінічні дані досліджувалися та фіксувалися на 1-у,15-у,30-у,45-у,60-у,75-у та 90-у добу дослідження. Для цього проводився замір залишкової сечі в сечовому міхурі після сечовипускання ,аналізувалася частота самостійного

сечовипускання з самостійним контролем детрузора та можливість утримання твариною сечі поза актом сечовипускання

Список використаної літератури

1. Cook L, Byron J, Moore S. Urological Sequelae to Acute Spinal Cord Injury in Pet Dogs: A Natural Disease Model of Neuropathic Bladder Dysfunction. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* (2019). doi: 10.1310/sci2503-205. PMID: 31548787; PMCID: PMC6743748. 25(3):205-213
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6743748/#ref-list1>
2. Walter JS, Robinson CJ, Khan T, Wheeler JS & Wurster RD. Sacral epidural electrodes for voiding in the chronic spinal dog. *Stereotact Funct Neurosurg.* (1989). doi: 10.1159/000099526. PMID: 2626602. 53(2):113-24 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2626602/>
3. Hu HZ, Granger N, Jeffery ND. Pathophysiology, Clinical Importance, and Management of Neurogenic Lower Urinary Tract Dysfunction Caused by Suprasacral Spinal Cord Injury. *J Vet Intern Med.* (2016) Sep;30(5):1575-1588. doi: 10.1111/jvim.14557. Epub 2016 Aug 16. PMID: 27527382; PMCID: PMC5032886.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27527382/>
4. Gernone F, Uva A, Cavalera MA & Zatelli A. Neurogenic Bladder in Dogs, Cats and Humans: A Comparative Review of Neurological Diseases. *Animals (Basel).* (2022) 12(23):3233. doi: 10.3390/ani12233233. PMID: 36496754; PMCID: PMC9739254.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36496754/>
5. Granger N, Olby NJ, Nout-Lomas YS; Canine Spinal Cord Injury Consortium (CANSORT-SCI). Bladder and Bowel Management in Dogs With Spinal Cord Injury. *Front Vet Sci.* (2020) Nov 11;7:583342. doi: 10.3389/fvets.2020.583342. PMID: 33263015; PMCID: PMC7686579.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7686579/#B82>
6. de Groat WC, Griffiths D, Yoshimura N. Neural control of the lower urinary tract. *Compr Physiol.* (2015) Jan;5(1):327-96. doi: 10.1002/cphy.c130056. PMID: 25589273; PMCID: PMC4480926.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25589273/>
7. Ragnarsson KT. Functional electrical stimulation after spinal cord injury: current use, therapeutic effects and future directions. *Spinal Cord.* (2008) Apr;46(4):255-74. doi: 10.1038/sj.sc.3102091. Epub 2007 Sep 11. PMID: 178
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17846639/>
8. Gouveia D, Fonseca S, Carvalho C, Cardoso A, Almeida A, Gamboa Ó, Canejo-Teixeira R, Ferreira A, Martins Â. Clinical Occurrences in the Neurorehabilitation of Dogs with Severe Spinal Cord Injury. *Animals (Basel).* 2023 Mar 25;13(7):1164. doi: 10.3390/ani13071164. PMID: 37048421; PMCID: PMC10093106.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10093106/>
9. Olby NJ, Moore SA, Brisson B, Fenn J, Flegel T, Kortz G, Lewis M, Tipold A. ACVIM consensus statement on diagnosis and management of acute canine thoracolumbar intervertebral disc extrusion. *J Vet Intern Med.* (2022) Sep;36(5):1570-1596. doi: 10.1111/jvim.16480. Epub 2022 Jul 25. PMID: 35880267; PMCID: PMC9511077.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9511077/>
10. Leslie SW, Tadi P, Tayyeb M. Neurogenic Bladder and Neurogenic Lower Urinary Tract Dysfunction.(2023). In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560617/>
11. Cruz CD, Cruz F. Spinal cord injury and bladder dysfunction: new ideas about an old problem. *ScientificWorldJournal.* (2011) Jan 18;11:214-34. doi: 10.1100/tsw.2011.26. PMID: 21258763; PMCID: PMC5720001.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21258763/>

12. Martins Â, Gouveia D, Cardoso A, Carvalho C, Coelho T, Silva C, Viegas I, Gamboa Ó, Ferreira A. A Controlled Clinical Study of Intensive Neurorehabilitation in Post-Surgical Dogs with Severe Acute Intervertebral Disc Extrusion. *Animals (Basel)*. (2021) Oct 22;11(11):3034. doi: 10.3390/ani11113034. PMID: 34827767; PMCID: PMC8614363.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34827767/>

13. Gernone F, Uva A, Cavallera MA, Zatelli A. Neurogenic Bladder in Dogs, Cats and Humans: A Comparative Review of Neurological Diseases. *Animals (Basel)*. (2022) Nov 22;12(23):3233. doi: 10.3390/ani12233233. PMID: 36496754; PMCID: PMC9739254.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36496754/>

14. McGee MJ, Amundsen CL, Grill WM. Electrical stimulation for the treatment of lower urinary tract dysfunction after spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. (2015) Mar;38(2):135-46. doi: 10.1179/2045772314Y.00000000299. Epub 2015 Jan 13. PMID: 25582564; PMCID: PMC4397195.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4397195/>

15. Tiwari E, Salvadeo DM, Braverman AS, Frara NA, Hobson L, Cruz G, Brown JM, Mazzei M, Pontari MA, White AR, Barbe MF, Ruggieri MR. Nerve transfer for restoration of lower motor neuron-lesioned bladder and urethra function: establishment of a canine model and interim pilot study results. *J Neurosurg Spine*. (2019) Nov 8;32(2):258-268. doi: 10.3171/2019.8.SPINE19265. PMID: 31703192; PMCID: PMC7189959.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31703192/>

16. Barthélemy D., Willesen J. L., Højlund M. Management of urinary incontinence in dogs with spinal cord lesions. *Veterinary Record*. (2023) Vol. 193, № 4. Article e1987. DOI: <https://doi.org/10.1002/vetr.1987.46639>.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17846639/>

Filchugova Katerina.

Postgraduate student, Department of Internal Diseases and Clinical Diagnostics of Animals,

State Biotechnology University

Kharkiv, Ukraine

ORCID ID 0009-0005-9008-6075

email: snowbsrswet9@gmail.com

Kibkalo Dmytro Doctor of Veterinary Sciences, Professor,

Department of Internal Diseases and Clinical Diagnostics of Animals,

State Biotechnology University

Kharkiv, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-0197-1381

email: diagnost_96@ukr.net

EFFICACY OF TRANSCUTANEOUS MICROCURRENT ELECTRICAL STIMULATION IN THE TREATMENT OF NEUROGENIC HYPERTONICITY OF THE BLADDER SPHINCTER IN DOGS WITH SPINAL INJURIES.

Abstract

The purpose of the work is to establish and assess the effectiveness of the effect of paravertebral microelectric stimulation of nerve fibers on the possibility of normalizing the tone of

the bladder sphincter in neurogenic hypertonicity of the bladder sphincter in dogs that have suffered spinal injuries and have compression damage to the spinal cord.

Dysfunction of the bladder and lower urinary tract is one of the most common complications in spinal cord injuries. When exposed to the traumatic component, compression of the tissues of the spinal cord occurs, which entails a violation of the conductivity of the transmission of nerve impulses in the arc, the central nervous system - the peripheral nervous system, as a result of which there is a violation of the regulation of the act of urination.

This pathological condition is called neurogenic bladder, that is, urination disorders (hypotonia or hypertonicity of the bladder or its parts) provoked by diseases of the central and peripheral nervous system.

Hypertonicity of the bladder sphincter causes a delay or complete impossibility of urine drainage if it is impossible to manually drain urine, overfilling and overstretching of the bladder, as a result of which bacterial cystitis, detachment of the bladder mucosa, injuries to the bladder wall may occur. These complications can lead to acute conditions of the animal and even death.

An alternative or auxiliary method for correcting such conditions can be the use of microelectric stimulation of nerve endings in the area of the S1-S3 vertebrae. Electrodes are installed paravertebrally in the sacral spine or at the caudal end of the lumbar spine. For the study, 20 animals with spinal cord compression and bladder hypertonicity were taken, divided equally into experimental and control groups.

During the study, it was found that paravertebral transcutaneous myostimulation has a positive effect on the controlled regulation of bladder function and independent urination.

Key words: *bladder, neurogenic, myostimulator, sphincter, animals, urination, innervation.*

Reference

1. Cook L, Byron J, Moore S. Urological Sequelae to Acute Spinal Cord Injury in Pet Dogs: A Natural Disease Model of Neuropathic Bladder Dysfunction. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* (2019). doi: 10.1310/sci2503-205. PMID: 31548787; PMCID: PMC6743748. 25(3):205-213
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6743748/#ref-list1>
2. Walter JS, Robinson CJ, Khan T, Wheeler JS & Wurster RD. Sacral epidural electrodes for voiding in the chronic spinal dog. *Stereotact Funct Neurosurg.* (1989). doi: 10.1159/000099526. PMID: 2626602. 53(2):113-24 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2626602/>
3. Hu HZ, Granger N, Jeffery ND. Pathophysiology, Clinical Importance, and Management of Neurogenic Lower Urinary Tract Dysfunction Caused by Suprasacral Spinal Cord Injury. *J Vet Intern Med.* (2016) Sep;30(5):1575-1588. doi: 10.1111/jvim.14557. Epub 2016 Aug 16. PMID: 27527382; PMCID: PMC5032886.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27527382/>
4. Gernone F, Uva A, Cavallera MA & Zatelli A. Neurogenic Bladder in Dogs, Cats and Humans: A Comparative Review of Neurological Diseases. *Animals (Basel).* (2022) 12(23):3233. doi: 10.3390/ani12233233. PMID: 36496754; PMCID: PMC9739254.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36496754/>
5. Granger N, Olby NJ, Nout-Lomas YS; Canine Spinal Cord Injury Consortium (CANSORT-SCI). Bladder and Bowel Management in Dogs With Spinal Cord Injury. *Front Vet Sci.* (2020) Nov 11;7:583342. doi: 10.3389/fvets.2020.583342. PMID: 33263015; PMCID: PMC7686579.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7686579/#B82>
6. de Groat WC, Griffiths D, Yoshimura N. Neural control of the lower urinary tract. *Compr Physiol.* (2015) Jan;5(1):327-96. doi: 10.1002/cphy.c130056. PMID: 25589273; PMCID: PMC4480926.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25589273/>
7. Ragnarsson KT. Functional electrical stimulation after spinal cord injury: current use, therapeutic effects and future directions. *Spinal Cord.* (2008) Apr;46(4):255-74. doi: 10.1038/sj.sc.3102091. Epub 2007 Sep 11. PMID: 178

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17846639/>

8.Gouveia D, Fonseca S, Carvalho C, Cardoso A, Almeida A, Gamboa Ó, Canejo-Teixeira R, Ferreira A, Martins Â. Clinical Occurrences in the Neurorehabilitation of Dogs with Severe Spinal Cord Injury. *Animals (Basel)*. 2023 Mar 25;13(7):1164. doi: 10.3390/ani13071164. PMID: 37048421; PMCID: PMC10093106.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10093106/>

9.Olby NJ, Moore SA, Brisson B, Fenn J, Flegel T, Kortz G, Lewis M, Tipold A. ACVIM consensus statement on diagnosis and management of acute canine thoracolumbar intervertebral disc extrusion. *J Vet Intern Med.*(2022) Sep;36(5):1570-1596. doi: 10.1111/jvim.16480. Epub 2022 Jul 25. PMID: 35880267; PMCID: PMC9511077.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9511077/>

10. Leslie SW, Tadi P, Tayyeb M. Neurogenic Bladder and Neurogenic Lower Urinary Tract Dysfunction.(2023). In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560617/>

11. Cruz CD, Cruz F. Spinal cord injury and bladder dysfunction: new ideas about an old problem. *ScientificWorldJournal.*(2011) Jan 18;11:214-34. doi: 10.1100/tsw.2011.26. PMID: 21258763; PMCID: PMC5720001.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21258763/>

12. Martins Â, Gouveia D, Cardoso A, Carvalho C, Coelho T, Silva C, Viegas I, Gamboa Ó, Ferreira A. A Controlled Clinical Study of Intensive Neurorehabilitation in Post-Surgical Dogs with Severe Acute Intervertebral Disc Extrusion. *Animals (Basel)*. (2021) Oct 22;11(11):3034. doi: 10.3390/ani11113034. PMID: 34827767; PMCID: PMC8614363.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34827767/>

13. Gernone F, Uva A, Cavallera MA, Zatelli A. Neurogenic Bladder in Dogs, Cats and Humans: A Comparative Review of Neurological Diseases. *Animals (Basel)*. (2022) Nov 22;12(23):3233. doi: 10.3390/ani12233233. PMID: 36496754; PMCID: PMC9739254.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36496754/>

14. McGee MJ, Amundsen CL, Grill WM. Electrical stimulation for the treatment of lower urinary tract dysfunction after spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* (2015) Mar;38(2):135-46. doi: 10.1179/2045772314Y.0000000299. Epub 2015 Jan 13. PMID: 25582564; PMCID: PMC4397195.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4397195/>

15 . Tiwari E, Salvadeo DM, Braverman AS, Frara NA, Hobson L, Cruz G, Brown JM, Mazzei M, Pontari MA, White AR, Barbe MF, Ruggieri MR. Nerve transfer for restoration of lower motor neuron-lesioned bladder and urethra function: establishment of a canine model and interim pilot study results. *J Neurosurg Spine.* (2019) Nov 8;32(2):258-268. doi: 10.3171/2019.8.SPINE19265. PMID: 31703192; PMCID: PMC7189959.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31703192/>

16.Barthélemy D., Willesen J. L., Højlund M. Management of urinary incontinence in dogs with spinal cord lesions. *Veterinary Record.* (2023) Vol. 193, № 4. Article e1987. DOI: <https://doi.org/10.1002/vetr.1987.46639>.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17846639/>

Стаття надійшла до редакції 07.04.2026

Стаття пройшла рецензування 08.05.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Галина Скрипка

кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-санітарного інспектування імені професора В.Я.Атамася, Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

ORCID ID 0000-0002-3326-7604

email: ludskayaya@gmail.com

Ольга Найдіч,

кандидат вет. наук, доцент кафедри ветеринарної медицини та гігієни, Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна

ORCID: ID 0000-0002-1016-5891

E-mail: olia_naidich@ukr.net

Ніна Данкевич

кандидат ветеринарних наук, асистент кафедри хірургії, акушерства та хвороб дрібних тварин, Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

ORCID ID orcid.org/0000-0001-8927-5219

email: dankevych82@gmail.com

Надія Недялкова

здобувачка вищої освіти другого (магістерського) рівня освіти 6 курсу ОП «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза» (термін навчання 5.10 років)

ORCID ID 0009-0003-0735-520X

nadiya91@gmail.com

СТАН РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ ТА ВМІСТ ¹³⁷CS У КОРМАХ КОРІВ ЗАМІСЬКОГО КОМПЛЕКСУ «ЕКОЛАНДІЯ»

Анотація

У статті наведено результати дослідження рівнів радіаційної безпеки на території заміського комплексу «Еколандія». Впродовж липня 2025 року проведено вимірювання потужності дози гамма-випромінювання в повітрі (радіаційного фону) на території приміщень де утримувалася велика рогата худоба, в складському приміщенні для зберігання грубих кормів, силосній траншеї, а також на пасовищах. За результатами досліджень встановлено, що потужність поглиненої дози гамма-випромінювання в повітрі корівника знаходилася в межах від $0,09 \pm 0,01$ до $0,16 \pm 0,01$ мкЗв/год, телятника – від $0,08 \pm 0,01$ до $0,14 \pm 0,02$ мкЗв/год, складського приміщенні для зберігання сіна – від $0,07 \pm 0,01$ до $0,11 \pm 0,01$ мкЗв/год, силосній траншеї – від $0,07 \pm 0,01$ до $0,14 \pm 0,01$ мкЗв/год, пасовища – від $0,09 \pm 0,01$ до $0,12 \pm 0,01$ мкЗв/год відповідно. Отримані показники потужності поглиненої дози гамма-випромінювання в повітрі не перевищують допустимих значень згідно до «Норм радіаційної безпеки України». Згідно

даних спектрометричного аналізу кормів (сіно, силос, зелена маса з пасовищ) встановлено відсутність накопичення цезію-137 у дослідних зразках. Результати дослідження підтверджують безпечність замиського комплексу «Еколандія» з точки зору радіаційної безпеки.

Ключові слова: радіаційна безпека, гамма-випромінювання, радіонукліди, корми, велика рогата худоба

Вступ. На сучасному етапі одним із чинників, що становлять потенційну небезпеку для здоров'я тварин, є радіонукліди природного та антропогенного походження (зокрема ізотопи йоду, стронцію, цезію, урану та ін.), які надходять у поверхневі та підземні водні системи з атмосферних опадів, ґрунтового покриву та кормових ресурсів. Особливого значення дана проблема набула після техногенної катастрофи на Чорнобильській АЕС, внаслідок якої територія України та суміжних держав зазнала масштабного радіонуклідного забруднення ізотопами ^{137}Cs та ^{90}Sr . Вказані ізотопи є ключовими радіонуклідами, що формують радіаційний фон на забруднених територіях. І хоча щільність забруднення з часу аварії істотно зменшилася, потрапляючи до різних компонентів біосфери, ці ізотопи здатні мігрувати трофічними ланцюгами й разом із харчовими продуктами рослинного та тваринного походження надходити в організм людини [1].

Таким чином, моніторинг вмісту радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, особливо радіоцезію та радіостронцію, а також дослідження впливу іонізуючого випромінювання на життєдіяльні процеси в організмі тварин і людини становить одну з ключових та актуальних проблем сучасної радіобіології [2].

Забезпечення радіаційної безпеки у тваринницьких господарствах є важливою складовою охорони здоров'я населення та довкілля. Особливу увагу привертає контроль за вмістом штучних радіонуклідів, зокрема цезію-137, у кормах та продукції тваринництва [1-4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Встановлено, що провідними джерелами внутрішнього опромінення населення як у початковий період після радіоактивного забруднення, так і в довготривалій перспективі, залишаються молоко та м'ясо. На сучасному етапі саме ці продукти забезпечують до 90% надходження радіоцезію в організм людини. У зв'язку з цим важливим напрямом досліджень є аналіз процесів міграції ізотопу ^{137}Cs у лугових і пасовищних екосистемах, що забезпечують кормову базу для тваринництва. Розробка ефективної стратегії реабілітації радіоактивно забруднених територій потребує урахування специфічних властивостей лучних екосистем і кількісної оцінки параметрів переходу ^{137}Cs у кормові трави [1-3].

Ряд дослідників відзначає, що щільнокущові злакові види зазвичай демонструють вищий рівень накопичення радіонуклідів порівняно з кореневищними. При формуванні культурних травостоїв на територіях із радіоактивним забрудненням необхідно враховувати як агротехнічні, так і

господарські фактори. Спостережувані міжвидові відмінності у накопиченні радіонукліду ^{137}Cs обумовлені специфічними біологічними особливостями багаторічних трав. Найвищі рівні акумуляції ^{137}Cs відзначені у костриці вівсяної, костриці червоної та лисохвоста лучного [5].

За даними літературних і статистичних джерел, наведеними В.В.Власенко зі співавторами, головними радіонуклідами, що зумовили забруднення території України, після аварії на Чорнобильській АЕС (1986 р.), стали ізотопи цезію та стронцію. Викинуті в атмосферу, вони акумулювалися в ґрунтах і водних екосистемах, звідки мігрували до рослин і тварин, а згодом надходили до організму людини з продуктами харчування та водою, спричиняючи негативний вплив. Найвищі рівні забруднення у перші роки катастрофи зафіксовано в Київській, Житомирській, Чернігівській та прилеглих областях. Водночас протягом останніх двох десятиліть після аварії на Чорнобильській АЕС рівень радіонуклідного забруднення продукції рослинного та тваринного походження істотно зменшився [6].

За даними Ірини Лігоміної зі співавторами у господарствах, розташованих у межах 3-ї та 4-ї зон радіоактивного забруднення, тварини перебувають під постійним впливом зовнішнього іонізуючого випромінювання. Додаткове внутрішнє опромінення формується за рахунок надходження ^{137}Cs з кормами та водою, що зумовлює накопичення цього ізотопу в органах і тканинах молодяку великої рогатої худоби, а також у молозиві й молоці корів. Виявлені закономірності свідчать про необхідність впровадження заходів зниження радіонуклідного навантаження в умовах постчорнобильського забруднення [1].

Згідно досліджень В.А. Котелевич, О. В. Пінського у районах Поліського регіону, забруднених унаслідок аварії на ЧАЕС, у грибах, ягодах, дичині та продуктах власного виробництва вміст ^{137}Cs часто суттєво перевищує допустимі рівні, що спричиняє підвищене внутрішнє опромінення населення. Перевищення нормативів ДР-2006 зафіксовано у зразках із більшості районів Житомирщини, найбільші показники виявлено в Народицькому районі (свіжі гриби та ягоди – до 2000 Бк/кг, сухі – до 3450 Бк/кг). У північних районах Рівненщини також спостерігається надзвичайно високий вміст радіоцезію, особливо в лісових ресурсах [7].

Окрім визначення питомої активності радіонуклідів у харчових продуктах і кормах, важливим є контроль радіаційного фону в житлових і тваринницьких приміщеннях. За даними Скрипки Г.А., потужність поглиненої дози гамма-випромінювання на ринках м. Одеси (як у закритих павільйонах, так і на відкритих майданчиках) характеризується певною варіабельністю [8].

Отже, пріоритетним завданням сучасної науки та практичної діяльності є мінімізація надходження радіонуклідів в організм людини. Серед комплексу заходів радіаційного захисту населення особливе місце посідає контроль за вмістом радіонуклідів у харчових продуктах та кормах для тварин. Цей напрям є одним із найскладніших, проте водночас — одним із найважливіших елементів системи радіаційної безпеки. До ключових складових контролю належать

інформування населення, а також недопущення до реалізації харчової продукції, яка перевищує встановлені допустимі рівні забруднення [1-11].

Метою дослідження було визначення рівня потужності дози гамма-випромінювання в повітрі (радіаційного фону) на території заміського комплексу «Еколандія» (селище Великий Дальник, Одеська область). Проводили дозиметричний контроль за гамма-випромінюванням на території приміщень де утримувалася велика рогата худоба, зберігалися корми, а також на пасовищах, де відбувалося випасання тварин. Окрім того, метою було встановити рівень накопичення цезію-137 у кормах, які споживає велика рогата худоба.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведено дозиметричні дослідження потужності дози гамма-випромінювання в повітрі (радіаційний фон) на території заміського комплексу «Еколандія» впродовж липня 2025 р. Зазначена територія, як і вся Одеська область, вважається умовно чистою зоною щодо радіоактивного забруднення [12]. Вимірювання радіаційного фону проведено в приміщеннях де утримувалася велика рогата худоба (корівник і телятник), в складському приміщенні для зберігання грубих кормів, в силосній траншеї, а також на пасовищах, де паслися вказані тварини. Вимірювання потужності поглиненої в повітрі дози гамма-випромінювання здійснювали згідно з нормативними вимогами НРБУ-97.

Для проведення спектрометричного аналізу кормів на визначення питомої активності цезію-137 відібрали зразки силосу, сіна і трави з пасовищних ділянок заміського центру. Всього відібрали 15 зразків (по 5 зразків корму кожного виду). Корови, які утримуються в заміському комплексі «Еколандія» в літній період випасаються на окультурених пасовищах з гарним травостоєм, а також отримують інші корма згідно раціону даного виду тварин. Силос та сіно господарство заготовляє самостійно, використовуючи власні угіддя.

Дослідження проводили на базі кафедри інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-санітарного інспектування імені професора В.Я. Атамася, а також у багатопрофільній лабораторії Одеського державного аграрного університету. Для визначення рівня радіаційного фону використовували прилад GreenTest. Вимірювання проводилися згідно інструкції даного приладу. Вимірювання потужності дози гамма-випромінювання проводили у 5 точках кожної локації на відстані 1 м від підлоги. З отриманих показників розраховували середню арифметичну величину.

Зразки кормів відбиралися згідно загальноприйнятих методик. Вміст цезію-137 визначали на спектрометрі енергій гамма-випромінювання сцинтиляційному СЕГ-001 згідно до методики за використання програмного забезпечення АкWin.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою методів варіаційної статистики, визначали середнє статистичне значення (М) та відхилення від середньостатистичного значення (m), обробку даних проводили з використанням комп'ютерної програми Microsoft Excel.

За результатами досліджень встановлено, що потужність поглиненої дози гамма-випромінювання в повітрі корівника знаходилася в межах від $0,09 \pm 0,01$ до

0,16±0,01 мкЗв/год, телятника – від 0,08±0,01 до 0,14±0,02 мкЗв/год, складського приміщенні для зберігання сіна – від 0,07±0,01 до 0,11±0,01 мкЗв/год, силосній траншеї – від 0,07±0,01 до 0,14±0,01 мкЗв/год, пасовища – від 0,09±0,01 до 0,12±0,01 мкЗв/год відповідно.

Отримані значення потужності поглиненої дози гамма-випромінювання в повітрі повністю відповідають чинним нормативним вимогам щодо радіаційної безпеки. Середні значення результатів досліджень представлено в таблиці 1.

Табл. 1. Результати визначення потужності дози гамма-випромінювання в повітрі, $M \pm m$, $n = 5$

№ з/п	Дослідна ділянка	Потужність дози, мкЗв/год
1	Корівник	0.12±0,03
2	Телятник	0.13±0,02
3	Складське приміщення для зберігання сіна	0.09±0,03
4	Силосна траншея	0.12±0,02
5	Пасовище	0,10±0,01

Як свідчать дані, наведені у таблиці 1, середні значення потужності дози гамма-випромінювання на території та у приміщеннях заміського комплексу «Еколандія» характеризуються незначною варіабельністю, що свідчить про стабільність радіаційного фону в межах досліджуваних ділянок.

Згідно з результатами досліджень, рівень накопичення цезію-137 у зразках силосу коливався в межах від <1,1 до <1,3 Бк/кг, у зразках сіна – від <1,2 до <1,5 Бк/кг, а у зеленій масі – від <1,2 до <1,9 Бк/кг. Враховуючи, що межа детектування використовуваного спектрометричного обладнання становить 3,0 Бк/кг, отримані значення слід розглядати як такі, що відповідають нульовому рівню виявлення цезію-137.

Відповідно до Наказу №256 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів Cs та Sr у продуктах харчування та питній воді» [13] встановлено граничні значення вмісту зазначених радіонуклідів у харчових продуктах та питній воді. Водночас у документі відсутні нормативи щодо їхнього вмісту у кормах та рослинній масі, призначеній для годівлі сільськогосподарських тварин.

З огляду на це, при проведенні досліджень максимально допустимі рівні (МДР) вмісту цезію-137 у кормах було прийнято згідно з положеннями Регламенту Ради (Євратом) 2016/52, що регламентує допустимі рівні

радіонуклідів у харчових продуктах після ядерних аварій та у разі радіаційної небезпеки [14].

Результати визначення питомої активності цезію-137 у дослідних зразках кормів та їхнє співвідношення з встановленими максимально допустимими рівнями наведено у таблиці 2.

Табл. 2. Накопичення цезію-137 у кормах, $M \pm m$, $n = 15$

№ з/п	Назва зразку	МДР за Регламентом Ради (Євратом) 2016/52 (за сумарною активністю Cs 134 і Cs137) Бк/кг	Активність дослідних зразків за Cs137 Бк/кг
1	Силос кукурудзяний, Зразок №1	2500	< 1,2
2	Силос кукурудзяний Зразок №2	2500	<1,3
3	Силос кукурудзяний Зразок №3	2500	<1,2
4	Силос кукурудзяний Зразок №4	2500	<1,1
5	Силос кукурудзяний Зразок №5	2500	<1,2
6	Сіно різнотрав'я Зразок №1	2500	<1,2
7	Сіно різнотрав'я Зразок №2	2500	<1,2
8	Сіно різнотрав'я Зразок №3	2500	<1,2
9	Сіно різнотрав'я	2500	<1,4

	Зразок №4		
10	Сіно різнотрав'я Зразок №5	2500	<1,5
11	Зелена маса Зразок №1	12500	<1,2
12	Зелена маса Зразок №2	12500	<1,3
13	Зелена маса Зразок №3	12500	<1,7
14	Зелена маса Зразок №4	12500	<1,4
15	Зелена маса Зразок №5	12500	<1,9

Таким чином, корми, що використовуються для годівлі великої рогатої худоби у заміському комплексі «Еколандія», повністю відповідають вимогам радіаційної безпеки. У жодному з досліджених зразків не виявлено наявності цезію-137, що свідчить про відсутність ризику його біологічного накопичення у продукції тваринництва.

Отримані результати засвідчили, що радіаційний фон у приміщеннях для утримання великої рогатої худоби, зберігання кормів і на прилеглих угіддях не перевищує нормативних рівнів. Спектрометричний аналіз показав, що питома активність цезію-137 у досліджуваних зразках кормів знаходиться нижче межі виявлення приладу, тобто відповідає нульовим значенням. Таким чином, заміський комплекс «Еколандія» можна вважати безпечним з точки зору радіаційної безпеки.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У ході проведених досліджень встановлено, що потужність поглиненої в повітрі дози гамма-випромінювання (радіаційний фон) на території приміщень для утримання великої рогатої худоби, зберігання кормів, а також на угіддях заміського комплексу «Еколандія» не перевищує допустимих рівнів, зазначених в НРБУ-97.

Спектрометричний аналіз зразків кормів для великої рогатої худоби засвідчив, що питома активність цезію-137 перебуває нижче межі виявлення приладу, тобто фактично відповідає нульовим значенням.

Отримані результати свідчать про відсутність радіаційних загроз для довкілля та продукції тваринництва, що дозволяє розглядати заміський комплекс «Еколандія» як повністю безпечний з точки зору радіаційної безпеки.

Перспективним напрямом подальших досліджень є визначення питомої активності цезію-137 у молоці корів, що утримуються у даному комплексі, з метою комплексної оцінки радіаційної безпеки виробленої продукції.

Список використаної літератури

1. Лігоміна, І., Соколюк, В., & Бойко, П. (2020). Оцінка надходження цезію-137 в організм тільних корів та новонароджених телят на радіоактивно забруднених територіях Житомирського Полісся. *Європейські виміри сталого розвитку* (матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, 26 червня 2020 р., С. 142-146). НУХТ. <https://surli.cc/xnzyxq>
2. Гудков, І. М. (2021). Уроки Чорнобиля та сучасні проблеми радіобіології. *Чорнобильська катастрофа. Актуальні проблеми, напрямки та шляхи їх вирішення* (матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р., С. 21–25). Поліський університет. <https://surli.cc/msolph>
3. Hachinohe, M., Hamamatsu, S., & Kawamoto, S. (2021). A review of the radioactive cesium behavior in Japanese agricultural, livestock, fishery products and their foods in the decade following the Fukushima nuclear accident. *Food Science and Technology Research*, 27(1), 1-23. <https://doi.org/10.3136/fstr.27.1>
4. Скрипка, Г., Найдіч, О., Ясько, В., & Волчкова, А. (2025). Гостра променева хвороба у сільськогосподарських тварин. *Аграрний вісник Причорномор'я*, (116), 36-54. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.116.03>
5. Зосимчук, М. Д., Зосимчук, О. А., Данилицький, О. А., & Лукашук, В. П. (2021). Накопичення радіонукліду ^{137}Cs кормовими культурами на осушуваних торфових ґрунтах західного Полісся. *Чорнобильська катастрофа. Актуальні проблеми, напрямки та шляхи їх вирішення* (матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р., С. 155–159). Поліський університет. <https://surli.cc/szfucb>
6. Власенко, В. В., Гаврилюк, М. Д., & Гаврилюк, О. В. (2009). Моніторинг екологічної безпеки кормів, вирощених на територіях, забруднених радіонуклідами цезій-137 і стронцій-90. *Збірник наукових праць ВДАУ*, (38), 230–236. <https://surli.cc/ifvfqp>
7. Kotelevych, V., & Pinsky, O. (2022). The current state of food safety in terms of ^{137}Cs content compared to 2010 in the context of food safety. *Scientific Progress & Innovations*, (4), 246–258. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.04.29>
8. Skrypka, H., Naydich, O., Piven, O., Pshychenko, V., Dankevych, N. Моніторинг рівню радіаційного фону на ринках м. Одеси. (2025). *Аграрний вісник Причорномор'я*, (114), 2025. С. 58-70. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.114.06> <https://surli.li/fpkftx>
9. Біденко, В. М., Мамченко, В. Ю., & Ковальчук, Т. І. (2021). Вплив різних сполук мікроелементів на врожай, поживну цінність та накопичення ^{137}Cs у зеленій масі вівса. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*, (47), 60-63. <https://surli.cc/skxhcw>
10. Osaka, M., Gouëlle, M., & Nakajima, K. (2022). Cesium Chemistry in the LWR severe accident and towards the decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 59(3), 292-305. <https://doi.org/10.1080/00223131.2021.1997664>

11. Guzii, S., Lukianova, V., Pugach, O., & Tutskyi, D. (2024). Removal of residual concentrations of cesium ions from low-level radioactive solutions. *Prob. Atomic Sci. Technol*, 4(152), 84-93. <https://surli.lu/qlnjpi>

12. Кабінет Міністрів Української РСР. (1991, 23 липня). *Про організацію виконання законів щодо територій, радіоактивно забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи* (Постанова № 106). <https://surli.cc/pgjdyp>

13. Міністерство охорони здоров'я України. (1997, 19 серпня). *Про затвердження допустимих рівнів вмісту радіонуклідів Cs-137 і Sr-90 у продуктах харчування та питній воді (ДР-97)* (Наказ № 255). <https://surli.cc/clqnnj>

14. Council of the European Union. (2016, January 15). Council Regulation (Euratom) 2016/52 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of food and feed following a nuclear accident or any other case of radiological emergency, and repealing Regulation (Euratom) No 3954/87 and Commission Regulations (Euratom) No 944/89 and (Euratom) No 770/90. <https://surli.cc/sptyos>

Halyna Skrypka

PhD (Vet), Associate Professor of the Department of Infectious Pathology, Biosafety and Veterinary and Sanitary Inspection named after Professor V.Ya. Atamas, Odessa State Agrarian University, Odessa, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-3326-7604
email: ludskayaya@gmail.com

Olha Naydich

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine and Hygiene
Mykolaiv National Agrarian University, Mykolaiv, Ukraine
ORCID: ID 0000-0002-1016-5891
E-mail: olia_naidich@ukr.net

Nina Dankevych

PhD (Vet), Assistant of the Department of Surgery, Obstetrics and Small Animal Diseases, Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine
ORCID ID orcid.org/0000-0001-8927-5219
email: dankevych82@gmail.com

Nadiya Nedyalkova

6th year student of the second (master's) level of education in the specialty "Veterinary Hygiene, Sanitation and Expertise" (term of study 5.10 years)
ORCID ID 0009-0003-0735-520X
nadiya91@gmail.com

STATE OF THE RADIATION BACKGROUND ¹³⁷Cs CONTENT IN COW FEED ECOLANDIA COUNTRY COMPLEX

Abstract

U staty navedeno rezul'taty doslidzhennya rivniv radiatsiynoyi bezpeky na terytoriyi zamis'koho kompleksu «Ekolandiya». During the period of July 2025, measurements of the dose rate of gamma radiation in the air (radiation background) were carried out in the premises where cattle were kept, in a storage area for storing roughage, a silage trench, as well as in pastures. According to the results of the research, it was found that the absorbed dose of gamma radiation in the air of the cowshed was in the range from 0.09 ± 0.01 to 0.16 ± 0.01 $\mu\text{Sv/h}$, in the calf barn - from 0.08 ± 0.01 to 0.14 ± 0.02 $\mu\text{Sv/h}$, warehouse for hay storage – from 0.07 ± 0.01 to 0.11 ± 0.01 $\mu\text{Sv/h}$, silo trench – from 0.07 ± 0.01 to 0.14 ± 0.01 $\mu\text{Sv/h}$, pasture – from 0.09 ± 0.01 to 0.12 ± 0.01 $\mu\text{Sv/h}$, respectively. The obtained values of the absorbed dose rate of gamma radiation in the air do not exceed the permissible values according to the Radiation Safety Standards of Ukraine. According to the data of spectrometric analysis of feed (hay, silage, green mass from pastures), the absence of accumulation of cesium-137 in the test samples was established. The results of the study confirm the safety of the suburban complex "Ekolandia" from the point of view of radiation safety.

Keywords: radiation safety, gamma radiation, radionuclides, feed, cattle

References

1. Lihomina, I., Sokoliuk, V., & Boiko, P. (2020). Otsinka nadkhodzhennia tseziuu-137 v orhanizm tilnykh koriv ta novonarodzhennykh teliat na radioaktyvno zabrudnennykh terytoriiakh Zhytomyrskoho Polissia. Yevropeiski vymiry staloho rozvytku (materialy II Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 26 chervnia 2020 r., S. 142-146). NUKhT. <https://surli.cc/xnzyxq>
2. Hudkov, I. M. (2021). Uroky Chornobylia ta suchasni problemy radiobiologii. Chornobylska katastrofa. Aktualni problemy, napriamky ta shliakhy yikh vyrishennia (materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 22–23 kvitnia 2021 r., S. 21–25). Poliskyi universytet. <https://surli.cc/msolph>
3. Hachinohe, M., Hamamatsu, S., & Kawamoto, S. (2021). A review of the radioactive cesium behavior in Japanese agricultural, livestock, fishery products and their foods in the decade following the Fukushima nuclear accident. Food Science and Technology Research, 27(1), 1-23. <https://doi.org/10.3136/fstr.27.1>
4. Skrypka, H., Naidich, O., Yasko, V., & Volchkova, A. (2025). Hostra promeneva khvoroba u silskohospodarskykh tvaryn. Ahrarnyi visnyk Prychornomoria, (116), 36-54. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.116.03>
5. Zosymchuk, M. D., Zosymchuk, O. A., Danylytskyi, O. A., & Lukashuk, V. P. (2021). Nakopychennia radionuklidu ^{137}Cs kormovymy kulturamy na osushuvanykh torfovykh gruntakh zakhidnoho Polissia. Chornobylska katastrofa. Aktualni problemy, napriamky ta shliakhy yikh vyrishennia (materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 22–23 kvitnia 2021 r., S. 155–159). Poliskyi universytet. <https://surli.cc/szfueb>
6. Vlasenko, V. V., Havryliuk, M. D., & Havryliuk, O. V. (2009). Monitorynh ekolohichnoi bezpeky kormiv, vyroshchennykh na terytoriiakh, zabrudnennykh radionuklidamy tsezii-137 i strontsii-90. Zbirnyk naukovykh prats VDAU, (38), 230–236. <https://surli.cc/ifvfgp>
7. Kotelevych, V., & Pinsky, O. (2022). The current state of food safety in terms of ^{137}Cs content compared to 2010 in the context of food safety. Scientific Progress & Innovations, (4), 246–258. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.04.29>
8. Skrypka, H., Naydich, O., Piven, O., Pshychenko, V., Dankevych, N. Monitorynh rivniu radiatsiinoho fonu na rynkakh m. Odesy. (2025). Ahrarnyi visnyk Prychornomoria, (114), 2025. S. 58-70. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.114.06> <https://surli.li/fpkftx>
9. Bidenko, V. M., Mamchenko, V. Yu., & Kovalchuk, T. I. (2021). Vplyv riznykh spoluk mikroelementiv na vrozhai, pozhyvnu tsinnist ta nakopychennia ^{137}Cs u zelenii masi vivsa. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia: Tvarynnystvo, (47), 60-63. <https://surli.cc/skxhew>

10. Osaka, M., Gouëllou, M., & Nakajima, K. (2022). Cesium Chemistry in the LWR severe accident and towards the decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 59(3), 292-305. <https://doi.org/10.1080/00223131.2021.1997664>
11. Guzii, S., Lukianova, V., Pugach, O., & Tutskyi, D. (2024). Removal of residual concentrations of cesium ions from low-level radioactive solutions. *Prob. Atomic Sci. Technol*, 4(152), 84-93. <https://surl.lu/qlnjpi>
12. Kabinet Ministriv Ukrainskoi RSR. (1991, 23 lypnia). Pro orhanizatsiiu vykonання zakoniv shchodo terytorii, radioaktyvno zabrudnennykh vnaslidok Chornobylskoi katastrofy (Postanova № 106). <https://surli.cc/pgjdyp>
13. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy. (1997, 19 serpnia). Pro zatverdzhennia dopustymykh rivniv vmistu radionuklidiv Cs-137 i Sr-90 u produktakh kharchuvannia ta pytnii vodi (DR-97) (Nakaz № 255). <https://surli.cc/clqnnj>
14. Council of the European Union. (2016, January 15). Council Regulation (Euratom) 2016/52 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of food and feed following a nuclear accident or any other case of radiological emergency, and repealing Regulation (Euratom) No 3954/87 and Commission Regulations (Euratom) No 944/89 and (Euratom) No 770/90. <https://surli.cc/sptyos>

Стаття надійшла до редакції 07.04.2026

Стаття пройшла рецензування 08.05.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Бінкевич Володимир,

кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри ветеринарно-санітарного інспектування
Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій імені С.Гжицького, м.Львів, Україна
ORCID ID: 0009-0001-6234-7814
e-mail: binkevych_volodymyr@ukr.net

Фаріонік Тарас,

кандидат ветеринарних наук, доцент,
декан факультету ветеринарної медицини
кафедра ветеринарної гігієни, санітарії і експертизи
Вінницький національний аграрний університет м.Вінниця, Україна
ORCID ID: 0000-0002-0706-2445
e-mail: farionik19@gmail.com

Колечко Аліна,

доктор філософії з ветеринарної медицини,
старший викладач кафедри ветеринарної гігієни, санітарії і експертизи
Вінницький національний аграрний університет м.Вінниця, Україна
ORCID ID: 0000-0002-8644-3616
e-mail: alinakolechko@gmail.com

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЮ
ЯКОСТІ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ В УМОВАХ ГАРМОНІЗАЦІЇ
ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ З ВИМОГАМИ ЄС**

Анотація

Актуальність. Удосконалення методів лабораторного контролю якості харчової сировини набуває особливого значення в умовах гармонізації законодавства України з вимогами Європейського Союзу, оскільки сучасна система контролю має забезпечувати не лише виявлення окремих відхилень, а й аналітичну точність, відтворюваність, оперативність та регуляторну придатність результатів. Актуальність проблеми посилюється складністю самої харчової сировини як об'єкта контролю, для якого характерне поєднання мікробіологічних, токсикологічних та хімічних ризиків.

Мета дослідження. Вивчити сучасний стан удосконалення методів лабораторного контролю якості харчової сировини в умовах гармонізації законодавства України з вимогами ЄС.

Методи аналізу. Застосовано бібліографічний, аналітичний, порівняльний та узагальнювальний методи. Проведено систематизацію сучасних наукових публікацій, присвячених мікробіологічним, молекулярним, хромато-мас-спектрометричним та мультимедійним підходам до контролю харчової сировини, а також оцінено їх значення для адаптації національної лабораторної практики до європейських вимог.

Отримані результати. Встановлено, що сучасне удосконалення лабораторного контролю відбувається за трьома ключовими напрямками: розширення багатокомпонентності аналізу, впровадження регуляторно валідованих методів та інтеграція лабораторного результату до системи офіційного ризик-орієнтованого контролю. Показано, що у сфері мікробіологічного контролю відбувається перехід від переважно класичних культуральних схем до швидких молекулярних та сенсорних методів, які скорочують тривалість аналізу та підвищують оперативність реагування. У токсикологічному та хімічному сегментах визначено різке зростання аналітичної місткості методів, що дало змогу одночасно контролювати широкий спектр мікотоксинів, пестицидів, антибіотиків, біоцидів та ветеринарних препаратів у різних типах сировини. Водночас виявлено, що поруч із технологічним прогресом зберігаються проблеми міжлабораторної уніфікації, стандартизації інтерпретації багатокомпонентних результатів, подолання матричних ефектів та широкого впровадження високотехнологічних платформ у рутинну практику.

Практична цінність роботи. Практична цінність полягає в узагальненні сучасних напрямів модернізації лабораторного контролю харчової сировини та визначення тих методичних підходів, які є найперспективнішими для впровадження в національну систему офіційного контролю в умовах гармонізації з вимогами ЄС.

Висновки. Удосконалення лабораторного контролю якості харчової сировини слід розглядати як перехід до комплексного, стандартизованого та регуляторно сумісного аналізу. Основними результатами такого удосконалення є підвищення аналітичної місткості методів, скорочення часу отримання результатів, розширення спектру контрольованих контамінантів та наближення лабораторної практики до європейської моделі офіційного контролю. Водночас подальше розвиток цієї сфери потребує уніфікації методик, зміцнення міжлабораторної валідації та підвищення доступності високотехнологічного аналітичного обладнання.

Ключові слова: безпечність, харчові продукти, законодавства, мікробіологічний контроль, офіційний контроль.

Вступ. Удосконалення методів лабораторного контролю якості харчової сировини в сучасних умовах набуває особливого значення не лише через потребу забезпечення безпеки продукції, а й через необхідність приведення національної системи контролю у відповідність до підходів, що діють у країнах Європейського Союзу (ЄС). За таких умов лабораторний контроль не може обмежуватися лише виявленням окремих відхилень у сировині. Він має забезпечувати аналітичну точність, відтворюваність, оперативність отримання результатів та придатність методів до використання у системі офіційного контролю. Саме тому питання модернізації лабораторних підходів сьогодні безпосередньо пов'язане з ефективністю державного нагляду за безпечністю харчової сировини, об'єктивністю оцінки ризиків і довірою до результатів лабораторних досліджень [1, 2]. Поряд з цим, сучасні європейські підходи до оцінки безпеки харчової продукції дедалі більше орієнтуються на порівняльний аналіз ризиків, системне виявлення порушень та використання уніфікованих критеріїв аналітичної оцінки, що підсилює вимоги до лабораторної бази контролю [3].

Актуальність цієї проблеми зумовлена тим, що харчова сировина залишається складним багатокомпонентним об'єктом контролю, для якого характерне одночасно існування мікробіологічних, токсикологічних і хімічних ризиків. У мікробіологічному сегменті особливу увагу привертає необхідність

швидкого та достовірного виявлення патогенних мікроорганізмів, насамперед *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* та *Staphylococcus aureus*. Саме тому сучасні дослідження зосереджені на зіставленні альтернативних сертифікованих методів виявлення патогенів із традиційними підходами, а також на розробці мультиплексних молекулярних платформ, здатних одночасно виявляти кілька небезпечних збудників [4, 5]. Паралельно розвиваються швидкі сенсорні та ізотермічні методи, зокрема колориметричні aptasensor-платформи та real-time LAMP, які скорочують час аналізу та підвищують чутливість контролю у реальних виробничих умовах [6, 7]. Практичну цінність мають і дослідження, у яких продемонстровано можливість прямого визначення харчових патогенів у м'ясній сировині без етапу тривалого культурального збагачення, що свідчить про перехід від чисто класичних схем до прискорених аналітичних моделей [8].

Не менш вагомою залишається проблема контамінації харчової сировини мікотоксинами, яка має безпосередній зв'язок із безпечністю зернової, кормової та похідної харчової продукції. Сучасні аналітичні розробки в цій сфері спрямовані на створення багатоаналітичних високочутливих методів, здатних одночасно виявляти кілька груп мікотоксинів у складних матрицях. Показовими є валідовані LC-MS/MS-підходи до визначення афлатоксинів, фумонізинів, дезоксиніваленолу, охратоксину А, зеараленону, Т-2 та НТ-2 токсинів у зерновій сировині, дитячому харчуванні, спеціях та кормах [9]. Дані багаторічного моніторингу кукурудзи та кормового сировини підтверджують, що проблема мікотоксикологічного контролю має не епізодичний, а системний характер, а отже потребує стабільних лабораторних алгоритмів спостереження та оцінки ризику [10, 11].

Окремий напрямок сучасного лабораторного контролю пов'язаний із визначенням залишкових кількостей пестицидів у рослинній харчовій сировині. Посилення регуляторних вимог до безпеки овочевої та рослинної продукції обумовлює необхідність застосування валідованих мультизалишкових методів, що поєднують високу чутливість із можливістю рутинного лабораторного використання. Саме таку тенденцію відображають дослідження, присвячені валідації методів для визначення широкого спектру пестицидів у помідорах, а також оцінці їх вмісту в перці з позицій якості та ризику для здоров'я [12, 13]. Аналогічно, використання QuEChERS в поєднанні з тандемною мас-спектрометрією демонструє високу аналітичну ефективність у контролі виноградного листя та інших рослинних матриць [14]. Важливим є те, що сучасний хімічний контроль дедалі частіше охоплює не лише класичні пестициди, а й інші групи забруднювачів, зокрема антибіотики в картоплях та супутніх ґрунтових зразках, що розширює саме поняття безпеки харчової сировини [15].

Поглиблення вимог до лабораторного контролю особливо чітко простежується у сфері визначення ветеринарних препаратів та біоцидів у сировині тваринного походження. Тут ключове значення набуває не тільки факту виявлення речовини, а й повної відповідності аналітичного методу критеріям

валідації, прийнятим у європейській регуляторній практиці. Дослідження останніх років демонструють активне впровадження високороздільної та тандемної мас-спектрометрії для визначення біоцидів у молочній продукції, а також антибіотиків у молоці різних видів сільськогосподарських тварин [16, 17]. Водночас багатоаналітні методи, орієнтовані на визначення залишків антибіотиків, вже прямо розробляються з урахуванням вимог європейської регуляторної системи нормативного лабораторного контролю [18]. Аналогічний підхід застосовується при створенні UPLC-MS/MS- та LC-MS/MS-методик для виявлення β -агоністів та заборонених ветеринарних препаратів у сировині тваринного походження, де валідація розглядається як обов'язкова умова аналітичної придатності методу для офіційного контролю [19, 20].

Отже, проблема полягає в тому, що в умовах гармонізації законодавства України з вимогами ЄС традиційні схеми лабораторного контролю вже не повною мірою відповідають сучасним викликам. Обмеження лише класичними методами аналізу знижує швидкість реагування на ризики, ускладнює багатокомпонентне виявлення контамінантів і не завжди забезпечує той рівень аналітичної доказовості, який потрібний для системи офіційного контролю [1, 2, 17]. Саме тому виникає потреба в науковому обґрунтуванні напрямів удосконалення лабораторного контролю якості харчової сировини з урахуванням сучасних мікробіологічних, молекулярних, хромато-мас-спектрометричних та мультизалишкових підходів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

У сучасних дослідженнях, присвячених лабораторному контролю харчової сировини, чітко простежується перехід від ізольованого застосування класичних методів до поєднання стандартизованих референтних підходів із прискореними молекулярними, сенсорними та багатоаналітними платформами. У мікробіологічному напрямі Chikhi та ін. [1] показали, що альтернативні сертифіковані методи виявлення *Listeria monocytogenes* вже розглядаються в Європі як реальний інструмент офіційного контролю, однак їх використання потребує чітких критеріїв прийнятності та узгодження з вимогами референтної мережі. Це дослідження фактично підтвердило, що для сучасної системи контролю важливим є не лише сам факт виявлення патогена, а й офіційне визнання методики, її відтворюваність і порівнюваність у міжлабораторному середовищі [1].

Своєю чергою Traversa та ін. [2] довели, що результативність офіційного харчового контролю залежить не тільки від лабораторного тесту, а й від того, наскільки аудит інтегрує оцінку системи управління безпечністю харчових продуктів і рівня культури безпечності на підприємстві. Wolniak та Grebski [3] на підставі порівняльного аналізу країн ЄС підтвердили, що безпечність харчових продуктів у європейському просторі сьогодні оцінюється як багатофакторна система, де поряд із лабораторними індикаторами вагоме значення мають RASFF-сповіщення, порушення щодо залишків пестицидів і втрати харчової продукції.

Подальший розвиток мікробіологічного контролю пов'язаний із впровадженням прискорених молекулярних методів. Хуе та ін. [4] розробили систему для одночасного визначення патогенних мікроорганізмів та показали високу лінійність і ефективність ампліфікації, що підтвердило придатність такого підходу до швидкого скринінгу харчових зразків. Ду та ін. [6], von Hertwig та ін. [7], Turanoglu та ін. [8] показали, що сучасні технології можуть бути використані для визначення харчових патогенів у більш короткий час. Сукупно ці праці доводять, що сучасний мікробіологічний контроль рухається в напрямі прискорення аналізу, збереження високої специфічності та перенесення частини процедур ближче до реальних умов виробництва [4–8].

У дослідженнях, присвячених мікотоксинам, Leeman та ін. [9] підтвердили, що LC-MS/MS-метод у поєднанні з імуноафінною підготовкою проб може забезпечувати одночасне визначення 12 мікотоксинів у семи різних матрицях із прийнятними характеристиками продуктивності. Nji та Mwanza [10], проаналізувавши 752 зразків кукурудзи за три роки, показали широкий спектр одночасної контамінації зернової сировини різними мікотоксинами, що підтвердило системний, а не поодинокий характер цієї проблеми. Skrzydlewski та ін. [11] у чотирирічному моніторинговому дослідженні сировини та кормів довели високу поширеність мікотоксинів і часте співіснування кількох токсинів в одному зразку. Ці результати переконливо свідчать, що лабораторний контроль мікотоксинів повинен спиратися не на визначення одного маркера, а на багатоаналітні схеми та регулярне довготривале спостереження [9–11].

У дослідженнях, присвячених залишкам пестицидів, Shrestha та ін. [12] показали, що валідований LC-MS/MS-метод для томатної матриці може забезпечувати швидке, точне й надійне кількісне визначення пестицидів різних хімічних класів, а також коректну оцінку невизначеності вимірювань. Alminderej та ін. [13] при аналізі 536 зразків перцю підтвердили високу частоту виявлення залишків пестицидів і продемонстрували, що частина зразків перевищувала встановлені максимальні рівні, що прямо вказує на необхідність регулярного лабораторного нагляду. Keklik та ін. [14], дослідивши 766 зразків виноградного листя, довели придатність комбінації QuEChERS і LC-MS/MS для аналізу понад 500 залишків, а також показали, що така методика відповідає критеріям лінійності, точності, прецизійності та невизначеності. Khaled та ін. [15] розширили межі хімічного контролю, розробивши та валідуючи за вимогами Commission Implementing Regulation (EU) 2021/808 LC-MS/MS-метод визначення тетрациклінів у картоплі та ґрунті.

Важливий напрям сучасних досліджень стосується залишків біоцидів, антибіотиків і ветеринарних препаратів у сировині тваринного походження. Dos Santos та ін. [16] показали, що QuEChERS-екстракція без стадії очищення у поєднанні з LC-ESI-QOrbitrap-MS дозволяє чутливо й надійно визначати широкий спектр біоцидів у молочній продукції та кормових субстратах. Salis та ін. [17] довели, що LC-Orbitrap-HRMS-скринінг антибіотиків у коров'ячому, овечому та козячому молоці є ефективним рішенням для рутинного офіційного контролю. Pieragostini та ін. [19] розробили якісний UPLC-MS/MS-скринінговий

метод для 21 β -агоніста в легенях і печінці тварин та показали його відповідність вимогам ЄС щодо скринінгу на рівні половини MRPL. Gaugain та ін. [20] валідовали мультикласовий LC-MS/MS-метод для заборонених ветеринарних препаратів у ковбасних оболонках, чим підтвердили можливість поширення регуляторно сумісного контролю і на менш типові матриці тваринного походження. У сукупності ці роботи доводять, що саме високо- та надвисокоєфективні мас-спектрометричні платформи нині формують основу сучасного хімічного лабораторного контролю в системі, орієнтованій на стандарти ЄС [16–20].

Мета. Вивчити сучасний стан удосконалення методів лабораторного контролю якості харчової сировини в умовах гармонізації законодавства України з вимогами ЄС.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Удосконалення лабораторного контролю якості харчової сировини в умовах гармонізації з вимогами ЄС відбувається не в одному, а в кількох взаємопов'язаних напрямках. Насамперед змінюється сама підхід до контролю: від фрагментарного визначення окремих показників до комплексної аналітичної оцінки безпечності сировини, яка поєднує мікробіологічний, токсикологічний та хімічний компоненти. Поряд із цим посилюється вимога до регуляторної придатності методів, тобто їхньої валідованості, відтворюваності, зіставності результатів між лабораторіями та можливості використання в системі офіційного контролю [1, 2]. Це означає, що сучасне удосконалення методів уже не зводиться лише до підвищення чутливості аналізу, а охоплює також стандартизацію процедур, розширення переліку контрольованих сполук і перехід до багатоаналітичних платформ [3].

У сфері мікробіологічного контролю відбулося суттєве зміщення від переважно культуральних схем до швидких молекулярних і сенсорних методів. Якщо традиційні підходи забезпечують високу надійність, але потребують тривалого часу на вирощування культур і підтвердження результату, то сучасні методики орієнтовані на прискорене виявлення патогенів без втрати аналітичної якості. Показовим є те, що Хуе та ін. розробили мультиплексну TaqMan real-time PCR-систему для одночасного визначення чотирьох харчових патогенів, що принципово підвищує інформативність одного аналізу та зменшує кількість окремих тестів [4]. Abalo та ін. підтвердили ефективність флуоресценції в реальному часі та колориметричний LAMP для виявлення *Listeria monocytogenes* на поверхнях харчового виробництва, що розширює можливості саме виробничого моніторингу, а не лише кінцевого лабораторного підтвердження [5].

Важливим наслідком таких змін стало розширення функціональних можливостей мікробіологічного контролю. Зокрема, von Hertwig та співавт. довели доцільність використання РМА-qPCR для кількісної оцінки життєздатної *Salmonella*, що частково вирішує одну з ключових проблем молекулярної діагностики – відмежування живих клітин від нежиттєздатних [7]. Turanoglu та ін. підтвердили можливість визначення харчових патогенів у фарші методом

real-time PCR без попереднього культурального збагачення, а це прямо скорочує час ухвалення лабораторного рішення [8]. Водночас аналіз цих робіт показує, що повного витіснення класичних методів не відбулося. Невирішеною залишається проблема універсальної стандартизації швидких методик для всіх матриць харчової сировини, а також питання їх повної арбітражної прийнятності в системі офіційного контролю [1, 5]. Отже, удосконалення привело до прискорення мікробіологічного аналізу та розширення скринінгових можливостей, але не усунуло потреби в референтному підтвердженні результатів.

У сфері мікотоксикологічного контролю удосконалення полягає в переході від визначення окремих токсинів до багатоаналітичних методів, придатних для кількох типів сировини. Leeman та ін. валідовали метод, який дає можливість одночасно визначати 12 мікотоксинів у семи різних матрицях, тим самим істотно розширивши аналітичну місткість одного дослідження [9]. Це має принципове значення для лабораторної практики, оскільки мікотоксична контамінація в реальних умовах рідко обмежується лише одним токсином. Удосконалення методів у цьому сегменті привело до переходу від одномірної моделі оцінки ризику до багатокомпонентного токсикологічного моніторингу. Проте невирішеною залишається проблема інтерпретації комбінованої дії кількох токсинів, оскільки наявність валідованого аналітичного методу ще не означає повної ясності щодо токсикологічного навантаження сумішей [10, 11].

Ще один напрям удосконалення виявлено у контролі пестицидів та інших хімічних забруднювачів у рослинній сировині. Тут ключові зміни пов'язані з впровадженням мультизалишкових LC-MS/MS-платформ і стандартизованих схем підготовки проб. Shrestha та ін. показали, що валідований LC-MS/MS-метод у томатній матриці забезпечує одночасно точність, відтворюваність і контроль невизначеності вимірювань, тобто удосконалення торкнулося не тільки чутливості, а й метрологічної надійності результату [12]. Разом із тим невирішеними залишаються питання високої вартості обладнання, матричних ефектів при аналізі складних зразків і потреби уніфікації процедур пробопідготовки між лабораторіями [12, 14].

Також є блок результатів пов'язаний із визначенням біоцидів, антибіотиків, β -агоністів та інших ветеринарних препаратів у сировині тваринного походження. Саме тут найчіткіше простежується зближення лабораторної аналітики з регуляторними вимогами ЄС [20]. У підсумку саме цей сегмент демонструє найбільш завершене регуляторне оформлення удосконалених методів: вони не просто чутливі, а вже від початку розробляються як придатні до офіційного контролю. Однак і тут залишаються проблеми: потреба у висококваліфікованому персоналі, у складній інтерпретації багатокомпонентних хромато-мас-спектрометричних даних та у фінансово доступному масштабуванні таких рішень для рутинної лабораторної мережі [17, 19]. Узагальнення наведених результатів дало змогу систематизувати основні напрями удосконалення лабораторного контролю, їхні наслідки та невирішені питання (табл. 1).

Таблиця 1.

Основні напрями удосконалення лабораторного контролю якості харчової сировини та їх науково-практичні наслідки

Удосконалення	Що саме удосконалено	Результат	Невирішені проблеми	Джерело
Мікробіологічний контроль патогенів	Перехід від одиничних культуральних тестів до мультиплексної PCR, LAMP та aptasensor-платформ	Скорочення часу аналізу, одночасне виявлення кількох патогенів, підвищення придатності до виробничого моніторингу	Не повністю уніфікована арбітражна придатність швидких методів для всіх матриць	[1, 4, 6, 6, 8]
Оцінка життєздатності мікроорганізмів	Впровадження РМА-qPCR для відмежування життєздатних клітин від нежиттєздатних	Підвищення клініко-санітарної значущості молекулярного результату	Потреба подальшої стандартизації для різних харчових матриць	[7]
Контроль мікотоксинів	Перехід до багатоаналітичних LC-MS/MS-методів у кількох матрицях	Одночасне визначення кількох токсинів, виявлення мультиконтамінації, краща оцінка ризику	Недостатня визначеність щодо комбінованого токсичного ефекту сумішей	[9, 10, 11]
Контроль пестицидів у рослинній сировині	Впровадження мультизалишкових LC-MS/MS-методів і QuEChERS	Різка зростання аналітичної місткості, можливість рутинного контролю сотень сполук	Висока вартість оснащення, матричні ефекти, складність уніфікації пробопідготовки	[12, 13, 14]
Контроль ветеринарних препаратів і біоцидів	Розробка регуляторно сумісних HRMS/MS- та UPLC-MS/MS-платформ відповідно до EU 2021/808	Перехід від локального визначення окремих речовин до офіційно придатного багатокомпонентного скринінгу	Потреба у фахівцях високої кваліфікації та в розширенні доступності обладнання	[15-20]
Інтеграція лабораторного контролю в систему офіційного нагляду	Посилення ролі валідації, аудиту, порівнюваності результатів і ризик-орієнтованого підходу	Зближення лабораторної практики з європейською моделлю офіційного контролю	Потреба в міжлабораторній гармонізації та єдиній інтерпретації результатів	[1, 2, 3]

Аналіз результатів показав, що головним ефектом удосконалення стало розширення аналітичної місткості сучасних методів. Інакше кажучи, один аналітичний цикл почав давати значно більше інформації, ніж це було можливо в межах традиційних підходів. Це проявляється як у кількості патогенів, що визначаються в одній реакції, так і в кількості хімічних сполук, які можуть бути проконтрольовані в межах однієї валідованої методики (табл. 2).

Таблиця 2.

**Кількісні показники аналітичних можливостей сучасних методів
лабораторного контролю харчової сировини**

Автор	Об'єкт контролю	Метод	Показник	Наукове значення результату
Xue та ін.	Харчові зразки	TaqMan multiplex real-time PCR	4 патогени в одній реакції	Перехід до одночасного мікробіологічного скринінгу кількох ключових патогенів
Leeman та ін.	Зернові, дитяче харчування, спеції, корми	IAC та LC-MS/MS	12 мікотоксинів у 7 матрицях	Багатоаналітний міжматричний підхід до токсикологічного контролю
Nji & Mwanza	Кукурудза	Мульти-мікотоксинний аналіз	752 зразки за 3 роки	Підтвердження системного характеру мультиконтамінації зернової сировини
Skrzydlewski та ін.	Корми і сировина	Моніторинговий мікотоксинний контроль	4-річне спостереження (2021–2024)	Доведення стабільності проблеми мікотоксинів у довготривалому нагляді
Alminderej та ін.	Перець	LC-MS/MS-моніторинг	536 зразків	Підтвердження практичної потреби в рутинному контролі пестицидів
Keklik та ін.	Виноградне листя	QuEChERS + LC-MS/MS	766 зразків; понад 500 залишків	Різка підвищення аналітичної місткості мультизалишкового контролю
Rodrigues та ін.	Мед	UHPLC-TOF-MS	15 антибіотиків	Розширення регуляторно сумісного контролю залишків у складних матрицях
Pieragostini та ін.	Легені та печінка тварин	UPLC-MS/MS	21 β-агоніст	Поглиблення офіційного скринінгу заборонених речовин у тваринній сировині

Сучасні удосконалення дали не лінійний, а якісний приріст можливостей лабораторного контролю. Якщо в молекулярній мікробіології приріст виражається в переході до одночасного визначення кількох патогенів у межах однієї реакції [4], то в хімічному аналізі цей прогрес набуває ще більш виразного масштабу: від контролю 12 мікотоксинів у кількох матрицях [9] до скринінгу 15 антибіотиків [18], 21 β -агоніста [19] та понад 500 пестицидних залишків в одному методичному контурі [14]. Це означає, що сучасна лабораторія поступово переходить від моделі «один метод – один показник» до моделі «один метод – широкий профіль ризиків». Саме така трансформація і відповідає логіці європейської системи контролю, орієнтованої на швидке виявлення комплексних загроз та прийняття обґрунтованих рішень на основі валідованих даних [2, 3].

Разом із тим результати дослідження показали, що навіть істотне аналітичне удосконалення не усуває всіх проблем лабораторного контролю. Частина швидких методів залишається чутливою до матричних ефектів, а отже потребує додаткової адаптації для різних видів харчової сировини [6, 12]. Зростання кількості визначуваних аналітів ускладнює стандартизацію інтерпретації результатів, особливо коли йдеться про мультиконтамінацію або складні багатокomпонентні профілі забруднення [10, 11]. Високотехнологічні HRMS- і UPLC-MS/MS-платформи потребують значних фінансових ресурсів, належної сервісної підтримки та підготовки персоналу, що може стримувати їх широке впровадження в рутинну лабораторну практику [16, 17]. Гармонізація з вимогами ЄС вимагає не лише наявності сучасного обладнання, а й функціонування системи міжлабораторної валідації, зовнішнього контролю якості та єдиних підходів до оцінки придатності методів в офіційному контролі [1, 15]. Отже, подальший розвиток цієї сфери має бути спрямований уже не тільки на створення нових методів, а й на їх повномасштабне інституційне впровадження.

Результати дослідження свідчать, що удосконалення лабораторного контролю якості харчової сировини в умовах гармонізації законодавства України з вимогами ЄС відбувається за трьома ключовими векторами: багатокomпонентність аналізу, регуляторна валідація методів та інтеграція лабораторного результату в систему офіційного ризик-орієнтованого контролю. Саме ці зміни привели до підвищення аналітичної місткості методів, скорочення часу отримання результату, розширення спектра контрольованих контамінантів і кращої пристосованості лабораторної практики до європейських вимог [1, 10, 11, 15]. Водночас невирішеними залишаються питання міжлабораторної уніфікації, економічної доступності високотехнологічних платформ, стандартизації інтерпретації багатокomпонентних результатів та повного перенесення валідованих методик із дослідницького середовища в рутинну систему державного контролю.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Удосконалення лабораторного контролю якості харчової сировини в сучасних умовах полягає у

переході від вузького визначення окремих показників до комплексного, багатокомпонентного та стандартизованого аналізу. Основна тенденція полягає не лише в підвищенні чутливості методів, а в забезпеченні їх відтворюваності, валідованості та практичної придатності для системи офіційного контролю.

У мікробіологічному сегменті найбільш суттєвим результатом стало впровадження швидких молекулярних і сенсорних методів, які дозволили скоротити тривалість аналізу, розширити спектр одночасно виявлюваних патогенів і підвищити оперативність лабораторного реагування. Водночас повна відмова від класичних референтних методів поки що є передчасною, оскільки саме вони залишаються основою підтверджувального контролю.

У хімічному та токсикологічному напрямі ключовим досягненням стало різке зростання аналітичної місткості сучасних платформ. Сучасні методи дають змогу в межах одного дослідження одночасно визначати широкий спектр мікотоксинів, пестицидів, антибіотиків, біоцидів і ветеринарних препаратів. Це суттєво посилило інформативність лабораторного контролю та дозволило перейти від локального тестування окремих забруднювачів до комплексного профілювання ризиків.

Водночас навіть за умов суттєвого технологічного прогресу залишаються невирішені питання, пов'язані з уніфікацією пробопідготовки, стандартизацією інтерпретації багатокомпонентних результатів, подоланням матричних ефектів, високою вартістю обладнання та недостатнім рівнем впровадження високотехнологічних методів у рутинну лабораторну практику.

Перспективи подальших досліджень. Перспективним є розроблення уніфікованих моделей лабораторного контролю, що поєднуюватимуть мікробіологічні, токсикологічні та хімічні показники в єдиній системі оцінки безпечності харчової сировини.

Список використаної літератури

21. Chikhi L., Mancier M., Brugère H., Lombard B., Faouzi L., Guillier L., Gnanou Besse N. Comparison of *Listeria monocytogenes* alternative detection methods for food microbiology official controls in Europe. *International Journal of Food Microbiology*. 2024. Vol. 408. P. 110448. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110448>
22. Traversa A., Rubinetti F., Lanzilli S., Bervini R., Bruatto G., Coruzzi E., Gilli M., Mendolicchio A., Osella E., Stassi E., Biglia C. Official food safety audits in large scale retail trades in the time of COVID: System control experiences supported by an innovative approach. *Italian Journal of Food Safety*. 2022. Vol. 11(4). P. 10022. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2022.10022>
23. Wolniak R., Grebski W. W. (2025). Food safety in the European Union: A comparative assessment based on RASFF notifications, pesticide residues, and food waste indicators. *Foods*. 2025. Vol. 14(14). P. 2501. <https://doi.org/10.3390/foods14142501>
24. Xue Y., He S., Li M., Qiu Y. Development and application of four foodborne pathogens by TaqMan multiplex real-time PCR. *Foodborne Pathogens and Disease*. 2025. Vol. 22(3). P. 193–201. <https://doi.org/10.1089/fpd.2023.0134>
25. Abalo M., Lamas A., Teixeira C., Prado M., Garrido-Maestu A. Surface monitoring of *L. monocytogenes* by real-time fluorescence and colorimetric LAMP. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2024. Vol. 108(1). P. 510. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13318-9>

26. Du J., Li Z., Liu K., Guo J., Bai Y. Colorimetric aptasensor for *Listeria monocytogenes* detection using dual functional Fe₃O₄@MIL-100(Fe) with magnetic separation and oxidase-like activities in food samples. *Microchimica Acta*. 2024. Vol. 191(8). P. 504. <https://doi.org/10.1007/s00604-024-06528-5>
27. von Hertwig A. M., Pereira A. A., Amorim Neto D. P., Nascimento M. S. Quantification of viable *Salmonella* by propidium monoazide real-time PCR after long-term storage of peanut products. *Microorganisms*. 2024. Vol. 12(12). P. 2640. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12122640>
28. Turanoglu B., Omeroglu M. A., Baltaci M. O., Adiguzel G., Adiguzel A. Determination of foodborne pathogens in minced beef by real-time PCR without culture enrichment. *Journal of Microbiological Methods*. 2024. Vol. 219. P. 106896. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2024.106896>
29. Leeman D., Allan A. B., Cameron H., Donnelly C., Tramaseur A., Stratton J., MacDonald S. J. Validation of the 11+Myco MS-PREP® method for determination of aflatoxins, fumonisins, deoxynivalenol, ochratoxin A, zearalenone, HT-2, and T-2 toxins in cereals, baby food, spices, and animal feed by immunoaffinity column with LC-MS/MS: AOAC Performance Tested Method SM 112401. *Journal of AOAC International*. 2025. Vol. 108(2). P. 207–252. <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsae097>
30. Nji Q. N., Mwanza M. Three-year multi-mycotoxin analysis of South African commercial maize from three provinces. *Frontiers in Fungal Biology*. 2024. Vol. 5. P. 1426782. <https://doi.org/10.3389/ffunb.2024.1426782>
31. Skrzydlewski P., Kosicki R., Grajewski J., Twarużek M. Four-year surveillance of mycotoxins in feed and raw materials (2021–2024): Occurrence, co-contamination, and risk implications. *Toxicon*. 2025. Vol. 268. P. 108618. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2025.108618>
32. Shrestha S., Lamichhane B., Chaudhary N. Method validation and measurement uncertainty estimation for determination of multiclass pesticide residues in tomato by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). *International Journal of Analytical Chemistry*. 2024. P. 3846392. <https://doi.org/10.1155/2024/3846392>
33. Alminderej F. M., Saleh S. M., Abdallah O. I. Monitoring pesticide residues in pepper (*Capsicum annuum* L.) from Al-Qassim region, Saudi Arabia: Occurrence, quality, and risk evaluations. *Heliyon*. 2024. Vol. 10(17). P. e36805. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36805>
34. Keklik M., Golge O., González-Curbelo M. Á., Kabak B. Determination of pesticide residues in vine leaves using the QuEChERS method and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Foods*. 2024. Vol. 13(6). P. 909. <https://doi.org/10.3390/foods13060909>
35. Khaled O., Ryad L., Eissa F. Determination of tetracycline residues in potatoes and soil by LC-MS/MS: Method development, validation, and risk assessment. *Food Chemistry*. 2024. Vol. 461. P. 140841. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140841>
36. Dos Santos I. D., Zomer P., Pizzutti I. R., Wagner R., Mol H. Multi-residue determination of biocides in dairy products and slurry feed using QuEChERS extraction and liquid chromatography combined with high resolution mass spectrometry (LC-ESI-QOrbitrap™-MS). *Food Chemistry*. 2024. Vol. 457. P. 140117. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140117>
37. Salis S., Rubattu N., Rubattu F., Cossu M., Sanna A., Chessa G. Analytical approaches in official food safety control: An LC-Orbitrap-HRMS screening method for the multiresidue determination of antibiotics in cow, sheep, and goat milk. *Molecules*. 2022. Vol. 27(19). P. 6162. <https://doi.org/10.3390/molecules27196162>
38. Rodrigues H., Leite M., Oliveira M. B. P. P., Freitas A. Multi-analyte method for antibiotic residue determination in honey under EU Regulation 2021/808. *Antibiotics*. 2025. Vol. 14(10). P. 987. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14100987>
39. Pieragostini V., Pecorelli I., Diamanti I., Carloni C., Galarini R., Fioroni L. Veterinary drug residues in animal-origin food: A UPLC-MS/MS screening method for the determination of 21 beta-agonists in animal lung and liver according to Commission Implementing Regulation (EU)

40. Gaugain M., Durot J., Levé L., Dubreil-Chéneau E., Guichard P., Bourcier S., Verdon E., Hurtaud-Pessel D. Multiclass method to analyze banned veterinary drugs in casings by LC-MS/MS: A validation study according to Regulation (EU) 2021/808. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2025. Vol. 73(49). P. 31590–31602. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5c08099>

Volodymyr Binkevych,

PhD in Veterinary Science, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Inspection, Lviv S.
Gzhytskiy National University of Veterinary Medicine and Biotechnology
Lviv, Ukraine
ORCID:0009-0001-6234-7814
e-mail: binkevych_volodymyr@ukr.net

Taras Farionik,

PhD in Veterinary Science, Associate Professor,
Dean of the Faculty of Veterinary Medicine,
Department of Veterinary Hygiene,
Sanitation and Expertise,
Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine
ORCID: 0000-0002-0706-2445
e-mail: farionik19@gmail.com

Alina Kolechko,

PhD in Veterinary Science, Senior Lecturer of Department of Veterinary Hygiene,
Sanitation and Expertise,
Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine
ORCID: 0000-0002-8644-3616
e-mail: alinakolechko@gmail.com

**IMPROVEMENT OF METHODS OF LABORATORY QUALITY
CONTROL OF FOOD RAW MATERIALS IN THE CONDITIONS OF
HARMONIZATION OF UKRAINIAN LEGISLATION WITH EU
REQUIREMENTS**

Abstract

Relevance. Improvement of methods of laboratory quality control of food raw materials is of particular importance in the conditions of harmonization of Ukrainian legislation with the requirements of the European Union, since a modern control system must ensure not only the detection of individual deviations, but also analytical accuracy, reproducibility, efficiency and regulatory suitability of results. The relevance of the problem is enhanced by the complexity of food raw materials themselves as an object of control, which is characterized by a combination of microbiological, toxicological and chemical risks.

Purpose of the study. To study the current state of improvement of methods of laboratory quality control of food raw materials in the conditions of harmonization of Ukrainian legislation with EU requirements.

Methods of analysis. Bibliographic, analytical, comparative and generalizing methods were used. A systematization of modern scientific publications devoted to microbiological, molecular, chromatographic-mass spectrometric and multi-residue approaches to the control of food raw materials was carried out, and their significance for the adaptation of national laboratory practice to European requirements was assessed.

Results. It was established that the modern improvement of laboratory control occurs in three key areas: expanding the multicomponent analysis, implementing regulatory validated methods and integrating the laboratory result into the system of official risk-based control. It is shown that in the field of microbiological control there is a transition from mainly classical cultural schemes to rapid molecular and sensory methods that reduce the duration of analysis and increase the efficiency of response. In the toxicological and chemical segments, a sharp increase in the analytical capacity of methods has been identified, which made it possible to simultaneously control a wide range of mycotoxins, pesticides, antibiotics, biocides and veterinary drugs in different types of raw materials. At the same time, it was found that along with technological progress, the problems of interlaboratory unification, standardization of the interpretation of multicomponent results, overcoming matrix effects and widespread implementation of high-tech platforms in routine practice persist.

Practical value of the work. The practical value lies in the generalization of modern directions of modernization of laboratory control of food raw materials and the identification of those methodological approaches that are most promising for implementation in the national system of official control in conditions of harmonization with EU requirements.

Conclusions. Improving laboratory quality control of food raw materials should be considered as a transition to a comprehensive, standardized and regulatory compatible analysis. The main results of such improvement are increasing the analytical capacity of methods, reducing the time to obtain results, expanding the spectrum of controlled contaminants and bringing laboratory practice closer to the European model of official control. At the same time, further development of this area requires unification of methods, strengthening interlaboratory validation and increasing the availability of high-tech analytical equipment.

Keywords: safety, food products, legislation, microbiological control, official control.

References

21. Chikhi, L., Mancier, M., Brugère, H., Lombard, B., Faouzi, L., Guillier, L., & Gnanou Besse, N. (2024). Comparison of *Listeria monocytogenes* alternative detection methods for food microbiology official controls in Europe. *International Journal of Food Microbiology*, 408, 110448. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110448>
22. Traversa, A., Rubinetti, F., Lanzilli, S., Bervini, R., Bruatto, G., Coruzzi, E., Gilli, M., Mendolicchio, A., Osella, E., Stassi, E., & Biglia, C. (2022). Official food safety audits in large scale retail trades in the time of COVID: System control experiences supported by an innovative approach. *Italian Journal of Food Safety*, 11(4), 10022. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2022.10022>
23. Wolniak, R., & Grebski, W. W. (2025). Food safety in the European Union: A comparative assessment based on RASFF notifications, pesticide residues, and food waste indicators. *Foods*, 14(14), 2501. <https://doi.org/10.3390/foods14142501>
24. Xue, Y., He, S., Li, M., & Qiu, Y. (2025). Development and application of four foodborne pathogens by TaqMan multiplex real-time PCR. *Foodborne Pathogens and Disease*, 22(3), 193–201. <https://doi.org/10.1089/fpd.2023.0134>
25. Abalo, M., Lamas, A., Teixeira, C., Prado, M., & Garrido-Maestu, A. (2024). Surface monitoring of *L. monocytogenes* by real-time fluorescence and colorimetric LAMP. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108(1), 510. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13318-9>

26. Du, J., Li, Z., Liu, K., Guo, J., & Bai, Y. (2024). Colorimetric aptasensor for *Listeria monocytogenes* detection using dual functional Fe₃O₄@MIL-100(Fe) with magnetic separation and oxidase-like activities in food samples. *Microchimica Acta*, 191(8), 504. <https://doi.org/10.1007/s00604-024-06528-5>
27. von Hertwig, A. M., Pereira, A. A., Amorim Neto, D. P., & Nascimento, M. S. (2024). Quantification of viable *Salmonella* by propidium monoazide real-time PCR after long-term storage of peanut products. *Microorganisms*, 12(12), 2640. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12122640>
28. Turanoglu, B., Omeroglu, M. A., Baltaci, M. O., Adiguzel, G., & Adiguzel, A. (2024). Determination of foodborne pathogens in minced beef by real-time PCR without culture enrichment. *Journal of Microbiological Methods*, 219, 106896. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2024.106896>
29. Leeman, D., Allan, A. B., Cameron, H., Donnelly, C., Tramaseur, A., Stratton, J., & MacDonald, S. J. (2025). Validation of the 11+Myco MS-PREP® method for determination of aflatoxins, fumonisins, deoxynivalenol, ochratoxin A, zearalenone, HT-2, and T-2 toxins in cereals, baby food, spices, and animal feed by immunoaffinity column with LC-MS/MS: AOAC Performance Tested Method SM 112401. *Journal of AOAC International*, 108(2), 207–252. <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsae097>
30. Nji, Q. N., & Mwanza, M. (2024). Three-year multi-mycotoxin analysis of South African commercial maize from three provinces. *Frontiers in Fungal Biology*, 5, 1426782. <https://doi.org/10.3389/ffunb.2024.1426782>
31. Skrzydlewski, P., Kosicki, R., Grajewski, J., & Twarużek, M. (2025). Four-year surveillance of mycotoxins in feed and raw materials (2021–2024): Occurrence, co-contamination, and risk implications. *Toxicon*, 268, 108618. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2025.108618>
32. Shrestha, S., Lamichhane, B., & Chaudhary, N. (2024). Method validation and measurement uncertainty estimation for determination of multiclass pesticide residues in tomato by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). *International Journal of Analytical Chemistry*, 2024, 3846392. <https://doi.org/10.1155/2024/3846392>
33. Alminderej, F. M., Saleh, S. M., & Abdallah, O. I. (2024). Monitoring pesticide residues in pepper (*Capsicum annum* L.) from Al-Qassim region, Saudi Arabia: Occurrence, quality, and risk evaluations. *Heliyon*, 10(17), e36805. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36805>
34. Keklik, M., Golge, O., González-Curbelo, M. Á., & Kabak, B. (2024). Determination of pesticide residues in vine leaves using the QuEChERS method and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Foods*, 13(6), 909. <https://doi.org/10.3390/foods13060909>
35. Khaled, O., Ryad, L., & Eissa, F. (2024). Determination of tetracycline residues in potatoes and soil by LC-MS/MS: Method development, validation, and risk assessment. *Food Chemistry*, 461, 140841. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140841>
36. Dos Santos, I. D., Zomer, P., Pizzutti, I. R., Wagner, R., & Mol, H. (2024). Multi-residue determination of biocides in dairy products and slurry feed using QuEChERS extraction and liquid chromatography combined with high resolution mass spectrometry (LC-ESI-QOrbitrap™-MS). *Food Chemistry*, 457, 140117. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140117>
37. Salis, S., Rubattu, N., Rubattu, F., Cossu, M., Sanna, A., & Chessa, G. (2022). Analytical approaches in official food safety control: An LC-Orbitrap-HRMS screening method for the multiresidue determination of antibiotics in cow, sheep, and goat milk. *Molecules*, 27(19), 6162. <https://doi.org/10.3390/molecules27196162>
38. Rodrigues, H., Leite, M., Oliveira, M. B. P. P., & Freitas, A. (2025). Multi-analyte method for antibiotic residue determination in honey under EU Regulation 2021/808. *Antibiotics*, 14(10), 987. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14100987>
39. Pieragostini, V., Pecorelli, I., Diamanti, I., Carloni, C., Galarini, R., & Fioroni, L. (2026). Veterinary drug residues in animal-origin food: A UPLC-MS/MS screening method for the determination of 21 beta-agonists in animal lung and liver according to Commission Implementing

40. Gaugain, M., Durot, J., Levé, L., Dubreil-Chéneau, E., Guichard, P., Bourcier, S., Verdon, E., & Hurtaud-Pessel, D. (2025). Multiclass method to analyze banned veterinary drugs in casings by LC-MS/MS: A validation study according to Regulation (EU) 2021/808. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 73(49), 31590–31602. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5c08099>

Стаття надійшла до редакції 01.04.2026

Стаття пройшла рецензування 02.05.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

РОЗДІЛ 2. СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

DOI 10.37000/abbsl.2026.119.17

UDC 636.085.55.4

Igor Dudarev,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of
Agroengineering,

Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID 0000-0001-9509-6970

email: 247531@ukr.net

Serhii Uminskyi,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of
Agroengineering,

Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-7767-8405

email ymoshi@ukr.net

Inna Moskalyuk,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of
Information Technologies,

Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-3421-4029

email inna4406@ukr.net

Serhiy Zhitkov,

Associate Professor, Department of Agricultural Engineering,

Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID 0000-0003-0598-9906

email sergejzhitkov1983@gmail.com

**ENSURING THE QUALITY OF COMPOUND FEED DURING THEIR
STORAGE**

Abstract

Ensuring proper storage of feed stocks for cattle is a key factor in successful farming. Both animal health and farm productivity depend on this. Competently organized storage of feed allows you to preserve their nutritional properties, prevent quality losses and create a stable basis for the sustainable development of the farm business. The duration of feed storage significantly affects their quality and nutritional content. Over time, feed undergoes natural degradation, which negatively affects their ability to ensure proper development and health of livestock. One of the reasons for this is the process of lipid oxidation, as a result of which free fatty acids are formed. These substances not only reduce the energy value of feed, but also add an unpleasant taste to it, which can affect the readiness of animals

for their consumption. In addition, vitamin components, especially those that are sensitive to light and oxygen, gradually lose their activity. Protein structures also break down over time, resulting in a deficiency of important amino acids, these are the bases for building muscle mass and maintaining livestock vitality. The growing global demand for animal products such as meat, dairy products and eggs is driving the expansion of the livestock sector, which requires an increase in the number of livestock. This, in turn, increases the need for animal feed, where special emphasis is placed on their high quality and safety. In the materials of this work, the issues of the effect of the action of a dry synthetic preservative on the organoleptic quality indicator of loose compound feed, which is stored before its use, are considered.

Key words: compound feed, preservative, action, storage, quality.

Introduction. The use of special impurities helps farmers to eliminate the damage that long-term storage causes to feed. The infusion of additional vitamin complexes and amino acids into stored feed can fill gaps in lost nutrients that are inevitable over time. The addition of the same antioxidant substances as selenium, vitamin E or artificial preservatives allows to protect fats and vitamins from oxidation processes, which in turn increases the shelf life of the feed while preserving its nutritional value [1, 3, 4, 6].

This trend leads to an increase in the importance of effective feed storage methods, among which preservatives play a key role. They serve as a means of maintaining the integrity of feed throughout the logistics cycle. The global feed preservative market is expected to reach a volume of US\$4.9 billion, and will continue to grow at an average annual rate of approximately 4.6% between 2023 and 2030. Such substances are represented by both organic and inorganic compounds, which are added to feed mixtures to extend their shelf life and preserve their nutritional value. The main task of preservatives is to prevent the development of pathogenic microorganisms, including bacteria, yeast and mold, which can threaten both raw material components and ready-made feed. Thanks to this, the risks of spoilage of products of microbial origin are minimized. Preservatives perform a critical function in ensuring high-quality and stable nutrition for animals. They ensure that the feed remains complete and safe throughout the entire period of use — from the moment of manufacture until the animals are fed. This not only helps to preserve the beneficial properties of the feed, but also prevents contamination of the product at all stages of supply, effectively extending its shelf life. The use of preservatives in animal and poultry feed is a complex and multifaceted process that plays a key role in ensuring both animal welfare.

Problem statement, analysis of modern research. Ensuring the storage conditions of compound feed without deterioration of its quality indicators is a modern requirement for the livestock complex. Scientific works have proven that the quality of feed in terms of the content of necessary substances can significantly deteriorate already due to a short storage period of – only a few months. For example, fat particles in corn can decrease by more than a tenth when it is stored for only two months. The use of special impurities helps farmers to eliminate the damage that long-term storage causes to feed. The infusion of additional vitamin complexes and amino acids into stored feed can fill gaps in lost nutrients that are inevitable over time. The addition of the same antioxidant substances as selenium, vitamin E or artificial preservatives allows to protect

fats and vitamins from oxidation processes, which in turn increases the shelf life of the feed while preserving its nutritional value [2, 3, 4, 6]. This trend leads to an increase in the importance of effective feed storage methods, among which preservatives play a key role. They serve as a means of maintaining the integrity of feed throughout the logistics cycle. The global feed preservative market is expected to reach a volume of US\$4.9 billion, and will continue to grow at an average annual rate of approximately 4.6% between 2023 and 2030. Such substances are represented by both organic and inorganic compounds, which are added to feed mixtures to extend their shelf life and preserve their nutritional value. The main task of preservatives is to prevent the development of pathogenic microorganisms, including bacteria, yeast and mold, which can threaten both raw material components and ready-made feed. Thanks to this, the risks of spoilage of products of microbial origin are minimized. Preservatives perform a critical function in ensuring high-quality and stable nutrition for animals. They ensure that the feed remains complete and safe throughout the entire period of use - from the moment of manufacture until the animals are fed.

This not only helps to preserve the beneficial properties of the feed, but also prevents contamination of the product at all stages of supply, effectively extending its shelf life. The use of preservatives in animal and poultry feed is a complex and multifaceted process that plays a key role in ensuring both animal welfare and productivity. However, excessive dosing or improper use of these substances can harm the health of both animals and humans. In this regard, it is important to introduce preservatives into diets with caution, strictly observing regulated safety standards. Among the main types of preservatives actively used in the field of animal husbandry, a special place is occupied by organic acids, antioxidants, compounds to inhibit the development of mold and antimicrobial agents. Each of these groups performs a specific function aimed at maintaining the initial properties of feed components or finished products. These additives are classified as feed acidifiers, mold inhibitors, feed antioxidants and anti-caking agents. According to analytical data from leading research institutions, the segment of feed acidifiers dominates the world market of preservatives. Forecasts indicate that this segment will be marked by significant growth in the coming years, which will allow it to consolidate its leadership position in the global industry.

Feed preservatives are divided into:

- artificially synthesized ;
- natural.

Growing fears about the possible adverse effects of artificial additives on animal health are stimulating demand for both natural alternatives that contribute to extending the shelf life of animal feed and safe artificial ones.

Natural preservatives derived from sources such as medicinal plants, spices and plant extracts are perceived as a safer and more environmentally friendly option to preserve the high quality and reliability of feed [2, 5, 7, 11].

Development prospects show a significant increase in the dry food preservative segment in the coming years. Dry fodder has become extremely popular in animal husbandry and poultry farming due to their convenience in production, transportation and storage. However, it is the dry format that makes such feeds vulnerable to microbiological

contamination and rapid oxidation, which necessitates the use of effective preservatives for long-term preservation of nutritional value. The increase in the dry fodder segment is directly related to the expansion of world livestock and poultry farming, where processed and dried rations have become the standard. Among the forms of preservatives, the powder-like segment occupies more than 63.3% of the market.

The powder form holds the market lead, capturing the lion's share. In 2025, this format covered more than 63.3% of the total market volume [4, 9, 12]. The reason for the popularity of this condition lies in its benefit of application, ease of use and ability to integrate with a wide range of methods of preparing feed mixtures. The dry product makes it possible to measure the quantity required with great precision, guarantees a longer shelf life and better stability during carriage and storage, which is extremely essential for large agro-industrial livestock complexes [8, 10, 11].

It should be noted that preservatives in powder form are valued for their multifunctionality: their integration into feed formulations occurs without complications, ensuring the same distribution of ingredients and reliable supervision of microbiological changes. As a result of these positive aspects, the powder option becomes the main solution for feed manufacturers, which aim to improve production cycles and guarantee high quality and safety of the final product [1, 6, 8, 11]. It should be noted that the effect of the preservative is not separated from such factors as temperature during storage and humidity. Temperature is one of the key factors affecting the preservation of the stability of compound feed during its long-term storage. When the temperature rises, chemical reactions take place more intensively, including the oxidation of fats, which causes the feed to become rancid and reduce its nutritional value. Temperatures above +25 °C stimulate the activity of microorganisms and harmful insects.

Low temperatures, although slowing down biochemical reactions, can provoke condensation due to temperature fluctuations, which negatively affects product quality. Air humidity together with the moisture level in compound feed are determining factors for their long-term preservation. The optimal moisture content in bulk compound feed should usually not exceed 12–14 %. Excessive humidity promotes the reproduction of molds and bacteria. The risk of mycotoxins, which pose a serious threat to animal health, is also increased in humid environments. In addition, moistened compound feed coalesces faster, losing fluidity and uniformity of composition. Temperature and humidity have a close relationship. The higher the air temperature, the more moisture it can retain, which can cause an increase in the moisture level of compound feed. Sharp temperature fluctuations are especially dangerous, which cause the process of moisture condensation on the surface of the feed, significantly deteriorating its quality. The combined effect of high temperature and humidity significantly speeds up the spoilage of compound feed, shortens its shelf life and increases the risks of losses. Adherence to optimal temperature and humidity parameters together with the use of preservatives makes it possible to preserve their nutritional value, minimize economic losses and ensure stable animal productivity. Ignoring these requirements may cause serious financial losses and adversely affect the health of the stock [2, 5, 7, 11].

Artificial shelf-life enhancers, are a group of chemicals actively involved in increasing the shelf-life of goods because they contain spoilage caused by the vital activity of bacteria, mold or yeast. Their role is of paramount importance both in maintaining proper feed characteristics and in reducing the volume of food discarded. However, the use of artificial preservatives constantly causes lively controversy, especially when it comes to their legislative regulation and possible impact on the health of animals during their cultivation.

Given the difficulties associated with the supervision and management of these points, many companies are inclined to implement advanced solutions, for example, software complexes for compliance with regulations, as well as automation systems that allow to simplify and improve production stages. Despite the existence of contradictions, synthetic additives continue to demonstrate significant profitability and practical value in ensuring the protection of feed stocks from contamination and deterioration of their properties. At the level of compound feed production, synthetic preservatives are an indispensable element that guarantees the preservation of finished products, their stable quality and immunity to threats of microbiological origin. They retain their key importance in maintaining the reliability of the entire production system, which makes them indispensable in modern agriculture.

Preservation additives function through a variety of mechanisms that are fundamental to ensuring effective feed safety control. In the modern production of compound feed, preservatives play an important role, serving as a means to extend the shelf life of products, ensure their safe use and preserve the high quality of the final product. Within the compound feed industry, these chemicals are indispensable for preventing spoilage processes, as well as for protecting livestock from potential negative effects. The use of synthetic preservatives is based on a balanced and scientifically based approach, which includes a deep understanding of the composition of the feed matrix, an assessment of the type of microflora that needs to be suppressed, as well as the determination of the optimal shelf life of finished products. The microbiological characteristics of feedingstuffs are extremely important for the livestock industry, as they directly affect the animals' productivity, their general physiological state and their level of health.

Microscopic organisms such as bacteria, mold or yeast, as well as toxins that accumulate in feed, are of great importance because their entry into the body can lead to serious diseases. Thus, individual microbes and other harmful factors pose a significant threat to health, causing severe pathological conditions.

The majority of gastrointestinal disorders in domestic animals are caused by bacterial pathogens, for example, strains of *Clostridium* or *Campylobacter*, representatives of the enterobacteria family, including *E. coli*, *Salmonella* and *Proteus*, as well as miniature fungi such as *Aspergillus*, *Candida* or *Mucor*. These microscopic forms of lesions vary in location and level of their ability to cause disease. Bacteria are mostly the main causes that cause a significant frequency of diseases and deaths. While fungal infections are more often bothered when immunity is weakened due to excessive activity of pathogenic fungi.

When storing feed, their deterioration is classified into four main groups: reduction in quantity or weight, deterioration of quality (physical and chemical) characteristics, risks to the health and life support of animals, and financial losses.

These losses are caused by the following factors:

- failure to observe the required concentration of preservative when administered;
- the vital activity of microorganisms;
- mishandling of products;
- a set of physical and chemical changes.

The losses that occur on the current for the production of compound feed are primarily caused by the deterioration of the quality indicators of the raw material.

With significant damage, the volume of feed significantly decreases, which at the same time entails a decrease in their properties. Active reproduction of pests often causes the appearance of mold and unwanted odors, such as sweet. This not only destroys feed, making it impossible to use it, but also creates a serious risk to the health of livestock that consume these components. The three main types of storage losses are considered crucial for compound feed manufacturers. For example, mass loss due to moisture evaporation or large numbers of insects is a significant problem, especially in developing countries. This is because the harvesting process and its subsequent processing are often carried out carelessly. Insufficient supervision of compliance with quality standards (or their complete absence) leads to the release and sale of insufficiently prepared feed components that deteriorate faster.

The lack of proper standards suggests that less attention is paid to aesthetic or qualitative aspects in the commercial circulation of feed products in such regions. As a result, the financial costs associated with inspection, spoilage prevention and quality control (although this is a priority for many advanced industrial states) are giving way in countries in the development stage to these three main forms of damage that occur during storage.

In order for an antioxidant substance to perform its functions in animal diets, it must meet a number of requirements:

1. Make sure that it reliably protects fats of plant and animal origin, vitamin complexes and other components of feed that are vulnerable to degradation due to oxidation.
2. Its use should be harmless to both humans and animals bred in agriculture (for example, birds, pigs, fish, etc.), that is, it should not have any toxic effects.
3. Its ability to act should be preserved even when used in very small doses.
4. Its cost should be such that its integration into production remains financially justified.

Purpose of the study: Improvement of the optimal application of the preservative in the composition of compound feed for its preservation of quality indicators.

Presentation of the main material. Antioxidants are key in terms of maintaining the integrity of quality indicators. They contribute to the stabilization of the main nutrients, which are prone to oxidative processes in multicomponent feed. When color-adding components are introduced into the formulation, the use of antioxidants becomes an absolute condition for guaranteeing the high quality of the final product.

Quality was evaluated by controlling organoleptic indicators, which made it possible to monitor changes in the quality and appearance of malt smell during different

storage periods. Different doses of Paradigmox White dry preservative were used to store the compound feed under different conditions, and during the operational period, the condition and changes in the organoleptic properties of the feed were monitored.

Adding a preservative to compound feed is considered a promising approach, contributing to improved animal health, increased feeding efficiency and improved product quality. This process requires accurate dosing and careful quality control at all stages of production. During the research, we introduced a different amount of preservative during the storage and control period, and the obtained results were systematized and entered in Table 1, with the appropriate construction of graphs of changes in quality indicators during storage.

Table 1.

Change in the quality of loose compound feed before the appearance of a malt smell, when administered and without the presence of a preservative.

Storage conditions	without preservative	with preservative added not 20 g	with preservative added not 40 g	with preservative added not 60 g	with preservative added not 90 g	Condition of the preservative
Humidity , W%						
18	47	48	51	53	57	Dry
16	49	51	53	55	59	Dry
14,5	54	55	57	58	65	Dry
13	62	63	65	61	69	Dry
10	64	66	69	71	81	
Temperature t °C						
20	57	59	61	65	69	Dry
15	59	61	63	67	71	Dry
10	61	63	68	73	77	Dry
5	69	73	77	79	89	Dry
-5	75	77	83	87	97	Dry

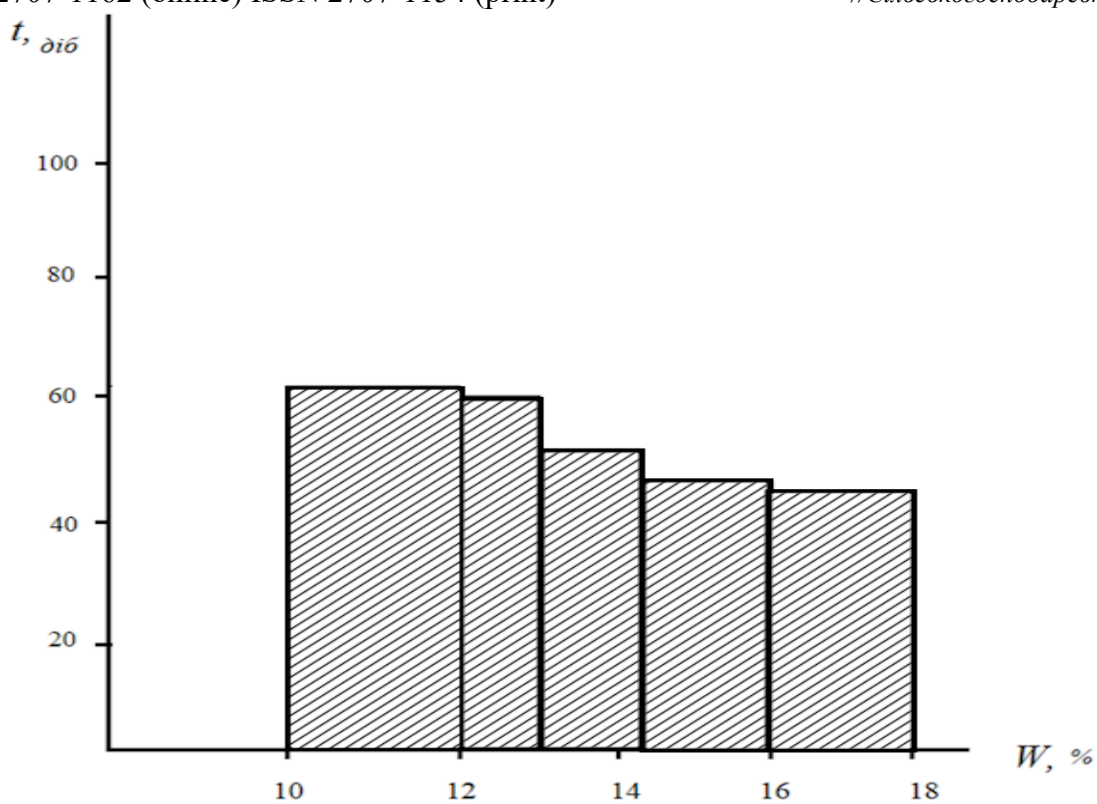


Fig. 1. Quality changes during storage without the use of an antioxidant.

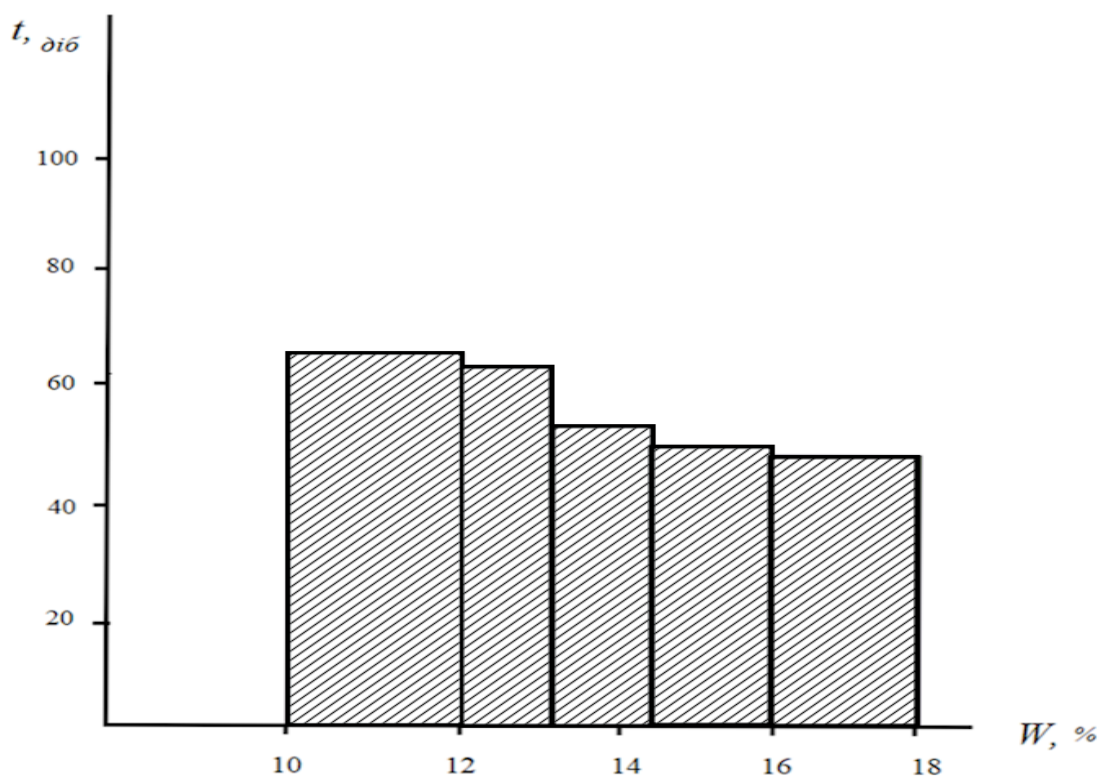


Fig. 2. Quality changes during storage with 20 g antioxidant (per 100 kg)

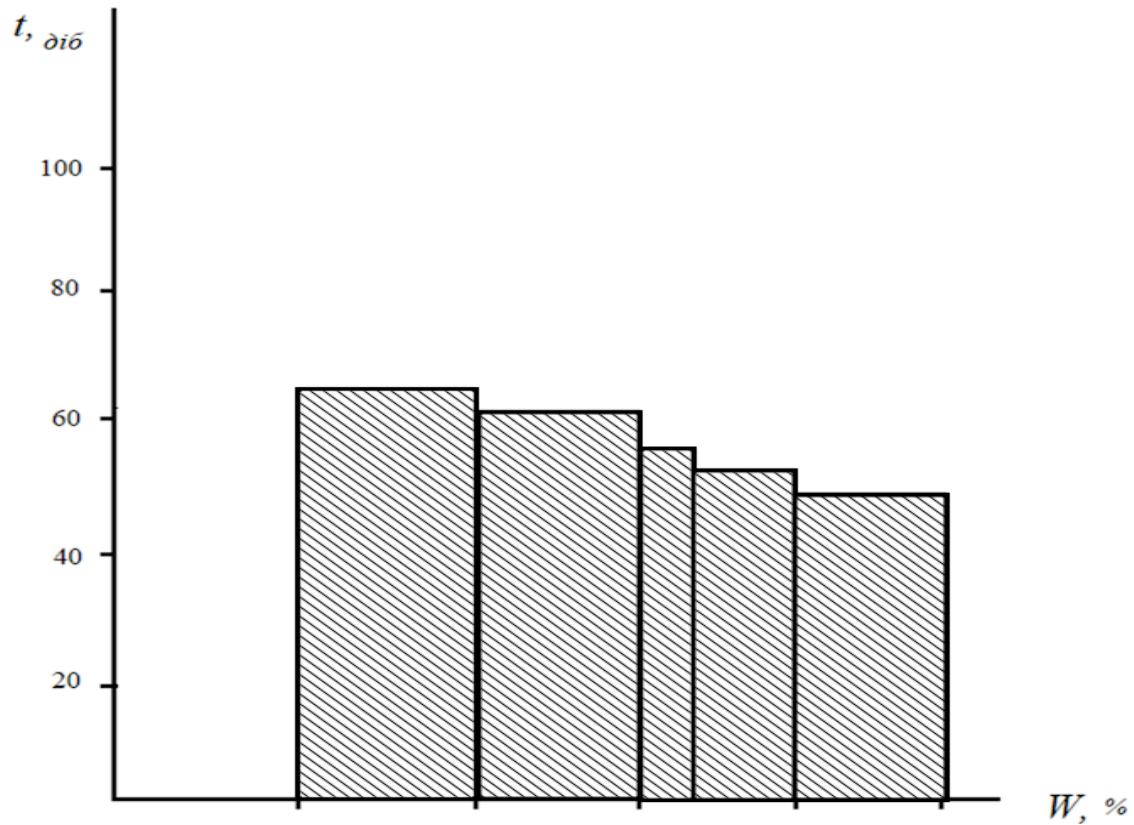


Fig. 3. Quality changes during storage with 40 g antioxidant (per 100 kg)

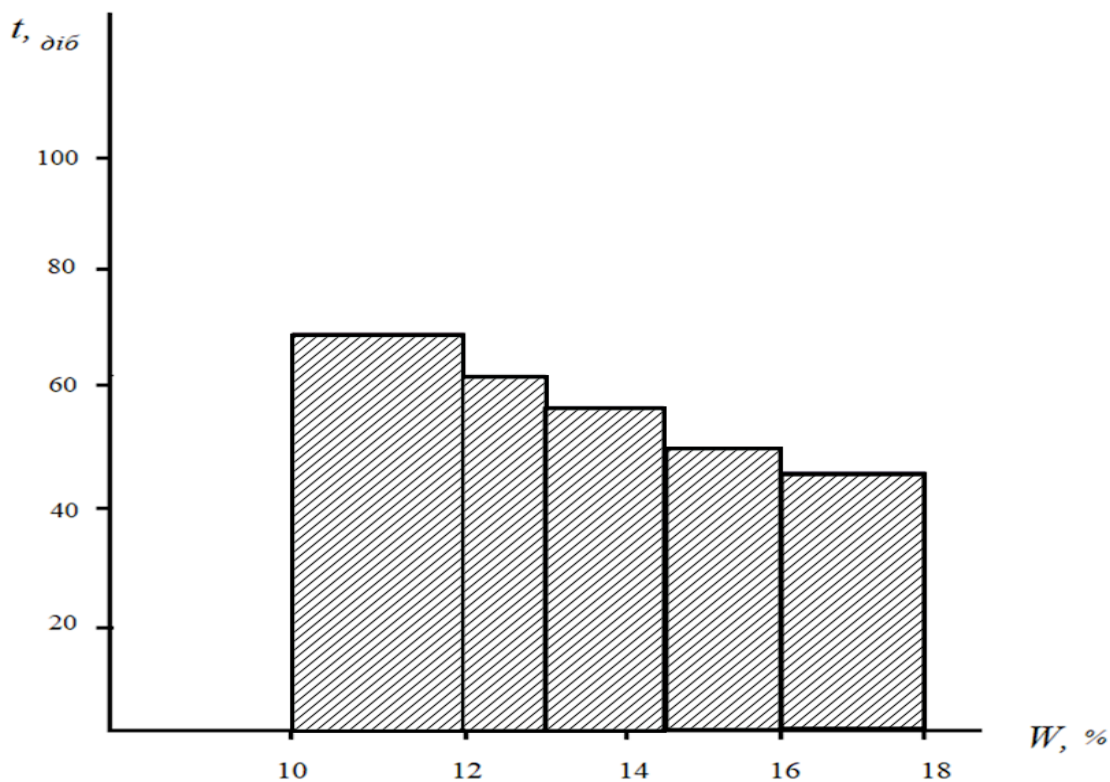


Fig. 4. Quality changes during storage with 60 g antioxidant (per 100 kg).

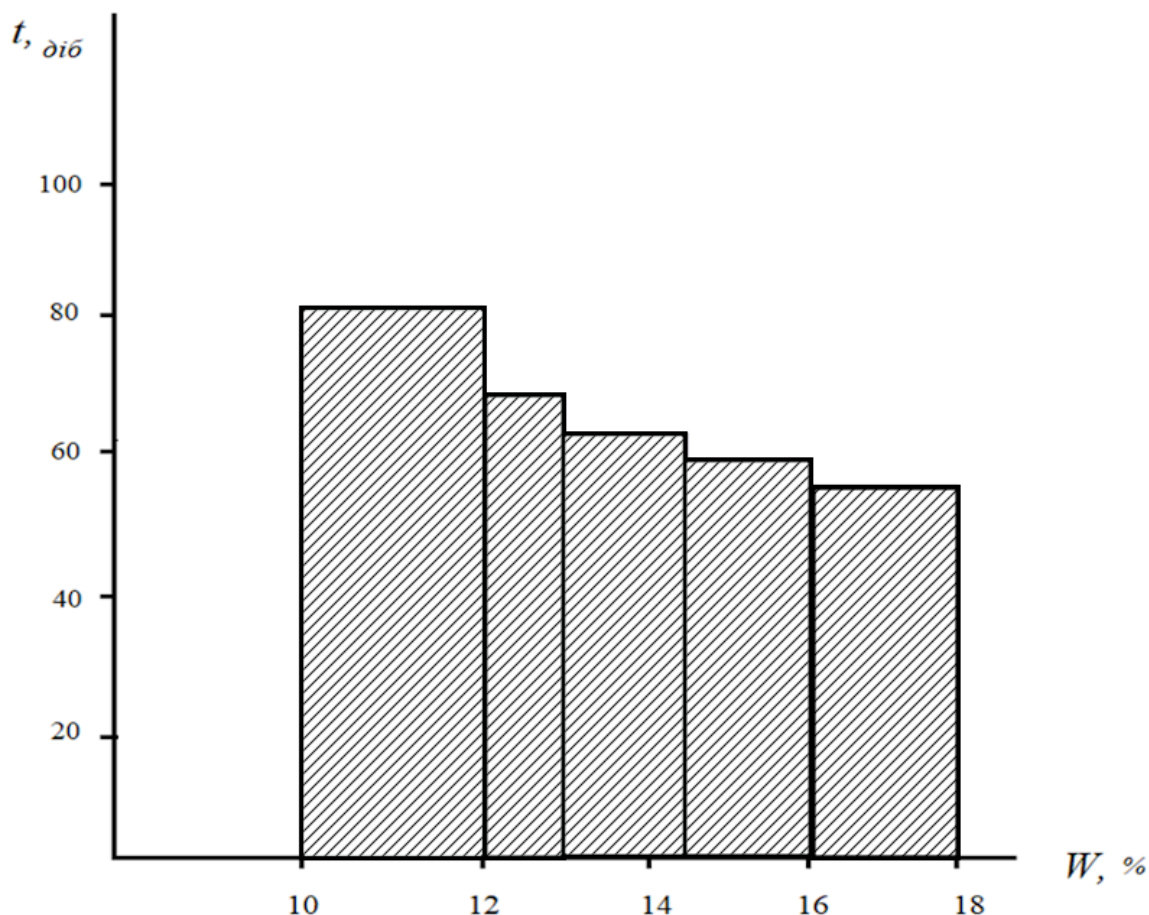


Fig. 5. - Quality changes during storage with 90 g antioxidant (per 100 kg).

Conclusions and prospects for further research. In view of the conducted research, it has been proven that the stability of compound feed during storage can be improved due to the introduction of a certain antioxidant into its composition. It is proposed to use the dry artificial antioxidant Aradigmox White Dry, produced by KEMIN, as such a stabilizer. Based on the collected information, the optimal application rate is defined as 90 grams for every 100 kilograms of finished products. It is advisable to carry out a similar analysis of preservatives of other groups of origin in further research.

References

1. Barel S. (2013). Overview of the needs and composition of the feed and harmful substance safety inspection system in Israel's VSAH. Beth Dagan: Veterinary and Animal Health; 154 pp. [in Israel]
2. Brindzia Z. F., Jula I. O. (2000). System of technologies in crop production. Study guide. Ternopil: Consulting Center. , 188 p. [in Ukrainian]
3. Verbych I. V., Bratkovska H. V. (2020). Vykorystannia u hodivli molodniaka svynei kombikormu z riznymi sposobamy pererobky soi iz soniashnykovoiu makukhoiu [Use of compound feed with different methods of processing soybeans with sunflower meal in feeding young pigs]. Kormy i kormovyrobnytstvo. Vinnytsia, 89. 205–215. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-20> [in Ukrainian].
4. Dudarev I.I. (2014) Grain moisture. Agrarian Bulletin of the Black Sea Region, Issue 74, P.129–132. [in Ukrainian].
5. Dudarev I. (2016). Processing and frictional properties of grain. Agrarian Bulletin of the Black Sea Region, Issue 80, P. 137–144. [in Ukrainian]

- 6.Drobat V.Y. (1998) Handbook of bakery production technology Kyiv: Ruslana – 415 pp. [in Ukrainian]
- 7.Kaminsky V.D. Babich M.B. (2000). Processing and storage of agricultural products. Odesa: Aspect, 459 pp. [in Ukrainian]
8. Muller-Harvey I. (2004) Modern methods of feed analysis. A: Evaluation of the quality and safety of animal feed. Rome: FAO; S. 1-34. [in Italy]
- 9.Piksha G. R., Bondarenko V. (1995). Cereals K.: Harvest,. 272 pp. . [in Ukrainian]
11. Lisovenka O.T. (2000). Technological equipment of bakery and pasta industries. Ed. Academician Kyiv: Scientific opinion, 181 p. . [in Ukrainian]
12. Petterson DS, Harris DJ, Rayner CJ, Blakeney AB, Choct M.(1999) Methods of grain analysis of premium livestock. Australian Journal of Agricultural Research.;50: p. 775-787. .[in Australian]

Ігор Дударев,

кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID 0000-0001-9509-6970
247531@ukr.net

Сергій Уминський,

кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID 0000-0002-7767-8405
ymoshi@ukr.net

Інна Москалюк

кандидат технічних наук,
доцент кафедри інформаційних технологій, м. Одеса, Україна
Одеський державний аграрний університет
ORCID 0000-0002-3421-4029
inna4406@ukr.net

Сергій Житков

доцент кафедри агроінженерії,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID 0000-0003-0598-9906
sergejzitikov1983@gmail.com

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ КОМБІКОРМІВ ПРИ ЇХ ЗБЕРІГАННІ

Анотація

Забезпечення належного зберігання кормових запасів для великої рогатої худоби є ключовим чинником успішного ведення фермерського господарства. Від цього залежить як здоров'я тварин, так і продуктивність ферми. Грамотно організоване зберігання кормів дозволяє зберегти їхні поживні властивості, запобігти втратам якості та створити стабільну основу для сталого розвитку фермерського бізнесу. Тривалість зберігання кормів суттєво впливає на їхню якість і поживний вміст. З часом корми зазнають природної деградації, що негативно відображається на їхній здатності забезпечувати належний розвиток і здоров'я худоби. Однією з причин цього є процес окислення ліпідів, унаслідок якого утворюються вільні жирові кислоти. Ці речовини не лише знижують енергетичну цінність кормів, а й додають їм неприємного смаку, що може вплинути на готовність тварин до їх

споживання. Крім того, вітамінні компоненти, особливо ті, які чутливі до світла та кисню, поступово втрачають свою активність. Білкові структури також з часом розпадаються, що призводить до дефіциту важливих амінокислот, це основи для формування м'язової маси та підтримки життєдіяльності худоби. Зростання глобального попиту на продукти тваринного походження, такі як м'ясо, молочна продукція та яйця, стимулює розширення тваринницького сектору, що вимагає збільшення кількості поголів'я худоби. Це, в свою чергу, підвищує потребу в кормах для тварин, де особливий акцент ставиться на їхній високу якість і безпечність. В матеріалах даної роботи розглянуті питання впливу дії сухого синтетичного консерванту на органолептичний показник якості розсипного комбікорму який зберігається до його застосування.

Ключові слова: комбікорм, консервант, дія, зберігання, якість.

Стаття надійшла до редакції 20.02.2026

Стаття пройшла рецензування 20.03.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

DOI 10.37000/abbsl.2026.119.18

УДК 619:616.98:636.92

Роман Санжара,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
доцент кафедри технології виробництва і переробки
продукції тваринництва
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
м. Дніпро, Україна
ORCID ID: 0000-0002-7660-2476
email: sanzara.r.a@dsau.dp.ua

Людмила Миколайчук,

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технології виробництва і переробки
продукції тваринництва
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
м. Дніпро, Україна
ORCID ID: 0000-0001-5331-719X
email: mykolaichuk.l.p@dsau.dp.ua

Олена Лесновська,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
доцент кафедри технології виробництва і переробки
продукції тваринництва
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
м. Дніпро, Україна
ORCID ID: 0000-0002-9027-6734
email: lesnovska.o.v@dsau.dp.ua

**ВІРУСНА ГЕМОРАГІЧНА ХВОРОБА КРОЛІВ: ВІД
ЕПІЗООТИЧНИХ ВИКЛИКІВ ДО ЕФЕКТИВНИХ СТРАТЕГІЙ
КОНТРОЛЮ**

Анотація

У статті узагальнено сучасні наукові дані щодо вірусної геморагічної хвороби кролів як однієї з найбільш небезпечних інфекцій у кролівництві. Проаналізовано історію відкриття та глобального поширення збудника, особливості його еволюції, генетичної мінливості та формування нових варіантів, зокрема RHDV2 (GI.2). Розглянуто етіологічні та молекулярно-біологічні характеристики вірусу, механізми його патогенності та взаємодії з імунною системою організму.

Особливу увагу приділено епізоотологічним аспектам інфекції, включаючи роль різних шляхів передачі, факторів середовища та механічних переносників, зокрема комах, у поширенні вірусу. Висвітлено особливості патогенезу, клінічних форм та вікової чутливості тварин залежно від генотипу збудника. Проведено аналіз сучасних методів діагностики,

зокрема молекулярно-біологічних технологій, що забезпечують високу чутливість і специфічність виявлення вірусу.

У роботі здійснено порівняльну характеристику вірусної геморагічної хвороби кролів і міксоматозу, визначено їх спільні та відмінні риси. Оцінено економічні наслідки інфекції, включаючи прямі та опосередковані збитки, а також вплив на популяційну динаміку тварин і екосистеми.

Проаналізовано сучасні стратегії контролю захворювання, що базуються на поєднанні вакцинації, біобезпеки, лабораторної діагностики та епізоотичного моніторингу. Визначено основні сучасні виклики, пов'язані з еволюцією вірусу, його глобальним поширенням, міжвидовими переходами та обмеженою ефективністю існуючих вакцин. Окреслено перспективні напрями подальших досліджень і вдосконалення систем контролю інфекції.

Ключові слова: вірусна геморагічна хвороба кролів; RHDV; RHDV2; епізоотологія; патогенез; діагностика; контроль інфекцій; біобезпека; вакцинація.

Вступ. Вірусна геморагічна хвороба кролів (ВГХК, англ. Rabbit haemorrhagic disease, RHD) є однією з найбільш небезпечних вірусних інфекцій у сучасному кролівництві, що характеризується високою контагіозністю, блискавичним перебігом та значною летальністю. Збудником хвороби є РНК-вірус родини *Caliciviridae* (під *Lagovirus*), який уражає переважно печінку і викликає гострі некротичні зміни, що часто завершуються загибеллю тварин упродовж короткого часу (ВОАН, 2023). За даними міжнародних ветеринарних організацій, рівень летальності при спалахах ВГХК може досягати 80–90 %, що зумовлює її надзвичайно високу епізоотичну значущість [62].

Важливою особливістю вірусу є його висока стійкість у зовнішньому середовищі, що забезпечує тривале збереження вірулентних властивостей у біологічних матеріалах, на об'єктах навколишнього середовища та у продуктах тваринництва. Це, у поєднанні з різноманітними шляхами передачі, включаючи прямий контакт між тваринами, а також опосередковану передачу через інвентар, корми, одяг персоналу та механічних переносників, сприяє швидкому поширенню інфекції у стадах різного типу утримання [61]. У результаті навіть локальні спалахи можуть у короткі строки набувати масштабів епізоотії.

Вперше вірусна геморагічна хвороба кролів була описана наприкінці ХХ століття, після чого швидко поширилася у країнах Європи, Азії та інших регіонах світу, завдавши значних економічних збитків галузі. Класичні уявлення про етіологію, патогенез та епізоотологічні особливості ВГХК були сформовані у фундаментальних працях вітчизняних дослідників, які детально описали характерні клінічні ознаки, високу летальність, блискавичний перебіг хвороби та виражені патоморфологічні зміни, зокрема некроз печінки та геморагічний синдром [65]. Ці дослідження стали основою для подальшого розвитку наукових уявлень про захворювання та розробки перших заходів профілактики і контролю.

У сучасних умовах вірусна геморагічна хвороба кролів розглядається як одна з провідних інфекційних патологій, що поряд із міксоматозом та бактеріальними захворюваннями формує загальний епізоотичний фон у кролівництві. Вона суттєво впливає на продуктивність галузі, знижує ефективність виробництва та створює постійний ризик виникнення спалахів у

господарствах різних форм власності. У зв'язку з цим особливого значення набувають питання профілактики, біобезпеки та комплексного контролю інфекційних хвороб, що передбачають поєднання вакцинації, санітарно-гігієнічних заходів та моніторингу епізоотичної ситуації [68].

Додаткову актуальність проблемі надає поява нових варіантів вірусу, які характеризуються зміненою патогенністю, ширшим спектром сприйнятливих тварин та здатністю частково уникати імунної відповіді. Це ускладнює діагностику та контроль захворювання, вимагає постійного удосконалення існуючих підходів до профілактики та стимулює розвиток нових наукових напрямів досліджень.

Отже, вірусна геморагічна хвороба кролів є однією з ключових проблем кролівництва та ветеринарної медицини, що має важливе економічне та епізоотичне значення. Узагальнення сучасних даних щодо етіології, еволюції вірусу, епізоотології, діагностики та ефективних стратегій контролю є необхідною передумовою для розробки науково обґрунтованих заходів боротьби з цією інфекцією.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вірусна геморагічна хвороба кролів є відносно новою інфекцією, яка з моменту свого відкриття продемонструвала надзвичайно високу швидкість глобального поширення та здатність до еволюційних змін. Вперше захворювання було зареєстроване у Китаї у 1980-х роках, після чого протягом короткого часу воно поширилося на території Європи, Африки та інших континентів, набувши статусу однієї з найнебезпечніших вірусних хвороб кролів [66]. Первинні спалахи характеризувалися високою летальністю та швидким перебігом, що спричинило значні втрати у промисловому кролівництві та привернуло увагу наукової спільноти до цієї інфекції.

На початкових етапах поширення збудник був відносно стабільним у генетичному відношенні, однак із часом почали з'являтися нові варіанти вірусу, що відрізнялися антигенними та патогенетичними властивостями. Важливим етапом в історії розвитку ВГХК стало виникнення нових генотипів, зокрема варіанту RHDV2 (GI.2), який вперше був виявлений у Європі та швидко поширився у різних регіонах світу. Подальші дослідження підтвердили здатність цього варіанту до ефективної циркуляції в популяціях кролів і витіснення класичних штамів вірусу [26].

Поширення RHDV2 супроводжувалося активними процесами еволюції та рекомбінації, що призвело до появи нових варіантів із підвищеною адаптивністю. Зокрема, встановлено, що вже протягом короткого часу після інтродукції у нові регіони вірус здатний формувати рекомбінантні штами, які забезпечують його швидке закріплення у популяціях [65]. Подібні процеси підтверджені також у країнах Африки, де було виявлено рекомбінантні форми вірусу, що поєднують генетичні елементи різних варіантів [32].

Глобальне поширення вірусу характеризується багаторазовими незалежними інтродукціями у різні регіони. Зокрема, геномні дослідження показали, що циркуляція RHDV2 у Європі є результатом кількох незалежних

занесень, що сприяє формуванню генетично різноманітних популяцій вірусу [21]. Аналогічні процеси відзначаються і в інших частинах світу, включаючи Азію та Океанію, де реєструються нові випадки появи вірусу у раніше благополучних регіонах.

Особливо показовими є дані про первинне виявлення RHDV2 у нових географічних зонах. Так, перші випадки інфекції були зареєстровані у Сінгапурі, що підтверджує здатність вірусу швидко долати географічні бар'єри та поширюватися на значні відстані [54]. Подібні тенденції спостерігаються і в Новій Зеландії, де зафіксовано циркуляцію вірусу після його занесення у популяцію диких та домашніх кролів [23]. У Китаї також відзначено появу нових варіантів вірусу, що свідчить про активну еволюцію та адаптацію збудника в умовах різних екосистем [13].

Поширення вірусу супроводжується його генетичною диверсифікацією, що підтверджується результатами генотипування у різних регіонах світу. Наприклад, у країнах Африки та Близького Сходу виявлено циркуляцію різних генотипів вірусу, що свідчить про складну структуру його популяції та постійні еволюційні зміни [16]. Це ускладнює контроль захворювання та вимагає постійного оновлення підходів до діагностики і профілактики.

В Україні вірусна геморагічна хвороба кролів залишається актуальною проблемою, про що свідчать результати досліджень останніх років. Встановлено, що на території країни циркулюють як класичні штами вірусу (GI.1), так і нові варіанти (GI.2), що формує складну епізоотичну ситуацію [36]. Подальші дослідження підтверджують стабільну присутність вірусу в популяціях кролів, а також сезонні коливання захворюваності, що свідчить про його адаптацію до локальних умов [37, 40].

Узагальнюючи історію розвитку вірусної геморагічної хвороби кролів, слід відзначити швидкий її перехід від локального спалаху до глобальної епізоотії, що супроводжується постійною еволюцією вірусу та появою нових генетичних варіантів. Широке географічне поширення, здатність до рекомбінації та адаптації до різних умов середовища визначають сучасний характер інфекції та зумовлюють необхідність постійного моніторингу і вдосконалення заходів контролю.

Метою дослідження є узагальнення та системний аналіз сучасних наукових даних щодо вірусної геморагічної хвороби кролів із висвітленням особливостей етіології, еволюції збудника, епізоотології, патогенезу, діагностики та економічного значення захворювання, а також обґрунтування ефективних стратегій контролю з урахуванням сучасних викликів і перспектив розвитку галузі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Етіологія та молекулярно-біологічні особливості вірусу. Збудником вірусної геморагічної хвороби кролів є РНК-вмісний вірус родини *Caliciviridae*, роду *Lagovirus*, який характеризується високою вірулентністю, значною генетичною варіабельністю та здатністю до швидкої еволюції. Відповідно до сучасної класифікації, запропонованої на основі молекулярно-генетичних досліджень, лаговіруси поділяються на декілька

генотипів, серед яких особливе значення мають патогенні варіанти, асоційовані з вірусною геморагічною хворобою кролів [30]. Така уніфікована система номенклатури дозволяє чітко розмежовувати класичні та нові варіанти вірусу, а також простежувати їх еволюційні зв'язки.

Геном вірусу представлений одноланцюговою позитивною РНК, що кодує структурні та неструктурні білки, які визначають його реплікативні властивості та патогенність. Основним структурним білком є капсидний білок VP60, який відіграє ключову роль у формуванні вірусної частинки, взаємодії з клітинами-мішенями та індукції імунної відповіді. Саме зміни у структурі цього білка часто лежать в основі антигенної мінливості вірусу та появи нових варіантів [11].

Однією з характерних рис лаговірусів є їхня здатність до еволюційних змін, які можуть відбуватися як шляхом накопичення точкових мутацій, так і внаслідок рекомбінаційних процесів. Дослідження показують, що поява патогенних варіантів вірусу може бути пов'язана як із трансформацією раніше непатогенних штамів, так і з міжвидовими переходами, що супроводжуються адаптацією вірусу до нового хазяїна [17]. Це підкреслює складність еволюційних механізмів формування вірулентності та свідчить про наявність значного резерву генетичної мінливості у популяціях лаговірусів.

Антигенна варіабельність вірусу є одним із ключових факторів, що визначають його здатність до уникнення імунної відповіді та ускладнюють розробку ефективних вакцин. Встановлено, що вже на ранніх етапах еволюції вірусу з'являлися антигенні варіанти, які відрізнялися від класичних штамів за імунологічними властивостями, що свідчить про постійну адаптацію вірусу до імунного тиску [11]. Ці зміни мають важливе значення для розуміння динаміки поширення інфекції та ефективності заходів профілактики.

Молекулярні особливості вірусу також визначають можливість цілеспрямованого фармакологічного впливу на нього. Зокрема, вірусні протеази, які беруть участь у процесах реплікації та процесингу білків, розглядаються як перспективні мішені для створення противірусних препаратів. Сучасні дослідження демонструють ефективність інгібіторів протеаз щодо високо патогенних лаговірусів, що відкриває нові можливості для розробки терапевтичних підходів до контролю інфекції [48].

Поєднання мутаційних і рекомбінаційних процесів, а також адаптація до імунного тиску визначають формування нових варіантів вірусу та обумовлюють необхідність постійного оновлення наукових підходів до його вивчення, діагностики та контролю.

Еволюція вірусу та нові варіанти. Еволюція вірусу геморагічної хвороби кролів є динамічним процесом, що характеризується високою інтенсивністю генетичних змін, які забезпечують адаптацію збудника до нових умов середовища та хазяїв. Одним із ключових механізмів еволюції лаговірусів є рекомбінація, яка відіграє важливу роль у виникненні нових патогенних варіантів, зокрема RHDV2 (GI.2), що сформувався внаслідок генетичних перебудов між різними вірусними лініями [2]. Подібні процеси підтверджені численними дослідженнями, які вказують на часту рекомбінацію між

структурними та неструктурними генами як один із основних факторів підвищення епізоотичної ефективності вірусу [34].

Поява нових варіантів вірусу пов'язана також із накопиченням мутацій, що призводять до змін антигенних властивостей і патогенності. Ще на ранніх етапах розвитку інфекції було зафіксовано виникнення антигенних варіантів, що відрізнялися від класичних штамів [11]. Подальші дослідження показали, що нові варіанти можуть виникати як унаслідок трансформації непатогенних форм вірусу, так і через міжвидові переходи, що супроводжуються адаптацією до нових хазяїв [17].

Суттєвим етапом еволюції стало відкриття нового лаговірусу, спорідненого із збудником ВГХК, що підтвердило складну структуру вірусної популяції та наявність широкого спектра генетичних варіантів [29]. Подальші геномні дослідження показали, що сучасні штами характеризуються високим рівнем рекомбінації, що сприяє формуванню нових варіантів із підвищеною адаптивністю [31].

Особливе значення має варіант RHDV2, який демонструє здатність до швидкого поширення та витіснення класичних штамів. Зокрема, в Австралії було встановлено, що цей варіант здатний заміщувати ендемічні штами протягом короткого часу після його появи [33]. Аналогічні процеси спостерігаються і в інших регіонах, що підтверджує його високу епізоотичну ефективність [46].

Рекомбінантні варіанти вірусу відіграють ключову роль у його еволюції. Виявлено численні приклади формування рекомбінантних штамів, зокрема у Китаї та Африці, що свідчить про здатність вірусу швидко адаптуватися до нових умов [25, 32]. У деяких випадках такі варіанти можуть мати обмежену життєздатність, що розглядається як еволюційний «глухий кут» [12].

Генетична різноманітність вірусу також підтримується багаторазовими незалежними інтродукціями у різні регіони, що призводить до формування складної популяційної структури вірусу [19]. Крім того, нові варіанти можуть виникати у процесі локальної адаптації після занесення у нові географічні зони [13].

Важливим аспектом еволюції є зміна патогенності та імуногенності різних варіантів вірусу. Дослідження показують, що штами GI.1 та GI.2 відрізняються за рівнем вірулентності, здатністю індукувати імунну відповідь та впливом на різні вікові групи тварин [55]. Зокрема, встановлено, що молоді тварини можуть проявляти різну чутливість до інфекції залежно від генотипу вірусу [41].

Порівняльні експериментальні дослідження підтверджують відмінності у патогенності між різними штамами (табл. 1), що проявляється у рівні вірусного навантаження та клінічному перебігу інфекції [57]. Це має важливе значення для розуміння епізоотології та розробки ефективних заходів контролю.

Табл. 1

Порівняльна характеристика RHDV (GI.1) та RHDV2 (GI.2)

Ознака	RHDV (GI.1)	RHDV2 (GI.2)
Час появи	1980-ті роки [65]	2010 рік [29]

Походження	Класичний патогенний варіант	Рекомбінантне походження [2]
Генетичні особливості	Менша варіабельність	Висока рекомбінаційна активність [34]
Антигенні властивості	Відносно стабільні	Висока антигенна мінливість [11]
Патогенність	Висока	Варіабельна, іноді нижча/інша [57]
Вікова чутливість	Молодняк відносно резистентний	Уражає молодих тварин [41]
Епізоотичний потенціал	Високий	Дуже високий, здатність витіснити інші штами [33]
Поширення	Глобальне	Швидке глобальне поширення [46]
Рекомбінація	Обмежена	Часта [25, 31]
Міжвидові переходи	Рідкісні	Підвищена здатність [17, 22]
Популяційна структура	Відносно стабільна	Генетично різноманітна [17, 19]

У цілому еволюція вірусу геморагічної хвороби кролів визначається поєднанням мутаційних і рекомбінаційних процесів, що забезпечують його адаптацію до різних екологічних і популяційних умов. Швидке поширення нових варіантів, їх здатність до витіснення попередніх штамів і формування складної генетичної структури популяції вірусу свідчать про високий еволюційний потенціал збудника. Це обумовлює необхідність постійного моніторингу та поглибленого вивчення механізмів його еволюції для підвищення ефективності заходів контролю інфекції.

Епізоотологія. Епізоотологія вірусної геморагічної хвороби кролів характеризується високою інтенсивністю поширення, складною структурою джерел інфекції та значною варіабельністю епізоотичного процесу залежно від генотипу вірусу, екологічних умов та популяційної структури хазяїв. Захворювання відзначається надзвичайно високою контагіозністю, що забезпечує швидке поширення як у природних популяціях, так і у господарствах різних типів утримання [53].

Основним джерелом інфекції є хворі та перехворілі тварини, які можуть виділяти вірус у навколишнє середовище. Встановлено, що вірус може зберігатися в організмі тварин навіть після клінічного одужання, що підтверджується виявленням вірусної РНК у тканинах за допомогою високочутливих методів діагностики [21]. Це створює передумови для формування прихованих резервуарів інфекції та ускладнює її контроль.

Важливу роль у підтриманні епізоотичного процесу відіграє контамінація навколишнього середовища. Доведено, що вірус зберігає вірулентність у фекаліях кролів, що сприяє його поширенню через кормові ресурси та субстрат

середовища існування [10]. Такий механізм передачі має особливе значення у природних популяціях, де контроль за джерелами інфекції є обмеженим.

Особливістю сучасного етапу розвитку інфекції є одночасна циркуляція різних генотипів вірусу, зокрема GI.1 та GI.2, що формує складну епізоотичну ситуацію. Дослідження показують, що в Україні впродовж 2021–2023 років реєструється стабільна присутність обох генотипів із вираженими сезонними коливаннями захворюваності [36, 37, 40]. Це свідчить про адаптацію вірусу до локальних умов та формування стійких епізоотичних осередків.

Поширення інфекції у популяціях кролів характеризується високою швидкістю. Зокрема, встановлено, що після занесення нового варіанту RHDV2 він може витіснити класичні штами протягом приблизно 18 місяців, що свідчить про його значну епізоотичну перевагу [18]. При цьому порівняльні дослідження показують, що швидкість поширення класичних і нових варіантів вірусу може бути подібною у різних регіонах, що ускладнює прогнозування розвитку епізоотій [3].

У природних популяціях вірус здатний істотно впливати на чисельність тварин. Встановлено, що інтенсивність передачі вірусу безпосередньо пов'язана зі змінами популяційної динаміки кролів, включаючи різке зниження чисельності при високому рівні циркуляції збудника [9]. Це має важливе значення не лише для кролівництва, а й для екосистем у цілому.

Особливу роль у поширенні вірусу відіграють членистоногі, які виступають механічними переносниками інфекції. Комахи, зокрема мухи, можуть переносити вірус на поверхні тіла або через контакт із інфікованими біологічними матеріалами, сприяючи його розповсюдженню між тваринами. Хоча вірус не реплікується в організмі членистоногих, їх участь у передачі інфекції значно підвищує швидкість поширення захворювання, особливо у теплий період року, що частково пояснює сезонність спалахів [28, 37].

Сучасні дослідження також підкреслюють роль диких тварин як резервуарів інфекції. Виявлено, що вірус здатний інфікувати не лише кролів, а й інших представників зайцеподібних, зокрема зайців, що підтверджує його здатність до подолання міжвидових бар'єрів [42, 59, 60]. Це розширює епізоотичний потенціал вірусу та ускладнює його контроль у природних умовах.

Додатковим фактором, що впливає на епізоотологію, є коінфекція різними варіантами вірусу. Зафіксовані випадки одночасного інфікування GI.1 та GI.2, що може призводити до ускладнення перебігу захворювання та підвищення варіабельності епізоотичного процесу [51]. Це підкреслює необхідність врахування генетичної різноманітності вірусу при оцінці ризиків.

Глобальний характер поширення вірусу підтверджується даними молекулярно-епізоотологічних досліджень, які вказують на складну структуру популяції вірусу та різні сценарії його циркуляції у різних регіонах світу [46]. Системи моніторингу, зокрема у дикій природі, дозволяють виявляти циркуляцію різних варіантів вірусу та оцінювати їхню динаміку, що є важливим елементом контролю інфекції [47].

Патогенез і клінічні форми. Патогенез вірусної геморагічної хвороби кролів характеризується швидким розвитком генералізованого інфекційного процесу, що супроводжується важкими ураженнями внутрішніх органів, насамперед печінки, та розвитком системних порушень гемостазу. Після проникнення в організм вірус активно реплікується у гепатоцитах, що призводить до масивного некрозу печінкової тканини, порушення метаболічних процесів і розвитку інтоксикації [35].

Однією з ключових особливостей патогенезу є надзвичайно висока швидкість розвитку патологічних змін. Інкубаційний період зазвичай становить 1–3 доби, після чого у більшості випадків розвивається гостра або блискавична форма захворювання, яка може завершуватися загибеллю тварини протягом 12–36 годин після появи клінічних ознак [35]. Такий перебіг обумовлений інтенсивною віремією та швидким поширенням вірусу в організмі.

Патологічний процес супроводжується розвитком геморагічного синдрому, який проявляється множинними крововиливами у внутрішніх органах і порушенням згортання крові. Це пов'язано як із прямим ушкодженням ендотелію судин, так і з розвитком ДВЗ-синдрому. Ураження печінки призводить до порушення синтезу факторів згортання, що додатково посилює геморагічні прояви [35].

На молекулярному рівні патогенез включає активацію процесів апоптозу та оксидативного стресу. Сучасні дослідження показують, що інфекція супроводжується змінами експресії генів, які регулюються мікроРНК, що беруть участь у контролі клітинної загибелі та запальної відповіді [45]. Це свідчить про складну взаємодію вірусу з клітинними механізмами та його здатність модулювати функціонування клітини-хазяїна.

Імунна відповідь організму відіграє важливу роль у розвитку та перебігу захворювання. Встановлено, що активація вродженого імунітету є критичною для обмеження реплікації вірусу, однак у більшості випадків вона є недостатньою для запобігання розвитку тяжкого перебігу інфекції [27]. Водночас адаптивна імунна відповідь формується із запізненням, що не дозволяє ефективно контролювати інфекцію на ранніх етапах.

Особливий інтерес становить вікова чутливість тварин до інфекції. Дослідження показали, що молоді кролі можуть проявляти відносну резистентність до класичного варіанту вірусу (GI.1), що пов'язано з особливостями їхнього вродженого імунітету. Однак новий варіант GI.2 здатний долати цей захисний механізм і викликати захворювання у молодняка, що свідчить про його підвищену адаптивність [41].

Порівняльні дослідження патогенності різних генотипів вірусу підтверджують наявність суттєвих відмінностей у перебігу інфекції. Встановлено, що штами GI.1 і GI.2 можуть відрізнятися за рівнем вірусного навантаження, швидкістю реплікації та характером ураження органів [57]. Це має важливе значення для розуміння епізоотичного процесу та прогнозування наслідків спалахів.

Додатковим фактором, що ускладнює патогенез, є можливість коінфекції різними варіантами вірусу. Описані випадки одночасного інфікування GI.1 та GI.2, що може призводити до більш тяжкого перебігу захворювання та підвищення варіабельності клінічних проявів [51]. Це створює додаткові труднощі для діагностики та лікування.

Важливим аспектом є також персистенція вірусної РНК в організмі тварин, що перенесли інфекцію. Навіть після клінічного одужання вірусні компоненти можуть зберігатися у тканинах, що підтверджується результатами молекулярних досліджень [21, 43]. Це свідчить про можливість тривалого збереження вірусу в організмі та його потенційну роль у підтриманні епізоотичного процесу.

Загалом патогенність і імуногенність різних варіантів вірусу визначаються їхніми молекулярними особливостями, що впливають на взаємодію з імунною системою хазяїна. Сучасні дослідження показують, що ці характеристики можуть суттєво відрізнятися між штамми, що обумовлює різноманітність клінічних форм і складність контролю інфекції [55].

Патогенез вірусної геморагічної хвороби кролів є складним багаторівневим процесом, який включає швидку реплікацію вірусу, розвиток тяжких уражень печінки, порушення гемостазу, активацію апоптозу та оксидативного стресу, а також складну взаємодію з імунною системою організму. Варіабельність цих процесів залежно від генотипу вірусу визначає різноманітність клінічних форм і обумовлює необхідність подальших досліджень.

Діагностика. Діагностика вірусної геморагічної хвороби кролів базується на комплексному підході, що включає аналіз клінічних ознак, патоморфологічних змін та лабораторне підтвердження із застосуванням сучасних методів. З огляду на високу летальність та короткий перебіг захворювання, швидкість і точність діагностики є критичними факторами ефективного контролю інфекції [1].

Клінічна діагностика має обмежену інформативність через надгострий перебіг захворювання, коли загибель тварин може наступати протягом 12–36 годин після появи перших ознак. Патоморфологічні зміни, зокрема масивний некроз печінки та геморагії, є характерними, але не специфічними для ВГХК [35].

Серологічні методи, такі як ELISA, дозволяють виявляти вірусний антиген у тканинах із відносно високою специфічністю, яка за різними оцінками перевищує 85–90 %, однак їх чутливість може знижуватися на ранніх стадіях інфекції [15]. Це обмежує використання серології як єдиного методу діагностики.

Найбільш інформативними є молекулярно-біологічні методи. Метод real-time PCR забезпечує високу чутливість і специфічність, що у більшості досліджень перевищує 95–98 %, а також дозволяє виявляти мінімальні кількості вірусної РНК [5, 43]. Його застосування дає змогу підтвердити інфекцію навіть у випадках субклінічного перебігу. Практичні дослідження показують, що використання PCR у виробничих умовах значно підвищує точність діагностики порівняно з клінічними методами [67].

Розвиток мультиплексних PCR-технологій дозволив одночасно виявляти різні генотипи вірусу. Зокрема, мультиплексні RT-PCR системи забезпечують точну диференціацію GI.1 і GI.2 із високою специфічністю, що наближається до 100 % при лабораторному контролі [22, 38]. Це має важливе значення для епізоотологічного аналізу та вибору стратегії контролю.

Методи секвенування нового покоління (NGS) дозволяють отримувати повну геномну інформацію про вірус, однак їх застосування обмежене високою вартістю та тривалістю аналізу, що може становити від кількох годин до декількох днів [7].

Ізотермічні методи ампліфікації, зокрема RT-LAMP, забезпечують швидке виявлення вірусу без використання складного обладнання. Час отримання результату становить 30–60 хвилин, а чутливість методу може бути співставною з PCR [39]. Аналогічно, метод RT-RPA дозволяє отримати результат протягом 20–30 хвилин, що є важливою перевагою для оперативної діагностики у польових умовах [64].

Інноваційні CRISPR/Cas-системи демонструють ще вищий рівень специфічності, що може досягати понад 98–99 %, при цьому забезпечуючи швидке виявлення вірусу та диференціацію його генотипів [63]. Поєднання CRISPR із ізотермічними методами ампліфікації дозволяє створювати високоточні портативні діагностичні системи.

Експрес-методи, такі як латеральні імунохроматографічні тести, забезпечують швидке отримання результату (10–15 хвилин), однак їх чутливість зазвичай нижча і становить близько 80–90 %, що обмежує їх використання як скринінгових методів [20].

Сучасні молекулярні підходи також включають комбіновані технології, такі як мультиплексна ампліфікація з подальшим аналізом на ДНК-біочипах, що дозволяє одночасно виявляти кілька патогенів із високою точністю [58]. Такі системи є перспективними для комплексного моніторингу інфекцій.

Огляд сучасних методів показує, що ефективна діагностика ВГХК повинна базуватися на поєднанні різних підходів, що забезпечують високу чутливість, специфічність і швидкість досліджень [1, 28]. Стандартизація методів, зокрема використання протоколів real-time PCR, дозволяє підвищити відтворюваність результатів і забезпечити їх порівнянність між лабораторіями [66].

Тому можна стверджувати, що сучасна діагностика вірусної геморагічної хвороби кролів характеризується переходом від класичних методів до високоточних молекулярних технологій, які забезпечують швидке, специфічне та чутливе виявлення збудника. Поєднання цих підходів є ключовою умовою ефективного контролю інфекції.

Відмінності між вірусною геморагічною хворобою кролів та міксоматозом. Це основні вірусні інфекції, що визначають епізоотичну ситуацію у кролівництві. Обидва захворювання характеризуються високою контагіозністю та здатністю до швидкого поширення, однак істотно відрізняються за етіологією, патогенезом, клінічним перебігом та підходами до контролю [68].

Збудником ВГХК є РНК-вмісний вірус родини *Caliciviridae*, тоді як міксоматоз спричиняється ДНК-вмісним вірусом родини *Poxviridae* [61]. Ця фундаментальна відмінність визначає різні механізми реплікації, стійкість до факторів середовища та імунологічні особливості інфекцій.

ВГХК характеризується блискавичним перебігом із летальністю, що може досягати 80–90 %, та мінімальною тривалістю клінічних проявів, тоді як міксоматоз має більш тривалий перебіг із розвитком характерних вузликових уражень шкіри, набряків та кон'юнктивітів [61, 68]. При цьому летальність міксоматозу варіює у широких межах (30–100 %) залежно від штаму вірусу та імунного статусу тварин.

Суттєвою відмінністю є також механізми передачі (табл. 2). Для ВГХК характерні як прямі, так і непрямі шляхи передачі (через інвентар, корми, середовище), тоді як міксоматоз переважно передається трансмісивно через кровосисних комах (комарі, блохи), що визначає виражену сезонність спалахів [61].

Водночас обидва захворювання мають спільну рису – значну роль у формуванні епізоотичного процесу відіграють природні резервуари та екологічні фактори, що ускладнює їх контроль у природних популяціях.

Сучасні дослідження демонструють перспективність комбінованих підходів до профілактики цих інфекцій. Зокрема, розробка рекомбінантних вакцин на основі вірусу міксоми, що експресують антигени ВГХК, дозволяє формувати імунітет одночасно проти обох захворювань [4, 6]. Подальші дослідження підтвердили можливість створення вакцин із тривалим імунним захистом після одноразового введення [18], а також горизонтально набутого імунітету в популяції [56].

Новітні розробки включають тривалентні вакцини, спрямовані проти міксоматозу та різних генотипів ВГХК [49], що є перспективним напрямом для сучасного кролівництва.

Табл. 2

Порівняльна характеристика ВГХК та міксоматозу

Ознака	ВГХК (RHD)	Міксоматоз
Збудник	РНК-вірус (<i>Caliciviridae</i>)	ДНК-вірус (<i>Poxviridae</i>)
Тип вірусу	Lagovirus	Muxoma virus
Перебіг	Надгострий, гострий	Гострий, підгострий, хронічний
Інкубаційний період	1–3 доби	5–14 діб
Летальність	80–90 %	30–100 %
Основні ураження	Некроз печінки, геморагії	Набряки, вузлики, ураження шкіри

Клінічні ознаки	Раптова загибель, судоми, кровотечі	Кон'юнктивіт, пухлини, набряки
Шляхи передачі	Контактний, аліментарний, механічний	Трансмісивний (комахи)
Роль комах	Допоміжна (механічна)	Основна (біологічна передача)
Стійкість у середовищі	Висока	Помірна
Вікова чутливість	Молодняк також сприйнятливий (GI.2)	Усі вікові групи
Імунітет	Частково типоспецифічний	Відносно стійкий після одужання
Вакцинація	Необхідна регулярна	Широко застосовується
Комбіновані вакцини	Розробляються активно	Використовується як вектор

Порівняльний аналіз показує, що ВГХК є більш агресивною інфекцією з точки зору швидкості перебігу та летальності, тоді як міксоматоз характеризується більш вираженою клінічною картиною та значною роллю трансмісивних факторів у поширенні.

Водночас обидва захворювання формують єдиний епізоотичний комплекс у кролівництві, що потребує інтегрованих підходів до контролю. Найбільш перспективним напрямом є розробка комбінованих вакцин і стратегій, що дозволяють одночасно контролювати обидві інфекції, з урахуванням їх біологічних особливостей та шляхів передачі.

Економічні збитки. Вірусна геморагічна хвороба кролів є однією з найбільш економічно відчутних інфекцій у галузі кролівництва, що зумовлено високою летальністю, швидкістю поширення та значним впливом на продуктивність і відтворення поголів'я. За оцінками міжнародних організацій, рівень смертності при спалахах може досягати 80–90 %, що призводить до практично повної втрати поголів'я у господарствах протягом короткого часу [61].

Основні економічні втрати доцільно розглядати як багаторівневу систему, що включає прямі, опосередковані та довгострокові наслідки. Найбільш критичними є прямі втрати, пов'язані із загибеллю тварин, які можуть становити до 40–60 % загального економічного збитку, що відповідає рівню летальності інфекції. Водночас навіть часткове збереження поголів'я не гарантує економічної стабільності, оскільки значна частка збитків формується за рахунок непрямих витрат [53].

У природних популяціях вплив вірусу проявляється у вигляді різкого зниження чисельності тварин. Дослідження показують, що інтенсивна циркуляція вірусу може знижувати чисельність популяцій на десятки відсотків у короткі терміни, що має прямий економічний вплив на мисливське господарство та екосистемні послуги [9].

Значну частину економічного навантаження формують опосередковані втрати, які включають зниження продуктивності, витрати на профілактику, діагностику та заходи біобезпеки. У сучасних системах тваринництва частка таких витрат може досягати 40–60 % загального економічного збитку, що свідчить про їх критичну роль у формуванні загального економічного ефекту [50].

Варіабельність структури економічних втрат при вірусній геморагічній хворобі кролів представлена далі (табл. 3).

Табл. 3

Структура економічних збитків при ВГХК

Категорія збитків	Складові	Орієнтовна частка, % від загальних втрат	Характер впливу
Прямі втрати	Загибель поголів'я	40–60 %	Масова смертність (до 80–90 %)
	Вибраковка тварин	5–10 %	Втрата продуктивних особин
	Втрата продукції	5–10 %	Зменшення обсягів реалізації
Опосередковані втрати	Зниження продуктивності	10–20 %	Падіння приростів і відтворення
	Вакцинація	5–10 %	Регулярні профілактичні витрати
	Діагностика	3–8 %	PCR, LAMP, лабораторні дослідження
	Біобезпека	5–10 %	Дезінфекція, утилізація
Довгострокові втрати	Відновлення поголів'я	10–20 %	Закупівля та відновлення стада
	Генетичні втрати	до 10 %	Втрата селекційної цінності
Екосистемні	Зниження чисельності диких тварин	варіює	Десятки % популяцій
	Суміжні галузі	варіює	Мисливство, екологія

Аналіз наведених даних свідчить, що економічний вплив ВГХК не обмежується лише загибеллю тварин. Важливу роль відіграють непрямі та довгострокові втрати, які накопичуються у часі та можуть перевищувати прямі збитки. Особливо це стосується витрат на відновлення поголів'я та втрати генетичного потенціалу, які мають стратегічне значення для галузі.

На макроекономічному рівні інфекція впливає на екосистеми та пов'язані з ними галузі. Зниження чисельності диких кролів може змінювати структуру

екосистем та впливати на популяції хижаків, що створює додаткові непрямі економічні втрати [14]. Крім того, глобальне поширення вірусу та його еволюційна динаміка підвищують ризики для міжнародної торгівлі та стабільності галузі [34, 46].

В Україні економічні наслідки ВГХК мають специфічні особливості, пов'язані зі структурою галузі. Значна частка дрібних господарств зумовлює високу вразливість до спалахів інфекції, оскільки навіть локальні випадки можуть призводити до втрати до 100 % поголів'я на рівні окремого господарства. Крім того, циркуляція різних генотипів вірусу ускладнює профілактику та збільшує витрати на контроль інфекції [40].

Саме тому, вірусна геморагічна хвороба кролів є не лише ветеринарною, але й значною економічною проблемою, що характеризується комплексною структурою збитків. Ефективний контроль інфекції можливий лише за умов урахування як прямих, так і опосередкованих економічних втрат, а також їх впливу на довгострокову стабільність галузі.

Сучасні стратегії контролю. Сучасні стратегії контролю вірусної геморагічної хвороби кролів базуються на комплексному поєднанні профілактичних, діагностичних та організаційних заходів, спрямованих на обмеження поширення інфекції та мінімізацію її наслідків. З огляду на високу контагіозність збудника та його здатність до швидкої еволюції, ефективність контролю визначається не окремими заходами, а їх інтегрованим застосуванням.

Ключовим елементом контролю є своєчасне виявлення інфекції, що забезпечує можливість оперативного реагування на спалахи. Використання сучасних молекулярних методів дозволяє ідентифікувати вірус на ранніх стадіях розвитку інфекції, що є критично важливим для локалізації епізоотичних осередків та запобігання подальшому поширенню хвороби [5]. При цьому важливу роль відіграє стандартизація лабораторних підходів і методичних протоколів, що забезпечує достовірність діагностичних результатів [66].

Суттєвим фактором поширення інфекції є здатність вірусу зберігати інфекційні властивості у навколишньому середовищі. Доведено, що вірус може виділятися з фекаліями та залишатися вірулентним протягом тривалого часу, що створює умови для непрямой передачі [10]. У зв'язку з цим важливе значення мають заходи біобезпеки, включаючи дезінфекцію, обмеження доступу сторонніх осіб і контроль за переміщенням тварин.

Вакцинація залишається основним інструментом профілактики захворювання, проте її ефективність значною мірою залежить від відповідності вакцин циркулюючим штамам вірусу. Це обумовлено високою генетичною мінливістю збудника, яка значною мірою формується внаслідок рекомбінаційних процесів між різними генотипами, що підвищують його епізоотичну ефективність [31]. Польові дослідження свідчать про можливість виникнення спалахів навіть у вакцинованих популяціях, що обумовлено обмеженою перехресною імунною відповіддю [24]. Це визначає необхідність постійного вдосконалення вакцинних препаратів і адаптації схем імунізації.

Важливу роль у формуванні стратегій контролю відіграє розуміння біологічних властивостей вірусу, зокрема його патогенності та імуногенності. Сучасні дослідження демонструють відмінності між генотипами вірусу, що впливає на ефективність профілактичних заходів і вимагає їх диференційованого застосування [55].

Сучасні діагностичні підходи використовуються також як інструмент епізоотичного нагляду. Методи імуноферментного аналізу дозволяють оперативно визначати наявність антигенів у зразках, що важливо для швидкого прийняття рішень у разі підозри на спалах [15]. У свою чергу, швидкі тест-системи можуть застосовуватися для первинного скринінгу безпосередньо у польових умовах [20].

Перспективні технології, такі як ізотермічні методи ампліфікації, розширюють можливості оперативного контролю інфекції, дозволяючи проводити аналіз без використання складного лабораторного обладнання [39]. Додатково застосування CRISPR/Cas-систем забезпечує високу специфічність виявлення вірусу та може використовуватися для уточнення діагнозу у складних випадках [63].

Імунологічні аспекти контролю також мають принципове значення. Встановлено, що перехресний імунітет між різними генотипами вірусу є обмеженим, що ускладнює формування ефективного захисту у популяції [44]. Це підкреслює необхідність розробки нових підходів до імунопрофілактики.

Важливою складовою є організаційні заходи контролю, які включають карантин, обмеження переміщення тварин, контроль контактів між господарствами та дотримання ветеринарно-санітарних норм. Ефективність таких заходів залежить від рівня їх впровадження та дотримання у практиці господарювання [68].

Аналіз сучасних підходів показує, що жодна окрема стратегія не забезпечує повного контролю інфекції. Найбільш ефективним є інтегрований підхід, що включає:

- регулярну вакцинацію з урахуванням циркулюючих штамів;
- суворе дотримання заходів біобезпеки;
- застосування високочутливих методів діагностики;
- постійний моніторинг епізоотичної ситуації.

Тому, сучасні стратегії контролю вірусної геморагічної хвороби кролів повинні базуватися на поєднанні профілактичних і діагностичних заходів із урахуванням еволюційної мінливості вірусу. Лише комплексний підхід дозволяє ефективно знижувати ризики поширення інфекції та мінімізувати її наслідки для галузі.

Сучасні виклики. Сучасний етап розвитку вірусної геморагічної хвороби кролів характеризується значним ускладненням епізоотичної ситуації, що обумовлено поєднанням інтенсивної еволюції вірусу, його глобального поширення та зростання адаптивного потенціалу. Основним викликом є висока генетична мінливість збудника, яка забезпечується частими рекомбінаційними процесами між різними генотипами вірусу [34]. Встановлено, що саме

рекомбінація між структурними та неструктурними генами є ключовим механізмом формування нових варіантів із підвищеною епізоотичною ефективністю [1, 31].

Поява нових варіантів вірусу відбувається постійно і має глобальний характер. Зокрема, виявлення нових штамів у Китаї, Африці та інших регіонах свідчить про безперервний процес еволюції збудника [13, 32]. При цьому генотипування ізолятів у різних країнах показує значну генетичну різноманітність вірусу, що ускладнює його класифікацію та контроль [16]. Додатково встановлено, що поширення вірусу часто відбувається через незалежні інтродукції у різні регіони, що призводить до формування локальних популяцій із власними генетичними особливостями [19]. В Україні вірусна геморагічна хвороба кролів також зберігає статус актуальної інфекції, що підтверджується циркуляцією різних генотипів вірусу, зокрема GI.1 та GI.2, у популяціях кролів. Сучасні дослідження свідчать про формування складної епізоотичної ситуації, яка характеризується одночасною присутністю кількох варіантів вірусу та їх адаптацією до локальних умов [36, 37].

Окремим викликом є здатність вірусу до швидкого географічного поширення. За останні роки зафіксовано його появу у нових регіонах, включаючи Сінгапур та Нову Зеландію, що свідчить про ефективне подолання географічних бар'єрів [23, 54]. Це підвищує ризик глобальних епізоотій та ускладнює прогнозування розвитку інфекції.

Суттєвим фактором є також здатність вірусу долати міжвидові бар'єри. Встановлено випадки інфікування зайців різних видів, що підтверджує розширення спектра хазяїв та підвищення епізоотичного потенціалу вірусу [42, 59, 60]. Це створює додаткові резервуари інфекції у природі та значно ускладнює її контроль. Більше того, такі випадки можуть супроводжуватися формуванням нових варіантів вірусу, адаптованих до інших видів.

Ще одним важливим викликом є обмежена ефективність існуючих вакцин у зв'язку з антигенною мінливістю вірусу. Польові дослідження показують, що навіть у вакцинованих популяціях можливе виникнення спалахів, що пов'язано з недостатньою перехресною імунною відповіддю між різними генотипами [24]. Це вимагає постійного оновлення вакцинних препаратів і розробки нових підходів до імунопрофілактики.

Важливим аспектом є також складність оцінки епізоотичних ризиків у сучасних умовах. Глобальні дослідження показують, що поширення RHDV2 має нерівномірний характер і залежить від екологічних, кліматичних та популяційних факторів, що ускладнює прогнозування його динаміки [24]. В умовах України ці фактори доповнюються сезонністю прояву захворювання та особливостями ведення господарств, що ускладнює планування профілактичних заходів і вимагає адаптації стратегій контролю до регіональних умов [37].

Не менш важливою проблемою є роль рекомбінації у формуванні вірусів із різною життєздатністю. Деякі рекомбінантні варіанти можуть мати обмежену адаптивність і розглядатися як еволюційний «глухий кут», однак інші, навпаки,

набувають підвищеної здатності до поширення [12]. Це робить процес еволюції вірусу складним і малопередбачуваним.

Сучасні виклики також пов'язані з необхідністю удосконалення діагностичних підходів. Висока генетична мінливість вірусу вимагає використання високоспецифічних методів, здатних диференціювати генотипи. Інноваційні технології, такі як CRISPR/Cas-системи, відкривають нові можливості для вирішення цієї проблеми, однак їх широке впровадження ще потребує часу [63].

Особливе значення має вплив вірусу на природні екосистеми та біорізноманіття. Зниження чисельності диких популяцій лагоморфів під впливом інфекції може мати значні екологічні наслідки, що підкреслює необхідність комплексної оцінки ризиків [14]. Це розширює проблему ВГХК за межі тваринництва і робить її важливою для екології та охорони природи.

Таким чином, сучасні виклики, пов'язані з вірусною геморагічною хворобою кролів, визначаються поєднанням високої еволюційної динаміки вірусу, його глобального поширення, здатності до міжвидових переходів та обмеженої ефективності існуючих заходів контролю. В умовах України ці виклики набувають додаткового значення через поєднання кількох генотипів вірусу, сезонність захворювання та необхідність адаптації сучасних підходів до локальних умов. Це обумовлює необхідність постійного вдосконалення систем моніторингу, діагностики та профілактики інфекції.

Перспективи досліджень та контролю. Подальший розвиток підходів до контролю вірусної геморагічної хвороби кролів пов'язаний із впровадженням інноваційних технологій, спрямованих на підвищення ефективності діагностики, профілактики та моніторингу інфекції. У сучасних умовах пріоритетним є перехід до інтегрованих систем управління, які дозволяють оперативно реагувати на зміни епізоотичної ситуації.

Одним із ключових напрямів є розвиток високотехнологічних діагностичних платформ. Поєднання методів ампліфікації нуклеїнових кислот із технологіями секвенування нового покоління створює можливості для одночасного виявлення, генотипування та епідеміологічного аналізу вірусу. Такі підходи забезпечують обробку великої кількості зразків і дозволяють формувати системи раннього попередження спалахів [7, 58].

Важливим напрямом є впровадження швидких і доступних методів діагностики, придатних для використання безпосередньо у господарствах. Технології ізотермічної ампліфікації забезпечують отримання результатів упродовж 20–30 хвилин, що значно скорочує час прийняття рішень і підвищує ефективність протиепізоотичних заходів [64]. У практичному аспекті це відкриває можливості для створення мобільних діагностичних систем.

Перспективним є поглиблення досліджень молекулярних механізмів взаємодії вірусу з організмом хазяїна. Зокрема, вивчення регуляторної ролі мікроРНК у процесах апоптозу та оксидативного стресу дозволяє ідентифікувати нові мішені для терапевтичного впливу [45]. Це створює підґрунтя для розробки інноваційних підходів до лікування та профілактики інфекції.

Окремим перспективним напрямом є створення противірусних препаратів. Дослідження показують, що інгібітори вірусних протеаз здатні ефективно пригнічувати реплікацію лаговірусів, що відкриває можливості для формування нових фармакологічних стратегій контролю [48]. Хоча ці підходи перебувають на етапі наукового опрацювання, їх потенціал є значним.

Суттєву роль у майбутніх системах контролю відіграватимуть програми епізоотичного моніторингу, особливо у дикій природі. Використання комплексних систем спостереження дозволяє відстежувати циркуляцію вірусу, оцінювати динаміку його поширення та своєчасно виявляти нові варіанти [47]. Це є основою для формування адаптивних стратегій контролю.

Важливим напрямом є удосконалення вакцинних підходів. Сучасні дослідження орієнтовані на створення вакцин нового покоління, здатних забезпечити широкий спектр імунного захисту проти різних генотипів вірусу. У цьому контексті особливу увагу приділяють розробці полівалентних препаратів і вдосконаленню схем імунізації [52].

Перспективи розвитку також пов'язані з інтеграцією ветеринарних і екологічних підходів. Вплив вірусу на популяції диких лагоморфів потребує комплексного аналізу, що враховує екосистемні взаємозв'язки та ризики для біорізноманіття [14]. Такий підхід дозволяє оцінювати наслідки інфекції не лише з точки зору тваринництва, але й у ширшому екологічному контексті.

Таким чином, перспективи розвитку систем контролю вірусної геморагічної хвороби кролів визначаються впровадженням сучасних діагностичних технологій, розвитком молекулярних досліджень, створенням нових вакцин і терапевтичних засобів, а також удосконаленням систем моніторингу. Умовою ефективності цих підходів є їх інтеграція у єдину систему управління інфекцією, адаптовану до сучасних викликів.

Підкреслимо, що перспективи розвитку підходів до контролю вірусної геморагічної хвороби кролів пов'язані з інтеграцією сучасних діагностичних технологій, молекулярних досліджень, нових терапевтичних рішень та систем моніторингу. В умовах України особливого значення набуває адаптація цих підходів до локальних умов, включаючи впровадження швидких методів діагностики, розвиток лабораторної інфраструктури та удосконалення систем епізоотичного нагляду. Це дозволить підвищити ефективність контролю інфекції та мінімізувати її вплив на галузь кролівництва.

Висновки. Узагальнення сучасних наукових даних свідчить, що вірусна геморагічна хвороба кролів залишається однією з найбільш небезпечних інфекцій у кролівництві, що характеризується високою контагіозністю, значною летальністю (до 80–90 %) та здатністю до швидкого поширення як у господарствах, так і в природних популяціях.

Встановлено, що ключовою особливістю збудника є його висока генетична мінливість, яка реалізується через мутаційні та рекомбінаційні процеси. Це забезпечує постійне формування нових варіантів вірусу, зокрема RHDV2 (GI.2), який характеризується підвищеною адаптивністю, розширеним спектром хазяїв і здатністю витіснити класичні штами.

Епізоотологічні особливості захворювання визначаються поєднанням кількох факторів: високою стійкістю вірусу у зовнішньому середовищі, наявністю механічних переносників (зокрема комах), участю диких тварин як резервуарів інфекції та можливістю персистенції вірусної РНК в організмі перехворілих тварин. Це обумовлює складність контролю інфекції та формування тривалих епізоотичних осередків.

Патогенез ВГХК характеризується блискавичним перебігом, масивним ураженням печінки, розвитком геморагічного синдрому та складною взаємодією вірусу з імунною системою. Встановлено, що нові варіанти вірусу здатні долати природні механізми резистентності, зокрема у молодняка, що підвищує їх епізоотичний потенціал.

Сучасні підходи до діагностики демонструють значний прогрес, з переходом до високочутливих молекулярних методів, зокрема real-time PCR (чутливість понад 95–98 %), ізотермічних методів ампліфікації та CRISPR/Cas-технологій. Це дозволяє забезпечити швидке та точне виявлення вірусу, однак потребує подальшого впровадження у виробничу практику.

Аналіз сучасних стратегій контролю показує, що ефективна боротьба з ВГХК можлива лише за умови комплексного підходу, який включає вакцинацію, біобезпеку, діагностику та моніторинг. При цьому обмежена перехресна імунна відповідь між різними генотипами вірусу знижує ефективність традиційних вакцин і вимагає розробки нових профілактичних рішень.

В умовах України встановлено циркуляцію генотипів GI.1 та GI.2, сезонність прояву захворювання та формування складної епізоотичної ситуації, що потребує адаптації сучасних підходів контролю до регіональних умов. Це підкреслює необхідність розвитку національних систем моніторингу, удосконалення лабораторної діагностики та впровадження сучасних технологій у практику ветеринарної медицини.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою нових вакцин, створенням противірусних препаратів, впровадженням мультиплексних і швидких діагностичних систем, а також інтеграцією ветеринарних, екологічних і молекулярно-біологічних підходів до контролю інфекції.

Список використаної літератури

1. Abrantes, J., & Lopes, A. M. (2021). A Review on the Methods Used for the Detection and Diagnosis of Rabbit Hemorrhagic Disease Virus (RHDV). *Microorganisms*, 9(5), 972. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9050972>
2. Abrantes, J., Droillard, C., Lopes, A. M., Lemaitre, E., Lucas, P., Blanchard, Y., Marchandeau, S., Esteves, P. J., & Le Gall-Reculé, G. (2020). Recombination at the emergence of the pathogenic rabbit haemorrhagic disease virus *Lagovirus europaeus*/GI.2. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71303-4>
3. Aguayo-Adán, J. A., Rouco, C., Delibes-Mateos, M., & Santoro, S. (2021). Lack of evidence for differences in the spread of classic (*Lagovirus europaeus*/GI.1) and novel (*Lagovirus europaeus* /GI.2) rabbit haemorrhagic disease viruses in Europe and North Africa. *Veterinary Record*, 190(3). Portico. <https://doi.org/10.1002/vetr.1067>

4. Bárcena, J., Morales, M., Vázquez, B., Boga, J. A., Parra, F., Lucientes, J., Pagès-Manté, A., Sánchez-Vizcaino, J. M., Blasco, R., & Torres, J. M. (2000). Horizontal Transmissible Protection against Myxomatosis and Rabbit Hemorrhagic Disease by Using a Recombinant Myxoma Virus. *Journal of Virology*, 74(3), 1114–1123. <https://doi.org/10.1128/jvi.74.3.1114-1123.2000>
5. Bębnowska, D., Hryniewicz, R., & Niedźwiedzka-Rystwej, P. (2021). Real-Time PCR Confirms Infection with Lagovirus europaeus. *Applied Sciences*, 11(2), 656. <https://doi.org/10.3390/app11020656>
6. Bertagnoli, S., Gelfi, J., Le Gall, G., Boilletot, E., Vautherot, J. F., Rasschaert, D., Laurent, S., Petit, F., Boucraut-Baralon, C., & Milon, A. (1996). Protection against myxomatosis and rabbit viral hemorrhagic disease with recombinant myxoma viruses expressing rabbit hemorrhagic disease virus capsid protein. *Journal of Virology*, 70(8), 5061–5066. <https://doi.org/10.1128/jvi.70.8.5061-5066.1996>
7. Brinkmann, A., Ergünay, K., Radonić, A., Kocak Tufan, Z., Domingo, C., & Nitsche, A. (2017). Development and preliminary evaluation of a multiplexed amplification and next generation sequencing method for viral hemorrhagic fever diagnostics. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 11(11), e0006075. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006075>
8. Byrne, A. W., Marnell, F., Barrett, D., Reid, N., Hanna, R. E. B., McElroy, M. C., & Casey, M. (2022). Rabbit Haemorrhagic Disease Virus 2 (RHDV2; GI.2) in Ireland Focusing on Wild Irish Hares (*Lepus timidus hibernicus*): An Overview of the First Outbreaks and Contextual Review. *Pathogens*, 11(3), 288. <https://doi.org/10.3390/pathogens11030288>
9. Calvete, C., Capucci, L., Lavazza, A., Sarto, M. P., Calvo, A. J., Monroy, F., & Calvo, J. H. (2022). Changes in European wild rabbit population dynamics and the epidemiology of rabbit haemorrhagic disease in response to artificially increased viral transmission. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69(5), 2682–2696. Portico. <https://doi.org/10.1111/tbed.14421>
10. Calvete, C., Sarto, M. P., Iguacel, L., & Calvo, J. H. (2021). Infectivity of rabbit haemorrhagic disease virus excreted in rabbit faecal pellets. *Veterinary Microbiology*, 257, 109079. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2021.109079>
11. Capucci, L., Fallacara, F., Grazioli, S., Lavazza, A., Pacciarini, M. L., & Brocchi, E. (1998). A further step in the evolution of rabbit hemorrhagic disease virus: the appearance of the first consistent antigenic variant. *Virus Research*, 58(1–2), 115–126. [https://doi.org/10.1016/s0168-1702\(98\)00106-3](https://doi.org/10.1016/s0168-1702(98)00106-3)
12. Cavadini, P., Trogu, T., Velarde, R., Lavazza, A., & Capucci, L. (2024). Recombination between non-structural and structural genes as a mechanism of selection in lagoviruses: The evolutionary dead-end of an RHDV2 isolated from European hare. *Virus Research*, 339, 199257. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2023.199257>
13. Chen, W., Tu, T., Luo, Y., Yang, Z., Yao, X., Wu, X., & Wang, Y. (2022). Detection of a new emerging strain of rabbit haemorrhagic disease virus 2 (GI.2) in China. *Journal of Veterinary Research*, 66(3), 289–295. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2022-0048>
14. Cooke, B. (2024). Practical Suggestions for Assessing Rabbit Haemorrhagic Disease Virus 2 Risk to Endangered Native Lagomorphs in North America and Southern Africa. *Viruses*, 16(8), 1299. <https://doi.org/10.3390/v16081299>
15. Dalton, K. P., Podadera, A., Granda, V., Nicieza, I., del Llano, D., González, R., de los Toyos, J. R., García Ocaña, M., Vázquez, F., Martín Alonso, J. M., Prieto, J. M., Parra, F., & Casais, R. (2018). ELISA for detection of variant rabbit haemorrhagic disease virus RHDV2 antigen in liver extracts. *Journal of Virological Methods*, 251, 38–42. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2017.09.019>
16. Erfan, A. M., & Shalaby, A. G. (2020). Genotyping of rabbit hemorrhagic disease virus detected in diseased rabbits in Egyptian Provinces by VP60 sequencing. *Veterinary World*, 13(6), 1098–1107. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.1098-1107>
17. Esteves, P. J., Abrantes, J., Bertagnoli, S., Cavadini, P., Gavier-Widén, D., Guitton, J.-S., Lavazza, A., Lemaitre, E., Letty, J., Lopes, A. M., Neimanis, A. S., Ruvoën-Clouet, N., Le Pendu, J., Marchandeau, S., & Le Gall-Reculé, G. (2015). Emergence of Pathogenicity in Lagoviruses:

Evolution from Pre-existing Nonpathogenic Strains or through a Species Jump? PLOS Pathogens, 11(11), e1005087. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005087>

18. Fernández, E., Toledo, J. R., Chiong, M., Parra, F., Rodríguez, E., Montero, C., Méndez, L., Capucci, L., & Farnós, O. (2011). Single dose adenovirus vectored vaccine induces a potent and long-lasting immune response against rabbit hemorrhagic disease virus after parenteral or mucosal administration. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 142(3–4), 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2011.05.007>

19. Fitzner, A., Kesy, A., Bulenger, K., & Niedbalski, W. (2021). Evidence of independent introductions of RHDV2 strains in Poland based on the genome analysis of viral isolates from 2016–2018. *Acta Biochimica Polonica*. https://doi.org/10.18388/abp.2020_5547

20. Fresco-Taboada, A., Montón, M., Tapia, I., Soria, E., Bárcena, J., Guillou-Cloarec, C., Le Gall-Reculé, G., Blanco, E., & Rueda, P. (2022). Development and Evaluation of a Duplex Lateral Flow Assay for the Detection and Differentiation between Rabbit Haemorrhagic Disease Virus *Lagovirus europaeus*/GI.1 and /GI.2. *Biology*, 11(3), 401. <https://doi.org/10.3390/biology11030401>

21. Gall, A., Hoffmann, B., Teifke, J. P., Lange, B., & Schirrmeier, H. (2007). Persistence of viral RNA in rabbits which overcome an experimental RHDV infection detected by a highly sensitive multiplex real-time RT-PCR. *Veterinary Microbiology*, 120(1–2), 17–32. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.10.006>

22. Hall, R. N., Mahar, J. E., Read, A. J., Mourant, R., Piper, M., Huang, N., & Strive, T. (2017). A strain-specific multiplex RT-PCR for Australian rabbit haemorrhagic disease viruses uncovers a new recombinant virus variant in rabbits and hares. *Transboundary and Emerging Diseases*, 65(2). Portico. <https://doi.org/10.1111/tbed.12779>

23. Hall, R. N., Trought, K., Strive, T., Duckworth, J. A., & Jenckel, M. (2024). First Detection and Circulation of RHDV2 in New Zealand. *Viruses*, 16(4), 519. <https://doi.org/10.3390/v16040519>

24. Harcourt-Brown, F. M., Harcourt-Brown, N., & Joudou, L. M. (2020). RHDV2 epidemic in UK pet rabbits. Part 2: PCR results and correlation with vaccination status. *Journal of Small Animal Practice*, 61(8), 487–493. Portico. <https://doi.org/10.1111/jsap.13180>

25. Hu, B., Fan, Z., Qiu, R., Chen, M., Wei, H., Song, Y., Liu, W., Xu, W., & Wang, F. (2023). Novel Recombinant Rabbit Hemorrhagic Disease Virus 2 (RHDV2) is Circulating in China within 12 Months after Original RHDV2 Arrival. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2023, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2023/4787785>

26. Hu, B., Wei, H., Fan, Z., Song, Y., Chen, M., Qiu, R., Zhu, W., Xu, W., Xue, J., & Wang, F. (2020). Emergence of rabbit haemorrhagic disease virus 2 in China in 2020. *Veterinary Medicine and Science*, 7(1), 236–239. Portico. <https://doi.org/10.1002/vms3.332>

27. Hukowska-Szematowicz, B. (2020). Changes in innate and adaptive immune response to *Lagovirus europaeus* GI.1 (Rabbit Haemorrhagic Disease Virus -RHDV) infection. *Acta Biologica*, 27, 77–91. <https://doi.org/10.18276/ab.2020.27-08>

28. Kwit, E., & Rzeżutka, A. (2019). Molecular methods in detection and epidemiologic studies of rabbit and hare viruses: a review. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 31(4), 497–508. <https://doi.org/10.1177/1040638719852374>

29. Le Gall-Reculé, G., Lavazza, A., Marchandeau, S., Bertagnoli, S., Zwingelstein, F., Cavadini, P., Martinelli, N., Lombardi, G., Guérin, J.-L., Lemaitre, E., Decors, A., Boucher, S., Le Normand, B., & Capucci, L. (2013). Emergence of a new lagovirus related to rabbit haemorrhagic disease virus. *Veterinary Research*, 44(1), 81. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-44-81>

30. Le Pendu, J., Abrantes, J., Bertagnoli, S., Guitton, J.-S., Le Gall-Reculé, G., Lopes, A. M., Marchandeau, S., Alda, F., Almeida, T., Célio, A. P., Bárcena, J., Burmakina, G., Blanco, E., Calvete, C., Cavadini, P., Cooke, B., Dalton, K., Delibes Mateos, M., Deptula, W., ... Esteves, P. (2017). Proposal for a unified classification system and nomenclature of lagoviruses. *Journal of General Virology*, 98(7), 1658–1666. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000840>

31. Lopes, A. M., Dalton, K. P., Magalhães, M. J., Parra, F., Esteves, P. J., Holmes, E. C., & Abrantes, J. (2015). Full genomic analysis of new variant rabbit hemorrhagic disease virus revealed

multiple recombination events. Journal of General Virology, 96(6), 1309–1319.
<https://doi.org/10.1099/vir.0.000070>

32. Lopes, A. M., Rouco, C., Esteves, P. J., & Abrantes, J. (2018). GI.1b/GI.1b/GI.2 recombinant rabbit hemorrhagic disease virus 2 (Lagovirus europaeus/GI.2) in Morocco, Africa. Archives of Virology, 164(1), 279–283. <https://doi.org/10.1007/s00705-018-4052-y>

33. Mahar, J. E., Hall, R. N., Peacock, D., Kovaliski, J., Piper, M., Mourant, R., Huang, N., Campbell, S., Gu, X., Read, A., Urakova, N., Cox, T., Holmes, E. C., & Strive, T. (2018). Rabbit Hemorrhagic Disease Virus 2 (RHDV2; GI.2) Is Replacing Endemic Strains of RHDV in the Australian Landscape within 18 Months of Its Arrival. Journal of Virology, 92(2). <https://doi.org/10.1128/jvi.01374-17>

34. Mahar, J. E., Jenckel, M., Huang, N., Smertina, E., Holmes, E. C., Strive, T., & Hall, R. N. (2021). Frequent intergenotypic recombination between the non-structural and structural genes is a major driver of epidemiological fitness in caliciviruses. Virus Evolution, 7(2). <https://doi.org/10.1093/ve/veab080>

35. Mezhenskyi, A. A., & Mezhenska, N. A. (2023). Course, symptoms and pathomorphological changes in rabbit hemorrhagic disease caused by viruses of type one (GI.1) and two (GI.2). Bulletin “Veterinary Biotechnology,” 43, 92–105. https://doi.org/10.31073/vet_biotech43-10

36. Mezhenskyi, A. A., Mezhenska, N. A., & Krytsia, I. P. (2023). Indicators of the epizootic process manifestation of rabbit hemoragic disease (RHDV (GI.1) and RHDV2 (GI.2)) in Ukraine in 2021-2022. Bulletin “Veterinary Biotechnology,” 42, 67–80. https://doi.org/10.31073/vet_biotech42-08

37. Mezhenskyi, A. A., Mezhenska, N. A., Mezhenskyi, A. O., Tarasov, O. A., & Krytsia, Y. P. (2024). Prevalence and seasonality of rabbit hemorrhagic disease in Ukraine in 2021-2023. Bulletin “Veterinary Biotechnology,” 45, 48–61. https://doi.org/10.31073/vet_biotech45-05

38. Mezhenskyi, A. A., Tarasov, O. A., Mezhenska, N. A., Borovkov, S. B., & Mezhenskyi, A. O. (2025). Detection of rabbit hemorrhagic disease virus (RHDV), genotype GI.1 and GI.2 with a new multiplex real-time RT-qPCR protocol, using the minor capsid VP10 gene. Agricultural Science and Practice, 12(2), 28–41. <https://doi.org/10.15407/agrisp12.02.028>

39. Mezhenskyi, A., Mezhenska, N., Tarasov, O., Krytsia, Y., & Borovkov, S. (2025). Detection of rabbit hemorrhagic disease virus by loop-mediated isothermal amplification (RT-LAMP). Bulletin “Veterinary Biotechnology,” 47, 187–205. https://doi.org/10.31073/vet_biotech47-10

40. Mezhenskyi, A., Mezhenska, N., Krytsia, Ja., Tarasov, O., Mezhenskyi, A., & Nychyk, S. (2023). Episotological features of rabbits hemorrhagic disease caused by viruses of the first (GI. 1) and the second (GI. 2) types in Ukraine in 2021–2022. Visnyk Agrarnoi Nauky, 101(5), 42–49. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202305-06>

41. Neave, M. J., Hall, R. N., Huang, N., McColl, K. A., Kerr, P., Hoehn, M., Taylor, J., & Strive, T. (2018). Robust Innate Immunity of Young Rabbits Mediates Resistance to Rabbit Hemorrhagic Disease Caused by Lagovirus Europaeus GI.1 But Not GI.2. Viruses, 10(9), 512. <https://doi.org/10.3390/v10090512>

42. Neimanis, A. S., Ahola, H., Larsson Pettersson, U., Lopes, A. M., Abrantes, J., Zohari, S., Esteves, P. J., & Gavier-Widén, D. (2018). Overcoming species barriers: an outbreak of Lagovirus europaeus GI.2/RHDV2 in an isolated population of mountain hares (Lepus timidus). BMC Veterinary Research, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1694-7>

43. Niedźwiedzka-Rystwej, P., Hukowska-Szematowicz, B., Działo, J., Tokarz-Deptuła, B., & Deptuła, W. (2013). Real time PCR detection of rabbit haemorrhagic disease virus in rabbits infected with different European strains of RHDV. Polish Journal of Veterinary Sciences, 16(1), 39–43. <https://doi.org/10.2478/pjvs-2013-0006>

44. O'Connor, T. W., Read, A. J., Hall, R. N., Strive, T., & Kirkland, P. D. (2022). Immunological Cross-Protection between Different Rabbit Hemorrhagic Disease Viruses—

45. Ostrycharz, E., Fitzner, A., Kęsy, A., Siennicka, A., & Hukowska-Szematowicz, B. (2024). MicroRNAs participate in the regulation of apoptosis and oxidative stress-related gene expression in rabbits infected with *Lagovirus europaeus* GI.1 and GI.2 genotypes. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1349535>

46. Pacioni, C., Hall, R. N., Strive, T., Ramsey, D. S. L., Gill, M. S., & Vaughan, T. G. (2022). Comparative Epidemiology of Rabbit Haemorrhagic Disease Virus Strains from Viral Sequence Data. *Viruses*, 15(1), 21. <https://doi.org/10.3390/v15010021>

47. Peacock, D. E., Iannella, A., Sinclair, R. G., & Kovaliski, J. (2024). Surveillance of Wildlife Viruses: Insights from South Australia's Monitoring of Rabbit Haemorrhagic Disease Virus (RHDV GI.1 and GI.2). *Viruses*, 16(10), 1553. <https://doi.org/10.3390/v16101553>

48. Perera, K. D., Johnson, D., Lovell, S., Groutas, W. C., Chang, K.-O., & Kim, Y. (2022). Potent Protease Inhibitors of Highly Pathogenic Lagoviruses: Rabbit Hemorrhagic Disease Virus and European Brown Hare Syndrome Virus. *Microbiology Spectrum*, 10(4). <https://doi.org/10.1128/spectrum.00142-22>

49. Reemers, S., Peeters, L., van Schijndel, J., Bruton, B., Sutton, D., van der Waart, L., & van de Zande, S. (2020). Novel Trivalent Vectored Vaccine for Control of Myxomatosis and Disease Caused by Classical and a New Genotype of Rabbit Haemorrhagic Disease Virus. *Vaccines*, 8(3), 441. <https://doi.org/10.3390/vaccines8030441>

50. Russell, R. E., Dusek, R. J., Prevost, S., Clifford, D. L., Moriarty, M. E., & Takahashi, F. (2024). Modeling the response of an endangered rabbit population to RHDV2 and vaccination. *Conservation Science and Practice*, 6(2). Portico. <https://doi.org/10.1111/csp2.13072>

51. Shi, L., Liu, Y., Chang, C., Wang, J., Zhang, Z., Wang, S., & zhang, ziqiang. (2024). Report on simultaneous infection of rabbit haemorrhagic disease virus type 1 and type 2 in kits in China. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3823446/v1>

52. Skrypnyk, V., & Zotsenko, V. (2025). Modern methods of diagnosis and prevention of viral haemorrhagic disease in rabbits. *Bulletin "Veterinary Biotechnology,"* 47, 222–239. https://doi.org/10.31073/vet_biotech47-12

53. Sun, Z., An, Q., Li, Y., Gao, X., & Wang, H. (2024). Epidemiological characterization and risk assessment of rabbit haemorrhagic disease virus 2 (RHDV2/b/GI.2) in the world. *Veterinary Research*, 55(1). <https://doi.org/10.1186/s13567-024-01286-x>

54. Toh, X., Ong, J., Chan, C., Teo, X. H., Toh, S., Fernandez, C. J., & Huangfu, T. (2021). First detection of rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV2) in Singapore. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69(3), 1521–1528. Portico. <https://doi.org/10.1111/tbed.14116>

55. Tokarz-Deptuła, B., Kulus, J., Baraniecki, Ł., Stosik, M., & Deptuła, W. (2024). Characterisation of *Lagovirus europaeus* GI–RHDVs (Rabbit Haemorrhagic Disease Viruses) in Terms of Their Pathogenicity and Immunogenicity. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(10), 5342. <https://doi.org/10.3390/ijms25105342>

56. Torres, J. M., Ramírez, M. A., Morales, M., Bárcena, J., Vázquez, B., Espuña, E., Pagès-Manté, A., & Sánchez-Vizcaíno, J. M. (2000). Safety evaluation of a recombinant myxoma-RHDV virus inducing horizontal transmissible protection against myxomatosis and rabbit haemorrhagic disease. *Vaccine*, 19(2–3), 174–182. [https://doi.org/10.1016/s0264-410x\(00\)00183-3](https://doi.org/10.1016/s0264-410x(00)00183-3)

57. Tu, T., Zhou, Y., Jiang, D., Pang, M., Wu, X., Yao, X., Luo, Y., Yang, Z., Ren, M., & Wang, Y. (2022). The pathogenicity comparison of *Lagovirus europaeus* GI.1 and GI.2 strains in China by using relative quantitative assay. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25118-0>

58. Tung, H.-Y., Chen, W.-C., Ou, B.-R., Yeh, J.-Y., Cheng, Y.-H., Tsng, P.-H., Hsu, M.-H., Tsai, M.-S., & Liang, Y.-C. (2017). Simultaneous detection of multiple pathogens by multiplex PCR coupled with DNA biochip hybridization. *Laboratory Animals*, 52(2), 186–195. <https://doi.org/10.1177/0023677217718864>

59. Velarde, R., Abrantes, J., Lopes, A. M., Estruch, J., Côte-Real, J. V., Esteves, P. J., García-Bocanegra, I., Ruiz-Olmo, J., & Rouco, C. (2021). Spillover event of recombinant Lagovirus europaeus/GI.2 into the Iberian hare (*Lepus granatensis*) in Spain. *Transboundary and Emerging Diseases*, 68(6), 3187–3193. Portico. <https://doi.org/10.1111/tbed.14264>

60. Velarde, R., Cavadini, P., Neimanis, A., Cabezón, O., Chiari, M., Gaffuri, A., Lavín, S., Grilli, G., Gavier-Widén, D., Lavazza, A., & Capucci, L. (2016). Spillover Events of Infection of Brown Hares (*Lepus europaeus*) with Rabbit Haemorrhagic Disease Type 2 Virus (RHDV2) Caused Sporadic Cases of an European Brown Hare Syndrome-Like Disease in Italy and Spain. *Transboundary and Emerging Diseases*, 64(6), 1750–1761. Portico. <https://doi.org/10.1111/tbed.12562>

61. World Organisation for Animal Health (WOAH). Terrestrial Manual 2021, Chapter 3.7.1. – Myxomatosis. <https://pilvarad.com/wp-content/uploads/2024/07/oie-book-2023.pdf>

62. World Organisation for Animal Health (WOAH). Rabbit haemorrhagic disease 2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.woah.org/en/disease/rabbit-haemorrhagic-disease/>

63. Wu, M., Chen, M., Qiu, R., Ge, L., Fan, Z., Hu, B., Wei, H., Li, Y., Wang, F., & Song, Y. (2024). Specific Detection of RHDV GI.1 and GI.2 by RT-LAMP-CRISPR/Cas12a Platform. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2024(1). Portico. <https://doi.org/10.1155/tbed/3881457>

64. Zhang, L., Zhao, Q., Tian, Y., Tang, Y., Wang, Y., & Huang, B. (2023). A novel reverse transcription recombinase polymerase amplification assay for rapid detection of GI.1 genotype of rabbit hemorrhagic disease virus. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1056601>

65. Корнієнко Л.Є. Вірусна геморагічна хвороба кроликів / Л.Є. Корнієнко, В.П. Главацький, Б.М. Ярчук та ін. – Біла Церква, 2001. – 60 с. https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/1307/1/V%D1%96rusna_gemorag%D1%96chna_hvoroba_krolik%D1%96v.pdf

66. Krytsia Y.P., Tarasov, O. A., Mezhenyskyi, A. A., Spyrydonov, V. H., Zakharova, O. M., Mezhenyska, N. A., Molozhanova, A. V., & Sydorenko, T. V. (2025). Application of real-time polymerase chain reaction for the detection of rabbit hemorrhagic disease virus RNA: methodical guidelines. https://doi.org/10.31073/vet_biotech.meth2025.01

67. Напненко, О., Гордієнко, О., Дерябін, О., Мандзя, І., & Іванченко, П. (2020). Діагностика вірусної геморагічної хвороби кролів методом полімеразної ланцюгової реакції. *Effective Rabbit Breeding and Fur Farming*, 6, 155–165. <https://doi.org/10.37617/2708-0617.2020.6.155-165>

68. Скрипник, В. Г., Касяненко, О. І., & Кассіч, В. Ю. (2025). Методи та засоби боротьби і профілактики основних інфекційних хвороб кролів (вірусна геморагічна хвороба, міксоматоз, пастерельоз). *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, 4(71), 82–90. <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2025.4.12>

UDC 619:616.98:636.92

Roman Sanzhara,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Animal Production
and Processing Technologies

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-7660-2476

email: sanzhara.r.a@dsau.dp.ua

Lyudmila Mykolaichuk,

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Animal Production
and Processing Technologies
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-5331-719X
email: mykolaichuk.l.p@dsau.dp.ua

Olena Lesnovska,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Animal Production
and Processing Technologies
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-9027-6734
email: lesnovska.o.v@dsau.dp.ua

Roman Mylostyvyi,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-4450-8813
email: mylostyvyi.r.v@dsau.dp.ua

RABBIT HEMORRHAGIC DISEASE: FROM EPIZOOTIC CHALLENGES TO EFFECTIVE CONTROL STRATEGIES

Abstract

The article summarizes current scientific data on rabbit hemorrhagic disease as one of the most dangerous infectious diseases in rabbit production. The history of the discovery and global spread of the pathogen, as well as the features of its evolution, genetic variability, and the emergence of new variants, including RHDV2 (GI.2), are analyzed. The etiological and molecular biological characteristics of the virus, the mechanisms of its pathogenicity, and its interaction with the host immune system are considered.

Particular attention is paid to the epizootological aspects of the infection, including the role of different transmission routes, environmental factors, and mechanical vectors, particularly insects, in the spread of the virus. The features of pathogenesis, clinical forms, and age-related susceptibility of animals depending on the pathogen genotype are described. An analysis of modern diagnostic methods is presented, including molecular biological technologies that ensure high sensitivity and specificity in virus detection.

The study provides a comparative characterization of rabbit hemorrhagic disease and myxomatosis, identifying their common and distinctive features. The economic consequences of the infection are evaluated, including direct and indirect losses, as well as its impact on animal population dynamics and ecosystems.

Modern strategies for disease control are analyzed, based on the combination of vaccination, biosecurity measures, laboratory diagnostics, and epizootic monitoring. The main current challenges associated with viral evolution, its global spread, interspecies transmission, and the limited

effectiveness of existing vaccines are identified. Promising directions for further research and improvement of infection control systems are outlined.

Keywords: rabbit hemorrhagic disease; RHDV; RHDV2; epizootology; pathogenesis; diagnostics; infection control; biosecurity; vaccination.

References

1. Abrantes, J., & Lopes, A. M. (2021). A Review on the Methods Used for the Detection and Diagnosis of Rabbit Hemorrhagic Disease Virus (RHDV). *Microorganisms*, 9(5), 972. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9050972>
2. Abrantes, J., Droillard, C., Lopes, A. M., Lemaitre, E., Lucas, P., Blanchard, Y., Marchandeau, S., Esteves, P. J., & Le Gall-Reculé, G. (2020). Recombination at the emergence of the pathogenic rabbit haemorrhagic disease virus *Lagovirus europaeus*/GI.2. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71303-4>
3. Aguayo-Adán, J. A., Rouco, C., Delibes-Mateos, M., & Santoro, S. (2021). Lack of evidence for differences in the spread of classic (*Lagovirus europaeus*/GI.1) and novel (*Lagovirus europaeus* /GI.2) rabbit haemorrhagic disease viruses in Europe and North Africa. *Veterinary Record*, 190(3). Portico. <https://doi.org/10.1002/vetr.1067>
4. Bárcena, J., Morales, M., Vázquez, B., Boga, J. A., Parra, F., Lucientes, J., Pagès-Manté, A., Sánchez-Vizcaíno, J. M., Blasco, R., & Torres, J. M. (2000). Horizontal Transmissible Protection against Myxomatosis and Rabbit Hemorrhagic Disease by Using a Recombinant Myxoma Virus. *Journal of Virology*, 74(3), 1114–1123. <https://doi.org/10.1128/jvi.74.3.1114-1123.2000>
5. Bębnowska, D., Hryniewicz, R., & Niedźwiedzka-Rystwej, P. (2021). Real-Time PCR Confirms Infection with *Lagovirus europaeus*. *Applied Sciences*, 11(2), 656. <https://doi.org/10.3390/app11020656>
6. Bertagnoli, S., Gelfi, J., Le Gall, G., Boilletot, E., Vautherot, J. F., Rasschaert, D., Laurent, S., Petit, F., Boucraut-Baralon, C., & Milon, A. (1996). Protection against myxomatosis and rabbit viral hemorrhagic disease with recombinant myxoma viruses expressing rabbit hemorrhagic disease virus capsid protein. *Journal of Virology*, 70(8), 5061–5066. <https://doi.org/10.1128/jvi.70.8.5061-5066.1996>
7. Brinkmann, A., Ergünay, K., Radonić, A., Kocak Tufan, Z., Domingo, C., & Nitsche, A. (2017). Development and preliminary evaluation of a multiplexed amplification and next generation sequencing method for viral hemorrhagic fever diagnostics. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 11(11), e0006075. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006075>
8. Byrne, A. W., Marnell, F., Barrett, D., Reid, N., Hanna, R. E. B., McElroy, M. C., & Casey, M. (2022). Rabbit Haemorrhagic Disease Virus 2 (RHDV2; GI.2) in Ireland Focusing on Wild Irish Hares (*Lepus timidus hibernicus*): An Overview of the First Outbreaks and Contextual Review. *Pathogens*, 11(3), 288. <https://doi.org/10.3390/pathogens11030288>
9. Calvete, C., Capucci, L., Lavazza, A., Sarto, M. P., Calvo, A. J., Monroy, F., & Calvo, J. H. (2022). Changes in European wild rabbit population dynamics and the epidemiology of rabbit haemorrhagic disease in response to artificially increased viral transmission. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69(5), 2682–2696. Portico. <https://doi.org/10.1111/tbed.14421>
10. Calvete, C., Sarto, M. P., Iguacel, L., & Calvo, J. H. (2021). Infectivity of rabbit haemorrhagic disease virus excreted in rabbit faecal pellets. *Veterinary Microbiology*, 257, 109079. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2021.109079>
11. Capucci, L., Fallacara, F., Grazioli, S., Lavazza, A., Pacciarini, M. L., & Brocchi, E. (1998). A further step in the evolution of rabbit hemorrhagic disease virus: the appearance of the first consistent antigenic variant. *Virus Research*, 58(1–2), 115–126. [https://doi.org/10.1016/s0168-1702\(98\)00106-3](https://doi.org/10.1016/s0168-1702(98)00106-3)
12. Cavadini, P., Trogu, T., Velarde, R., Lavazza, A., & Capucci, L. (2024). Recombination between non-structural and structural genes as a mechanism of selection in lagoviruses: The

evolutionary dead-end of an RHDV2 isolated from European hare. *Virus Research*, 339, 199257. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2023.199257>

13. Chen, W., Tu, T., Luo, Y., Yang, Z., Yao, X., Wu, X., & Wang, Y. (2022). Detection of a new emerging strain of rabbit haemorrhagic disease virus 2 (GI.2) in China. *Journal of Veterinary Research*, 66(3), 289–295. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2022-0048>

14. Cooke, B. (2024). Practical Suggestions for Assessing Rabbit Haemorrhagic Disease Virus 2 Risk to Endangered Native Lagomorphs in North America and Southern Africa. *Viruses*, 16(8), 1299. <https://doi.org/10.3390/v16081299>

15. Dalton, K. P., Podadera, A., Granda, V., Nicieza, I., del Llano, D., González, R., de los Toyos, J. R., García Ocaña, M., Vázquez, F., Martín Alonso, J. M., Prieto, J. M., Parra, F., & Casais, R. (2018). ELISA for detection of variant rabbit haemorrhagic disease virus RHDV2 antigen in liver extracts. *Journal of Virological Methods*, 251, 38–42. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2017.09.019>

16. Erfan, A. M., & Shalaby, A. G. (2020). Genotyping of rabbit hemorrhagic disease virus detected in diseased rabbits in Egyptian Provinces by VP60 sequencing. *Veterinary World*, 13(6), 1098–1107. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.1098-1107>

17. Esteves, P. J., Abrantes, J., Bertagnoli, S., Cavadini, P., Gavier-Widén, D., Guitton, J.-S., Lavazza, A., Lemaitre, E., Letty, J., Lopes, A. M., Neimanis, A. S., Ruvoën-Clouet, N., Le Pendu, J., Marchandeau, S., & Le Gall-Reculé, G. (2015). Emergence of Pathogenicity in Lagoviruses: Evolution from Pre-existing Nonpathogenic Strains or through a Species Jump? *PLOS Pathogens*, 11(11), e1005087. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005087>

18. Fernández, E., Toledo, J. R., Chiong, M., Parra, F., Rodríguez, E., Montero, C., Méndez, L., Capucci, L., & Farnós, O. (2011). Single dose adenovirus vectored vaccine induces a potent and long-lasting immune response against rabbit hemorrhagic disease virus after parenteral or mucosal administration. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 142(3–4), 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2011.05.007>

19. Fitzner, A., Kesy, A., Bulenger, K., & Niedbalski, W. (2021). Evidence of independent introductions of RHDV2 strains in Poland based on the genome analysis of viral isolates from 2016–2018. *Acta Biochimica Polonica*. https://doi.org/10.18388/abp.2020_5547

20. Fresco-Taboada, A., Montón, M., Tapia, I., Soria, E., Bárcena, J., Guillou-Cloarec, C., Le Gall-Reculé, G., Blanco, E., & Rueda, P. (2022). Development and Evaluation of a Duplex Lateral Flow Assay for the Detection and Differentiation between Rabbit Haemorrhagic Disease Virus *Lagovirus europaeus*/GI.1 and /GI.2. *Biology*, 11(3), 401. <https://doi.org/10.3390/biology11030401>

21. Gall, A., Hoffmann, B., Teifke, J. P., Lange, B., & Schirrmeier, H. (2007). Persistence of viral RNA in rabbits which overcome an experimental RHDV infection detected by a highly sensitive multiplex real-time RT-PCR. *Veterinary Microbiology*, 120(1–2), 17–32. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.10.006>

22. Hall, R. N., Mahar, J. E., Read, A. J., Mourant, R., Piper, M., Huang, N., & Strive, T. (2017). A strain-specific multiplex RT-PCR for Australian rabbit haemorrhagic disease viruses uncovers a new recombinant virus variant in rabbits and hares. *Transboundary and Emerging Diseases*, 65(2). Portico. <https://doi.org/10.1111/tbed.12779>

23. Hall, R. N., Trought, K., Strive, T., Duckworth, J. A., & Jenckel, M. (2024). First Detection and Circulation of RHDV2 in New Zealand. *Viruses*, 16(4), 519. <https://doi.org/10.3390/v16040519>

24. Harcourt-Brown, F. M., Harcourt-Brown, N., & Joudou, L. M. (2020). RHDV2 epidemic in UK pet rabbits. Part 2: PCR results and correlation with vaccination status. *Journal of Small Animal Practice*, 61(8), 487–493. Portico. <https://doi.org/10.1111/jsap.13180>

25. Hu, B., Fan, Z., Qiu, R., Chen, M., Wei, H., Song, Y., Liu, W., Xu, W., & Wang, F. (2023). Novel Recombinant Rabbit Hemorrhagic Disease Virus 2 (RHDV2) is Circulating in China within 12 Months after Original RHDV2 Arrival. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2023, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2023/4787785>

26. Hu, B., Wei, H., Fan, Z., Song, Y., Chen, M., Qiu, R., Zhu, W., Xu, W., Xue, J., & Wang, F. (2020). Emergence of rabbit haemorrhagic disease virus 2 in China in 2020. *Veterinary Medicine and Science*, 7(1), 236–239. Portico. <https://doi.org/10.1002/vms3.332>

27. Hukowska-Szematowicz, B. (2020). Changes in innate and adaptive immune response to *Lagovirus europaeus* GI.1 (Rabbit Haemorrhagic Disease Virus -RHDV) infection. *Acta Biologica*, 27, 77–91. <https://doi.org/10.18276/ab.2020.27-08>

28. Kwit, E., & Rzeżutka, A. (2019). Molecular methods in detection and epidemiologic studies of rabbit and hare viruses: a review. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 31(4), 497–508. <https://doi.org/10.1177/1040638719852374>

29. Le Gall-Reculé, G., Lavazza, A., Marchandeau, S., Bertagnoli, S., Zwingelstein, F., Cavadini, P., Martinelli, N., Lombardi, G., Guérin, J.-L., Lemaitre, E., Decors, A., Boucher, S., Le Normand, B., & Capucci, L. (2013). Emergence of a new lagovirus related to rabbit haemorrhagic disease virus. *Veterinary Research*, 44(1), 81. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-44-81>

30. Le Pendu, J., Abrantes, J., Bertagnoli, S., Guitton, J.-S., Le Gall-Reculé, G., Lopes, A. M., Marchandeau, S., Alda, F., Almeida, T., Célio, A. P., Bárcena, J., Burmakina, G., Blanco, E., Calvete, C., Cavadini, P., Cooke, B., Dalton, K., Delibes Mateos, M., Deptula, W., ... Esteves, P. (2017). Proposal for a unified classification system and nomenclature of lagoviruses. *Journal of General Virology*, 98(7), 1658–1666. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000840>

31. Lopes, A. M., Dalton, K. P., Magalhães, M. J., Parra, F., Esteves, P. J., Holmes, E. C., & Abrantes, J. (2015). Full genomic analysis of new variant rabbit hemorrhagic disease virus revealed multiple recombination events. *Journal of General Virology*, 96(6), 1309–1319. <https://doi.org/10.1099/vir.0.000070>

32. Lopes, A. M., Rouco, C., Esteves, P. J., & Abrantes, J. (2018). GI.1b/GI.1b/GI.2 recombinant rabbit hemorrhagic disease virus 2 (*Lagovirus europaeus*/GI.2) in Morocco, Africa. *Archives of Virology*, 164(1), 279–283. <https://doi.org/10.1007/s00705-018-4052-y>

33. Mahar, J. E., Hall, R. N., Peacock, D., Kovaliski, J., Piper, M., Mourant, R., Huang, N., Campbell, S., Gu, X., Read, A., Urakova, N., Cox, T., Holmes, E. C., & Strive, T. (2018). Rabbit Hemorrhagic Disease Virus 2 (RHDV2; GI.2) Is Replacing Endemic Strains of RHDV in the Australian Landscape within 18 Months of Its Arrival. *Journal of Virology*, 92(2). <https://doi.org/10.1128/jvi.01374-17>

34. Mahar, J. E., Jenckel, M., Huang, N., Smertina, E., Holmes, E. C., Strive, T., & Hall, R. N. (2021). Frequent intergenotypic recombination between the non-structural and structural genes is a major driver of epidemiological fitness in caliciviruses. *Virus Evolution*, 7(2). <https://doi.org/10.1093/ve/veab080>

35. Mezhenskyi, A. A., & Mezhenska, N. A. (2023). Course, symptoms and pathomorphological changes in rabbit hemorrhagic disease caused by viruses of type one (GI.1) and two (GI.2). *Bulletin “Veterinary Biotechnology,”* 43, 92–105. https://doi.org/10.31073/vet_biotech43-10

36. Mezhenskyi, A. A., Mezhenska, N. A., & Krytsia, I. P. (2023). Indicators of the epizootic process manifestation of rabbit hemoragic disease (RHDV (GI.1) and RHDV2 (GI.2)) in Ukraine in 2021-2022. *Bulletin “Veterinary Biotechnology,”* 42, 67–80. https://doi.org/10.31073/vet_biotech42-08

37. Mezhenskyi, A. A., Mezhenska, N. A., Mezhenskyi, A. O., Tarasov, O. A., & Krytsia, Y. P. (2024). Prevalence and seasonality of rabbit hemorrhagic disease in Ukraine in 2021-2023. *Bulletin “Veterinary Biotechnology,”* 45, 48–61. https://doi.org/10.31073/vet_biotech45-05

38. Mezhenskyi, A. A., Tarasov, O. A., Mezhenska, N. A., Borovkov, S. B., & Mezhenskyi, A. O. (2025). Detection of rabbit hemorrhagic disease virus (RHDV), genotype GI.1 and GI.2 with a new multiplex real-time RT-qPCR protocol, using the minor capsid VP10 gene. *Agricultural Science and Practice*, 12(2), 28–41. <https://doi.org/10.15407/agrisp12.02.028>

39. Mezhenyskiy, A., Mezhenyska, N., Tarasov, O., Krytsia, Y., & Borovkov, S. (2025). Detection of rabbit hemorrhagic disease virus by loop-mediated isothermal amplification (RT-LAMP). Bulletin "Veterinary Biotechnology," 47, 187–205. https://doi.org/10.31073/vet_biotech47-10
40. Mezhenyskiy, A., Mezhenyska, N., Krytsia, Ja., Tarasov, O., Mezhenyskiy, A., & Nychyk, S. (2023). Epidemiological features of rabbits hemorrhagic disease caused by viruses of the first (GI. 1) and the second (GI. 2) types in Ukraine in 2021–2022. Visnyk Agrarnoi Nauky, 101(5), 42–49. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202305-06>
41. Neave, M. J., Hall, R. N., Huang, N., McColl, K. A., Kerr, P., Hoehn, M., Taylor, J., & Strive, T. (2018). Robust Innate Immunity of Young Rabbits Mediates Resistance to Rabbit Hemorrhagic Disease Caused by Lagovirus Europaeus GI.1 But Not GI.2. Viruses, 10(9), 512. <https://doi.org/10.3390/v10090512>
42. Neimanis, A. S., Ahola, H., Larsson Pettersson, U., Lopes, A. M., Abrantes, J., Zohari, S., Esteves, P. J., & Gavier-Widén, D. (2018). Overcoming species barriers: an outbreak of Lagovirus europaeus GI.2/RHDV2 in an isolated population of mountain hares (Lepus timidus). BMC Veterinary Research, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1694-7>
43. Niedźwiedzka-Rystwej, P., Hukowska-Szematowicz, B., Działo, J., Tokarz-Deptuła, B., & Deptuła, W. (2013). Real time PCR detection of rabbit haemorrhagic disease virus in rabbits infected with different European strains of RHDV. Polish Journal of Veterinary Sciences, 16(1), 39–43. <https://doi.org/10.2478/pjvs-2013-0006>
44. O'Connor, T. W., Read, A. J., Hall, R. N., Strive, T., & Kirkland, P. D. (2022). Immunological Cross-Protection between Different Rabbit Hemorrhagic Disease Viruses—Implications for Rabbit Biocontrol and Vaccine Development. Vaccines, 10(5), 666. <https://doi.org/10.3390/vaccines10050666>
45. Ostrycharz, E., Fitzner, A., Kęsy, A., Siennicka, A., & Hukowska-Szematowicz, B. (2024). MicroRNAs participate in the regulation of apoptosis and oxidative stress-related gene expression in rabbits infected with Lagovirus europaeus GI.1 and GI.2 genotypes. Frontiers in Microbiology, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1349535>
46. Pacioni, C., Hall, R. N., Strive, T., Ramsey, D. S. L., Gill, M. S., & Vaughan, T. G. (2022). Comparative Epidemiology of Rabbit Haemorrhagic Disease Virus Strains from Viral Sequence Data. Viruses, 15(1), 21. <https://doi.org/10.3390/v15010021>
47. Peacock, D. E., Iannella, A., Sinclair, R. G., & Kovaliski, J. (2024). Surveillance of Wildlife Viruses: Insights from South Australia's Monitoring of Rabbit Haemorrhagic Disease Virus (RHDV GI.1 and GI.2). Viruses, 16(10), 1553. <https://doi.org/10.3390/v16101553>
48. Perera, K. D., Johnson, D., Lovell, S., Groutas, W. C., Chang, K.-O., & Kim, Y. (2022). Potent Protease Inhibitors of Highly Pathogenic Lagoviruses: Rabbit Hemorrhagic Disease Virus and European Brown Hare Syndrome Virus. Microbiology Spectrum, 10(4). <https://doi.org/10.1128/spectrum.00142-22>
49. Reemers, S., Peeters, L., van Schijndel, J., Bruton, B., Sutton, D., van der Waart, L., & van de Zande, S. (2020). Novel Trivalent Vectored Vaccine for Control of Myxomatosis and Disease Caused by Classical and a New Genotype of Rabbit Haemorrhagic Disease Virus. Vaccines, 8(3), 441. <https://doi.org/10.3390/vaccines8030441>
50. Russell, R. E., Dusek, R. J., Prevost, S., Clifford, D. L., Moriarty, M. E., & Takahashi, F. (2024). Modeling the response of an endangered rabbit population to RHDV2 and vaccination. Conservation Science and Practice, 6(2). Portico. <https://doi.org/10.1111/csp2.13072>
51. Shi, L., Liu, Y., Chang, C., Wang, J., Zhang, Z., Wang, S., & zhang, ziqiang. (2024). Report on simultaneous infection of rabbit haemorrhagic disease virus type 1 and type 2 in kits in China. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3823446/v1>
52. Skrypnyk, V., & Zotsenko, V. (2025). Modern methods of diagnosis and prevention of viral haemorrhagic disease in rabbits. Bulletin "Veterinary Biotechnology," 47, 222–239. https://doi.org/10.31073/vet_biotech47-12

53. Sun, Z., An, Q., Li, Y., Gao, X., & Wang, H. (2024). Epidemiological characterization and risk assessment of rabbit haemorrhagic disease virus 2 (RHDV2/b/GI.2) in the world. *Veterinary Research*, 55(1). <https://doi.org/10.1186/s13567-024-01286-x>

54. Toh, X., Ong, J., Chan, C., Teo, X. H., Toh, S., Fernandez, C. J., & Huangfu, T. (2021). First detection of rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV2) in Singapore. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69(3), 1521–1528. Portico. <https://doi.org/10.1111/tbed.14116>

55. Tokarz-Deptuła, B., Kulus, J., Baraniecki, Ł., Stosik, M., & Deptuła, W. (2024). Characterisation of Lagovirus europaeus GI–RHDVs (Rabbit Haemorrhagic Disease Viruses) in Terms of Their Pathogenicity and Immunogenicity. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(10), 5342. <https://doi.org/10.3390/ijms25105342>

56. Torres, J. M., Ramírez, M. A., Morales, M., Bárcena, J., Vázquez, B., Espuña, E., Pagès-Manté, A., & Sánchez-Vizcaíno, J. M. (2000). Safety evaluation of a recombinant myxoma-RHDV virus inducing horizontal transmissible protection against myxomatosis and rabbit haemorrhagic disease. *Vaccine*, 19(2–3), 174–182. [https://doi.org/10.1016/s0264-410x\(00\)00183-3](https://doi.org/10.1016/s0264-410x(00)00183-3)

57. Tu, T., Zhou, Y., Jiang, D., Pang, M., Wu, X., Yao, X., Luo, Y., Yang, Z., Ren, M., & Wang, Y. (2022). The pathogenicity comparison of Lagovirus europaeus GI.1 and GI.2 strains in China by using relative quantitative assay. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25118-0>

58. Tung, H.-Y., Chen, W.-C., Ou, B.-R., Yeh, J.-Y., Cheng, Y.-H., Tsng, P.-H., Hsu, M.-H., Tsai, M.-S., & Liang, Y.-C. (2017). Simultaneous detection of multiple pathogens by multiplex PCR coupled with DNA biochip hybridization. *Laboratory Animals*, 52(2), 186–195. <https://doi.org/10.1177/0023677217718864>

59. Velarde, R., Abrantes, J., Lopes, A. M., Estruch, J., Côte-Real, J. V., Esteves, P. J., García-Bocanegra, I., Ruiz-Olmo, J., & Rouco, C. (2021). Spillover event of recombinant Lagovirus europaeus/GI.2 into the Iberian hare (*Lepus granatensis*) in Spain. *Transboundary and Emerging Diseases*, 68(6), 3187–3193. Portico. <https://doi.org/10.1111/tbed.14264>

60. Velarde, R., Cavadini, P., Neimanis, A., Cabezón, O., Chiari, M., Gaffuri, A., Lavín, S., Grilli, G., Gavier-Widén, D., Lavazza, A., & Capucci, L. (2016). Spillover Events of Infection of Brown Hares (*Lepus europaeus*) with Rabbit Haemorrhagic Disease Type 2 Virus (RHDV2) Caused Sporadic Cases of an European Brown Hare Syndrome-Like Disease in Italy and Spain. *Transboundary and Emerging Diseases*, 64(6), 1750–1761. Portico. <https://doi.org/10.1111/tbed.12562>

61. World Organisation for Animal Health (WOAH). Terrestrial Manual 2021, Chapter 3.7.1. – Myxomatosis. <https://pilarad.com/wp-content/uploads/2024/07/oie-book-2023.pdf>

62. World Organisation for Animal Health (WOAH). Rabbit haemorrhagic disease 2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.woah.org/en/disease/rabbit-haemorrhagic-disease/>

63. Wu, M., Chen, M., Qiu, R., Ge, L., Fan, Z., Hu, B., Wei, H., Li, Y., Wang, F., & Song, Y. (2024). Specific Detection of RHDV GI.1 and GI.2 by RT-LAMP-CRISPR/Cas12a Platform. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2024(1). Portico. <https://doi.org/10.1155/tbed/3881457>

64. Zhang, L., Zhao, Q., Tian, Y., Tang, Y., Wang, Y., & Huang, B. (2023). A novel reverse transcription recombinase polymerase amplification assay for rapid detection of GI.1 genotype of rabbit hemorrhagic disease virus. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1056601>

65. Korniienko, L. Ye., Hlavatskyi, V. P., Yarchuk, B. M., et al. (2001). Viral haemorrhagic disease of rabbits. Bila Tserkva. 60 p. https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/1307/1/V%D1%96rusna_gemorag%D1%96chna_hvoroba_krolik%D1%96v.pdf

66. Krytsia Y.P., Tarasov, O. A., Mezhenyskyi, A. A., Spyrydonov, V. H., Zakharova, O. M., Mezhenyska, N. A., Molozhanova, A. V., & Sydorenko, T. V. (2025). Application of real-time

polymerase chain reaction for the detection of rabbit hemorrhagic disease virus RNA: methodical guidelines. https://doi.org/10.31073/vet_biotech.meth2025.01

67. Napnenko, O., Hordiienko, O., Deriabin, O., Mandzia, I., & Ivanchenko, P. (2020). Diagnosis of viral haemorrhagic disease of rabbits using the polymerase chain reaction method. Effective Rabbit Breeding and Fur Farming, 6, 155–165. <https://doi.org/10.37617/2708-0617.2020.6.155-165>

68. Skrypnyk, V. H., Kasianenko, O. I., & Kassich, V. Yu. (2025). Methods and means of control and prevention of major infectious diseases of rabbits (viral haemorrhagic disease, myxomatosis, pasteurellosis). Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine, 4(71), 82–90. <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2025.4.12>

Стаття надійшла до редакції 15.04.2026

Стаття пройшла рецензування 28.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

DOI 10.37000/abbsl.2026.119.19

УДК: 636.085.52/.58.084

Світлана Цап,

кандидатка сільськогосподарських наук, доцентка кафедри
технології годівлі і розведення тварин

Дніпровський державний аграрно-
економічний університет, м. Дніпро, Україна

ORCID ID: 0000-0002-2495-949X

email: tsap.svetlana@i.ua

Оксана Орішук,

кандидатка сільськогосподарських наук, доцентка кафедри паразитології
та ветеринарно-санітарної експертизи,

Дніпровський державний аграрно-
економічний університет, м. Дніпро, Україна

ORCID ID: 0000-0002-6140-870X

email: oksana.orishuk@gmail.com

Тетяна Пушкар,

кандидатка сільськогосподарських наук, доцентка, завідувачка кафедри
технології виробництва і переробки продукції тваринництва,

Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

ORCID ID: 0000-0002-5754-2121

email: t_pushkar@ukr.net

Ліля Кременчук,

кандидат сільськогосподарських наук, доцентка кафедри технології
виробництва і переробки продукції тваринництва,

Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

ORCID ID: 0009-0006-9877-0514

email: kremenchuklilija18@gmail.com

Олена Черемисова,

доктор філософії, доцентка кафедри генетики, розведення та годівлі тварин
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

ORCID ID: 0009-0006-9877-0514

e-mail: el.cheremisova@gmail.com

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОРГАНІЧНОГО БІЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТУ ПРИ ГОДІВЛІ ПЕРЕПЕЛІВ

Анотація

271



Висвітлено питання використання екологічно безпечного органічного концентрату в годівлі перепелів. Практичне значення дослідження полягає у впровадженні в раціони птиці органічного концентрату, виготовленого на основі переробленого та знезараженого посліду.

Одним із ключових напрямів підвищення повноцінності та доступності комбікормів для птиці є пошук імпортозамінних кормів і кормових добавок, отриманих із нетрадиційної сировини, придатної для використання у птахівництві.

У зв'язку з цим метою дослідження стало вивчення ефективності застосування органічної білкової добавки в годівлі перепелів. Експеримент проведено на перепелах породи «Фараон» в умовах птахофабрики «Агроцентр».

Встановлено, що введення кормової добавки в кількості 5,0 % та 10,0 % від маси комбікорму не впливало негативно на рівень його споживання. Згодовування комбікорму з вмістом 5,0 % білкового концентрату забезпечило підвищення продуктивності перепелів другої дослідної групи на 14,2 % порівняно з контрольною групою. Водночас у третій дослідній групі, де частка концентрату становила 10,0 %, показники продуктивності були нижчими, ніж у контролі.

Найвищі показники несучості (як на початкову, так і на середню несучку) зафіксовано у другій дослідній групі. Перепели третьої групи поступалися за цими показниками другій, проте перевищували контрольну групу. Подібна тенденція спостерігалася і щодо витрат корму на одиницю продукції. Найменші витрати корму на 1 кг яйцемаси встановлено у перепелів другої групи – 3,38 кг, що на 7,4 % менше порівняно з контрольною групою.

Застосування органічного білкового концентрату на основі сухого пташиного посліду є перспективним, екологічно чистим і економічно вигідним. Його додавання до раціонів перепілок у обсязі 5 % збільшує продуктивність, покращує якість яєць і зменшує витрати кормів, що дає змогу рекомендувати цю добавку для практичного використання у птахівництві.

Ключові слова: продуктивність, збереженість, білкова добавка, раціон, комбікорм, яйця, якісні показники.

Вступ. У світовому масштабі задля забезпечення населення білком тваринного походження значна увага приділяється розвитку птахівництва. Розширення цієї галузі сприяє не лише зростанню обсягів виробництва м'яса та яєць, а й супроводжується збільшенням кількості відходів, які не завжди можуть бути повністю утилізовані у господарствах і стають джерелом забруднення довкілля [6, 9].

Відповідно до законодавства більшості розвинених країн, переробка та раціональне використання пташиного посліду є обов'язковою складовою технологічного процесу виробництва продукції птахівництва [3].

Застосування висушеного пташиного посліду як кормової добавки в раціонах жуйних тварин досліджується вже тривалий час. Зокрема, у Великобританії налагоджено промислове виробництво концентрованих кормів для великої рогатої худоби з вмістом до 50 % сухого посліду. У Словенії розроблено спеціальні нормативні рекомендації щодо його використання у годівлі тварин за умови суворого дотримання санітарних вимог.

Економічні розрахунки свідчать, що використання сухого пташиного посліду як кормової добавки є більш ефективним порівняно з його

застосуванням як органічного мінерального добрива [8].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження показують, що пташиний послід містить 30-35 % сухої речовини, 28-33 % сирого протеїну, близько 28 % сирого золи, 3,4-5,0 % сирого жиру, 14-15 % сирого клітковини та 46-48 % безазотистих екстрактивних речовин, а також 2,6 % кальцію і 1,6 % фосфору [1, 11, 13].

Встановлено, що включення до складу комбікорму для бройлерів 8,0 % сухого пташиного посліду замість аналогічної кількості соняшникової макухи сприяє підвищенню інтенсивності приросту живої маси у дослідних групах [2, 12].

Отже, розроблення органічних кормових продуктів дає змогу, з одного боку, зменшити витрати білкової сировини при виробництві комбікормів, а з іншого – знизити рівень забруднення довкілля відходами птахівництва [4, 7, 10].

Таким чином, використання переробленого та знезараженого пташиного посліду як ефективної кормової добавки у раціонах тварин і птиці є актуальним напрямом. Це дозволяє вирішити проблему утилізації відходів, зменшити антропогенне навантаження на агроєкосистеми та покращити екологічний стан навколишнього середовища [14-16].

Мета наших досліджень полягала у виявленні ефективності використання органічного білкового концентрату на продуктивність перепелів та якісні показники яєць.

Матеріалом для дослідження слугувала органічна білкова добавка. Для досягнення поставленої мети було проведено науково-господарський дослід, в умовах ПФ «Агроцентр» Дніпропетровської області.

Для проведення дослідів були відібрані перепілки породи «Фараон» у кількості 90 голів, віком 30 діб. За методом груп-аналогів з урахуванням статі, живої маси та загального фізіологічного стану, були сформовані три групи – одна контрольна і дві дослідні. Перепелам (I) контрольної групизгодовували повнораційний комбікорм (ПК) власного виробництва, а перепелам дослідних груп (II-й, III-й) частину повнораційного комбікорму замінювали на органічний концентрат, отриманий на основі СПП, у кількості 5,0 % та 10,0 % відповідно (табл. 1). Тривалість дослідів – 90 діб.

Табл.1.

Схема наукового дослідів

Група, (n=30)	Характер годівлі
I – контрольна	Повнораційний комбікорм (ПК)
II – дослідна	ПК +5 % органічного білкового концентрату
III – дослідна	ПК +10 % органічногобілкового концентрату

Годівля здійснювалася двічі на добу, був постійний доступ до питної води.

Визначення хімічного складу зразків комбікорму та яєць проводили за традиційними методиками: початкову вологу визначали висушуванням зразків у сушильній шафі за температури 60-65 °С до постійної маси; гігроскопічну вологу – шляхом висушуванням зразків за температури 100-105 °С до постійної маси; сиру клітковину – за методом Геннеберга і Штомана; сирий жир – за методом Рушковського, за кількістю знежиреного залишку в апараті Сокслета при використанні ефіру як розчинника; сирого протеїну – за методом Кельдаля; сирій золи – методом сухого озоління шляхом спалювання зразку в муфельній печі при температурі 450-500 °С. Обмінну енергію в кормах визначали розрахунковим методом за даними хімічного аналізу кормів. Амінокислотний склад кормів на автоматичному аналізаторі ААА-881.

Виклад основного матеріалу. Вміст обмінної енергії та сирого протеїну в раціоні перепелів контрольної групи становив відповідно 1,32 МДж та 21 %, при рівні сирій клітковини 4,0 %. Водночас потреба перепелів у протеїні значною мірою визначається не лише його загальним вмістом, а й амінокислотним складом кормів, особливо в перші два тижні вирощування. У складі комбікорму вміст лізину становив 1,62 %, метіоніну – 0,78 %, триптофану – 0,24 %, треоніну – 0,64 %, кальцію – 2,6 %, фосфору – 0,6 %. Раціони дослідних груп були повністю збалансовані за основними поживними речовинами.

Протягом усього експериментального періоду різниця у споживанні корму між групами була незначною та статистично недостовірною, що свідчить про добру адаптацію перепелів до введеної кормової добавки. Середньодобове споживання комбікорму у контрольній групі становило 30,8 г на голову. У другій дослідній групі цей показник був на 0,32 % вищим, тоді як у третій – на 0,62 % нижчим порівняно з контролем.

Отже, включення органічного концентрату на основі сухого пташиного посліду до складу комбікорму в кількості 5,0 % та 10,0 % не впливало негативно на рівень його споживання. При цьому збереженість поголів'я в обох дослідних групах протягом усього періоду досліджень становила 100 %.

Найвищий рівень валового виробництва яєць зафіксовано у перепелів другої дослідної групи (5,0 % добавки) – 752 шт. за 90 діб, що на 14,2 % перевищувало показники контрольної групи. У третій групі (10,0 % добавки) цей показник був нижчим і становив на 4,2 % менше.

Несучість на початкову несучку у другій дослідній групі досягала 66,02 шт., що на 19,9 % більше порівняно з контролем. У третій групі цей показник був нижчим на 2,63 % відносно другої, однак перевищував контрольні значення. Аналогічна тенденція спостерігалася і щодо несучості на середню несучку: у

другій групі вона становила 66,02 шт., що на 24,2 % вище за контроль і на 8,5 % більше, ніж у третій групі.

Слід відзначити, що у перепелів дослідних груп початок яйцекладки настав на 3 доби раніше, ніж у контрольній, що свідчить про стимулюючий вплив добавки. Найвищу інтенсивність яйцекладки (77,85 %) також відзначено у другій дослідній групі, що на 7,64 % більше порівняно з контролем.

Найменші витрати корму на 1 кг яйцемаси встановлено у перепелів другої групи – 3,38 кг, що на 7,36 % нижче контрольного показника. Витрати корму на виробництво 100 яєць у цій групі становили 4,11 кг, що на 8,9 % менше, ніж у контролі, тоді як у третій групі цей показник був гіршим і навіть перевищував контроль.

Найвищий вміст сирого протеїну в білку яєць відзначено у другій дослідній групі – 11,6 %, що на 3,2 % більше порівняно з контролем. У третій групі цей показник становив 10,9 %, що на 2,74 % нижче контрольного рівня. Водночас введення 10,0 % органічного концентрату призводило до зниження вмісту сухої речовини у білковій масі на 3,34 %.

Хімічний склад жовтка яєць у контрольній та дослідних групах суттєво не відрізнявся, а за окремими показниками залишався на рівні контрольних значень.

Табл. 2.

Хімічний склад яєць піддослідних перепелів, %, $M \pm m$, $n=10$,

Показник	I-контрольна	II-дослідна	III-дослідна
Білок			
Волога	86,3 $\pm$ 0,23	86,4 $\pm$ 0,22	86,7 $\pm$ 0,34
Суша речовина	13,7 $\pm$ 0,24	13,6 $\pm$ 0,22	13,3 $\pm$ 0,31
Сирий протеїн	11,3 $\pm$ 0,17	11,6 $\pm$ 0,23	10,9 $\pm$ 0,42*
Жовток			
Волога	51,2 $\pm$ 0,39	52,3 $\pm$ 0,71	52,2 $\pm$ 0,39
Суша речовина	48,8 $\pm$ 0,39	47,7 $\pm$ 0,70	47,8 $\pm$ 0,39
Сирий протеїн	16,1 $\pm$ 0,21	16,2 $\pm$ 0,22	15,9 $\pm$ 0,08
Сирий жир	29,4 $\pm$ 0,63	29,5 $\pm$ 0,64	29,1 $\pm$ 0,11

За даними морфологічних досліджень яєць (табл. 3) встановлено, що найбільш висока маса жовтка відзначена в другій дослідній групі (3,66 г), що на 1,05 % вище в порівнянні з аналогами першої контрольної та третьої дослідної груп. Збільшення маси жовтка в яйцях дослідних груп сприяло і збільшенню відношення білка до жовтка на 1,61 та 3,22 % відповідно.

Табл. 3.

Морфологічні показники яєць перепелів, $M \pm m$, $n=10$

Показник	I-контрольна	II -дослідна	III -дослідна

Маса яєць, г	11,53 ±0,06	11,88±0,09	11,36±0,05
Маса складових частин, г			
Білок	6,77±0,08	6,92±0,05	6,75±0,11
Жовток	3,64±0,025	3,66±0,13	3,50±0,05
Шкаралупа	1,12±0,02	1,30±0,02	1,11±0,02
Співвідношення складових частин яєць, %			
Білок	58,71±0,36	58,25±0,78	59,16±0,65*
Жовток	31,57±0,26	30,81±0,78	30,81±0,65*
Шкаралупа	9,71±0,14	10,94±0,07	9,78±0,06
Співвідношення білку до жовтка	1,86±0,03	1,89±0,07	1,92±0,06
У % до контролю	100,00	101,61	103,22

Дослідженнями встановлено, що додавання органічного концентрату на основі СПП у комбікорми призводило до підвищення товщини шкаралупи перепелиних яєць дослідних груп на 4,54 та 9,10 % порівняно з контролем (табл. 4).

Табл.4.

Якісні показники шкаралупи яєць, $M \pm m$, $n=10$

Показник	I-контрольна	II -дослідна	III -дослідна
Товщина, мм	0,22±0,037	0,23±0,026	0,24± 0,026
Суша речовина, %	97,27±0,04	98,11±0,04*	98,54±0,07*
Сира зола, %	78,41±1,11	82,54±1,07*	82,73±1,55*
Зібрані яйця, шт.	658,0	752,0	686,0
Відхід яєць, шт.	12,0	6,0	6,0
Бій, шт.	6,0	4,0	3,0
Бій, %	0,93	0,52	0,52

У яйцях перепелів дослідних груп (II та III) вміст сухої речовини у шкаралупі перевищував контрольні показники на 0,84 % і 1,27 % відповідно, а рівень сирової золи – на 4,13 % та 4,32 % порівняно з контрольною групою (I). Відсоток браку яєць у дослідних групах був незначним і становив 0,52 %.

Отже, можна зробити висновок, що введення до складу комбікормів органічного концентрату на основі сухого пташиного посліду сприяє підвищенню міцності яєчної шкаралупи.

Економічна ефективність використання даної добавки в яєчному перепелинництві була підтверджена при її включенні до раціону в кількості 5,0 %. За таких умов витрати корму на 1 кг яєчної маси зменшилися на 16,2 %, а рівень чистого прибутку перевищив контрольний на 17,3 %.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Результати численних досліджень свідчать, що застосування нетрадиційних кормових добавок, зокрема переробленого та знезараженого сухого пташиного посліду,

позитивно впливає на продуктивність птиці та сприяє підвищенню економічної ефективності птахівництва [14]. Сучасні наукові підходи спрямовані на пошук альтернативних джерел поживних речовин, оскільки комбікорми нерідко є недостатньо збалансованими за енергією та протеїном [4, 8, 9]. У зв'язку з цим активно досліджується можливість отримання безпечних кормових продуктів із відходів виробництва та їх повторного використання у годівлі птиці [6-8]. Отримані нами результати показали, що введення 5 % органічної білкової добавки до раціону перепелів сприяє підвищенню продуктивності на 14,2 % та зростанню несучості на 19,9–24,2 %, що узгоджується з даними інших дослідників [5, 14]. При цьому встановлено позитивний вплив на якість яєць: вміст сирого протеїну у білку та жовтку дещо підвищувався, а загальні зміни хімічного складу були незначними.

Також відмічено покращення морфологічних показників яєць, зокрема збільшення товщини шкаралупи при згодовуванні 5 % і 10 % добавки. Використання 5 % концентрату забезпечило зниження витрат корму на 1 кг яйцемаси на 16,2 % та підвищення рентабельності на 17,3 %. Подібні результати підтверджуються і в інших дослідженнях, де застосування білкових добавок сприяло зростанню продуктивності та покращенню конверсії корму.

Отже, використання органічного білкового концентрату на основі сухого пташиного посліду є перспективним, екологічно безпечним і економічно доцільним. Його включення до раціонів перепелів у кількості 5 % підвищує продуктивність, покращує якість яєць і знижує витрати кормів, що дозволяє рекомендувати цю добавку для практичного використання у птахівництві.

Список використаної літератури

1. Мельник В. О. Пташиний послід: вихід, хімічний склад та основні способи переробки. 2016. URL: <http://avianua.com/ua/index.php/statty-popticevodstvu/tekhnolohiia-ptakhivnytstva/40-ptashinij-poslidhimichnyj-sklad>
2. Мельник В. О., Мельник О. В., Шепіль Г. В. Дослідження виходу посліду при вирощуванні бройлерів у кліткових батареях та на підлозі. *Науково-технічний збірник «Птахівництво»*, 2018. № 63, С. 1-6.
3. Милованов Є. В. Правові засади регулювання органічного виробництва в країнах ЄС. *Економіка АПК*, 2018. № 5, С. 117-125.
4. Орішук О. С., Цап С. В., Черненко О. М., Дармограй Л. М., Черненко О. І., Микитюк В. В. Екологічне обґрунтування використання активних дріжджів у раціонах несучок. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2019. № 9(2), С. 189-194.
5. Орішук О., Цап С., Рубан Н., Хмелева Е. Використання кормових добавок на основі пальмового жиру у годівлі несучок. *Аграрна наука та харчові технології*, 2017. № 2(96), С. 67-72.
6. Орішук О. С. Ефективність використання активних дріжджів у годівлі птиці на якісні показники яєць. *Науковий вісник БНАУ*, 2019. № 2(150), С. 64-71.
7. Осипенко І. С., Мерзлов С. В. Біохімічний та хімічний склад біомаси вермикультури, вирощеної на посліді птиці, ферментованого прискореним методом. *Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветеринарних препаратів і кормових добавок*, 2023. № 24(1), С. 105-112.
8. Осипенко І. С., Мерзлов С. В. Введення біомаси вермикультури у комбікорми для курчат-бройлерів. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького*, 2023. № 25(98), С. 34-

39.

9. Осипенко І. С., Мерзлов С. В. Використання біомаси вермикультури у комбікормах та показники її поїдання бройлерами. *Сучасний розвиток технологій тваринництва*, 2022. БНАУ, С. 25-27.

10. Отченашко В. Вигідно вирощувати перепелів. *Наше птахівництво*, 2013. № 2, С. 10-11.

11. Павленко С. І. Прискорене компостування підстилкової суміші курячого посліду та лушпиння соняшнику. *Вісник ДДАЕУ*, 2016. № 2(40), С. 56-61.

12. Рябініна О. В., Мельник В. О. Удосконалення способів регенерації підстилки для повторного використання. *Вісник аграрної науки*, 2022. № 1(826), С. 64–71. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202201-09>

13. Цап С. В., Орیشук О. С. Науково-практичне обґрунтування використання пробіотиків у птахівництві. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 2020. № 8(4), С. 241-245. <https://doi.org/10.32819/2020.84034>

14. Цап С. В., Орیشук О. С. Продуктивність та якісні показники яєць за використання кормових добавок. *Вісник ШНАУ*, 2021. № 2(41), С. 56-61. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.29>

15. Цап С. В., Орیشук О. С. Ефективність використання пробіотиків у годівлі птиці. *Вісник ШНАУ*, 2023. № 1(52), С. 76-81. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.29>

16. Orishchuk O. S., Tsap S.V., Mylostyvyi R.V., Chernenko O. I., Chernenko O. M. The assessment of magnesium-contained feed additive efficiency on nutrient digestibility and productivity in laying hens. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 2025. Vol. 13 No 1. <https://doi.org/10.32819/2025.13001>.

Svitlana Tsap,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Animal Feeding and Breeding Technologies, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-2495-949X

email: tsap.svetlana@i.ua

Oksana Orishchuk,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Parasitology and Veterinary and Sanitary Examination,

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-6140-870X

e-mail: oksana.orishuk@gmail.com

Tetyana Pushkar,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-5754-2121

email: t_pushkar@ukr.net

Lilia Kremenchuk,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID:0009-0006-9877-0514

email: kremenchuklilija18@gmail.com

Helen Cheremisova,

Doctor of Philosophy, department of genetics, animal breeding and feeding
Odesa State Agrarian University. Odessa, Ukraine

ORCID ID 0009-0008-8580-4513

email: el.cheremisova@gmail.com

Abstract

The issue of using environmentally safe organic concentrate in quail feeding has been addressed. The practical significance of the study lies in the introduction of an organic concentrate, made from processed and disinfected litter, into the poultry rations.

One of the key directions for improving the nutritional value and availability of compound feeds for poultry is the search for import-substituting feeds and feed additives obtained from non-traditional raw materials suitable for use in poultry farming.

In this regard, the goal of the study was to investigate the effectiveness of using an organic protein additive in quail feeding. The experiment was conducted on "Pharaoh" breed quails at the "Agrocenter" poultry farm.

It was established that the inclusion of the feed additive at a level of 5.0% and 10.0% of the compound feed mass did not have a negative effect on its consumption level. Feeding compound feed containing 5.0% protein concentrate resulted in a 14.2% increase in the productivity of quails in the second experimental group compared to the control group. At the same time, in the third experimental group, where the concentrate accounted for 10.0%, the productivity indicators were lower than in the control.

The highest egg production rates (both initial and average) were recorded in the second experimental group. Quails in the third group lagged behind the second group in these indicators but exceeded the control group. A similar trend was observed regarding feed expenditure per unit of production. The lowest feed expenditure per 1 kg of egg mass was established in the quails of the second group – 3.38 kg, which is 7.4% less compared to the control group.

The use of an organic protein concentrate based on dry poultry litter is promising, environmentally friendly, and economically viable. Its addition to quail rations at a level of 5% increases productivity, improves egg quality, and reduces feed consumption, which makes it advisable to recommend this additive for practical use in poultry farming.

Keywords: *productivity, viable stock, protein additive, ration, compound feed, eggs, quality indicators.*

References

1. Melnyk V. O. Ptashyni poslid: vykhid, khimichniy sklad ta osnovni sposoby pererobky. 2016. URL: <http://avianua.com/ua/index.php/statty-popticevodstvu/tekhnolohiia-ptakhivnytstva/40-ptashinij-poslidhimichnyj-sklad>
2. Melnyk V. O., Melnyk O. V., Shepil H. V. Doslidzhennia vykhodu poslidu pry vyroshchuvanni broileriv u klitkovykh batareiakh ta na pidlozi. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Ptakhivnytstvo», 2018. № 63, S. 1-6.

3. Mylovanov Ye. V. Pravovi zasady rehuliuвання orhanichnoho vyrobnytstva v krainakh YeS. Ekonomika APK, 2018. № 5, S. 117-125.

4. Orishchuk O. S., Tsap S. V., Chernenko O. M., Darmohrai L. M., Chernenko O. I., Mykytiuk V. V. Ekologichne obgruntuvannya vykorystannia aktyvnykh drizhdzhiv u ratsionakh nesuchok. Ukrainian Journal of Ecology, 2019. № 9(2), S. 189-194.

5. Orishchuk O., Tsap S., Ruban N., Khmeleva E. Vykorystannia kormovykh dobavok na osnovi palmovoho zhyru u hodivli nesuchok. Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii, 2017. № 2(96), S. 67-72.

6. Orishchuk O. S. Efektyvnist vykorystannia aktyvnykh drizhdzhiv u hodivli ptytsi na yakisni pokaznyky yaiets. Naukovyi visnyk BNAU, 2019. № 2(150), S. 64-71.

7. Osypenko I. S., Merzlov S. V. Biokhimichni ta khimichni sklad biomasy vermykultury, vyroshchenoi na poslidi ptytsi, fermentovanoho pryskorenym metodom. Naukovo-tekhnichnyi biuleten DNDKI veterynarnykh preparativ i kormovykh dobavok, 2023. № 24(1), S. 105-112.

8. Osypenko I. S., Merzlov S. V. Vvedennia biomasy vermykultury u kombikormy dlia kurchat-broileriv. Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S. Z. Gzhytskoho, 2023. № 25(98), S. 34-39.

9. Osypenko I. S., Merzlov S. V. Vykorystannia biomasy vermykultury u kombikormakh ta pokaznyky yii poidannia broileramy. Suchasnyi rozvytok tekhnolohii tvarynnytstva, 2022. BNAU, S. 25-27.

10. Otchenashko V. Vyhidno vyroshchuvaty perepeliv. Nashe ptakhivnytstvo, 2013. № 2, S. 10-11.

11. Pavlenko S. I. Pryskorene kompostuvannya pidstylkovoї sumishi kuriachoho poslidu ta lushpynnia soniashnyku. Visnyk DDAEU, 2016. № 2(40), S. 56-61.

12. Riabinina O. V., Melnyk V. O. Udoskonalennia sposobiv reheneratsii pidstylky dlia povtornoho vykorystannia. Visnyk ahrarnoi nauky, 2022. № 1(826), S. 64-71. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202201-09>

13. Tsap S. V., Orishchuk O. S. Naukovo-praktychne obgruntuvannya vykorystannia probiotyktiv u ptakhivnytstvi. Theoretical and Applied Veterinary Medicine, 2020. № 8(4), S. 241-245. <https://doi.org/10.32819/2020.84034>

14. Tsap S. V., Orishchuk O. S. Produktyvnist ta yakisni pokaznyky yaiets za vykorystannia kormovykh dobavok. Visnyk SNAU, 2021. № 2(41), S. 56-61. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.29>

15. Tsap S. V., Orishchuk O. S. Efektyvnist vykorystannia probiotyktiv u hodivli ptytsi. Visnyk SNAU, 2023. № 1(52), S. 76-81. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.29>

16. Orishchuk O. S., Tsap S.V., Mylostyvyi R.V., Chernenko O. I., Chernenko O. M. The assessment of magnesium-contained feed additive efficiency on nutrient digestibility and productivity in laying hens. Theoretical and Applied Veterinary Medicine, 2025. Vol. 13 No 1. <https://doi.org/10.32819/2025.13001>.

Стаття надійшла до редакції 23.03.2026

Стаття пройшла рецензування 10.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

УДК 637.3.602.6.578/579

Таїсія Рижкова

доктор технічних наук, професор
кафедри технології переробки та
якості продукції тваринництва,
Державний біотехнологічний університет
м. Харків, Україна
ORCID ID 0000-0003-3358-7496
email: rulkova.ua@gmail.com

ОЦІНКА ВПЛИВУ БІОПРЕПАРАТА «СПХ-С» НА ПОКРАЩЕННЯ СИРОПРИДАТНОСТІ МОЛОКА ДЛЯ СИРОВАРІННЯ

Анотація

Відповідно до вимог ДСТУ 3662:2018, молочна сировина має відповідати не нижче першому ґатунку, однак при його оцінці недостатньо враховують таку технологічну властивість, як сиропридатність. Формування не м'яких пружних, а згустків під дією заквасок і молокозсідальних ферментів призводить до нестабільної якості сичужних сирів щодо вимог викладених в ДСТУ 6003:2008. Встановлено, що дія фільтратів має дозозалежний характер. За низьких концентрацій (0,1–0,4%) формувався якісний, відносно твердий пружний згусток; при 0,5 - 1,5% спостерігалася активація мікробіологічних процесів і варіабельність структури; при 2,0 - 3,0%, - посилення газоутворення та погіршення структури.

Сирно - сироваткові фільтрати забезпечували стабільніший згусток і активніший розвиток заквашувальної мікрофлори, порівняно із сирно - водними.

Підтверджено ефективність біопрепарату «СПХ-С» у покращенні технологічних властивостей молока та якості сичужних сирів.

Ключові слова: сиропридатність молока, біопрепарат «СПХ-С», структура згустків, якість сиру.

Вступ. Якість і технологічна придатність молока-сировини є ключовими чинниками ефективності виробництва сичужних сирів. Поряд із показниками, регламентованими ДСТУ 3662:2018 [1], важливого значення набуває сиропридатність молока - здатність формувати щільний і стабільний згусток під дією ферментів і заквасок. Встановлено, що навіть молоко високого ґатунку не завжди забезпечує оптимальні параметри коагуляції, що негативно впливає на вихід і якість сирів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За даними сучасних досліджень, коагуляційні властивості молока тісно пов'язані з втратами компонентів у сироватку та виходом готового продукту, що підтверджує їх визначальну роль у сироварінні. Порушення взаємодії білкових фракцій, ферментативних і мікробіологічних процесів призводить до формування нестабільного згустку та погіршення якості сирів.

У зв'язку з цим актуальним є застосування біопрепаратів природного походження, зокрема отриманих із вторинної молочної сировини. Перспективним є біопрепарат «СПХ-С», використання якого може сприяти стабілізації процесів зсідання та покращенню сиропридатності молока.

Таким чином, дослідження впливу біопрепарату «СПХ-С» на покращення сиропридатності молока для сироваріння, спрямованого та отримання стабільної якості сичужних сирів є актуальним та своєчасним.

Рагнхильд Аа. Інглінгстад зазначає, що породи корів, що перебувають під загрозою зникнення, мають невелику чисельність і тривалий час майже не піддавалися селекції, але зберігають цінне генетичне різноманіття. У дослідженні (200 тварин, 7 місцевих порід) встановлено, що їхнє молоко частіше містить рідкісні варіанти казеїнів і має кращі сичужні властивості порівняно з норвезькою червоною породою (NRF), тоді як NRF відзначається кращою кислотною коагуляцією. Це свідчить про перспективність місцевих порід для виробництва високоякісних сичужних сирів [6, 1].

Метою дослідження Г. Ларіонова було вивчення сиропридатності молока та вдосконалення технології виробництва м'якого сиру «Академічний». Досліджено фізико-хімічні показники молока (білок, жир, кислотність, лактоза), які визначають його здатність до коагуляції та вихід сиру. На основі отриманих даних розроблено рецептуру і технологію виробництва сиру термокислотним методом. Встановлено, що сиропридатність молока залежить від його фізико-хімічного складу, зокрема від вмісту білка та режимів обробки [7,1].

У дослідженні О. М. Черненко із співавторами вивчено вплив стресостійкості корів на екологічну безпеку молока і його сиропридатність.

Встановлено, що підвищена чутливість до стресу погіршує склад і технологічні властивості молока, зокрема збільшує частку сичужно - в'ялого молока.

Для підвищення якості сирів рекомендовано формувати групи корів за рівнем стресостійкості та вибраковувати стресочутливих тварин. Перспективним є подальше вивчення впливу генетичних, породних і фізіологічних факторів на коагуляційні властивості молока [8, 1].

У роботі Власенка І. Г. зі співавторами встановлено, що перевищення бактеріального забруднення молока погіршує технологію виробництва та якість сирів. Найефективнішим способом зниження обсіменіння є

ультрависокотемпературна обробка (2–4 с), яка підвищує сиропридатність. Водночас високі температури змінюють білково-сольовий склад: погіршується згортання, але зростає вихід продукту за рахунок переходу сироваткових білків у сир. Підвищення температури до 85–90 °С збільшує вихід і знижує витрати сировини на 2,4 %. Рекомендовано визрівання молока та внесення закваски 2–3 %. Режим пастеризації слід підбирати індивідуально [9, 1,6].

Дослідження І. Буянової та С. Коновалова було визначення хімічного складу, фізико-хімічних і сироварних властивостей молока корів породи Джерсі. Встановлено, що молоко корів породи Джерсі характеризується низькою ліполітичною активністю та може зберігатися до 2 діб при 2–4 °С без погіршення якості. Пастеризація знижує вміст вільних жирних кислот, тоді як гомогенізація посилює ліполіз; підвищений вміст соматичних клітин негативно впливає на якість молока. Загалом таке молоко є безпечним і придатним для виробництва високоякісних сирів [10, 1]. У дослідженні показано, що порода суттєво впливає на коагуляційні властивості та склад молока, визначаючи його сиропридатність.

За допомогою канонічного кореляційного аналізу встановлено як загальні взаємозв'язки між фізико-хімічними показниками і коагуляцією, так і породні відмінності (особливо для Манчег та Мерино де Грасалема). Результати свідчать про доцільність врахування технологічних властивостей молока, а не лише вмісту жиру та білка, у селекції та виробництві сирів. Показано зв'язок між складом молока та коагуляційними властивостями залежно від породи. Висновок: порода - ключовий фактор сиропридатності [11, с. 1].

Сироваріння є складним багатоступеневим процесом, на який впливають фізико-хімічні властивості молока та технологічні умови.

Останніми роками для його аналізу та оптимізації все частіше застосовують методи машинного навчання, які дозволяють виявляти складні нелінійні закономірності та підвищувати точність прогнозування порівняно з традиційними статистичними підходами.

У роботах, опублікованих у 2014–2025 роках, машинне навчання використовують для дослідження як процесів виробництва сиру (ферментація, коагуляція), так і контролю якості кінцевого продукту, зокрема виявлення фальсифікацій. Загалом проаналізовано 42 наукові публікації, що дозволило узагальнити основні підходи, описати застосовувані алгоритми та визначити перспективи подальшого використання цих методів у сироварінні [12, 1].

Лулуям Мансура Джутх із співавторами, повідомляють про те, що у Бангладеш значні обсяги сирної сироватки утилізуються без використання, тому досліджено її переробку у порошок сироваткового білка (WPP) з різних джерел молока (*Bos taurus*, Jersey, Buffalo). Встановлено, що WPP із молока буйволів має найвищий вміст білка (49,68 %) і кращі фітохімічні та антиоксидантні властивості ($p < 0,05$). Функціональні показники порошоків суттєво відрізнялися залежно від сировини. Загалом доведено перспективність використання сирної

сироватки як цінної сировини для отримання функціональних інгредієнтів [13, 1].

Бухра Суматі зазначає, що кисла сироватка (зокрема від сиру Jben) є недооціненим ресурсом, який можна ефективно переробляти за допомогою UF, NF та RO у цінні компоненти (білки, лактозу, мінерали). Оптимізація процесу (діафільтрація, регулювання pH) підвищує утримання білка, стабільність і однорідність фракцій та зменшує осадження. Статистично доведено ($p < 0,05$), що ці підходи покращують фізико-хімічні властивості продуктів і розширюють можливості їх використання [14, 1].

Дослідження проведено як мета аналіз (23 статті, 1999–2020 pp.) для оцінки генетичних параметрів властивостей згортання молока (RCT, k20, a30, TA, pH). Встановлено помірну спадковість ознак (0,189–0,303) та значні генетичні кореляції між окремими показниками (зокрема RCT–a30: 0,842; RCT–TA: -0,565). Зв'язок із продуктивними ознаками загалом низький. Отримані результати підтверджують наявність адитивної генетичної варіації та можливість покращення коагуляційних властивостей у селекції без суттєвого впливу на продуктивність. [15, 1].

Алія Занніра Мохсін, Езаті Норса, Аніс Асіла Марзланзазначають, що рослинні коагулянти розглядаються як альтернатива тваринному та мікробному сичугу через їх високу вартість і етичні обмеження. У огляді проаналізовано аспарагінові, цистеїнові та серинові протеази, їх властивості та вплив на якість сирів. Встановлено, що вони забезпечують ефективне зсідання молока й прийнятні органолептичні характеристики, однак можуть спричиняти гіркий смак через високу протеолітичну активність. Загалом рослинні протеази є перспективними коагулянтами за оптимальних умов використання [16, 1].

Метою дослідження В. Бонфатті, Г. Ді Мартіно, А.Чеккінато, Л. Дегано, було оцінити вплив гаплотипів CSN2–CSN3 (β -, κ -казеїн), генотипу BLG та складу білка на коагуляційні властивості молока. Встановлено, що гаплотипи з CSN3B і CSN2B асоціюються зі скороченням часу коагуляції (RCT) і підвищенням твердості згустку (a30), однак після врахування білкового складу ефект CSN3B зникає, що свідчить про його опосередковану дію через вміст κ -казеїну. Натомість CSN2B зберігає прямий позитивний вплив на RCT.

Генотип BLG BB подовжує час коагуляції. Загалом покращення коагуляційних властивостей пов'язане зі збільшенням вмісту κ -казеїну та β -казеїну в молоці [17, 1].

Сіміоне Бьо, Едімір Андраде Перейра, Мартіно Кассандро зазначають, що одним з найважливіших етапів у сироварінні є процес коагуляції, і знання параметрів, що беруть участь у процесі згортання, відіграє важливу технологічну роль у молочній промисловості.

Молоко різних видів жуйних тварин відрізняється за своєю здатністю до коагуляції, оскільки на неї впливає склад молока та головним чином генетичні

варіанти молочного білка. Здатність молока до коагуляції можна виміряти за допомогою механічних та/або оптичних приладів, таких як лактодинамічний аналіз та спектроскопія ближнього та середнього інфрачервоного діапазонів. [18].

Массімо Малакарне, Андреа Саммер, Енріко Фосса, Паоло Формаджоні, П'єро Франческі, Мауро Пекорарі, Прімо Маріан виклали результати порівняльного дослідження молока корів італійської бурої та італійської фризської порід за складом, коагуляційними властивостями і виходом сиру Parmigiano-Reggiano.

Встановлено, що молоко італійської бурої породи містить більше казеїну (27,1 проти 23,7 г/кг), має швидше ущільнення згустку (k20: 6,6 проти 10,0 хв), кращі реологічні властивості та менші втрати жиру з сироваткою. У результаті вихід сиру був вищим (+0,99 кг на 100 кг молока) [19, 1].

К.Д.Еверард із співавторами наводить результати дослідження впливу складу молока, перемішування та пресування на вологість і вихід сиру. Зі збільшенням часу перемішування і пресування вологість сиру зменшувалась, а вихід змінювався залежно від вмісту сухих речовин у молоці. Показано, що співвідношення білок:жир і загальні сухі речовини визначають вологість та вихід сиру. Зниження білок:жир (за рахунок зростання сухих речовин) зменшує вологість і підвищує вихід. Тому для стабільної якості сиру необхідна стандартизація молока та контроль процесів коагуляції, синерезису і пресування [20, 1].

Франческі П., зазначає, що вміст лимонної кислоти (181,10 проти 172,13 та 166,47 мг/100 г) і фосфору (95,02 проти 91,14 та 88,78 мг/100 г) у молоці з кращими RCP сприяє підвищенню титрованої кислотності та зниженню рН (6,68 проти 6,70 та 6,72).

Це зумовлено участю лимонної кислоти у буферній системі та зв'язуванні кальцію, а також роллю фосфору у формуванні колоїдного кальційфосфату, що стабілізує казеїнові міцели. Зниження рН підвищує чутливість міцел до хімозину, прискорює коагуляцію та сприяє утворенню щільнішого згустку.

У результаті покращується синерезис, зменшуються втрати білка і жиру, що позитивно впливає на вихід і якість сиру. вміст лимонної кислоти (181,10 проти 172,13 та 166,47 мг/100 г) і фосфору (95,02 проти 91,14 та 88,78 мг/100 г) у молоці з кращими RCP сприяє підвищенню титрованої кислотності та зниженню рН (6,68 проти 6,70 та 6,72) [21, 1].

Метою дослідження було оцінити вплив біопрепарату «СПХ-С» на покращення сиропридатності молока. Біопрепарат отримували у вигляді фільтратів сирно - сироваткових і сирно-водних суспензій.

Виклад основного матеріалу досліджень. Для досягнення поставленої мети було визначено такі **завдання**:

1. Визначити оптимальні дози використання двох варіантів біопрепарату «Сироватковий парапродукт харчування» («СПХ-С»), виготовленого на

основі твердого сичужного сиру з використанням як рідких фаз, дистильованої води та сироватки, відповідно.

2. Порівняти ефективність впливу обох видів їх сироваткових та водних фільтратів, спрямованих на покращення якості молочних згустків.
3. Обґрунтувати доцільність використання кожного виду із них у сироварінні.

Матеріали досліджень. У роботі використовували: пастеризоване коров'яче молоко; твердий сир (подрібнений); молочну сироватку; дистильовану воду; виробничу закваску молочнокислих мікроорганізмів; молокозсідальний ферментний препарат «Фромаза», що має на увазі таке поняття, - сичужний порошок; стандартні поживні середовища та лабораторний посуд.

Підготовка фільтратів. Для отримання дослідних фільтратів готували сирно-сироваткову та сирно - водну суспензії. Дві наважки подрібненого твердого сиру масою по 10 г вносили у стерильні флакони об'ємом 500 см³. До першої додавали 100 см³ молочної сироватки, до другої - 100 см³ дистильованої води. Суміші ретельно перемішували шляхом струшування та автоклавували при температурі 120 °С протягом 10 хв. Після охолодження суспензії фільтрували крізь фільтрувальний папір.

Отримані фільтрати використовували у подальших дослідженнях. Отримані фільтрати це інакше сирні види біопрепаратів під назвою: «Сироваткові парaproдукти харчування», скорочено сирний вид біопрепарату «СПХ-С».

Біопрепарат СПХ-С - це рідка частина термообробленої суспензії молочної сироватки із - під сиру або води та подрібненого твердого сиру. Його приготування не потребує особливих умов і може реалізовуватися безпосередньо у лабораторних умовах підприємства [2].

Постановка досліду. Пастеризоване молоко розливали у стерильні флакони (250–500 см³) по 90 см³ та вносили по 10 см³ закваски. До кожного зразка додавали відповідний фільтрат у концентрації від 0,1% до 3,0% (об'єм/об'єм), після чого суміші ретельно перемішували.

Визначення процесів зсідання. Для оцінки впливу фільтратів на коагуляційні властивості молока з кожного зразка відбирали проби та проводили: **сичужно - бродильну пробу; пробу на бродіння.**

Дослідження виконували відповідно до вимог. Оцінювали час утворення згустку та його структурні характеристики.

Визначення розвитку мікрофлори. Іншу частину зразків інкубували протягом 20 год при температурі (36±1) °С. Після цього визначали рівень накопичення молочнокислих мікроорганізмів методом серійних розведень у знежиреному молоці згідно з ДСТУ ISO 15214 [3]. Оцінку росту проводили через 72 год інкубації за наявністю згустку.

Контрольні варіанти. Передбачали два контрольні варіанти: молоко без додавання фільтратів; стерильне молоко (для контролю мікробіологічної чистоти).

Обробка результатів. Результати оцінювали за наявністю зсідання, характером згустку (гладкість, губчастість, наявність газоутворення, пластівців, каламутності) та інтенсивністю росту молочнокислої мікрофлори. Досліди проводили у 3-х відповідних повторностях, а отримані дані аналізували з урахуванням дозозалежного впливу фільтратів.

Схема досліду. Готували сирно-сироваткову та сирно-водну суспензії: дві наважки подрібненого твердого сиру по 10 г кожна поміщали у флакони ємністю 500 см³; до однієї наважки додавали 100 см³ молочної сироватки, до другої – 100 см³ дистильованої води. Вміст флаконів ретельно перемішували струшуванням, після чого автоклавували протягом 10 хв за температури 120 °С. Після автоклавування суспензії фільтрували крізь фільтрувальний папір. Фільтрати використовували у подальшій роботі.

Пастеризоване молоко розливали по 90 см³ у стерильні флакони ємністю 250 – 500 см³ і вносили по 10 см³ закваски. Після цього додавали фільтрати сирно-сироваткової чи сирно-водної суспензії у кількості від 0,1 % до 3,0 % (об'єм/об'єм) і вміст флаконів ретельно перемішували.

З кожного флакону відібрали по дві проби для визначення швидкості зсідання молока за бродильною та сичужно - бродильній пробі згідно з викладеними методиками з визначення сиропридатності молока, викладеного в Національному стандарті України [3, с 23-24]. Решту інкубували протягом 20 год за температури (36±1) °С.

У сквашеному молоці дослідили рівень накопичення молочнокислих мікроорганізмів згідно ДСТУ ISO 15214:2007 [4].

Формування згустків нестабільної якості під дією заквашувальної мікрофлори у поєднанні з молокозсідальними ферментними препаратами негативно впливає на якість готових сичужних сирів і часто не відповідає вимогам, встановленим ДСТУ 6003:2008 [5].

Обговорення результатів. 1. Вплив генетичних і породних факторів на сиропридатність молока. Порода, генотип казеїнів і білковий склад є ключовими факторами коагуляції та виходу сиру. До цієї групи входять роботи, що доводять визначальну роль генотипу та породи: Ragnhild Aa. Inglingstad et al. Comprehensive study on milk composition and coagulation properties [6]

- Caballero-Villalobos et al. Exploring Breed-Specific Milk Coagulation [11]
- Navid Ghavi Hossein-Zadeh Milk coagulation properties are moderately heritable [15]
- V. Bonfatti et al. Effects of β -k-casein haplotypes [17]
- Massimo Malacarne et al. Composition and cheese yield Italian breeds [19, 21]

2. Вплив фізико-хімічного складу молока на коагуляцію. Вміст білка, жиру, казеїну, мінералів і рН визначає здатність молока до зсідання та якість згустку. Дослідження, що аналізують склад молока як фактор сиропридатності:

- G. Larionov et al. Determination of cheese suitability of milk [7]
- Irina Buyanova, Sergey Konovalov Jersey milk cheese-making suitability [10]

3. Вплив технологічних факторів і обробки молока. Температурна обробка, перемішування, пресування і співвідношення компонентів суттєво впливають на вихід і якість сиру. Роботи, що досліджують режими обробки:

- Vlasenko et al. Heat treatment of milk and cheese quality [9]
- Everard et al. Effects of milk composition and processing [20]

4. Біологічні та фізіологічні фактори (стрес, стан тварин). Фізіологічний стан тварин (стрес) впливає на склад молока та формування згустку.

- Черненко О.М. Сиропридатність молока залежить від стресостійкості корів [8]

5. Альтернативні коагулянти та біотехнології. Рослинні ферменти є перспективною альтернативою, але потребують оптимізації через ризик гіркоти. Роботи, що досліджують вплив рослинних ферментів на коагуляцію білка:

- Aliah Zannierah Mohsin et al. Plant-based coagulants in cheese production [16]

6. Переробка побічних продуктів сироваріння (сироватка). Сироватка є цінною вторинною сировиною для отримання білків і функціональних інгредієнтів. Роботи, що досліджують переробку побічних продуктів сироваріння:

- Luluyam Mansura Juthi et al. Whey protein powder from cheese by-product [13]
- Bouchra Soumati et al. Valorization of acid whey using membrane technologies [14]

7. Сучасні цифрові технології та машинне навчання. Методи машинного навчання дозволяють: моделювати нелінійні процеси, оптимізувати ферментацію, контролювати якість і автентичність продукції

- Daniel Pardo et al. Machine Learning in Cheese-Making [12]

8. Нормативна база. Визначає вимоги до якості сирів і є базою для оцінки технологічних процесів.

- ДСТУ 6003:2008 Сири тверді. Загальні технічні умови [5]

Аналіз літератури показує, що сиропридатність молока формується під впливом комплексу факторів: генетичних; фізико-хімічних; технологічних та біологічних.

Сучасні дослідження доповнюються застосуванням штучного інтелекту, що відкриває нові можливості для оптимізації процесів сироваріння.

Аналіз літературних джерел свідчить, що сиропридатність молочної сировини як важлива технологічна властивість формується під впливом комплексу факторів, які можуть негативно позначатися на процесі утворення згустку та його придатності до подальшого механічного оброблення під час виробництва сичужних сирів. Це, своєю чергою, зумовлює підвищені втрати

сухих речовин із сироваткою та отримання продукції, що не відповідає нормативним вимогам за фізико-хімічними показниками.

У зв'язку з цим актуальним є застосування біотехнологічних підходів у сироварінні, зокрема використання сирного біопрепарату «СПХ-С», введення якого в технологічний процес спрямоване на стабілізацію якості готової продукції.

З урахуванням проведеного аналізу літературних джерел було виконано власні експериментальні дослідження, результати яких наведено в таблицях 1–3.

Табл. 1

Результати сичужно - бродильної проби

Кількість фільтрату, об'ємні %	Наявність зсідання і характеристика згустку: час після внесення сичужного порошку, години							
	1	2	3	16 ¹	1	2	3	16 ¹
	Сирно-сироватковий фільтрат				Сирно-водний фільтрат			
0,1	–	–	+	ГГ, Б	–	–	+	ГГ, Б
0,2	–	–	+	ГГ, Б	–	–	+	ГГ, Б + П
0,3	–	–	+	ГГ, Б	–	–	+	ГГ, Б + П
0,4	–	–	+	ГГ, Б	–	–	+	ГГ, Б + П
0,5	–	–	+	ГГ, Б	–	–	+	ГГ, Б + П
0,6	–	–	+	ГГ, Б	–	–	+	ГГ, Б + П
0,7	–	–	+	ГГ, Б	–	–	+	ГГ/Р, Б
0,8	–	–	+	ГГ, Б	–	–	+	ГГ, Б + П
0,9	–	–	+	ГГ, ББ	–	–	+	ГГ, Б + К
1,0	–	–	+	Г, Б	–	–	+	ГГ, Б + П
1,5	–	–	+	Г, Б	–	–	+	ГГ, Б + П
2,0	–	–	+	Г, Б	–	–	+	ГГ, Б + П
2,5	–	–	+	ГГ/Р, Б	–	–	+	ГГ, Б + П
3,0	–	–	+	ГГ/Р, Б	–	–	+	ГГ, Б + П
Контроль	–	–	+	ГГ/Р, Б	–	–	+	ГГ, Б + П

(молоко без фільтратів)							
Примітка. ¹ – Згустки спливли.							

Умовні позначення: Г, ГГ, ГГГ – ступінь губчастості згустку; ББ – наявність бульбашок газу; Р – згусток розірваний, наявні невеличкі шматочки згустку у сироватці; П – наявність пластівців у сироватці; К – сироватка каламутна.

У сирно-сироватковій системі згустки характеризувалися переважно вираженою губчастістю (ГГ) та наявністю бульбашок газу, що свідчить про активні процеси бродіння.

При підвищенні концентрації фільтрату (від 0,9% і вище) відмічалася збільшення газоутворення (ББ) та поява розірваної структури згустку (Р), що може вказувати на зниження його стабільності.

У сирно - водній системі спостерігалася більш нестабільна структура згустку, яка супроводжувалася наявністю пластівців (П) та каламутністю сироватки (К). Це свідчить про менш щільну коагуляційну сітку та підвищену схильність до розпаду згустку порівняно із сирно-сироватковим варіантом.

Контрольні зразки без фільтратів також демонстрували формування згустку з ознаками губчастості та газоутворення, однак у сирно-водній системі додатково відмічалася каламутність сироватки, що може свідчити про наявність дрібнодисперсних часток у рідині. Таким чином, встановлено, що збільшення концентрації фільтратів сприяє посиленню процесів газоутворення та порушенню структурної цілісності згустку, особливо в сирно - водній системі.

Це проявляється у переході від щільного губчастого згустку до розірваної та нестабільної структури з появою пластівців і каламутності сироватки.

Результати проби на бродіння наведено в таблиці 2.

Табл. 2

Результати проби на бродіння

Кількість фільтрату, об'ємні %	Наявність зсідання і характеристика згустку: час після внесення закваски, години			
	12	16	12	16
	Сирно-сироватковий фільтрат		Сирно-водний фільтрат	
0,1	+	Гл	+	Гл/Г, Б
0,2	+	Г	+	Г, ББ
0,3	+	Г, Б	+	Г
0,4	+	Гл	+	Г, Б
0,5	+	Гл, БББ	+	Г, ББ

0,6	+	↑ ГГГ	+	Г, ББ
0,7	+	Г	+	Г, ББ
0,8	+	Г, ББ	+	ГГ, Б
0,9	+	Гл/Г	+	ГГ, ББ
1,0	+	Гл/Г	+	ГГ, ББ
1,5	+	Г, ББ	+	ГГ, ББ
2,0	+	ГГГ, БББ	+	Гл/Г
2,5	+	Г, ББ	+	Гл/Г, БББ
3,0	+	Гл/Г	+	Гл/Г, Б
Контроль (молоко без фільтратів)	+	Гл/Г	+	Гл/Г
Примітка. Висота шару сироватки над поверхнею згустку в усіх випадках становила близько 2 мм.				

Умовні позначення: Гл – гладкий згусток; Г, ГГ, ГГГ – ступінь губчастості згустку;

Б, ББ, БББ – наявність бульбашок газу.

Отримані результати свідчать, що внесення різних концентрацій фільтратів істотно впливало на характер зсідання та структурно-морфологічні особливості згустку в обох типах систем (сирно-сироватковій і сирно-водній).

У зразках із низькими концентраціями фільтрату (0,1–0,4%) спостерігалось переважно формування гладкого або слабкогубчастого згустку з незначною або помірною кількістю газових включень. Це вказує на відносно стабільний перебіг процесів бродіння без інтенсивного газоутворення.

Підвищення концентрації до 0,5–1,5% супроводжувалося посиленням губчастості згустку та збільшенням кількості бульбашок газу, що свідчить про активізацію мікробіологічних процесів і посилення ферментативної активності. У цей діапазоні відмічено найбільш варіабельну структуру згустку.

Найбільш виражені зміни зафіксовано при концентраціях 2,0–3,0%, де спостерігалися інтенсивна губчастість (ГГГ) та значне газоутворення (БББ). Це може свідчити про надмірну активність бродильних процесів, що призводить до порушення структурної цілісності згустку.

У контрольних зразках (без фільтратів) відмічено стабільне утворення згустку з мінімальними коливаннями структури, що підтверджує відсутність додаткового стимулюючого впливу.

Таким чином, встановлено дозозалежний ефект фільтратів на процеси бродіння: зі збільшенням їх концентрації зростає інтенсивність газоутворення та змінюється структура згустку від гладкої до виражено губчастої форми, що може бути пов'язано з посиленням мікробіологічної активності. накопичення молочнокислої мікрофлори закваски у молоці з сирно-сироватковим і сирно-водним фільтратами.

Отримані дані (табл. 3) свідчать, що сирно - сироваткові та сирно - водні фільтрати по-різному впливають на розвиток молочнокислої мікрофлори закваски, що проявляється у зміні меж росту при різних розведеннях та концентраціях фільтрату.

У зразках із сирно - сироватковим фільтратом стабільне утворення згустку спостерігалось в усіх дослідних концентраціях (0,1–3,0%) у розведеннях до 10^{-8} включно, що свідчить про збереження високої життєздатності молочнокислих бактерій.

При вищих розведеннях (10^{-9} – 10^{-10}) ріст був обмеженим або відсутнім, що є типовим для зниження мікробного навантаження.

У сирно - водних фільтратах відмічено більш варіабельну картину росту. Починаючи з концентрацій 0,7 – 0,9%, спостерігалось поступове зниження здатності до утворення згустку у високих розведеннях (10^{-9} – 10^{-10}), а при 0,8–1,0% – часткова інгібіція росту.

Це може свідчити про наявність факторів, що пригнічують розвиток молочнокислої мікрофлори у водному фільтраті.

При концентраціях 1,5–3,0% у сирно - водній системі знову відновлювався ріст у більшості розведень, що може вказувати на адаптацію мікроорганізмів або зменшення інгібуючого ефекту при зміні співвідношення компонентів середовища.

Контрольні зразки з молоком без фільтратів демонстрували стабільний ріст у розведеннях до 10^{-9} , тоді як у стерильному молоці росту не спостерігалось, що підтверджує відсутність сторонньої мікрофлори.

Табл. 3

Накопичення молочнокислої мікрофлори закваски у молоці з сирно-сироватковим і сирно-водним фільтратами

Кількість фільтрату, об'ємні %	Наявність росту через 72 години (утворення згустку)							
	Ступінь розведення вихідного матеріалу							
	Сирно-сироватковий фільтрат				Сирно-водний фільтрат			
	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}

0,1	+	+	—	—	+	+	+	+
0,2	+	+	—	—	+	+	+	+
0,3	+	+	—	—	+	+	+	+
0,4	+	+	—	—	+	+	+	+
0,5	+	+	—	—	+	+	+	+
0,6	+	+	—	—	+	+	+	+
0,7	+	+	—	—	+	+	+	—
0,8	+	+	—	—	+	+	—	—
0,9	+	+	—	—	+	+	—	—
1,0	+	+	+	—	+	+	—	—
1,5	+	+	+	—	+	+	+	+
2,0	+	+	+	—	+	+	+	+
2,5	+	+	+	—	+	+	+	—
3,0	+	+	+	—	+	+	+	+
Контроль (молоко без фільтратів)	+	+	+	—	+	+	+	—
Контроль (стерильне молоко)	—	—	—	—	—	—	—	—

Умовні позначення: «+» – ріст наявний (утворився згусток); «—» – ріст відсутній (згусток не утворився).

Примітка. При вмісті аскорбінової або лимонної кислоти у кількості 0,06 %, 0,08 % та 0,1 % відмічено ущільнення згустку.

Таким чином, сирно - сироваткові фільтрати забезпечують більш стабільні умови для розвитку молочнокислої мікрофлори, тоді як сирно-водні фільтрати проявляють частковий інгібуючий ефект у середніх концентраціях.

Це свідчить про суттєвий вплив складу фільтратів на життєздатність та активність заквашувальної мікрофлори.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1.Проведені дослідження показали, що сирно-сироваткові та сирно-водні фільтрати істотно впливають на процеси зсідання, бродіння і розвиток молочнокислої мікрофлори, причому їх дія має дозозалежний характер. Із підвищенням концентрації (2,0–3,0%) посилюється газоутворення та

порушується структура згустку, що свідчить про активацію мікробіологічних і ферментативних процесів.

2. Сичужно-бродильна проба показала, що зсідання в усіх зразках починається через 3 години, однак якість згустку залежить від типу фільтрату: у сирно-сироваткових системах формується відносно стабільний губчастий згусток, тоді як у сирно-водних - нестабільна, розірвана структура.

3. Встановлено, що сирно-сироваткові фільтрати забезпечують стабільний розвиток молочнокислої мікрофлори, тоді як сирно-водні можуть проявляти інгібуючий ефект у середніх концентраціях із частковим відновленням росту при вищих дозах. У контрольних зразках відзначено нормальне зсідання і розвиток мікрофлори, що підтверджує мікробіологічну природу процесів.

4. Сирно-сироваткові фільтрати мають більш стабілізуючий вплив, тоді як сирно-водні характеризуються більшою варіабельністю дії та можуть погіршувати структурні властивості згустку.

5. Підтверджена ефективність впливу обох варіантів сирного виду біопрепарату «СПХ-С», спрямованих на покращення технологічних властивостей молока та виготовлених на його основі якості сичужних сирів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 3662:2018. Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови. – Київ: Держстандарт України, 2019. – 15 с.
2. Рижкова Т. М. Розробка наукових основ ефективного використання козиного молока в біотехнологіях ферментованих білкових продуктів: дис. ... д-ра техн. наук: 03.00.20 – біотехнологія. – Київ, 2018. – 453 с.
3. ДСТУ 7357:2013. Молоко та молочні продукти. Методи мікробіологічного контролювання. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. – 26 с.
4. ДСТУ ISO 15214:2007. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Метод підрахунку мезофільних молочнокислих мікроорганізмів. – Київ: Держспоживстандарт України, 2008.
5. ДСТУ 6003:2008. Сири тверді. Загальні технічні умови. – Київ: Держстандарт України, 2009. – 18 с.
6. Inglingstad R. A., Devold T. G., Damiano N. et al. Comprehensive study on milk composition and coagulation properties from six endangered native Norwegian cattle breeds // International Dairy Journal. – 2024. – Vol. 153. – Article 105896.
7. Larionov G., Semenov V., Mardaryeva N., Schiptsova N. Determination of cheese suitability of milk and development of production technology of soft cheese “Academicheskii” // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 604, No. 1. – 012032. DOI: 10.1088/1755-1315/604/1/012032.
8. Черненко О. М., Черненко О. І., Милостивий Р. В., Бордунова О. Г. Сиропридатність молока залежить від стресостійкості корів // Тваринництво сьогодні. – 2022. – № 1. – С. 66–69.
9. Власенко І. Г., Семко Т. В., Мамонов П. Д. Дослідження впливу теплової обробки молока на якість та безпечність твердих сирів // Technology Audit and Production Reserves. – 2019. – Т. 6, № 3 (50). – С. 35–39.
10. Buyanova I., Konovalov S. Methodological aspects of cheese-making suitability of Jersey cow milk // Bulletin of KSAU. – 2025. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-12-319-327.

11. Caballero-Villalobos J., Garzón A., Angón E. et al. Exploring breed-specific milk coagulation in Spanish dairy sheep: a canonical correlation approach // *Animals*. – 2024. – Vol. 14, No. 6. – Article 900.
12. Pardo D., Castillo M., Mulayim M. O., Cerquides J. Machine learning in cheese-making: methods, applications, and the future // *Food Engineering Reviews*. – 2025. – Vol. 17, No. 3. – P. 505–531.
13. Juthi L. M., Kabir T., Podder N. et al. Separation and characterization of whey protein powder from cheese by-product // *Applied Food Research*. – 2025. – Vol. 5, No. 2. – Article 10139.
14. Soumati B., Lazraq A., Benabderrahmane A., Atmani M. Valorization of whey using membrane technologies // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. – 2025. – Vol. 26, No. 5. – P. 276–286. DOI: 10.12912/27197050/203125.
15. Hossein-Zadeh N. G. Milk coagulation properties are moderately heritable in dairy cows: a meta-analysis using the random-effects model // *Journal of Dairy Research*. – 2023.
16. Mohsin A. Z., Norsah E., Marzlan A. A. et al. Exploring the applications of plant-based coagulants in cheese production // *International Dairy Journal*. – 2024. – Vol. 148. – Article 10579.
17. Bonfatti V., Di Martino G., Cecchinato A. et al. Effects of β - κ -casein haplotypes and β -lactoglobulin genotypes on coagulation properties of milk // *Journal of Dairy Science*. – 2010. – Vol. 93, No. 8. – P. 3809–3817.
18. Beux S., Pereira E. A., Cassandro M. Milk coagulation properties and methods of detection // *Ciência Rural*. – 2017. – Vol. 47, No. 10. DOI: 10.1590/0103-8478cr20161042.
19. Malacarne M., Summer A., Fossa E. et al. Composition, coagulation properties and Parmigiano-Reggiano cheese yield of Italian Brown and Italian Friesian herd milks // *Journal of Dairy Research*. – 2006. – Vol. 73, No. 2. – P. 171–177.
20. Everard C. D., O’Callaghan D. J., Mateo M. J. et al. Effects of milk composition, stir-out time, and pressing duration on curd moisture and yield // *Journal of Dairy Science*. – 2011. – Vol. 94, No. 6. – P. 2673–2679.
21. Franceschi P., Barbanti D., Formaggioni P. et al. Relationship between rennet coagulation properties of milk, cheese-making losses, and cheese yield // *Foods*. – 2026. – Vol. 15, No. 3. – P. 428.

UDC: 637.3.602.6.578/579

EVALUATION OF THE IMPACT OF THE BIO-PREPARATION “SPH-S” ON IMPROVING THE SUITABILITY OF MILK FOR CHEESE MAKING

Taisiya Ryzhkova

Doctor of Technical Sciences,
Professor, Department of Processing Technology
and Quality of Livestock Products, Kharkiv
State Biotechnological University, Ukraine
ORCID 0000-0003-3358-7496
e-mail: rulkova.ua@gmail.com

Abstract



According to the requirements of DSTU 3662:2018, dairy raw materials must meet the requirements of at least the first grade, however, when assessing it, such a technological property as curdability is not sufficiently taken into account. The formation of not soft elastic, but clots under the action of starter cultures and milk-coagulating enzymes leads to unstable quality of rennet cheeses in relation to the requirements set out in DSTU 6003:2008.

The aim of the study was to assess the effect of the biopreparation "SPH-S" on improving the curdability of milk. The biopreparation was obtained in the form of filtrates of cheese-whey and cheese-water suspensions.

It was established that the effect of the filtrates is dose-dependent. At low concentrations (0.1–0.4%), a high-quality, relatively hard elastic clot was formed; at 0.5 - 1.5%, activation of microbiological processes and variability of the structure were observed; at 2.0 - 3.0%, - increased gas formation and deterioration of the structure were observed. Cheese - whey filtrates provided a more stable clot and more active development of fermenting microflora, compared to cheese - water.

The effectiveness of the biological preparation "SPH-S" in improving the technological properties of milk and the quality of rennet cheeses was confirmed.

Keywords: milk curdability, biological preparation "SPH-S", clot structure, cheese quality

References

1. DSTU 3662:2018. (2019). *Raw cow milk. Specifications*. Kyiv: State Standard of Ukraine.
2. Ryzhkova, T. M. (2018). *Development of scientific foundations for efficient use of goat milk in biotechnologies of fermented protein products* (Doctoral dissertation). Kyiv, Ukraine.
3. DSTU 7357:2013. (2014). *Milk and dairy products. Methods of microbiological control*. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine.
4. DSTU ISO 15214:2007. (2008). *Microbiology of food and animal feeding stuffs. Method for enumeration of mesophilic lactic acid bacteria*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine.
5. DSTU 6003:2008. (2009). *Hard cheeses. General specifications*. Kyiv: State Standard of Ukraine.
6. Inglingstad, R. A., Devold, T. G., Damiano, N., Holene, A. C., Svartedal, N. S., Comi, I., Eliassen, T. I., Asledottir, T., Ulleberg, E. K., & Vegarud, G. E. (2024). Comprehensive study on milk composition and coagulation properties from six endangered native Norwegian cattle breeds. *International Dairy Journal*, 153, 105896.
7. Larionov, G., Semenov, V., Mardaryeva, N., & Schiptsova, N. (2020). Determination of cheese suitability of milk and development of production technology of soft cheese "Academicheskii". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 604(1), 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/604/1/012032>
8. Chernenko, O. M., Chernenko, O. I., Mylostyvyi, R. V., & Bordunova, O. H. (2022). Cheese suitability of milk depending on cow stress resistance. *Tvarynnytstvo Sohodni*, (1), 66–69.
9. Vlasenko, I. H., Semko, T. V., & Mamonov, P. D. (2019). Influence of heat treatment of milk on quality and safety of hard cheeses. *Technology Audit and Production Reserves*, 6(3), 35–39.
10. Buyanova, I., & Konovalov, S. (2025). Methodological aspects of cheese-making suitability of Jersey cow milk. *Bulletin of KSAU*. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2025-12-319-327>
11. Caballero-Villalobos, J., Garzón, A., Angón, E., Arias, R., Cecchinato, A., Amalfitano, N., & Perea, J. M. (2024). Exploring breed-specific milk coagulation in Spanish dairy sheep: A canonical correlation approach. *Animals*, 14(6), 900.
12. Pardo, D., Castillo, M., Mulayim, M. O., & Cerquides, J. (2025). Machine learning in cheese-making: Methods, applications, and the future. *Food Engineering Reviews*, 17(3), 505–531.

13. Juthi, L. M., Kabir, T., Podder, N., Rahman, M. H., Bhuiyan, N. Y., & Aziz, M. G. (2025). Separation and characterization of whey protein powder from cheese by-product. *Applied Food Research*, 5(2), 10139.
14. Soumati, B., Lazraq, A., Benabderrahmane, A., & Atmani, M. (2025). Valorization of whey using membrane technologies. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 26(5), 276–286. <https://doi.org/10.12912/27197050/203125>
15. Hossein-Zadeh, N. G. (2023). Milk coagulation properties are moderately heritable in dairy cows: A meta-analysis using the random-effects model. *Journal of Dairy Research*.
16. Mohsin, A. Z., Norsah, E., Marzlan, A. A., Abd Rahim, M. H., & Hussin, A. S. M. (2024). Exploring the applications of plant-based coagulants in cheese production. *International Dairy Journal*, 148, 10579.
17. Bonfatti, V., Di Martino, G., Cecchinato, A., Degano, L., & Carnier, P. (2010). Effects of β - κ -casein haplotypes and β -lactoglobulin genotypes on coagulation properties of milk. *Journal of Dairy Science*, 93(8), 3809–3817.
18. Beux, S., Pereira, E. A., & Cassandro, M. (2017). Milk coagulation properties and methods of detection. *Ciência Rural*, 47(10). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20161042>
19. Malacarne, M., Summer, A., Fossa, E., Formaggioni, P., Franceschi, P., Pecorari, M., & Mariani, P. (2006). Composition, coagulation properties and Parmigiano-Reggiano cheese yield of Italian Brown and Italian Friesian herd milks. *Journal of Dairy Research*, 73(2), 171–177. <https://doi.org/10.1017/S0022029905001688>
20. Everard, C. D., O'Callaghan, D. J., Mateo, M. J., Castillo, M., Payne, F. A., & O'Donnell, C. P. (2011). Effects of milk composition, stir-out time, and pressing duration on curd moisture and yield. *Journal of Dairy Science*, 94(6), 2673–2679. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3575>
21. Franceschi, P., Barbanti, D., Formaggioni, P., et al. (2026). Relationship between rennet coagulation properties of milk, cheese-making losses, and cheese yield in Parmigiano Reggiano production. *Foods*, 15(3), 428.

Стаття надійшла до редакції 16.04.2026

Стаття пройшла рецензування 30.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Анастасія Гарбар,

асистент кафедри генетики, розведення та годівлі сільськогосподарських тварин

Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

ORCID ID: 0000-0002-9933-0047

email: asia.v.17@ukr.net

Володимир Гарбар,

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освіти

4 курсу ОП «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»,

Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

ORCID ID: 0009-0004-9705-7958

email: laha29@ukr.net

Світлана Гарбар,

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освіти

4 курсу ОП «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»,

Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

ORCID ID: 0009-0000-9816-2179

email: garbarsvetlana21@gmail.com

**ЕФЕКТИВНІСТЬ РАННЬОГО ВИПОЮВАННЯ ТА АМІНОКИСЛОТНОГО
ЖИВЛЕННЯ У ВИРОЩУВАННІ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ**

Анотація

Проведено дослідження з оцінки впливу застосування раціонів з підвищеною концентрацією треоніну і метіоніну у поєднанні з випоюванням у перші дні життя на збереженість поголів'я курчат-бройлерів.

Відповідно до схеми досліджень було сформовано чотири групи по 30 голів у кожній.

Контрольна група споживала основний раціон (ОР) – повнораціонний розсипний комбікорм без застосування випоювання.

Птахам 2 – дослідної групи було підвищено концентрацію треоніну і метіоніну на 0,1 %, курчата-бройлери 3 - дослідної групи в період з 1-4 день отримували розчин енроксилу + глюкозу, 5-11 – Трі-Сол, 12-14 день трисульфону, 4 – дослідної раціон з підвищеною концентрацією треоніну і метіоніну в поєднанні з випоюванням.

Основою для комбікорму для всіх груп слугували: макуха соєва – 30 %, пшениця – 30 %, кукурудза – 30 %, ячмінь – 3 %, соняшникова олія – 2 %, інші кормові матеріали та добавки – 5 %. Забезпечення потреби птиці в мікроелементах, вітамінах та інших біологічно активних

речовинах здійснювали шляхом введення до раціону 0,5 % преміксу, призначеного для для бройлерної птиці.

Відповідно до результатів досліджень, найвищі показники збереженості та живої маси спостерігались у птахів 4 - дослідної групи, у комбікормах якої рівень треоніну і метіоніну було збільшено на 0,1 %, а також застосовували раннє випоювання.

Ключові слова: збереженість, метіонін, треонін, корми, комбікорми, випоювання, курчата-бройлери.

Вступ. Птахівництво є однією з найбільш інтенсивних галузей тваринництва, ефективність якої значною мірою залежить від збереженості молодняку у перші тижні життя. Саме ранній постнатальний період є критичним етапом розвитку організму курчат, оскільки в цей час формується імунна система, стабілізується робота травного тракту та відбувається адаптація птиці до умов зовнішнього середовища.

У перші дні після виведення організм курчат особливо чутливий до дії патогенних мікроорганізмів, температурних стресів та порушень годівлі. Недостатньо сформований імунітет часто стає причиною виникнення шлунково-кишкових та респіраторних захворювань, що призводить до підвищення падежу та зниження продуктивності птиці.

Для підвищення життєздатності молодняку у сучасному птахівництві широко застосовують систему випоювання курчат біологічно активними та антибактеріальними препаратами.

Застосування випоювання у стартовий період вирощування позитивно впливає на загальний фізіологічний стан птиці, сприяє кращій адаптації до умов утримання та підвищує збереженість поголів'я. Водночас ефективність різних схем випоювання потребує подальшого вивчення з метою оптимізації технології вирощування курчат.

У зв'язку з цим дослідження впливу використання випоювання в перші тижні життя на збереженість поголів'я курчат є актуальним і має важливе практичне значення для сучасного птахівництва.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У сучасних наукових дослідженнях значна увага приділяється проблемі збереженості молодняку птиці у стартовий період вирощування. Науковці зазначають, що саме перші 7–14 діб життя є критичними для формування природної резистентності організму курчат-бройлерів та їх подальшої продуктивності.

За результатами досліджень встановлено, що застосування розчинів глюкози у перші дні життя сприяє покращенню енергетичного обміну та прискорює адаптацію молодняку після транспортування і посадки. Забезпечення організму легкодоступним джерелом енергії позитивно впливає на фізіологічний стан птиці та знижує прояви стресу.

У роботі, присвяченій профілактиці гастро-ентерального синдрому курчат-бройлерів, встановлено позитивний вплив антибактеріальних препаратів на загальний стан молодняку та рівень його збереженості. Автори відзначають, що використання етіотропних засобів сприяє зменшенню клінічних проявів захворювань і зниженню падежу птиці [1].

Дослідження зарубіжних учених свідчать, що використання енрофлосацину у системі раннього випоювання дозволяє знизити ризик розвитку бактеріальних інфекцій у курчат-бройлерів. Водночас автори наголошують на необхідності дотримання рекомендованих доз і термінів застосування препарату для запобігання формуванню антибіотикорезистентності.

Важливе значення у системі випоювання мають електролітні препарати, які забезпечують підтримання водно-сольового балансу організму птиці. Науковці відзначають, що застосування електролітів у періоди технологічного стресу сприяє покращенню функціонування травної системи, підвищенню стійкості організму та зменшенню негативного впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища.

У сучасних умовах вирощування птиці також поширеним є використання пробіотичних препаратів. За даними досліджень, пробіотики позитивно впливають на мікрофлору кишечника, покращують перетравність корму та сприяють підвищенню продуктивності й збереженості бройлерів [2].

Крім того велике значення приділяють амінокислотному живленню птахів, оскільки саме амінокислоти є основними структурними елементами білка та безпосередньо впливають на ріст, розвиток, продуктивність та фізіологічний стан організму. В умовах інтенсивного вирощування курчат-бройлерів потреба в збалансованому амінокислотному живленні значно зростає, адже сучасні кроси відзначаються високою швидкістю росту, інтенсивним обміном речовин та значними вимогами до поживності раціонів.

Забезпечення птиці необхідними амінокислотами багато в чому залежить від рівня їх засвоюваності, тобто від того, яка частина цих сполук може бути перетворена й використана організмом тварини. Продуктивність птахів значною мірою визначається не лише загальним вмістом білка в раціоні, але й його амінокислотним складом. Особливе значення мають концентрація окремих амінокислот та їх оптимальне співвідношення [3, 4].

Як зазначають зарубіжні учені вартість кормів, особливо сирого протеїну, залишається основним економічним обмеженням. L-треонін, третя лімітуюча амінокислота в раціонах бройлерів, відіграє життєво важливу роль у синтезі білка, цілісності кишечника та імунитеті [5].

Метіонін зазвичай додають до раціонів бройлерів для задоволення потреб у сірковмісних амінокислотах, необхідних для оптимального росту [6].

Добавки метіоніну можуть бути особливо корисними, коли бройлери піддаються тепловому стресу, оскільки вони збільшують доступність метаболітів метіоніну, які сприяють антиоксидантній захисній системі організму [7].

Таким чином, використання раціонів з підвищеною концентрацією треоніну і метіоніну у поєднанні з раннім випоюванням є важливим технологічним елементом вирощування курчат-бройлерів, адже сприяє підвищенню життєздатності молодняку, покращенню фізіологічного стану птиці та зниженню падежу.

Мета: дослідити вплив використання випоювання в перші дні життя, а також підвищеної концентрації метіоніну і треоніну у складі кормів раціону на показники збереженості курчат-бройлерів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження, спрямовані на оцінку впливу застосування випоювання та підвищеної концентрації метіоніну і треоніну у складі кормів раціону в перші дні життя молодняку курчат-бройлерів на збереженість. Об'єктом науково-господарського експерименту були курчата-бройлери кросу «КОББ-500» віком від 1-4 тижнів. Під час формування груп враховували вік та масу піддослідних птахів. Схема досліджень наведена у таблиці 1.

Таблиця 1

Схема науково-господарського досліджу

Група птахів	Поголів'я, голів	Тривалість періоду, днів	Умови годівлі
1 - контрольна	30	28	Основний раціон – ОР
2 - дослідна	30	28	Основний раціон – ОР + 0,1 % Треонін+метіонін
3 - дослідна	30	28	Основний раціон – ОР Випоювання (Глюкоза 10 % + енроксил 10 % 1 мл на 1 л розчину впродовж 4 днів, Трі-Сол 1 г на 1 л питної води впродовж 7 днів, Трисульффон 8 г на 1 л питної води впродовж 3 днів)
4 - дослідна	30	28	Основний раціон – ОР + 0,1 % Треонін+метіонін Випоювання (Глюкоза 10 % + енроксил 10 % 1 мл на 1 л розчину впродовж 4 днів, Трі-Сол 1 г на 1 л питної води впродовж 7 днів, Трисульффон 8 г на 1 л питної води впродовж 3 днів)

Дані таблиці – результати досліджень авторів

Згідно із методологією експерименту у добовому віці було відібрано 120 голів молодняку курчат-бройлерів. З даної вибірки птахів сформували чотири експериментальні групи по 30 голів у кожній.

Птахи контрольної групи споживали основний раціон – повнораціонний розсипний комбікорм без використання випоювання.

Птахи 2 - дослідної групи споживали – ОР з підвищеною концентрацією + 0,1 % треоніну та метіоніну, 3 – дослідної ОР з використання випоювання, 4 -

дослідної ОР з підвищеною концентрацією + 0,1 % треоніну та метіоніну та з використанням випоювання.

Склад повнораціонного розсипного комбікорму, що використовувався в науково-господарському досліді, наведено в табл. 2.

Основу комбікормів для піддослідних груп перепілок складали: соєва макуха (30 %), пшениця (30 %), кукурудза (30 %), ячмінь (3 %), соняшникова олія (2,0 %), а також інші кормові матеріали та добавки (5 %). Забезпечення потреби птиці в мікроелементах, вітамінах та інших біологічно активних речовинах здійснювали шляхом введення до раціону 0,5 % преміксу, призначеного для бройлерної птиці.

Таблиця 2

Склад комбікорму для курчат – бройлерів віком 1-4 тижнів, %

Показники	Група птахів			
	1 - контрольна	2 - дослідна	3 - дослідна	4- дослідна
Соєва макуха	30	30	30	30
Пшениця	30	30	30	30
Кукурудза	30	30	30	30
Ячмінь	3	3	3	3
Соняшникова олія	2,0	2,0	2,0	2,0
Кормові матеріали, кормові добавки, премікс	5,0	5,0	5,0	5,0
Лізин	+	+	+	+
Метіонін	+	+	+	+
Треонін	+	+	+	+
Бікарбонат натрію	+	+	+	+
Хлорид натрію	+	+	+	+
Монокальційфосфат	+	+	+	+
Сорбент	+	+	+	+
Препіотик	+	+	+	+
Премікс	+	+	+	+

Піддослідне поголів'я до 15-ти добового віку утримували у брудерах, потім у п'яти ярусних кліткових батареях. Мікрокліматичні параметри в приміщенні відповідали актуальним санітарно-гігієнічним стандартам.

Протягом проведення експерименту щоденно здійснювали облік збереженості поголів'я птиці. Живу масу птахів встановлювали шляхом індивідуального зважування у віці 1, 14 та 28 діб за використання електронних терезів з точністю до 1 г.

Результати досліджень. Зміна показників живої маси курчат-бройлерів при збільшеній концентрації треоніну та метіоніну, а також за використання випоювання наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Жива маса курчат-бройлерів у віковому періоді 1-4 тижнів, г

Вік, діб	Група птахів			
	1 - контрольна	2 - дослідна	3 - дослідна	4 - дослідна
1	42,1 ± 0,002	42,3 ± 0,001	42,2 ± 0,003	42,2 ± 0,002
14	418,0 ± 0,001	434,2 ± 0,001	427,1 ± 0,001	441,8 ± 0,002
28	1241,7 ± 0,002	1311,9 ± 0,003	1297,1 ± 0,001	1392,3 ± 0,001

Дані таблиці – результати досліджень авторів

Жива маса птахів у контрольній та дослідних групах на початку проведення досліду була майже однаковою та становила 42,1- 42,3 г. Таким чином, різниця між ними не перевищувала 2 %.

За результатами проведених досліджень нами встановлено, що за використання комбікормів з підвищеною концентрацією треоніну та метіоніну на 0,1 % жива маса птахів у 14 діб перевищувала показники контрольної групи на 3,9 %, а за підвищення даної концентрації амінокислот в поєднанні з використанням випоювання жива маса курчат-бройлерів становила 441,8 г, що на 5,7 % вище за контроль.

У віці 28 діб жива маса птахів 2 – дослідної групи перевершувала результати контрольної на 4,5 %, а 4 – дослідної, відповідно на 12,1 %.

За період проведення досліду птахи неоднаково змінювали живу масу, тому доцільно розглянути абсолютні прирости живої маси, дані наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Абсолютні прирости живої маси курчат-бройлерів у віковому періоді 1-4 тижнів, г

Вік, діб	Група птахів			
	1 - контрольна	2 - дослідна	3 - дослідна	4 - дослідна
1 - 14	375,9 ± 0,001	391,9 ± 0,002	384,9 ± 0,001	399,6 ± 0,000
14 - 28	823,7 ± 0,001	877,7 ± 0,000	870,0 ± 0,001	950,5 ± 0,000

Дані таблиці – результати досліджень авторів

За даними абсолютного приросту курчат-бройлерів у перший період досліду кращі показники зазначено в 4 – дослідній групі, вони випереджали показники контрольної на 6,3 % або 23,7 г. Гарні показники зафіксовано також в 2 – дослідній групі, вони випереджали контроль на 4,2 % або 16 г.

У другий період (14 – 28 діб) птахи 2-ї та 4-ї дослідних груп стабільно випереджали контрольну групу за показниками абсолютного приросту живої маси, а саме на 6,5 та 15,3 % або 54 та 126,8 г відповідно.

Для кращого розуміння впливу використання комбікормів з підвищеним вмістом треоніну та метіоніну на 0,1 %, а також застосування випоювання в перші два тижні життя курчат-бройлерів слід розглянути збереженість поголів'я (табл. 5).

Збереженість курчат-бройлерів у віці 1-4 тижнів, %

Вік, діб	Група птахів			
	1 - контрольна	2 - дослідна	3 - дослідна	4 - дослідна
1 - 14	80,0	86,7	90,0	93,3
14 - 28	76,7	83,3	86,7	93,3

Дані таблиці – результати досліджень авторів

Згідно одержаних результатів можемо стверджувати, що за використання в перші два тижні випоювання збереженість поголів'я значно зросла. Так, птахи 3-ї дослідної групи при застосуванні випоювання в перші два тижні на 10 % мали кращу збереженість в порівнянні з контрольною групою, а 4-ї дослідної в яких було застосовано не лише випоювання, а й підвищено концентрацію в раціоні треоніну та метіоніну на 0,1 % збереженість була 93,3 %, що на 13,3 % вище за контроль.

У другий період птахи дослідних груп мали вищі показники збереженості в порівнянні з контрольною, проте 4-а дослідна група була безперечним лідером, адже в цей період не було зафіксовано загибелі жодного птаха.

Таким чином, можемо стверджувати, що підвищення концентрації треоніну та метіоніну на 0,1 % при поєднанні із застосуванням раннього випоювання позитивно впливає на збереженість поголів'я.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведено оцінку впливу підвищеної концентрації треоніну і метіоніну в комбікормах, а також застосування раннього випоювання на збереженість та продуктивність курчат-бройлерів. Одержані результати свідчать про позитивний вплив на продуктивні та фізіологічні показники птиці, а також про високу ефективність комплексного підходу до годівлі молодняку в ранній (критичний) період адаптації після виведення.

Дослідженнями доведено, що застосування підвищеної концентрації треоніну та метіоніну в годівлі птахів в поєднанні з раннім випоюванням сприяє інтенсивнішому росту птахів. У птиці дослідних груп відзначалася краща динаміка приростів живої маси, а також збереженість поголів'я на всіх етапах досліджень.

Встановлено, що поєднання амінокислотного живлення з раннім випоюванням курчат-бройлерів сприяє кращій адаптації молодняку до умов вирощування, зменшує вплив стресових факторів та позитивно впливає на функціонування організму, що, у свою чергу, сприяє підвищенню збереженості поголів'я протягом зазначеного періоду вирощування.

Одержані дані підтверджують важливу роль треоніну та метіоніну у формуванні продуктивних якостей курчат-бройлерів.

Таким чином, застосування раціонів з підвищеною концентрацією треоніну та метіоніну в поєднанні з раннім випоюванням курчат-бройлерів є ефективним технологічним прийомом, який забезпечує підвищення живої маси,

збереженість поголів'я та загальну ефективність виробництва продукції птахівництва.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу підвищеної концентрації треоніну та метіоніну в поєднанні з раннім вигодовуванням на курчат-бройлерів у всіх вікових та продуктивних групах.

Список використаної літератури

1. Микола Шкваря, Наталія Суслова, Олександр Семьонов, Наталія Тішкіна, Елеонора Єсіна, Валентина Сапронова, Павло Скларов, Дмитро Білий. Порівняльна ефективність етіотропних препаратів за лікування та профілактики гастро-ентерального синдрому курчат-бройлерів в умовах приватного господарства. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2025. Випуск 117. С. 131-152.
2. Ю. М. Побережець, І. М. Купчук, В. М. Яропуд, С. А. Бурлака. Засвоюваність поживних речовин та продуктивність кур бройлера під дією пробіотику ентероактив. *Вісник Хмельницького національного університету. «Технічні науки»*. 2021. № 4. С. 182-186.
3. Різничук І., Гарбар А. Потреба перепелів у амінокислотах. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти* : збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції НПП та молодих науковців, м. Одеса, 08-09 грудня 2022 р. Одеса : ОДАУ, 2022. С. 256-259.
4. Різничук І. Ф., Гарбар А. В. Вплив концентрації лізину та співвідношення метіоніну і треоніну в складі кормів раціону на продуктивні якості перепелів у віці 1-4 тижнів. Сучасні виклики та шляхи покращення технології виробництва продукції тваринництва : матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців, м. Одеса, 06-07 червня 2024 р. Одеса : ОДАУ, 2024. С. 99-101.
5. Patel, Rutvi et al. (2025). Threonine and Its Effect on Broiler Performance. 5. 11089-11094. 10.5281/ScienceWorld.18037844.
6. Zeitz, J. O., et al. (2020). Effects of supplementation of DL-methionine on tissue and plasma antioxidant status during heat-induced oxidative stress in broilers. *Poultry science*, 99(12), 6837-6847.
7. Songuine, T., Feteke, L., Kpomasse, C. C., Yarkoa, T., Parobali, T., Karou, S. D., & Pitala, W. (2025). Effects of Methionine-Supplemented Low-Protein Diets on Production Efficiency, Heat Resilience, and Welfare of Broilers in Tropical Climates. *Veterinary Medicine and Science*, 11(5).

Anastasiia Harbar,

Assistant of the Department of Genetics, Breeding and Feeding of Farm animals
Odessa State Agrarian University, Odessa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-9933-0047

email: asia.v.17@ukr.net

Volodymyr Harbar,

Bachelor's student, 4th year,

Educational Program «Livestock production and processing technologies of animal products»,

Odessa State Agrarian University, Odessa, Ukraine

ORCID ID: 0009-0004-9705-7958

email: _laha29@ukr.net

Svitlana Harbar,

Bachelor's student, 4th year,

Educational Program «Livestock production and processing technologies of animal products»,

Odessa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0009-0000-9816-2179

email: garbarsvetlana21@gmail.com

THE IMPACT OF EARLY SPECIALIZED HYDRATION AND AMINO ACID SUPPLEMENTATION IN BROILER PRODUCTION

Abstract

A study was conducted to evaluate the effect of diets with increased concentrations of threonine and methionine, combined with fluid intake during the first days of life, on the survival rate of broiler chicks.

In accordance with the experimental design, four groups were formed, each consisting of 30 animals.

The control group was fed the standard diet (SD)—a complete loose-mix feed without supplementary watering.

For birds in experimental group 2, the concentration of threonine and methionine was increased by 0.1%; broiler chickens in experimental group 3 received an enroxil + glucose solution from days 1–4, Tri-Sol from days 5–11, and trisulfon from days 12–14; and on days 4, the experimental diet with increased concentrations of threonine and methionine in combination with water supplementation.

The base ingredients for the compound feed for all groups were: soybean meal – 30%, wheat – 30%, corn – 30%, barley – 3%, sunflower oil – 2%, and other feed materials and additives – 5%. The birds' requirements for trace elements, vitamins, and other biologically active substances were met by adding 0.5% of a premix intended for broiler chickens to the diet.

According to the research results, the highest survival and live weight rates were observed in birds of experimental group 4, whose feed had increased threonine and methionine levels by 0.1%, and which also received early water intake.

Keywords: *preservation, methionine, threonine, feed, compound feed, watering, broiler chickens.*

References

- 1.Shkvaria M., Suslova N., Semonov O., Tishkina N., Yesina E., Saprionova V., Skliarov P., Bilyi D. (2025) Porivnialna efektyvnist etiotronnykh preparativ za likuvannia ta profilaktyky hastro-enteralnogo syndromu kurchat-broileriv v umovakh pryvatnoho hospodarstva. Ahrarnyi visnyk Prychornomoria. Vyp. 117. P. 131–152.
- 2.Poberezhets Yu. M., Kupchuk I. M., Yaropud V. M., Burlaka S. A. (2021) Zasvoiuvannist pozhvyvnykh rehovyn ta produktyvnist kur broilera pid diieiu probiotyky Enteroaktyv. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. № 4. P. 182–186.
3. Riznychuk I., Harbar A. (2022) Potreba perepeliv u aminokyslotakh. Aktualni aspekty rozvytku nauky i osvity : zbirnyk materialiv II Mizhnarodnoi naukovo praktychnoi konferentsii NPP ta molodykh naukovtsiv, m. Odesa, 08-09 hrudnia 2022 . Odesa : ODAU, 2022. P. 256-259.
4. Riznychuk I. F., Harbar A. V. (2024) Vplyv kontsentratsii lizynu ta spivvidnoshennia metioninu i treoninu v skladi kormiv ratsionu na produktyvni yakosti perepeliv u vitsi 1-4 tyzhniv. Suchasni vyklyky ta shliakhy pokrashchennia tekhnolohii vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva : materialy III

Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet konferentsii naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv ta molodykh naukovtsiv, m. Odesa, 06-07 chervnia 2024 r. Odesa : ODAU, 2024. P. 99-101.

5.Patel R., et al. (2025) Threonine and Its Effect on Broiler Performance. Science World Journal. Vol. 5. P. 11089–11094. DOI: 10.5281/ScienceWorld.18037844.

6.Zeitz J. O., et al. (2020) Effects of supplementation of DL-methionine on tissue and plasma antioxidant status during heat-induced oxidative stress in broilers. Poultry Science. Vol. 99(12). P. 6837–6847.

7.Songuine T., Feteke L., Kpomasse C. C., Yarkoa T., Parobali T., Karou S. D., Pitala W. (2025) Effects of methionine-supplemented low-protein diets on production efficiency, heat resilience, and welfare of broilers in tropical climates. Veterinary Medicine and Science. Vol. 11(5).

Стаття надійшла до редакції 12.04.2026

Стаття пройшла рецензування 29.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Євген Ващенко,

здобувач освітнього ступеня доктор філософії

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ,
Україна

ORCID ID 0009-0004-3108-5876

email: ye.vaschenko@nubip.edu.ua

Анна Лихач,

доктор сільськогосподарських наук, професор

професор кафедри прикладної біології, розведення та генетики тварин

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ,
Україна

ORCID ID 0000-0002-0472-6162

email: avlykhach@nubip.edu.ua

СИНЕРГІЯ СЕЗОННИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ВІДТВОРЮВАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СВИНОМАТОК

Анотація

У статті наведено результати досліджень щодо встановлення особливостей взаємодії сезонних і технологічних факторів у формуванні відтворювальної ефективності свиноматок в умовах промислової технології виробництва свинини. Метою роботи було оцінити вплив тривалості лактації, сезону року та репродуктивного циклу свиноматок на основні відтворювальні ознаки приплоду. Дослідження проводили протягом 2024–2026 рр. в умовах СВК «Агрофірма «Миг-Сервіс-Агро» Миколаївської області на помісних свиноматках великої білої породи та ландрас. Для оцінки сили впливу досліджуваних факторів застосовували трифакторний дисперсійний аналіз із використанням програмного забезпечення STATISTICA v. 7.0.

Встановлено, що відтворювальні ознаки свиноматок формувалися під комплексним впливом сезонних, фізіологічних і технологічних факторів, однак ступінь чутливості окремих показників до їх дії був неоднаковим. Доведено, що тривалість лактації є домінуючим фактором формування вагових показників приплоду. Подовження підсисного періоду до 28 діб забезпечувало підвищення середньої маси одного поросяти та маси гнізда при відлученні незалежно від сезону року. Водночас встановлено сезонозалежний характер ефективності технології відлучення. Найбільш виражений позитивний ефект подовженої лактації простежувався у весняний та літній періоди.

З'ясовано, що збереженість поросят більшою мірою залежала від репродуктивного циклу свиноматок та взаємодії сезонних і технологічних факторів, ніж від безпосередньої тривалості лактації. Найбільш виражене зниження показника спостерігалось у літній період за 28-добової лактації, що свідчить про посилення теплового навантаження на організм

лактуючих свиноматок. Встановлено, що середньодобові прирости живої маси поросят визначалися переважно сезонними умовами та фізіологічним станом свиноматок. Отримані результати підтверджують необхідність індивідуалізації технології відлучення з урахуванням сезону року, теплового навантаження та репродуктивного циклу свиноматок для підвищення ефективності промислового свиначства.

Ключові слова: *свині, тривалість лактації, сезон року, репродуктивний цикл, , маса гнізда, збереженість поросят, середньодобовий приріст, промислове свиначство, тепловий стрес.*

Вступ. Інтенсифікація галузі свиначства супроводжується підвищенням репродуктивного навантаження на організм тварин, що посилює чутливість свиноматок до впливу технологічних та паратипових факторів [5]. У сучасних інтенсивних системах виробництва саме поєднання генетичних і паратипових факторів визначає рівень реалізації відтворювального потенціалу свиноматок, тоді як: сезон року, паритет та особливості технології утримання виступають ключовими модифікаторами продуктивної відповіді тварин [15].

Одним із найбільш дискусійних питань сучасного свиначства залишається оптимізація тривалості лактації [14, 24]. Раннє відлучення поросят дозволяє інтенсифікувати використання маточного поголів'я та збільшити кількість опоросів на одну свиноматку за рік, однак супроводжується підвищеним фізіологічним та поведінковим стресом для молодняку [22]. Водночас подовження підсисного періоду сприяє кращій реалізації ростового потенціалу поросят і підвищенню маси гнізда при відлученні, проте може збільшувати метаболічне навантаження на організм свиноматки, особливо в умовах високих температур навколишнього середовища [7, 16]. Сучасні дослідження [19] підтверджують, що недостатній рівень енергетичного забезпечення свиноматок у лактаційний період негативно впливає на їх подальшу репродуктивну ефективність і тривалість продуктивного використання.

Важливим біологічним фактором, який визначає рівень відтворювальної продуктивності, є репродуктивний цикл свиноматки. Як повідомляють дослідники [12], свиноматки різного паритету характеризуються суттєвими відмінностями за молочною продуктивністю, інтенсивністю обмінних процесів, рівнем гормональної активності та життєздатністю приплоду. Вказаними ученими встановлено, що найбільш високі показники маси гнізда та інтенсивності росту поросят характерні для свиноматок 3-5 опоросів, тоді як першоопороскам притаманна менша молочна продуктивність, довший інтервал від відлучення до еструсу та нижча збереженість молодняку.

Поряд із технологічними особливостями важливу роль у формуванні відтворювальної ефективності відіграють сезонні фактори [6, 9, 20, 24, 27-29]. Встановлено, що високі температури літнього періоду супроводжуються зниженням споживання корму, погіршенням енергетичного балансу, підвищенням теплового стресу та зниженням репродуктивної продуктивності свиноматок [13]. Сезонні зміни мікроклімату впливають на рівень фертильності, кількість живонароджених поросят, молочну продуктивність та збереженість приплоду [24]. За повідомленнями сучасних дослідників, саме синергічна

взаємодія сезону року, паритету і технологічних факторів визначає стабільність репродуктивних показників у промислових системах виробництва свинини [15].

Незважаючи на значну кількість досліджень [8, 17-18], присвячених окремим аспектам відтворювальної здатності свиноматок, питання синергічної взаємодії сезонних і технологічних факторів у забезпеченні продуктивної ефективності в умовах промислового свинарства залишаються недостатньо вивченими. Особливо це стосується комплексної оцінки впливу тривалості лактації, репродуктивного циклу та сезону року на формування продуктивної відповіді свиноматок у контрастних кліматичних умовах південних регіонів України.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Упродовж останніх років у світовому свинарстві спостерігається посилення уваги до проблеми забезпечення високої відтворювальної ефективності свиноматок в умовах інтенсивних технологій виробництва. Сучасні наукові дослідження спрямовані на вивчення комплексного впливу біологічних, сезонних та технологічних факторів на формування продуктивної відповіді свиноматок і життєздатність приплоду [7-8]. Особливої актуальності ці питання набули в умовах підвищення генетичного потенціалу сучасних гіперплідних генотипів свиней та посилення кліматичних змін [30].

За даними Corrales-Hernández зі співавторами [12], одним із ключових факторів, що визначає рівень відтворювальної продуктивності свиноматок, є репродуктивний цикл. Автори встановили, що свиноматки різного паритету характеризуються суттєвими відмінностями за молочною продуктивністю, масою гнізда, інтенсивністю росту поросят та їх збереженістю. Найвищі показники продуктивності відзначалися у тварин середніх репродуктивних циклів, тоді як першоопороски характеризувалися меншою адаптаційною здатністю та нижчою інтенсивністю росту приплоду.

У дослідженнях [17, 21, 25] встановлено, що молозивна і молочна продуктивність свиноматок є визначальними факторами життєздатності, росту та збереженості поросят у ранній постнатальний період. Автори підкреслюють, що кількість і якість молозива залежать від паритету, фізіологічного стану свиноматки, особливостей опоросу та технологічних умов утримання, а достатнє споживання молозива й молока поросятами позитивно впливає на їх адаптаційні можливості, інтенсивність росту та масу при відлученні.

Проблема оптимізації тривалості лактації залишається однією з найбільш дискусійних у сучасному промисловому свинарстві. Ming зі співавторами [23] встановили, що відлучення поросят у більш пізньому віці позитивно впливає на морфологічний стан кишківника, антиоксидантний статус та інтенсивність росту молодняку. Водночас Pluske зі співавторами [26] підкреслюють, що раннє відлучення супроводжується вираженим стресовим навантаженням, порушенням функціонального стану травної системи та зниженням адаптаційної здатності поросят.

Важливе місце у сучасних дослідженнях займає вивчення впливу сезонних

факторів на відтворювальну ефективність свиноматок. За повідомленнями Tummaruk зі співавторами [29], високі температури літнього періоду негативно впливають на споживання корму, енергетичний баланс, гормональну регуляцію та молочну продуктивність свиноматок. Тепловий стрес супроводжується зниженням фертильності, погіршенням збереженості поросят та зменшенням маси гнізда при відлученні. Автори підкреслюють, що за умов глобальних кліматичних змін проблема адаптації свиноматок до високих температур набуває особливої актуальності для промислових систем виробництва свинини.

Сучасні дослідження також свідчать про важливість комплексного аналізу взаємодії технологічних та сезонних факторів. González-Sánchez та інші [15] довели, що ефективність окремих технологічних рішень у свинарстві не є сталою та значною мірою залежить від сезону року, параметрів мікроклімату та фізіологічного стану тварин. Автори підкреслюють, що саме синергія сезонних і технологічних факторів визначає стабільність репродуктивних показників у сучасних високопродуктивних стадах.

Незважаючи на значну кількість наукових праць, присвячених окремим аспектам репродуктивної продуктивності свиноматок, питання комплексної взаємодії сезонних і технологічних факторів у забезпеченні відтворювальної ефективності в умовах промислового свинарства залишаються недостатньо вивченими. Особливо актуальними є дослідження, спрямовані на оцінку синергічного впливу тривалості лактації, репродуктивного циклу та сезону року на формування продуктивної відповіді свиноматок в умовах контрастних кліматичних регіонів України.

Мета. У зв'язку з цим, метою дослідження було встановити особливості взаємодії сезонних і технологічних факторів у формуванні відтворювальних ознак свиноматок та оцінити ефективність різної тривалості лактації залежно від репродуктивного циклу і сезону року опоросу в умовах промислової технології виробництва свинини.

Виклад основного матеріалу дослідження. Науково-господарські експерименти проводилися протягом 2024-2026 рр. в умовах сільськогосподарського виробничого кооперативу «Агрофірма «Миг-Сервіс-Агро» Миколаївської області. Утримання свиноматок і молодняку здійснювалося відповідно до прийнятої у господарстві технології з дотриманням зоогігієнічних і ветеринарно-санітарних вимог [3-4, 10-11]. Жодних інвазивних втручань тваринам не проводили, що відповідає сучасним принципам в етиці досліджень [2]. Дослідними тваринами були помісні свиноматки великої білої породи та ландрас, яких осіменяли спермою кнурів синтетичної лінії РІС 337 й отриманий від них приплід у підсисний період на дорошуванні і відгодівлі.

Для визначення наявності та сили впливу тривалості лактації було проведено трифакторний дисперсійний аналіз (із фіксованими факторами). Крім фактора «тривалість лактації», в аналіз також було включено фактори «сезон року» та «репродуктивний цикл», а також всі можливі сполучення головних факторів. Залежними ознаками були відтворювальні ознаки свиноматок на момент відлучення підсисних поросят, а саме, кількість поросят при відлученні,

маса гнізда та маса 1-го поросля при відлученні, збереженість поросят від народження до відлучення, а також середньодобовий приріст живої маси поросят від народження до відлучення.

Всі розрахунки було проведено за допомогою загальноприйнятих методик [1] за допомогою програмного забезпечення STATISTICA v. 7.0 (StatSoft Inc.).

Оскільки відтворювальна ефективність свиноматок формується під впливом комплексу біологічних і технологічних чинників, важливим етапом дослідження стало визначення відносної сили впливу сезону року, тривалості лактації та репродуктивного циклу на основні продуктивні показники. Однією з найбільш чутливих інтегральних ознак репродуктивної продуктивності є кількість поросят при відлученні, котра відображає не лише життєздатність приплоду, а й адаптаційні можливості свиноматок за різних технологічних умов утримання.

Результати дисперсійного аналізу впливу досліджуваних факторів на кількість поросят при відлученні наведено у таблиці 1. Аналіз кількості поросят при відлученні показав, що дана ознака більшою мірою залежала від репродуктивного циклу свиноматок та сезонних умов опоросу, ніж від безпосередньої тривалості лактації. Найбільшу силу впливу виявлено для фактора «репродуктивний цикл», що свідчить про визначальну роль фізіологічної зрілості та адаптаційного потенціалу свиноматок у формуванні репродуктивної продуктивності. Водночас взаємодія сезону року і тривалості лактації також суттєво змінювала характер продуктивної відповіді тварин.

Табл. 1

Вплив сезону року, тривалості лактації та репродуктивного циклу на кількість поросят при відлученні

Фактор	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>h</i> ² , %	Біологічна інтерпретація
Сезон року	4,26	0,005	1,29	Сезонні умови модифікували адаптаційні процеси та стабільність гнізда
Тривалість лактації	3,11	0,078	0,31	Прямий вплив лактації був слабо вираженим
Репродуктивний цикл	16,52	<0,001	6,70	Паритет визначав базовий рівень репродуктивної продуктивності
Сезон × лактація	8,72	<0,001	2,65	Ефективність лактації залежала від сезонних умов

Графічна інтерпретація результатів (рис. 1) підтверджує сезонозалежний характер ефективності технології відлучення.

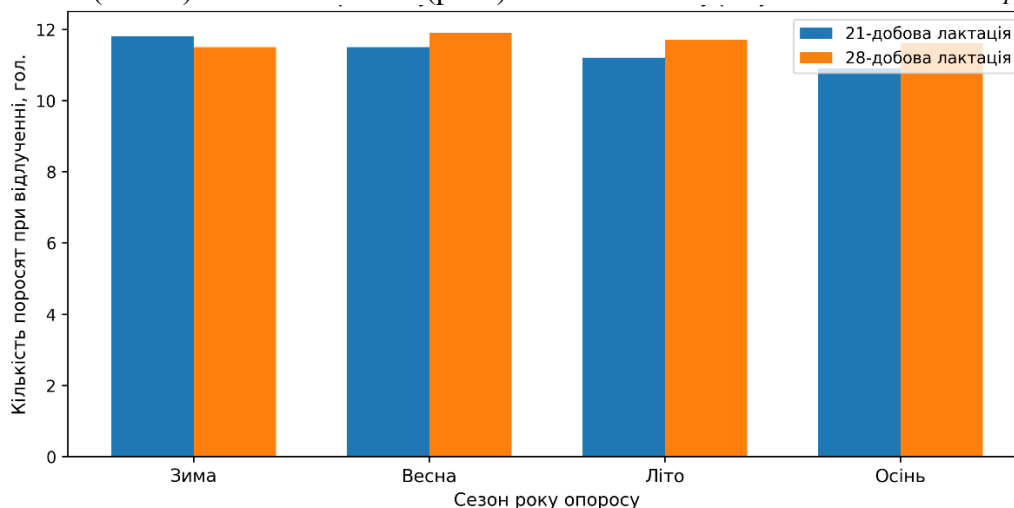


Рис. 1. Вплив тривалості лактації свиноматок на кількість поросят при відлученні залежно від сезону року

Так, графічне зображення демонструє, що за зимових опоросів перевагу за кількістю поросят при відлученні мали свиноматки з 21-добовою лактацією, тоді як в осінній період більш сприятливі результати спостерігалися за подовженого підсисного періоду. Отримані результати свідчать, що ефективність різної тривалості лактації не є сталою і значною мірою визначається умовами середовища та фізіологічним станом тварин.

Після аналізу кількості поросят при відлученні логічно перейти до оцінки їх росту та індивідуального розвитку. Саме тому наступним етапом дослідження стало визначення впливу сезону року, тривалості лактації та репродуктивного циклу свиноматок на середню масу одного поросяти при відлученні. Даний показник є одним із найбільш інформативних критеріїв ефективності підсисного періоду, оскільки характеризує рівень реалізації ростового потенціалу молодняку, молочну продуктивність свиноматок та адаптивність поросят до умов утримання. Результати дисперсійного аналізу впливу досліджуваних факторів на середню масу одного поросяти при відлученні наведено у таблиці 2.

Табл. 2

Вплив сезону року, тривалості лактації та репродуктивного циклу на середню масу одного поросяти при відлученні

Фактор	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>h</i> ² , %	Біологічна інтерпретація
Сезон року	32,70	<0,001	3,09	Мікрокліматичні умови змінювали інтенсивність росту поросят
Тривалість лактації	2102,37	<0,001	66,31	Домінуючий фактор формування індивідуальної маси поросят

Репродуктивний цикл	17,39	<0,001	2,19	Фізіологічний стан свиноматок впливав на реалізацію ростового потенціалу

Аналіз середньої живої маси одного поросяти при відлученні показав, що формування даної ознаки значною мірою визначалося тривалістю лактації. Серед досліджуваних факторів саме підсисний період характеризувався найбільшою силою впливу, що свідчить про його домінуючу роль у реалізації ростового потенціалу поросят у ранньому постнатальному онтогенезі. Водночас статистично вірогідний вплив мали також сезон року та репродуктивний цикл свиноматок, однак їх внесок у мінливість ознаки був менш вираженим. Отримані результати свідчать, що подовження лактації до 28 діб створювало більш сприятливі умови для накопичення живої маси поросят при відлученні. Це, ймовірно, пов'язано з тривалішим використанням молочної продуктивності свиноматок, кращим забезпеченням молодняку поживними речовинами та вищим рівнем адаптації поросят до переходу на самостійне споживання корму. Встановлено, що сезонні умови також модифікували інтенсивність росту поросят. Найбільш сприятливі результати спостерігалися у весняний та літній періоди, тоді як за зимових опоросів ефективність подовженої лактації була менш контрастною. Це може бути пов'язано з особливостями температурного режиму, рівнем енергетичних витрат організму та змінами споживання корму свиноматками у різні пори року. Таким чином, середня жива маса одного поросяти при відлученні формувалася під впливом складної взаємодії технологічних та сезонних факторів, проте визначальне значення для реалізації ростового потенціалу молодняку мала саме тривалість лактації.

Візуалізація результатів (рис. 2) підтверджує домінуючий вплив тривалості лактації на середню масу одного поросяти при відлученні.

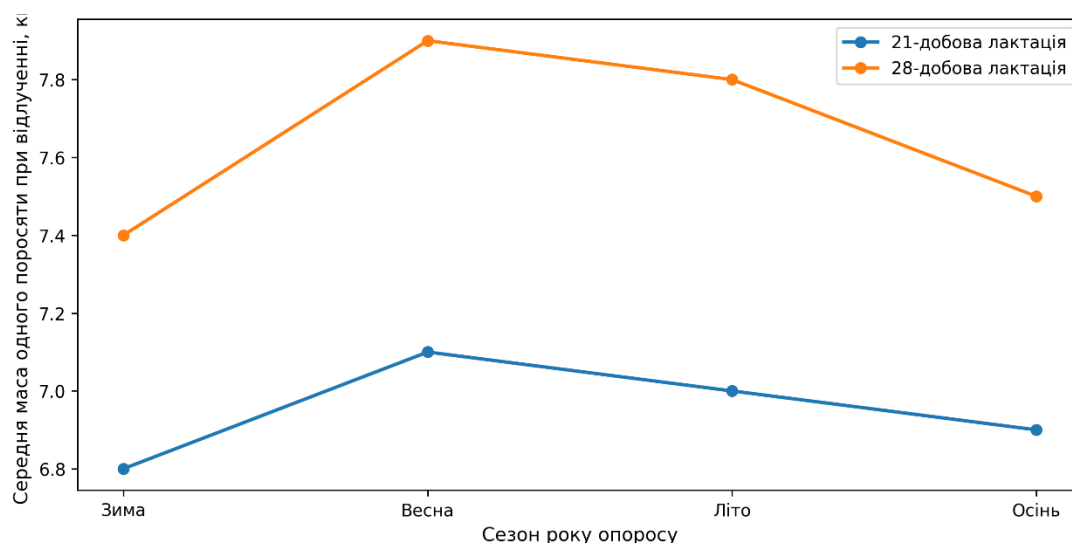


Рис. 2. Динаміка зміни середньої живої маси одного поросяти при відлученні залежно від тривалості лактації

У всі сезони року поросята за 28-добової лактації характеризувалися вищими показниками живої маси порівняно з 21-добовим підсисним періодом. Найбільш виражений позитивний ефект подовженої лактації простежувався у весняний та літній періоди, тоді як у зимовий сезон різниця між групами була менш контрастною. Отримані результати свідчать про сезонозалежний характер ефективності технології відлучення.

Поряд із оцінкою індивідуального росту поросят важливе значення для характеристики відтворювальної ефективності свиноматок має аналіз живої маси гнізда при відлученні. Даний показник інтегрує рівень молочної продуктивності свиноматок, інтенсивність росту приплоду та збереженість поросят у підсисний період, що дозволяє комплексно оцінити ефективність технології утримання та вирощування молодняку. Результати дисперсійного аналізу впливу сезону року, тривалості лактації та репродуктивного циклу на масу гнізда при відлученні наведено у таблиці 3.

Табл. 3

Вплив сезону року, тривалості лактації та репродуктивного циклу на живу масу гнізда при відлученні

Фактор	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>h</i> ² , %	Біологічна інтерпретація
Сезон року	82,02	<0,001	5,95	Сезон визначав рівень реалізації продуктивного потенціалу гнізда
Тривалість лактації	2901,91	<0,001	70,18	Подовження лактації формувало максимальну масу гнізда
Репродуктивний цикл	5,75	<0,001	0,56	Паритет впливав менш виражено

Аналіз отриманих даних показав, що серед досліджуваних факторів найбільший вплив на масу гнізда при відлученні мала тривалість лактації. Подовження підсисного періоду до 28 діб забезпечувало найбільш ефективне накопичення біомаси гнізда та сприяло кращій реалізації ростового потенціалу приплоду. Водночас статистично вірогідний вплив на формування даної ознаки мали також сезон року та репродуктивний цикл свиноматок, однак їх внесок у загальну мінливість показника був менш вираженим. Найбільш сприятливі результати спостерігалися у весняно-літній та осінній періоди, що може бути пов'язано з оптимальнішими умовами мікроклімату та вищим рівнем молочної продуктивності свиноматок. Отримані результати свідчать, що маса гнізда при відлученні формувалася під впливом складної взаємодії технологічних і сезонних факторів, проте визначальне значення для реалізації продуктивного потенціалу приплоду мала саме тривалість лактації.

Візуалізація результатів (рис. 3) підтверджує домінуючий вплив тривалості лактації на масу гнізда при відлученні.

У всі сезони року свиноматки за 28-добової лактації характеризувалися вищими показниками маси гнізда порівняно з 21-добовим підсисним періодом. Найбільш виражений позитивний ефект подовженої лактації простежувався у весняний та літній періоди, що свідчить про сезонозалежний характер реалізації продуктивного потенціалу приплоду.

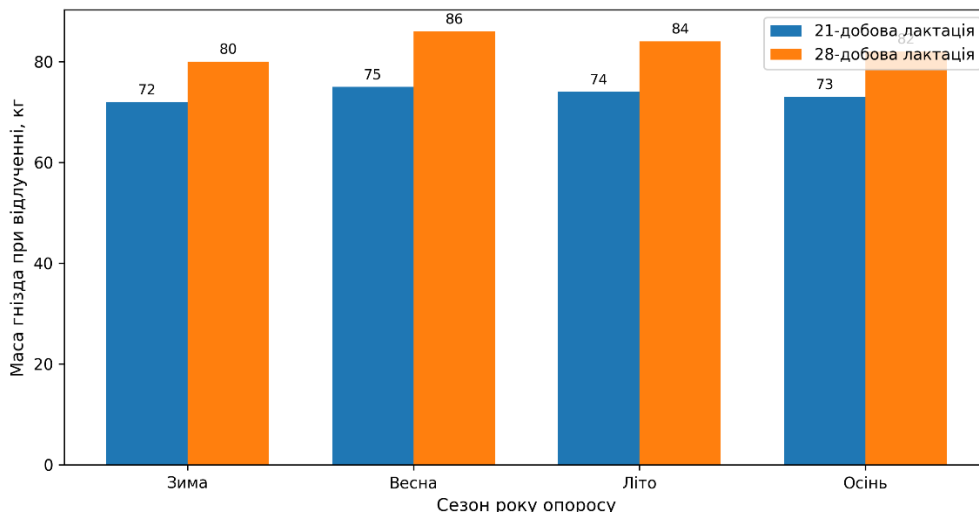


Рис. 3. Вплив тривалості лактації на масу гнізда при відлученні

Поряд із показниками росту і розвитку приплоду важливим критерієм оцінки ефективності технології утримання свиноматок є збереженість поросят у підсисний період. Даний показник відображає рівень адаптаційних можливостей молодняку, фізіологічний стан свиноматок та ступінь впливу технологічних і сезонних факторів на життєздатність приплоду. Особливої актуальності це набуває в умовах промислового свинарства, де теплове навантаження, тривалість лактації та репродуктивний цикл можуть суттєво змінювати рівень виживання поросят. Результати дисперсійного аналізу впливу сезону року, тривалості лактації та репродуктивного циклу на збереженість поросят наведено у таблиці 4.

Табл. 4.

Вплив сезону року, тривалості лактації та репродуктивного циклу на збереженість поросят

Фактор	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>h</i> ² , %	Біологічна інтерпретація
Сезон року	1,65	0,175	0,54	Самостійний вплив сезону був обмеженим
Тривалість лактації	7,89	0,005	0,86	Лактація впливала на адаптацію поросят
Репродуктивний цикл	11,88	<0,001	5,19	Паритет визначав рівень життєздатності приплоду

Сезон × лактація	7,72	<0,001	2,53	Високі температури посилювали технологічний стрес

Аналіз отриманих даних показав, що збереженість поросят більшою мірою залежала від репродуктивного циклу свиноматок. Найбільш виражений негативний вплив простежувався у літній період за умов подовженої лактації, що, ймовірно, пов'язано з посиленням теплового навантаження на організм лактуючих свиноматок. Отримані результати свідчать про сезонозалежний характер ефективності технології відлучення та важливу роль фізіологічного стану свиноматок у забезпеченні життєздатності приплоду.

Візуалізація результатів (рис. 4) свідчить про сезонозалежний характер збереженості поросят за різної тривалості лактації. Найбільш виражене зниження показника простежувалося у літній період за 28-добової лактації, що може бути пов'язано з посиленням теплового навантаження на організм лактуючих свиноматок. Водночас у зимовий, весняний та осінній періоди істотних відмінностей між групами не спостерігалось.

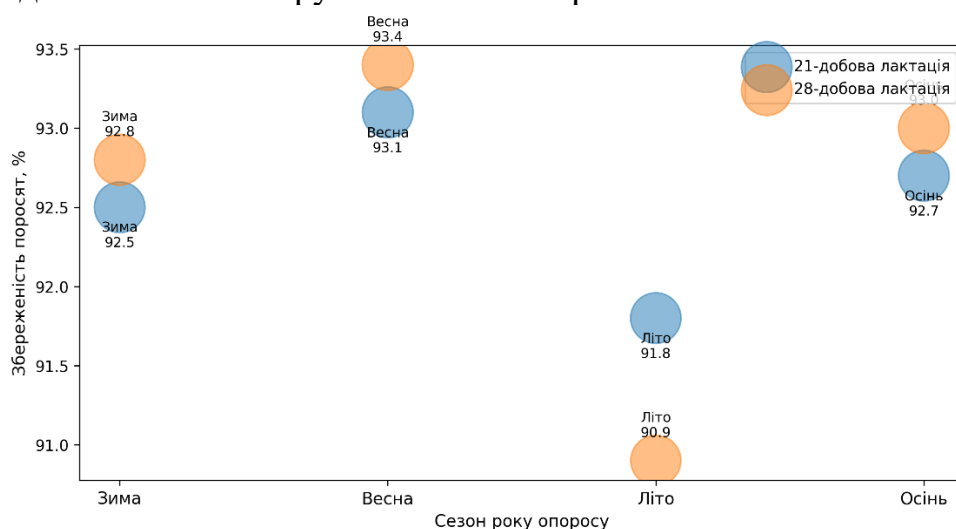


Рис. 4. Динаміка збереженості поросят за різної тривалості лактації свиноматок

Поряд із показниками збереженості важливим критерієм оцінки інтенсивності росту молодняку є середньодобовий приріст живої маси поросят у підсисний період. Даний показник характеризує ефективність використання поживних речовин, рівень молочної продуктивності свиноматок та адаптаційні можливості поросят за різних умов утримання. Результати дисперсійного аналізу впливу сезону року, тривалості лактації та репродуктивного циклу на середньодобовий приріст живої маси поросят наведено у таблиці 5. Аналіз отриманих даних показав, що середньодобовий приріст живої маси поросят більшою мірою залежав від сезону року та репродуктивного циклу свиноматок, тоді як прямий вплив тривалості лактації був менш вираженим. Найбільш

сприятливі показники приросту спостерігалися у весняно-літній період, що може бути пов'язано з оптимальнішими умовами мікроклімату та вищим рівнем молочної продуктивності свиноматок. Встановлено, що фізіологічний стан свиноматок також суттєво впливав на інтенсивність росту молодняку, визначаючи рівень реалізації продуктивного потенціалу поросят у підсисний період. Отримані результати свідчать про складний багатofакторний характер формування середньодобових приростів живої маси поросят в умовах промислової технології виробництва свинини.

Табл. 5

Вплив сезону року, тривалості лактації та репродуктивного циклу на середньодобовий приріст живої маси поросят

Фактор	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>h</i> ² , %	Біологічна інтерпретація
Сезон року	15,43	<0,001	4,95	Сезон суттєво модифікував інтенсивність росту
Тривалість лактації	0,24	0,625	0,03	Прямий вплив лактації був відсутній
Репродуктивний цикл	9,60	<0,001	4,10	Паритет впливав на темпи росту приплоду

Візуалізація результатів досліджень (рис. 5) демонструє сезонну зміну середньодобових приростів живої маси поросят. Найвищі показники спостерігалися у весняний період, тоді як вплив тривалості лактації був менш вираженим.

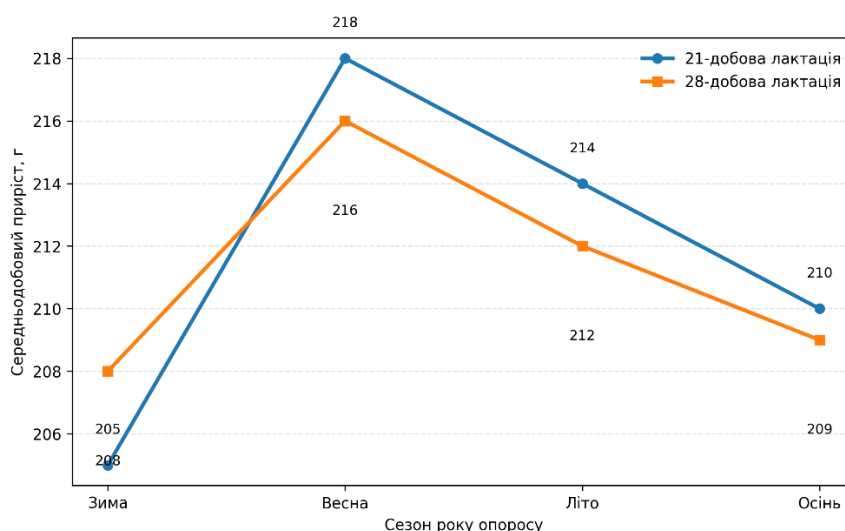


Рис. 5. Сезонні зміни середньодобового приросту поросят за різної тривалості лактації

Отримані результати свідчать, що відтворювальні ознаки свиноматок формувалися під комплексним впливом технологічних, фізіологічних та сезонних чинників, однак ступінь чутливості окремих показників до дії цих факторів був неоднаковим. Найбільш стабільний і виражений вплив простежувався з боку репродуктивного циклу свиноматки, який визначав характер мінливості практично всіх досліджуваних ознак. Це підтверджує важливу роль фізіологічної зрілості та адаптаційного потенціалу організму свиноматок у забезпеченні їхньої відтворювальної продуктивності в умовах промислової технології.

Представлена схема (рис. 6) узагальнює концептуальну модель взаємодії сезонних, фізіологічних та технологічних факторів у формуванні відтворювальної ефективності свиноматок. Рисунок дозволяє наочно відобразити взаємозв'язок між репродуктивним циклом, фізіологічним станом свиноматок, тривалістю лактації та основними відтворювальними ознаками приплоду, що сприяє кращому розумінню багатофакторного характеру формування продуктивної відповіді свиноматок в умовах промислової технології виробництва свинини та підкреслює сезонозалежний характер ефективності технології відлучення.

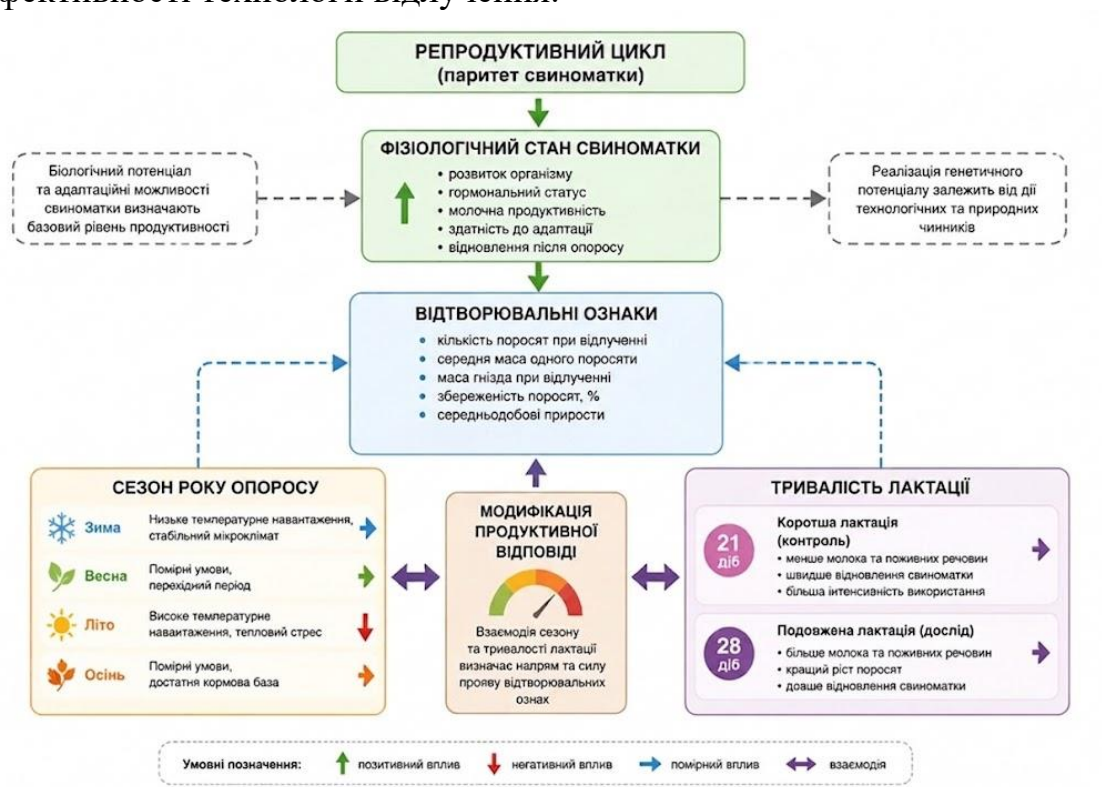


Рис. 6. Схема взаємодії сезонних, фізіологічних і технологічних факторів у формуванні відтворювальної ефективності свиноматок

Джерело: візуалізацію згенеровано ШІ «Gemini» за авторським описом і запитом.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отримані результати свідчать, що ефективність подовження лактації не є універсальною та значною мірою, що залежить від умов середовища, рівня теплового навантаження та адаптаційних можливостей свиноматок у різні сезони року. У зв'язку з цим,

оптимізація технології відлучення повинна базуватися не лише на загальних виробничих схемах, а й враховувати сезон року, рівень теплового навантаження та репродуктивний цикл тварин, що дозволить більш ефективно реалізовувати генетичний потенціал високопродуктивних свиноматок.

1. Встановлено, що відтворювальна ефективність свиноматок формується під впливом складної взаємодії сезонних, фізіологічних і технологічних факторів, серед яких найбільше значення мають тривалість лактації, сезон року та репродуктивний цикл свиноматок.
2. Доведено, що тривалість лактації є домінуючим фактором формування вагових показників приплоду. Подовження підсисного періоду до 28 діб забезпечувало підвищення середньої маси одного поросяти та маси гнізда при відлученні незалежно від сезону року. Виявлено сезонозалежний характер ефективності технології відлучення. Найбільш виражений позитивний ефект подовженої лактації простежувався у весняний та літній періоди, тоді як у зимовий сезон різниця між групами була менш контрастною.
3. З'ясовано, що збереженість поросят більшою мірою залежала від репродуктивного циклу свиноматок та взаємодії сезонних і технологічних факторів, ніж від безпосередньої тривалості лактації. Найбільш виражене зниження показника спостерігалось у літній період за 28-добової лактації.
4. Встановлено, що середньодобові прирости живої маси поросят визначалися переважно сезонними умовами та фізіологічним станом свиноматок, тоді як прямий вплив тривалості лактації був менш вираженим.

Перспективним напрямом подальших досліджень є поглиблене вивчення механізмів адаптації свиноматок і поросят до теплового навантаження за різної тривалості лактації в умовах промислового свинарства. Особливий науковий інтерес становить дослідження взаємозв'язку між мікрокліматом, фізіологічним станом свиноматок, показниками стресу та реалізацією ростового потенціалу поросят у підсисний період. Доцільним є також подальше вивчення можливостей індивідуалізації технології відлучення залежно від репродуктивного циклу свиноматок, а також використання цифрових систем моніторингу поведінкових і продуктивних показників для прогнозування відтворювальної ефективності стада.

Список використаної літератури

1. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговий, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.
2. Біоетика, біобезпека і благополуччя у тваринництві : навч. посіб. / Р. А. Санжара та ін. Миколаїв : Іліон, 2026. 205 с.
3. Відомчі норми технологічного проектування Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми), ВНТП-АПК – 02.05. К. : Мінагрополітики України, 2005. 98 с. URL: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf (дата звернення: 05.06.2023)
4. Ладика В. І., Хмельничий Л. М., Повод, М. Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: підручник для аспірантів. Одеса : Олді+, 2023. 244 с.

5. Лихач А. В., Лихач В. Я. Підвищення ефективності промислового виробництва свинини на основі використання етологічних факторів: монографія. Миколаїв : Ліон, 2023. 422 с.
6. Adi Y. K., Boonprakob R., Kirkwood R. N., Tummaruk P. Factors affecting birth weight and stillbirth in sows housed in a tropical environment. *Reproduction in Domestic Animals*. 2024. Vol. 59. P. 1–13. <https://doi.org/10.1111/rda.14500>
7. Akkhaphan T., Boonprakob R., Grahofer A., Tummaruk P. Seasonal effect on farrowing duration in sows within a temporarily confined farrowing system under tropical climates. *Theriogenology*. 2025. Vol. 234. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2025.02.022>
8. Amatucci L., Luise D., Correa F., Bosi P., Trevisi P. Importance of breed, parity and sow colostrum components on litter performance and health. *Animals*. 2022. Vol. 12, № 10. Article 1230. <https://doi.org/10.3390/ani12101230>
9. Chakurkar E. B., Sahu A. R., Naik S., Chethan Kumar H.B., Goculdas P.P. Genetic evaluation of growth and reproductive performances of crossbred pigs reared under intensive system in tropical humid coastal climate. *Tropical Animal Health Production*. 2021. Vol. 53. P. 243. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02677-4>
10. Council Directive 2008/120/EC of 18 December 2008 laying down minimum standards for the protection of pigs (Codified version). *Official Journal of the European Union*. L 47. 18.2.2009, 5-13.
11. Council Directive 2010/63/EC of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. *Official Journal of the European Union*. L 276/33. 22.09.2010, 15-47.
12. Corrales-Hernández A. A., Roldán-Santiago P., Bonilla-Jaime H., De la Cruz-Cruz L. A., Limón-Morales O., Orozco-Gregorio H. Pineda-Reyes R. A review: influence of the sow's parity on farrowing and neonate performance. *Frontiers in Animal Science*. 2025. Vol. 6. P. 1568955. <https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1568955>
13. Ek-Mex J., Alzina-López A., Reyes-González E. Segura-Correa J. Factores ambientales asociados con los días no-productivos de cerdas en el trópico mexicano. *Revista MVZ Córdoba*. 2020. Vol. 25(1). P. 1–6. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1615>
14. Girardie O., Bonneau M., Billon Y., Bailly J., David I., Canario L. Analysis of image-based sow activity patterns reveals several associations with piglet survival and early growth. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023. Vol. 9. P. 1051284. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1051284>
15. González-Sánchez D., Vázquez-Armijo J. F., Velázquez-Villalva H. H., Albarrán-Portillo B., Gómez-Tenorio G., Lopez-Villalobos N., De la Rosa-Reyna X. F., Parra-Bracamonte G. M. Genetic and non-genetic determinants of farrowing and lactation traits in multiparous sows under intensive management. *Archives Animal Breeding*. 2026. Vol. 69. P. 217–225. <https://doi.org/10.5194/aab-69-217-2026>
16. Han X., Hu X., Jin W., Liu G. Dietary nutrition, intestinal microbiota dysbiosis and post-weaning diarrhea in piglets. *Animal Nutrition*. 2024. Vol. 17. P. 188–207. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.12.010>
17. Hasan S. M. K., Orro T., Valros A., Junnikkala S., Peltoniemi O., Oliviero C. Factors affecting sow colostrum yield and composition, and their impact on piglet growth and health. *Livestock Science*. 2019. Vol. 227. P. 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.07.004>
18. Jenkins A. K., Collier S. M., DeRouchey J. M., Tokach M. D., Woodworth J. C., Gaffield K. N., Gebhardt J. T., Goodband R. D., Coble K. F., Corns P. J., Karl J., Bradley T. The effect of litter size relative to functional teat count on lactating sow and litter performance. *Translational Animal Science*. 2025. Vol. 9. txaf161. <https://doi.org/10.1093/tas/txaf161>
19. Kirwa E., Peterson B., Grohmann C., Frizzo M., Perez J., Mellagi A. P., Ulguim R. da R., Silva G. S. Assessment of the relationship between lactation feeding patterns, litter performance, and sow characteristics on sow efficiency metrics. *Translational Animal Science*. 2026. Vol. 10. txaf174. <https://doi.org/10.1093/tas/txaf174>

20. Klimas R., Klimienė A., Sobotka W., Kozera W., Matusevičius P. Effect of parity on reproductive performance sows of different breeds. *South African Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 50. P. 434–441. <https://doi.org/10.4314/sajas.v50i3.10>
21. Knox R. V. Swine fertility in a changing climate. *Animal Reproduction Science*. 2024. Vol. 269. P. 107537. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107537>
22. Lee B., Luttmann A. M., Ernst C. W., Raney N. E., Oh S., Siegford J. M. Assessing the relationship between pigs' stress resilience and their behavior in response to weaning. *Frontiers in Animal Science*. 2024. Vol. 5. P. 1461526. <https://doi.org/10.3389/fanim.2024.1461526>
23. Ming D., Wang W., Huang C., Wang Z., Shi C., Ding J., Liu H., Wang F. Effects of weaning age at 21 and 28 days on growth performance, intestinal morphology and redox status in piglets. *Animals*. 2021. Vol. 11, № 8. Article 2169. <https://doi.org/10.3390/ani11082169>
24. Mykhalko O., Povod M., Gutyj B., Lumedze I., Iovenko A., Bondar A. Influence of ventilation system type on microclimate parameters in farrowing room and reproductive qualities of pigs. *Scientific Papers Series: Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2023. Vol. 23(1). P. 425–436. https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.23_1/Art48.pdf
25. Nuntapaitoon M., Juthamanee P., Theil P. K., Tummaruk P. Impact of sow parity on yield and composition of colostrum and milk in Danish Landrace × Yorkshire Crossbred Sows. *Previous Veterinary Medicine*. 2020. Vol. 181. ANo105085. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105085>
26. Pluske J. R., Turpin D. L., Kim J. C. Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Animal Nutrition*. 2018. Vol. 4, № 2. P. 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.12.00>
27. Segura-Correa J. C., Ek-Mex J. E., Muñoz-Osorio G. A., Santos-Ricalde R. H., Sarmiento-Franco L., Calderón-Díaz J. A. Associations between first parity wean-to-service interval and sow lifetime productivity traits. *Tropical and Subtropical Agroecosystem*. 2023. Vol. 26. <https://doi.org/10.56369/tsaes.4678>
28. Tani S., Iida R., Koketsu Y. Climatic factors, parity and total number of pigs born associated with occurrences and numbers of stillborn piglets during hot or cold seasons in breeding herds. *Veterinary Medicine and Animal Science*. 2016. Vol. 4(1). P. 2-8. <https://doi.org/10.7243/2054-3425-4-3>
29. Tummaruk P., De Rensis F., Kirkwood R. N. Managing prolific sows in tropical environments. *Molecular Reproduction Development*. 2023. Vol. 90. P. 533–545. <https://doi.org/10.1002/mrd.23661>
30. Villa-Mancera A., Méndez-Rosas M., Cruz-Aviña J. Effect of heat stress on the reproductive performance of sows: comparison of different thermal-comfort indices in a temperate climate. *Animal Production Science*. 2024. Vol. 64, AN23181. <https://doi.org/10.1071/AN23181>

Yevhen Vashchenko,

Doctor of Philosophy Degree Applicant

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

ORCID ID 0009-0004-3108-5876

email: ye.vaschenko@nubip.edu.ua

Anna Lykhach,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Professor of the Department of Applied Biology, Animal Breeding and Genetics

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

SYNERGY OF SEASONAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS IN ENSURING THE REPRODUCTIVE EFFICIENCY OF SOWS

Abstract

The article presents the results of studies aimed at determining the interaction between seasonal and technological factors in the formation of reproductive efficiency of sows under industrial pork production conditions. The purpose of the study was to assess the influence of lactation duration, season of the year, and reproductive cycle of sows on the main reproductive traits of offspring. The research was conducted during 2024–2026 at the Agricultural Production Cooperative “Agrofirma “Myg-Servis-Agro” in Mykolaiv region on crossbred Large White and Landrace sows. To evaluate the strength of the influence of the studied factors, a three-factor analysis of variance was performed using STATISTICA v. 7.0 software.

It was established that the reproductive traits of sows were formed under the complex influence of seasonal, physiological, and technological factors; however, the degree of sensitivity of individual indicators to these factors varied. It was proven that lactation duration was the dominant factor affecting the weight characteristics of piglets. Extending the suckling period to 28 days ensured an increase in the average body weight of one piglet and litter weight at weaning regardless of the season of the year. At the same time, a season-dependent nature of weaning technology efficiency was identified. The most pronounced positive effect of prolonged lactation was observed during the spring and summer periods.

It was found that piglet survival depended to a greater extent on the reproductive cycle of sows and the interaction between seasonal and technological factors than on lactation duration itself. The most significant decrease in this indicator was observed during the summer period under a 28-day lactation regime, indicating an increased heat load on the organism of lactating sows. It was established that average daily live weight gains of piglets were mainly determined by seasonal conditions and the physiological state of sows. The obtained results confirm the necessity of individualizing weaning technology considering the season of the year, heat load, and reproductive cycle of sows in order to improve the efficiency of industrial pig production.

Keywords: pigs, lactation duration, season of the year, reproductive cycle, litter weight, piglet survival, average daily gain, industrial pig production, heat stress.

References

1. Kramarenko, S. S., Lugovoy, S. I., Lykhach, A. V. & Kramarenko O. S. (2019). Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta seleksii tvaryn [Analysis of biometric data in animal breeding and selection]. Mykolayiv: MNAU, 211 s. (in Ukrainian).
2. Bioetyka, biobezpeka i blahopoluchchia u tvarynnystvi : navch. posib. / R. A. Sanzhara ta in. Mykolaiv : Ilion, 2026. 205 s. (in Ukrainian).
3. Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia. Svynarski pidpriemstva (kompleksy, fermi, mali fermi), VNTP-APK – 02.05. [Departmental norms of technological design Pig enterprises (complexes, farms, small farms), VNTP-APK - 02.05]. K.: Minahropolityky Ukrainy, 2005, 98 s. URL : https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf (in Ukrainian).
4. Ladyka, V. I., Khmelnychiy, L. M., & Povod, M. G. (2023). Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnystva: pidruchnyk dlia aspirantiv [Technology of production and

- processing of livestock products: A textbook for graduate students]. Odesa: Oldi+. (in Ukrainian)
5. Lykhach A. V., Lykhach V. Ya. Pidvyshchennia efektyvnosti promyslovoho vyrobnytstva svynyny na osnovi vykorystannia etolohichnykh faktoriv [Increasing the efficiency of industrial pork production based on the use of ethological factors]: monohrafiia. Mykolaiv : Ilion, 2023. 422 s. (in Ukrainian)
 6. Adi Y. K., Boonprakob R., Kirkwood R. N., Tummaruk P. Factors affecting birth weight and stillbirth in sows housed in a tropical environment. *Reproduction in Domestic Animals*. 2024. Vol. 59. P. 1–13. <https://doi.org/10.1111/rda.14500>
 7. Akkhaphan T., Boonprakob R., Grahofer A., Tummaruk P. Seasonal effect on farrowing duration in sows within a temporarily confined farrowing system under tropical climates. *Theriogenology*. 2025. Vol. 234. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2025.02.022>
 8. Amatucci L., Luise D., Correa F., Bosi P., Trevisi P. Importance of breed, parity and sow colostrum components on litter performance and health. *Animals*. 2022. Vol. 12, № 10. Article 1230. <https://doi.org/10.3390/ani12101230>
 9. Chakurkar E. B., Sahu A. R., Naik S., Chethan Kumar H.B., Goculdas P.P. Genetic evaluation of growth and reproductive performances of crossbred pigs reared under intensive system in tropical humid coastal climate. *Tropical Animal Health Production*. 2021. Vol. 53. P. 243. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02677-4>
 10. Council Directive 2008/120/EC of 18 December 2008 laying down minimum standards for the protection of pigs (Codified version). *Official Journal of the European Union*. L 47. 18.2.2009, 5-13.
 11. Council Directive 2010/63/EC of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. *Official Journal of the European Union*. L 276/33. 22.09.2010, 15-47.
 12. Corrales-Hernández A. A., Roldán-Santiago P., Bonilla-Jaime H., De la Cruz-Cruz L. A., Limón-Morales O., Orozco-Gregorio H. Pineda-Reyes R. A review: influence of the sow's parity on farrowing and neonate performance. *Frontiers in Animal Science*. 2025. Vol. 6. P. 1568955. <https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1568955>
 13. Ek-Mex J., Alzina-López A., Reyes-González E. Segura-Correa J. Factores ambientales asociados con los días no-productivos de cerdas en el trópico mexicano. *Revista MVZ Córdoba*. 2020. Vol. 25(1). P. 1–6. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1615>
 14. Girardie O., Bonneau M., Billon Y., Bailly J., David I., Canario L. Analysis of image-based sow activity patterns reveals several associations with piglet survival and early growth. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023. Vol. 9. P. 1051284. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1051284>
 15. González-Sánchez D., Vázquez-Armijo J. F., Velázquez-Villalva H. H., Albarrán-Portillo B., Gómez-Tenorio G., Lopez-Villalobos N., De la Rosa-Reyna X. F., Parra-Bracamonte G. M. Genetic and non-genetic determinants of farrowing and lactation traits in multiparous sows under intensive management. *Archives Animal Breeding*. 2026. Vol. 69. P. 217–225. <https://doi.org/10.5194/aab-69-217-2026>
 16. Han X., Hu X., Jin W., Liu G. Dietary nutrition, intestinal microbiota dysbiosis and post-weaning diarrhea in piglets. *Animal Nutrition*. 2024. Vol. 17. P. 188–207. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.12.010>
 17. Hasan S. M. K., Orro T., Valros A., Junnikkala S., Peltoniemi O., Oliviero C. Factors affecting sow colostrum yield and composition, and their impact on piglet growth and health. *Livestock Science*. 2019. Vol. 227. P. 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.07.004>
 18. Jenkins A. K., Collier S. M., DeRouchey J. M., Tokach M. D., Woodworth J. C., Gaffield K. N., Gebhardt J. T., Goodband R. D., Coble K. F., Corns P. J., Karl J., Bradley T. The effect of litter size relative to functional teat count on lactating sow and litter performance. *Translational Animal Science*. 2025. Vol. 9. txaf161. <https://doi.org/10.1093/tas/txaf161>

19. Kirwa E., Peterson B., Grohmann C., Frizzo M., Perez J., Mellagi A. P., Ulguim R. da R., Silva G. S. Assessment of the relationship between lactation feeding patterns, litter performance, and sow characteristics on sow efficiency metrics. *Translational Animal Science*. 2026. Vol. 10. txafl74. <https://doi.org/10.1093/tas/txaf174>
20. Klimas R., Klimienė A., Sobotka W., Kozera W., Matusevičius P. Effect of parity on reproductive performance sows of different breeds. *South African Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 50. P. 434–441. <https://doi.org/10.4314/sajas.v50i3.10>
21. Knox R. V. Swine fertility in a changing climate. *Animal Reproduction Science*. 2024. Vol. 269. P. 107537. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107537>
22. Lee B., Luttman A. M., Ernst C. W., Raney N. E., Oh S., Siegford J. M. Assessing the relationship between pigs' stress resilience and their behavior in response to weaning. *Frontiers in Animal Science*. 2024. Vol. 5. P. 1461526. <https://doi.org/10.3389/fanim.2024.1461526>
23. Ming D., Wang W., Huang C., Wang Z., Shi C., Ding J., Liu H., Wang F. Effects of weaning age at 21 and 28 days on growth performance, intestinal morphology and redox status in piglets. *Animals*. 2021. Vol. 11, № 8. Article 2169. <https://doi.org/10.3390/ani11082169>
24. Mykhalko O., Povod M., Gutyj B., Lumedze I., Iovenko A., Bondar A. Influence of ventilation system type on microclimate parameters in farrowing room and reproductive qualities of pigs. *Scientific Papers Series: Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2023. Vol. 23(1). P. 425–436. https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.23_1/Art48.pdf
25. Nuntapaitoon M., Juthamanee P., Theil P. K., Tummaruk P. Impact of sow parity on yield and composition of colostrum and milk in Danish Landrace × Yorkshire Crossbred Sows. *Previous Veterinary Medicine*. 2020. Vol. 181. ANo105085. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105085>
26. Pluske J. R., Turpin D. L., Kim J. C. Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Animal Nutrition*. 2018. Vol. 4, № 2. P. 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.12.00>
27. Segura-Correa J. C., Ek-Mex J. E., Muñoz-Osorio G. A., Santos-Ricalde R. H., Sarmiento-Franco L., Calderón-Díaz J. A. Associations between first parity wean-to-service interval and sow lifetime productivity traits. *Tropical and Subtropical Agroecosystem*. 2023. Vol. 26. <https://doi.org/10.56369/tsaes.4678>
28. Tani S., Iida R., Koketsu Y. Climatic factors, parity and total number of pigs born associated with occurrences and numbers of stillborn piglets during hot or cold seasons in breeding herds. *Veterinary Medicine and Animal Science*. 2016. Vol. 4(1). P. 2-8. <https://doi.org/10.7243/2054-3425-4-3>
29. Tummaruk P., De Rensis F., Kirkwood R. N. Managing prolific sows in tropical environments. *Molecular Reproduction Development*. 2023. Vol. 90. P. 533–545. <https://doi.org/10.1002/mrd.23661>
30. Villa-Mancera A., Méndez-Rosas M., Cruz-Aviña J. Effect of heat stress on the reproductive performance of sows: comparison of different thermal-comfort indices in a temperate climate. *Animal Production Science*. 2024. Vol. 64, AN23181. <https://doi.org/10.1071/AN23181>

Стаття надійшла до редакції 03.04.2026

Стаття пройшла рецензування 13.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Сергій Арапакі,

аспірант, кафедра технології виробництва і переробки продукції тваринництва
Одеський державний аграрний університет,

м. Одеса, Україна

ORCID ID: 0009-0007-6672-3526

email: s.arapaki87@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ТА АПРОБАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЕНЕРГООЩАДНОЇ ГОДІВЛІ СВИНЕЙ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНИХ КОРМОВИХ РЕСУРСІВ

Анотація

Поточна ситуація у тваринництві, що складається в світі, яка обумовлена кліматичними змінами, військовими діями, коливанням ринкових цін на корми і так далі, тому за цих обставин питання енергоощадної годівлі є ключовим для забезпечення продуктивності свиней, що й обумовлює актуальність наших досліджень. Крім того, пшениця є одним із основних злакових інгредієнтів в раціонах свиней, проте вважається, що значна кількість пшениці, як правило, порушує травлення через утворення в шлунку свиней формування гіперклейкої маси, що ставить ефективність використання такої кількості пшениці під сумнів.

Мета роботи полягала у проведенні моделювання та апробації елементів енергоощадної годівлі свиней в умовах обмежених кормових ресурсів, коли часто ті чи інші кормові інгредієнти є в дефіциті, а пшениця для прикладу є в надлишку, звідси господарство вимушено використовує пшеницю понад 60 % у структурі комбікорму, тому варто науково обґрунтувати в сучасних умовах як це впливає на продуктивність, статус здоров'я свиней основного стада та молодняку свиней різного віку.

Даний науково-господарський експеримент проводили за загальноприйнятими методиками у тваринництві та свиначстві зокрема.

Використання підвищеної кількості пшениці у комбікормі, але за умови балансу базових ключових показників раціону, не виявило жодного негативного впливу на показники відтворювальної здатності свиноматок і кнурів основного стада. Підвищення частки пшениці у структурі комбікормів молодняку свиней до 62,4 % має незначний негативний вплив (лише тенденцію) на інтенсивність росту та конверсію корму (вік досягнення живої маси 100 кг у тварин дослідної групи був дещо вищим і становив 165,7 діб проти 164,4 доби у тварин контрольної групи) на фоні тенденції до покращення м'ясних характеристик свиней дослідної групи (зменшення товщини шкури на рівні 6-7 грудних хребців до 13,16 мм у тварин порівняно з 14,90 мм у тварин контрольної групи), що у певній мірі може бути доцільним з огляду підвищених вимог та попиту на ринку до більш пісної свинини.

Ключові слова: *раціони годівлі, свиноматки, молодняк свиней, склад комбікорму, продуктивність, морфологічний, біохімічний склад крові.*

Вступ. Поточна ситуація у тваринництві, що складається в світі, яка обумовлена кліматичними змінами (глобальне потепління, посухи, відсутність врожаю на окремі культури), військовими діями (порушення логістики постачання та кормової бази, дефіцит трудових ресурсів, зростання виробничих витрат, послаблення біобезпеки, окупація територій, тощо), коливанням

ринкових цін на корми і так далі. Виходячи із зазначеного технологам свинарських підприємств доводиться вирішувати різноманітні поточні актуальні задачі, що спрямовані на розробку та впровадження різних методів і підходів до ключових складових технології виробництва свинини з питань генетики, селекції, годівлі та утримання [1-7], при чому за цих обставин питання енергоощадної годівлі є ключовим для забезпечення необхідного рівня продуктивності свиней, що й обумовлює актуальність наших досліджень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Тривалий час в Україні існувала стала думка, що ячмінь є базовою злаковою культурою у раціонах годівлі усіх сільськогосподарських тварин та свиней зокрема, тому до складу комбікормів фуражний ячмінь (особливо за умови його очищений від плівок та ості (обрушений) включають до 70-75% [8].

Які типові інгредієнти комбікорму полюбляють споживати сучасні генотипи свиней в умовах промислового виробництва? Такі виробничі дослідження ще у 2009 році здійснили науковці й практики в умовах Іспанії, які поставили задачу визначити яким злаковим культурам віддають перевагу свині в раціоні за забезпечення їм вільного вибору. Задля досягнення мети було сформовано різні типи комбікорми з дотриманням принципу ідентичної поживності, де кожному компоненту, що перевіряли відводили 60 % в структурі комбікорму. При цьому застосовували різні варіанти підготовки кормових інгредієнтів для включення їх у склад комбікорму. Отримали доволі цікаві наступні результати, оскільки найкращий рівень споживання виявлено у піддослідних свиней мав рис, проте це у певній мірі залежно від способу його підготовки до згодовування тваринам. Як результат, комбікорм з 60 % вмістом рису обирали у 43-52 % випадків під час експерименту. Цікавим фактом виявилось згодовування раціонів годівлі з очищеним від плівок (обрушеним) вівсом, а за умови ще й процесу екструзії цього інгредієнту такий корм обирали у 81,8 % випадків, проте, якщо корм процесу мікронізації, його обирали лише у 25 % випадків. Зауважимо, що комбікорм на базі неочищеного вівса споживався лише на рівні 3-8 %. До речі, необроблену кукурудзу обирали також лише у 8-11 % випадків, проте як тільки даний інгредієнт екструдували ситуація щодо споживання докорінно змінювалася. Стосовно пшениці і ячменю, то незалежно від способу підготовки в сирому чи екструдованому вигляді споживалися цих кормів було на рівні 21-23 %. Крім того, комбікорм на основі непідготовленого жита споживався в межах 29 %. Звідси, серед звичних для європейських країн інгредієнтів у раціонах годівлі свиней, що використовують, як правило, без додаткової термічної обробки перед згодовуванням тваринам, гірше всього споживається кукурудза, а найкраще – це жито. Встановлений розподіл за рівнем споживання пояснюється диференційованим вмістом цукрів серед традиційних для раціонів свиней кормових інгредієнтів в умовах європейських країн [9].

Сьогодні в Україні для годівлі свиней використовують низку злакових кормів, що представлені пшеницею, ячменем, кукурудзою, житом, тритикале. Кожен із цих кормових інгредієнтів має свої сильні та слабкі сторони з позиції

формування коректних раціонів годівлі та через низький або помірний вміст сирого протеїну потребують включення до складу раціонів високобілкових бобових культур – гороху, нуту, високобілкових технічних культур – соняшникового шроту, соєвого шроту, а також обов'язкового включення до складу раціону низки біологічно-активних речовин: макро-, мікроелементів, вітамінів, ферментів, органічних кислот, адсорбентів токсинів і т.д. [10-13].

Є цікаві напрацювання польських науковців, які засвідчують, що у разі згодовування свиням гібридного жита тварини віддають перевагу споживанню такого корму до 28,7%, навіть за умови 60 % вмісту гібридного жита в раціонах годівлі молодняку свиней, тому що воно смакує дещо краще порівняно із звичним для вітчизняних та європейських виробників зерна пшениці, яке у тварин контрольної групи було в складі комбікорму теж займало 60 % [9].

Для пшениці характерні відносно значний вміст сирого протеїну на фоні доволі низького вмісту клітковини, проте до складу комбікормів призначених для свиней може бути введено до 80% пшениці. У той же час значна кількість пшениці, як правило, порушує травлення через утворення в шлунку свиней формування гіперклейкої маси [8], що ставить ефективність використання такої кількості пшениці під сумнів.

Крім того, для підвищення апетиту споживання, рівня перетравності, а звідси продуктивності свиней за умови використання завищеної кількості якогось інгредієнту раціону використовують пребіотики, органічні кислоти, адсорбенти токсинів, а також дотримуються «ідеального» балансування раціонів за ключовими показниками (енергетична, протеїнова поживність, вміст сирової клітковини і т.д.) [10-13].

Мета даної роботи полягала у проведенні моделювання та апробації елементів енергоощадної годівлі свиней в умовах обмежених кормових ресурсів за рахунок використання різних підходів щодо формування коректних раціонів годівлі в умовах військового стану, коли часто ті чи інші кормові інгредієнти є в дефіциті – наприклад кукурудза, ячмінь, а пшениця є в надлишку, звідси господарство вимушено використовує пшеницю понад 50 % у структурі комбікорму, тому варто було науково обґрунтувати як це впливає на продуктивність, статус здоров'я свиней основного стада та молодняку свиней різного віку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Задля виробничої необхідності та досягнення поставленої мети проведено науково-господарський дослід у період 2023-2025 рр. в умовах ПП ГСП Березівського району Одеської області. Моделювання (розробка раціонів годівлі свиней) відбувалася за використання спеціалізованої програми *Ultramix Professional* та відповідної довідникової профільної літератури щодо існуючих норм годівлі свиней [20]. При цьому задля складання коректних раціонів годівлі свиней проводили фактичні лабораторні дослідження низки кормових інгредієнтів на прикладі зернової та білкової груп кормів, а також біологічно активних речовин (кормової крейди, різних джерел фосфору, кристалічних амінокислот). Крім того, проводили контроль готових зразків комбікормів, що використовували для

годовлі піддослідних груп свиней. Фактичні дослідження кормів проводили в умовах спеціалізованої лабораторії з дослідження кормів *Frank Wright LTD (Ashbourne, United Kingdom)* з використанням методу інфрачервоної спектроскопії або методами мокрої хімії в разі потреби. Дана задіяна лабораторія сертифікована відповідно існуючих стандартів (*UFAS; Femas*).

Даний науково-господарський експеримент проводили за загальноприйнятими методиками у тваринництві та свинарстві зокрема [14, 15, 18, 19]. Загальна схема досліду (табл. 1) показує, що задля досягнення поставленої мети досліду були сформовані контрольні та дослідні групи тварин за принципом пар-аналогів з урахуванням породної належності свиней: свиноматки та ремонтні свинки мали гібридне походження F_1 ($\frac{1}{2}$ велика біла + $\frac{1}{2}$ ландрас), кнури мали термінальне походження, відгодівельний молодняк теж був складного гібридного походження ($\frac{1}{4}$ велика біла + $\frac{1}{4}$ ландрас + $\frac{1}{4}$ п'єтрен + $\frac{1}{4}$ дюрок).

Табл. 1

Загальна схема досліду щодо вмісту пшениці у структурі комбікормів різних статевих-вікових та фізіологічних груп, %

Групи тварин	Статєво-вікові групи свиней							
	основне стадо			молодняк				ремонт-ний молод-няк
	свиноматки		кнури-плід-ники	жива маса, кг				
	холості/поросні	лактуючі		15-30	30-60	60-90	90-110	
Контрольні	40,0	27,0	27,0	25,5	32,4	31,5	31,5	40,0
Дослідні	66,5	57,0	57,0	55,5	62,4	61,5	61,5	66,5

Крім того, при формуванні груп тварин за дотримання принципу пар-аналогів враховували стан здоров'я тварин, вік, розвиток тварин.

Раціони свиней різного віку та фізіологічного стану контрольних груп склалися з кукурудзи, ячменю, пшениці, соєвої макухи, гороху, пшеничних висівок, рослинної олії, кормової крейди, монокальцій фосфату, кухонної солі, кристалічних амінокислот (лізин, метіонін, треонін), адсорбенту токсинів («Клінофід»), підкислювача («Нуфоцид»), монокальцій фосфату, пребіотичного комплексу «ФІЗ»), цукру (лише для групи молодняку живою масою 15-30 кг) у різних кількостях з урахуванням фізіологічних та вікових потреб тварин [20].

Раціони свиней різного віку та фізіологічного стану дослідних груп містили аналогічні складові, проте за умови відсутності кукурудзи та ячменю вміст пшениці та пшеничних висівок був значно підвищений понад 55,5-66,5 %.

Продуктивність свиней основного стада оцінювали за кількістю свиноматок, що мали плідне осіменіння за результатами першого штучного осіменіння (% від тих, що прийшли в охоту), багатоплідністю свиноматок, живою масою гнізда при відлученні, середньою масою 1 голови молодняку при відлученні, рівнем збереженості молодняку за підсисний період, кондицією свиноматок за 5-ти бальною шкалою на різних етапах фізіологічного стану

(холостий, поросний, підсисний періоди) за загальноприйнятими у свинарстві методиками досліджень [14].

Біометричне опрацювання результатів досліджень та їх подальшу інтерпретацію проводили методом варіаційної статистики за напрацювання Сергія КРАМАРЕНКА та інших [16, 17] на базі середовища загальнодоступної прикладної комп'ютерної програми *MS Excel 2010*.

Результати досліджень. Фактичний аналіз комбікормів за базовими критеріями при годівлі свиней основного стада різного фізіологічного стану в перерахунку на 1 кг сухої речовини комбікормів представлено у таблиці 2.

Табл. 2

Фактичний аналіз комбікормів за базовими критеріями при годівлі свиней основного стада різного фізіологічного стану в перерахунку на 1 кг сухої речовини комбікормів

Показник	Групи тварин					
	контрольні			дослідні		
	свиноматки		кнурі-плідники	свиноматки		кнурі-плідники
	холості/поросні/ремонтні свинки	лактуючі		холості/поросні/ремонтні свинки	лактуючі	
Обмінна енергія, МДж	13,02	13,53	13,53	13,07	13,54	13,54
Сирий протеїн, %	13,68	16,05	16,05	14,13	16,65	16,65
Сирий жир, %	3,65	5,51	5,51	3,30	5,05	5,05
Сира клітковина, %	3,70	3,87	3,87	3,46	3,68	3,68
Сира зола, %	4,14	4,40	4,40	4,17	4,46	4,46
Лізін, %	0,69	0,90	0,90	0,68	0,91	0,91
Метіонін, %	0,29	0,24	0,24	0,21	0,24	0,24
Метіонін + цистин, %	0,47	0,53	0,53	0,48	0,55	0,55
Треонін, %	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55
Триптофан, %	0,16	0,19	0,19	0,17	0,21	0,21
Са, %	0,72	0,77	0,77	0,72	0,77	0,77
Р, %	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Засвоюваний Р, %	0,55	0,47	0,47	0,53	0,45	0,45
Співвідношення Са : Р	1,17 :1	1,27 :1	1,27 :1	1,17 :1	1,27 :1	1,27 :1
Na, %	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Співвідношення лізін : О.Е.	0,53 :1	0,67 :1	0,67 :1	0,52 :1	0,67 :1	0,67 :1

Аналіз раціонів годівлі свиней основного стада довів, що використання підвищеної кількості пшениці у тварин основного стада взамін відсутності у складі комбікорму кукурудзи та пшениці дозволяє скласти практично ідентичні раціони годівлі свиноматок і кнурів основного стада для тварин контрольних і дослідних груп. Простежується тенденція до збільшення рівня сирого протеїну на фоні зменшення вмісту сирової клітковини у раціонах тварин дослідних груп, що цілком обумовлено специфічністю пшеницю як кормового інгредієнту.

Аналіз комбікормів за базовими критеріями при годівлі молодняку свиней на етапі дорощування та відгодівлі представлено у таблиці 3. Аналогічні закономірності та висновки щодо коректності раціонів годівлі молодняку та тенденцію до збільшення рівня сирого протеїну на фоні зменшення вмісту сирової клітковини відповідають аналогічним висновкам щодо тварин основного стада.

Табл. 3

Фактичний аналіз комбікормів молодняку свиней на етапі дорощування та відгодівлі в перерахунку на 1 кг сухої речовини комбікормів

Показник	Групи тварин							
	контрольні				дослідні			
	жива маса, кг				жива маса, кг			
	15-30	30-60	60-90	90-110	15-30	30-60	60-90	90-110
Обмінна енергія, МДж	13,71	13,45	13,14	13,14	13,72	13,46	13,28	13,28
Сирий протеїн, %	18,02	16,29	15,50	15,50	18,62	16,89	15,80	15,80
Сирий жир, %	5,35	4,74	3,74	3,74	4,89	4,28	3,48	3,48
Сира клітковина, %	3,76	3,65	4,12	4,12	3,57	3,46	3,65	3,65
Сира зола, %	4,70	4,15	4,02	4,02	4,76	4,21	3,97	3,97
Лізин, %	1,32	1,16	1,03	1,03	1,32	1,17	1,02	1,02
Метіонін, %	0,41	0,36	0,33	0,33	0,41	0,36	0,32	0,32
Метіонін + цистин, %	0,71	0,65	0,60	0,60	0,73	0,66	0,61	0,61
Треонін, %	0,91	0,83	0,70	0,70	0,91	0,83	0,70	0,70
Триптофан, %	0,21	0,19	0,18	0,18	0,22	0,20	0,19	0,19
Ca, %	0,71	0,64	0,59	0,59	0,71	0,64	0,59	0,59
P, %	0,63	0,56	0,54	0,54	0,70	0,56	0,53	0,53
Засвоюваний P, %	0,56	0,43	0,40	0,40	0,53	0,41	0,38	0,38
Співвідношення Ca : P	1,12: 1	1,16 : 1	1,10 : 1	1,10 : 1	1,20 : 1	1,15 : 1	1,10: 1	1,10 : 1
Na, %	0,17	0,21	0,21	0,21	0,17	0,21	0,21	0,21
Співвідношення лізин / O.E.	0,96 : 1	0,86 : 1	0,78 : 1	0,78 : 1	0,96	0,87:1	0,76:1	0,76:1

Оцінка кондиції свиноматок при використанні підвищеної кількості пшениці у раціоні представлена у таблиці 4.

Табл. 4

Оцінка кондиції свиноматок при використанні підвищеної кількості пшениці у раціонах годівлі, $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$

Показник	Групи тварин							
	свиноматки			кнур-плід-ники	свиноматки			кнур-плід-ники
	холості	поросні	лактуючі		холос-ті	поро-сні	лактую-чі	
І серія повторень								
n	18	15	15	3	18	15	15	3
Кондиція тіла, балів	2,38 ± 0,086	3,23 ± 0,137	2,80 ± 0,117	2,66 ± 0,166	2,58 ± 0,077	3,39 ± 0,130	2,92 ± 0,088	2,83 ± 0,333
ІІ серія повторень								
n	18	15	15	3	18	15	15	3
Кондиція тіла, балів	2,36 ± 0,079	3,25 ± 0,128	2,77 ± 0,124	2,71 ± 0,156	2,60 ± 0,081	3,37 ± 0,125	2,84 ± 0,092	2,78 ± 0,166

Таким чином, проведена оцінка кондиції свиноматок контрольних (традиційний набір злакових інгредієнтів у складі комбікорму) та дослідних (використання підвищеної кількості пшениці у раціонах годівлі) груп тварин основного стада не виявив достовірної різниці між групами, простежується лише тенденція до підвищення кондиції тіла у тварин дослідних груп, проте тварини основного стада як контрольних так і дослідних груп мали кондицію, що відповідала 2,5-3,0 балам та є цілком виправданою для тварин призначених для відтворення.

Наступним етапом наших досліджень була оцінка відтворювальної здатності свиноматок та кнурів, результати якої представлені у таблиці 5.

Табл. 5

Оцінка відтворювальної здатності свиноматок та кнурів основного стада контрольної та дослідної груп, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$

Показник	Група тварин	
	контрольна	дослідна
Цех осіменіння		
n	18	18
Холостий період, діб	4,5 ± 0,071	4,4 ± 0,082
Кількість свиноматок, що прийшли в охоту після відлучення, гол./%	18/ 100	18/ 100
Заплідненість, %	15/ 83,3	18/ 88,8
Показники спермопродукції кнурів-плідників:		
Кількість оцінених еякулятів	39	38
Об'єм еякуляту, мл	297,4 ± 6,45	301,7 ± 7,17
Концентрація спермій, млрд/ мл	0,271 ± 14,22	0,264 ± 15,92
Прямолінійна поступальна рухливість спермій, %	86,5 ± 1,51	85,9 ± 1,45
Цех утримання поросних свиноматок		
n		
Кількість свиноматок, що переведені до цеху опоросу, гол./%	15/ 100	15/ 100
Цех опоросу		
n	15	15
Багатоплідність, гол	12,3 ± 0,25	12,2 ± 0,31
Великоплідність, кг	1,41 ± 0,02	1,40 ± 0,03
При відлученні у 28 діб:		
- кількість поросят, гол.	11,4 ± 0,25	11,5 ± 0,31
- жива маса гнізда, кг	90,06 ± 1,98	93,15 ± 2,08
- середня маса 1 гол., кг	7,9 ± 0,09	8,1 ± 0,12
- збереженість, %	92,7	94,3

Аналіз одержаних нами результатів щодо відтворювальної здатності свиноматок і кнурів за різного використання кількості пшениці у структурі комбікорму доводить, що використання підвищеної кількості пшениці у комбікормі, але за умови балансу базових ключових показників раціону, немає

негативного впливу на показники відтворювальної здатності тварин основного стада, оскільки достовірної різниці між групами за вивченими показниками не виявлено, лише певні тенденції, що не мають чіткої закономірності.

Аналіз відгодівельних та м'ясних ознак продуктивності молодняку свиней контрольної та дослідної груп в умовах інтенсивної відгодівлі (табл. 6) показав, що тварини як контрольної, так і дослідної груп виявляли доволі хороші ознаки продуктивності. Так, заміна кукурудзи і ячменю на пшеницю, яка сягала до 62,4 % в загальній структурі комбікорму в цілому не мала негативного впливу, оскільки вік досягнення живої маси 100 кг складав 164,4-165,7 діб, достовірної різниці між групами не виявлено, але даний показник у тварин дослідної групи був дещо вищим і становив 165,7 діб проти 164,4 доби у тварин контрольної групи, що свідчить про незначне уповільнення темпів росту через зменшення апетиту споживання комбікорму у дослідній групі. Це підтверджується і зниженням середньодобового приросту на 14,2 г (867,4 г проти 881,6 г відповідно у молодняку дослідної та контрольної груп). Витрати корму на 1 кг приросту у дослідній групі також були дещо вищими (3,22 кг проти 3,17 кг відповідно), що може свідчити про незначне зниження ефективності використання корму з підвищеним вмістом пшениці у структурі комбікорму.

Табл. 6

Відгодівельні та м'ясні ознаки молодняку свиней контрольної та дослідної груп в умовах інтенсивної відгодівлі, $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$

Показник	Група тварин	
	контрольна	дослідна
Вік досягнення живої маси 100 кг, діб	164,4 $\pm$ 0,49	165,7 $\pm$ 0,57
Середньодобовий приріст (30-100 кг), г	881,6 $\pm$ 8,24	867,4 $\pm$ 9,11
Витрати корму, кг	3,17 $\pm$ 0,16	3,22 $\pm$ 0,14
М'ясні ознаки		
Товщина шпику, мм	14,90 $\pm$ 0,38	13,16 $\pm$ 0,49

Водночас позитивним ефектом такої годівлі є тенденція до покращення м'ясних якостей у молодняку свиней, зокрема зменшення товщини шипу на рівні 6-7 грудних хребців до 13,16 мм у тварин дослідної групи порівняно з 14,90 мм у тварин контрольної групи.

Таким чином, підвищення частки пшениці у структурі комбікорму до 62,4 % має незначний негативний вплив на інтенсивність росту та конверсію корму, проте відзначається тенденцією до покращення м'ясних характеристик свиней, що у певній мірі може бути доцільним з огляду підвищених вимог та попиту на ринку до більш пісної свинини.

Задля кращого розуміння впливу підвищення частки пшениці у структурі комбікормів для молодняку свиней вивчали морфологічний і біохімічний аналіз крові тварин у 120-добовому віці (табл. 7-8), який засвідчив абсолютну

відсутність різниці щодо статусу здоров'я тварин, гематологічні показники яких цілком були в нормі та наближеними один до одного.

Табл. 7

Морфологічний аналіз крові молодняка свиней у 120-добовому віці, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$

Показник	Фізіологічна норма	Група тварин	
		контрольна	дослідна
Гемоглобін, г/л	90,0-125,0	111,3 $\pm$ 2,74	1114,0 $\pm$ 2,81
Еритроцити, г/л	5,0-7,5	3,8 $\pm$ 0,04	3,7 $\pm$ 0,03
Кольоровий показник	0,7-1,0	0,9 $\pm$ 0,01	0,9 $\pm$ 0,02
Лейкоцити, г/л	8,0-16,0	6,5 $\pm$ 0,33	5,9 $\pm$ 0,29
ШОЕ, мм/ год	2,0-9,0	4,3 $\pm$ 0,14	4,4 $\pm$ 0,16
Нейтрофіли, %:			
- мієлоцити	0,0	0	0
- метамієлоцити	0,0	0	0
- палочкоядерні	2,0-4,0	2,1 $\pm$ 0,21	2,9 $\pm$ 0,17
- сегментоядерні	40,0-48,0	43,9 $\pm$ 0,32	44,7 $\pm$ 0,36
Еозинофіли	0,0-4,0	1,3 $\pm$ 0,29	1,5 $\pm$ 0,37
Базофіли	0,0-1,0	0	0
Лімфоцити	40,0-55,0	51,0 $\pm$ 0,49	41,6 $\pm$ 0,55
Моноцити	3,0-6,0	3,1 $\pm$ 0,21	3,5 $\pm$ 0,22

Табл. 8

Біохімічний аналіз крові молодняка свиней у 120-добовому віці, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$

Показник	Фізіологічна норма	Група тварин	
		контрольна	дослідна
Глюкоза, ммоль/ л	3,6-6,4	6,1 $\pm$ 0,29	6,4 $\pm$ 0,18
Загальний білок, г/л	53,0-67,0	65,8 $\pm$ 1,24	66,9 $\pm$ 1,26
Альбуміни, г/л	35,0-45,0	42,6 $\pm$ 0,72	41,9 $\pm$ 0,70
Глобуліни, г/л	30,0-65,0	57,4 $\pm$ 0,72	58,1 $\pm$ 0,70
А/Г коефіцієнт	0,7-2,2	0,74	0,72
α_1 -глобуліни, %	15-20	4,9 $\pm$ 0,10	4,5 $\pm$ 0,10
α_2 -глобуліни, %		11,1 $\pm$ 0,19	12,5 $\pm$ 0,21
β -глобуліни, %	12-25	16,2 $\pm$ 0,34	16,1 $\pm$ 0,41
γ -глобуліни, %	17-25	25,2 $\pm$ 0,20	25,0 $\pm$ 0,17
Сечовина, ммоль/ л	3,3-9,0	3,9 $\pm$ 0,09	3,8 $\pm$ 0,08
Креатинін, мкмоль/ л	0,07-0,16	0,08 $\pm$ 0,001	0,10 $\pm$ 0,001
Білірубін, мкмоль/ л	0,3-8,2	8,1 $\pm$ 0,07	8,9 $\pm$ 0,08
Холестерин, ммоль/ л	1,0-3,5	3,5 $\pm$ 0,37	3,3 $\pm$ 0,27
Триглицериди, ммоль/ л	0,2-0,9	0,7 $\pm$ 0,16	0,8 $\pm$ 0,12
β -ліпопротеїди, %	-	39,0 $\pm$ 4,44	38,4 $\pm$ 4,57
АЛТ, од/л	14,0-47,0	14,9 $\pm$ 0,01	15,7 $\pm$ 0,01
АСТ, од/л	13,0-65,0	15,7 $\pm$ 0,02	15,9 $\pm$ 0,02
α -амілаза, од/л	до 3500	114,5 $\pm$ 2,80	109,8 $\pm$ 3,14
Лужна фосфатаза, од/л	30,0-150,0	90,8 $\pm$ 3,23	87,7 $\pm$ 3,17
Са, ммоль/ л	2,2-3,5	2,2 $\pm$ 0,04	2,4 $\pm$ 0,03
Р, ммоль/ л	1,29-1,94	1,8 $\pm$ 0,03	1,9 $\pm$ 0,04
Са : Р	1,5 : 1	1,22 : 1	1,26 : 1

Щодо детального розгляду аналізів морфологічних і біохімічних показників крові встановлено, що включення пшениці у структуру комбікорму молодняку свиней на етапах вирощування й відгодівлі на рівні до 62,4 % без використання кукурудзи та ячменю не призвело до будь-яких суттєвих негативних змін у всіх морфологічних і біохімічних показниках крові молодняку свиней, що в цілому вказує на збереження необхідного здорового фізіологічного статусу тварин.

Стосовно вуглеводного та білкового обміну зазначимо, що рівень глюкози у крові тварин дослідної групи знаходився на верхній межі фізіологічної норми (6,4 ммоль/л проти 6,1 ммоль/л у контролі), що може лише вказувати на дещо більш інтенсивніший енергетичний обмін при використанні раціонів годівлі із високим вмістом пшениці у комбікормі.

Стосовно концентрації загального білка, то у тварин дослідної групи виявлено тенденцію до незначного підвищення (66,9 г/л проти 65,8 г/л). Це у певній мірі вказує на дещо кращий рівень протеїнового живлення. При цьому вміст альбумінів дещо знизився на фоні зростання рівня глобулінів, що призвело в результаті до незначного зниження такого показника, як альбуміно-глобуліновий коефіцієнт (відповідно 0,72 проти 0,74), проте всі ці зміни цілком були у межах існуючої фізіологічної норми для тварин у цьому віці.

Імунобіологічний статус організму молодняку свиней оцінюють за фракційним складом глобулінів, який у цілому залишався у наших дослідженнях цілком стабільним. При цьому, вміст γ -глобулінів, що характеризують гуморальний імунітет, залишався на високому рівні (25,0-25,2 %), що в першу чергу свідчить про достатню імунну реактивність організму. Також, не мали суттєвих коливань α - та β -глобуліни.

Стосовно азотистого обміну й функції нирок виявили, що рівень сечовини і креатиніну в обох групах знаходився у межах фізіологічної норми, що відповідно вказує на відсутність негативного впливу раціонів тварин дослідних груп на їх білковий обмін, а також на функціональний стан нирок.

Аналіз функціонального стану печінки за показником білірубіну засвідчив, що даний показник знаходився на верхній межі фізіологічної норми (8,1 та 8,9 мкмоль/л відповідно) у обох груп тварин. Це свідчить про відсутність будь-якого порушення функції печінки, про відсутність навантаження на гепатобіліарну систему та про відсутність впливу факторів годівлі типу високий рівень крохмалю, наявність мікотоксинів, тощо. У той же час активність ферментів АЛТ та АСТ також була у межах фізіологічної норми, що підтверджує відсутність гострих деструктивних процесів у печінці, хоча повністю не виключає функціональних порушень.

Ретельний аналіз ліпідного обміну показав, що рівень холестерину та тригліцеридів у дослідній групі був у межах фізіологічної норми та практично не відрізнявся від контролю, що свідчить про абсолютну стабільність ліпідного обміну.

Крім того, аналіз мінерального обміну за показниками концентрації кальцію та фосфору у сироватці крові теж відповідала існуючим фізіологічним нормам. Важливо, що при цьому співвідношення кальцію і фосфору у дослідній групі було дещо незначно вищим (1,26:1 проти 1,22:1), хоча й цілком залишалось близьким до оптимального, проте це ми не пов'язуємо із впливом специфічності раціонів дослідної групи.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

Використання підвищеної кількості пшениці у комбікормі, хоча й за умови балансу базових ключових показників раціону, слід розглядати як вимушений захід, оскільки жоден із кормів не є ідеальним, що часто призводить до зменшення рівня споживання готового комбікорму з усіма наслідками зниження продуктивності.

Використання підвищеної кількості пшениці у комбікормі, але за умови балансу базових ключових показників раціону, не виявило жодного негативного впливу на показники відтворювальної здатності свиноматок і кнурів основного стада, оскільки достовірної різниці між групами за вивченою низкою базових показників не виявлено, лише певні тенденції, що не мають чіткої закономірності. Показники продуктивності свиней основного стада, як контрольної, так і дослідної груп в цілому відповідали показникам кращих ферм вітчизняних і європейських стандартів.

Використання підвищеної кількості пшениці у раціонах годівлі свиней стало можливим через використання у господарстві спеціалізованих преміксів, що містять ферментні комплекси, що спрямовані на підвищення перетравності.

Підвищення частки пшениці у структурі комбікормів молодняку свиней до 66,5 % має незначний негативний вплив (лише тенденцію) на інтенсивність росту та конверсію корму (вік досягнення живої маси 100 кг у тварин дослідної групи був дещо вищим і становив 165,7 діб проти 164,4 доби у тварин контрольної групи) на фоні тенденції до покращення м'ясних характеристик свиней дослідної групи (зменшення товщини шкури на рівні 6-7 грудних хребців до 13,16 мм у тварин порівняно з 14,90 мм у тварин контрольної групи), що у певній мірі може бути доцільним з огляду підвищених вимог та попиту на ринку до більш пісної свинини.

Витрати корму на 1 кг приросту у дослідній групі також були дещо вищими (3,22 кг проти 3,17 кг відповідно), що може свідчити про незначне зниження ефективності використання корму з підвищеним вмістом пшениці у структурі комбікорму.

Вимушене використання раціонів годівлі із високим вмістом пшениці (до 62,4%) у годівлі молодняку свиней загалом не порушує основні показники обміну речовин і не має суттєвого негативного впливу на фізіологічний стан та здоров'я тварин на інтенсивній відгодівлі молодняку.

У найближчій перспективі передбачено подальші дослідження щодо збільшення вмісту пшениці на заключному етапі відгодівлі до 80 % в структурі комбікорму на фоні абсолютного балансу раціону за більшістю базовими критеріями раціону.

Список використаних джерел

1. Olena Kotykova O., Babykh M., Nadvynychnyy S., Pohorielova O. (2025). Agriculture in Ukraine: Regional and Global Impacts of the war. *European Countryside*. 17(1) : 204-227. DOI: 10.2478/euco-2025-0011
2. FAO report: agriculture remains a lifeline for rural families in war-affected Ukraine. *FAO.ORG* https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report--agriculture-remains-a-lifeline-for-rural-families-in-war-affected-ukraine/en?utm_source=chatgpt.com (date of application 01.05.26).
3. 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. DOI [10.37143/2786-7730-2025-5-6\(83-84\)11](https://doi.org/10.37143/2786-7730-2025-5-6(83-84)11)
4. Сусол Р., Арапакі С. Розробка та впровадження елементів енергоощадної годівлі свиней в умовах обмежених кормових ресурсів під час військового стану. *Аграрний вісник Причорномор'я*, 2025. Вип. 116. С. 127-139. DOI [10.37000/abbsl.2025.116.08](https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.116.08)
5. Deschenko A., Lykhach A., Lykhach V., Lenkov L., Barkar Y., Shpetny M. (2024). The Impact of Ventilation System Type on the Microclimate of Boar's Pen and Their Clinical Triad Parameters. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 2024. 34(3): 420-434. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1424785>
6. Зоря О.; Шостя А., Ващенко П., Безкровний О., Малиш О. Науково-методичні засади інвестиційно- інноваційного розвитку свинарства у регіоні: структурні елементи, інструменти та індикатори результативності. *Агросвіт*. 2026. DOI: 10.32702/2306-6792.2026.4.40.
7. Халак В. І., Гутий Б. В., Бордун О. М. Тривалість продуктивного довголіття свиноматок різного рівня адаптації та життєздатності. *Науково-технічний бюлетень ДН ДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок*. Вип. 25. №1. 2024. С.231-240. DOI: <https://doi.org/10.36359/scivp.2024-25-1.29>
8. Церенюк О. М., Акімов, Косов О. В. (2015). Повноцінна годівля свиней. *Сучасне тваринництво*. <https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnystvo/item/8097-povnotsinna-hodivlia-svynei.html> (дата звернення 01.05.26)
9. Білоус А. (2019). Що смакує свиням? <https://agrotimes.ua/article/shho-smakuye-svynyam/> (дата звернення 01.05.26)
10. Lykhach V., Bezv N., Lykhach A., Balanchuk I., Faustov R., Shaposhnik V. (2026). Influence of a garlic-based additive on performance parameters and intestinal morphology of replacement gilts under commercial conditions in Ukraine. *Veterinary World*. Vol. 19(3): P. 1229–1245. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2026.1229-1245>
11. Ярошко М. Підкислювачі кормів у раціонах свиней – чого від них чекати. *Agroexpert*, 2016. № 8 (97).С. 80-83.
12. Enhancing piglet diets with nutrient analytics. *PIG PROGRESS* <https://www.pigprogress.net/pigs/piglets/enhancing-piglet-diets-with-nutrient-analytics/?> (date of application 01.05.26).
13. Прайссінгер В., Пропстмайер Г., Щерб С. Ефективна відгодівля з малим вмістом сої у кормі. *Agroexpert*, 2017. № 7 (108).С. 94-96.
14. Сучасні методики досліджень у свинарстві/[В. П. Рибалко, М. Д. Березовський, Г. А. Богдановта та ін.]. Полтава: ІС УААН, 2005. 228 с.
15. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / за ред. В. В. Влізла. Львів: СПОЛОМ, 2012. 764 с.

16. Біометричний аналіз мінливості ознак сільськогосподарських тварин і птиці : навч. посіб. / В. П. Коваленко та ін. Херсон, 2010. 225 с.
17. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговий, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв: МНАУ, 2019. 211 с.
18. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві: навчальний посібник/ О. І. Соболев, Недашківський В. М., Р. А. Петришак та ін.; за заг. ред. О. І. Соболева. Біла Церква. 2022. С. 74-81.
19. Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва: підручник для аспірантів / В. І. Ладики, Л. М. Хмельничий, М. Г. Повод та ін. ; за заг. ред. В. І. Ладики, Л. М. Хмельничого. Одеса: Олді+, 2023. 244 с.
20. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин: довідник / Г. В. Проваторов, В. І. Ладики, Л. В. Бондарчук та ін. Суми.: ТОВ «ВТД «Університетська книга», 2007. 488 с.

UDC 636.4:636.085:620.9

Serhii Arapaki,

PhD student, Department of Animal Production and Processing Technology

Odessa State Agrarian University,

Odessa, Ukraine

ORCID ID: 0009-0007-6672-3526

email: s.arapaki87@gmail.com

MODELLING AND TESTING OF ENERGY-EFFICIENT PIG FEEDING STRATEGIES UNDER CONDITIONS OF LIMITED FEED RESOURCES

Abstract

The current global situation in livestock farming, which is driven by climate change, military conflicts, fluctuations in market prices for feed and so on, means that, under these circumstances, the issue of energy-efficient feeding is key to ensuring pig productivity, which explains the relevance of our research. Furthermore, wheat is one of the main cereal ingredients in pig diets; however, it is believed that a significant amount of wheat generally disrupts digestion due to the formation of a hyperviscous mass in the pigs' stomachs, which calls into question the efficiency of using such quantities of wheat.

The aim of the study was to model and test elements of energy-saving pig feeding under conditions of limited feed resources, where certain feed ingredients are often in short supply whilst wheat, for example, is in surplus; hence the farm is forced to use wheat in over 60% of the compound feed formulation; therefore, it is necessary to scientifically substantiate, under current conditions, how this affects the productivity and health status of the main herd and young pigs of various ages.

This scientific and practical experiment was conducted in accordance with generally accepted methods in animal husbandry and pig farming in particular.

The use of a higher proportion of wheat in compound feed, provided that the key nutritional parameters of the diet remain balanced, had no adverse effect on the reproductive performance of sows and boars in the main herd. Increasing the proportion of wheat in the composition of compound feed for young pigs to 62.4% has a slight negative effect (merely a trend) on growth rate and feed conversion (the age at which the experimental group reached a live weight of 100 kg was slightly

higher, at 165.7 days compared to 164.4 days in the control group) against a background of a trend towards improved meat characteristics in the experimental group (a reduction in backfat thickness at the level of the 6th–7th thoracic vertebrae to 13.16 mm in the experimental group compared with 14.90 mm in the control group), which to some extent may be desirable given the increased market requirements and demand for leaner pork.

Keywords: feeding rations, sows, young pigs, compound feed composition, productivity, morphological and biochemical blood composition.

References

1. Olena Kotykova O., Babykh M., Nadvynychnyy S., Pohorielova O. (2025). Agriculture in Ukraine: Regional and Global Impacts of the war. *European Countryside*. 17(1) : 204-227. DOI: 10.2478/euco-2025-0011
2. FAO report: agriculture remains a lifeline for rural families in war-affected Ukraine. *FAO.ORG* https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report--agriculture-remains-a-lifeline-for-rural-families-in-war-affected-ukraine/en?utm_source=chatgpt.com (date of application 01.05.26).
3. Susol R. L. (2025). Aktualnist pytan klimatychno orientoivanoho tvarynnytstva za pidvyshchennia tempiv hlobalnoho poteplinnia u Yevropi (ohliadova). *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo: mizhvidom. temat. nauk. zb. / In-t svynarstva i APV NAAN*. Poltava, 2025. Vyp. 5–6(83–84). P. 164–183. DOI 10.37143/2786-7730-2025-5-6(83-84)11. [in Ukrainian].
4. Susol R., Arapaki S. (2025). Rozrobka ta vprovadzhennia elementiv enerhooschhadnoi hodivli svynei v umovakh obmezhenykh kormovykh resursiv pid chas viiskovoho stanu. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria*, (116), 127-139. DOI 10.37000/abbsl.2025.116.08. [in Ukrainian].
5. Deschenko A., Lykhach A., Lykhach V., Lenkov L., Barkar Y., Shpetny M. (2024). The Impact of Ventilation System Type on the Microclimate of Boar's Pen and Their Clinical Triad Parameters. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 34(3): 420-434. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1424785>
6. Zoria O.; Shostia A., Vashchenko P., Bezkrivnyi O., Malysh O. (2026). Naukovo-metodychni zasady investytsiino- innovatsiinooho rozvytku svynarstva u rehioni: strukturni elementy, instrumenty ta indykatory rezultatyvnosti. *Ahrosvit*. DOI: 10.32702/2306-6792.2026.4.40. [in Ukrainian].
7. Khalak V. I., Hutyi B. V., Bordun O. M. (2024). Tryvalist produktyvnoho dovolittia svynomatok riznoho rivnia adaptatsii ta zhyttiezdatnosti. *Naukovo-tekhnichnyi biuletyn DN DKI veterynarnykh preparativ ta kormovykh dobavok i Instytutu biolohii tvaryn DNDKI vetpreparativ ta kormovykh dobavok*. Vyp. 25. №1. S.231-240. DOI: <https://doi.org/10.36359/scivp.2024-25-1.29>. [in Ukrainian].
8. Tsereniuk O. M., Akimov, Kosov O. V. (2015). Povnotsinna hodivlia svynei. Suchasne tvarynnytstvo. <https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/8097-povnotsinna-hodivlia-svynei.html> (дата звернення 01.05.26). [in Ukrainian].
9. Bilous A. (2019). Shcho smakuie svyniam? <https://agrotimes.ua/article/shho-smakuye-svyniam/> (data zvernennia 01.05.26). [in Ukrainian].
10. Lykhach V., Bezv N., Lykhach A., Balanchuk I., Faustov R., Shaposhnik V. (2026). Influence of a garlic-based additive on performance parameters and intestinal morphology of replacement gilts under commercial conditions in Ukraine. *Veterinary World*. Vol. 19(3): P. 1229–1245. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2026.1229-1245>
11. Iaroshko M. Pidkysliuvachi kormiv u ratsionakh svynei – choho vid nykh chekaty. *Agroexpert*, 2016. № 8 (97). P. 80-83. [in Ukrainian].
12. Enhancing piglet diets with nutrient analytics. *PIG PROGRESS* <https://www.pigprogress.net/pigs/piglets/enhancing-piglet-diets-with-nutrient-analytics/> (date of application 01.05.26).

13. Praissinher V., Propstmaier H., Shcherb S. Efektyvna vidhodivlia z malym vmistom soi u kormi. Agroexpert, 2017. № 7 (108). P. 94-96. [in Ukrainian].
14. Suchasni metodyky doslidzhen u svynarstvi/[V. P. Rybalko, M. D. Berezovskyi, H. A. Bohdanovta ta in.]. Poltava: IS UAAN, 2005. 228 p. [in Ukrainian].
15. Laboratorni metody doslidzhen u biolohii, tvarynnytstvi ta veterynarnii medytsyni : dovidnyk / za red. V. V. Vlizla. Lviv: SPOLOM, 2012. 764 p. [in Ukrainian].
16. Biometrychnyi analiz minlyvosti oznak silskohospodarskykh tvaryn i ptytsi : navch. posib. / V. P. Kovalenko ta in. Kherson, 2010. 225 p. [in Ukrainian].
17. Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn : navchalnyi posibnyk / S. S. Kramarenko, S. I. Luhovyi, A. V. Lykhach, O. S. Kramarenko. Mykolaiv: MNAU, 2019. 211 p. [in Ukrainian].
18. Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynnytstvi: navchalnyi posibnyk/ O. I. Soboliev, Nedashkivskyi V. M., R. A. Petryshak ta in.; za zah. red. O. I. Sobolieva. Bila Tserkva. 2022. P. 74-81. [in Ukrainian].
19. Tekhnolohiia vyrobnytstva ta pererobky produktsii tvarynnytstva: pidruchnyk dlia aspirantiv / V. I. Ladyka, L. M. Khmelnychy, M. H. Povod ta in. ; za zah. red. V. I. Ladyky, L. M. Khmelnychoho. Odesa: Oldi+, 2023. 244 p. [in Ukrainian].
20. Normy hodivli, ratsiony i pozhyvnist kormiv dlia riznykh vydiv silskohospodarskykh tvaryn: dovidnyk / H. V. Provatorov, V. I. Ladyka, L. V. Bondarchuk ta in. Sumy.: TOV «VTD «Universytetska knyha», 2007. 488 p. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 05.04.2026

Стаття пройшла рецензування 15.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Volodymyr Sheiko,

postgraduate student, Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0009-0008-5208-8821

email: attis.ukraine@gmail.com

DYNAMICS OF WEIGHT AND GROWTH RATES OF YOUNG STOCK OF DIFFERENT ORIGINS

Abstract.

The article highlights the relevance of studying the dynamics of live weight and growth rates of young sheep of different genetic origins under the conditions of modern meat sheep production development. It has been established that the intensity of growth in young animals is one of the key indicators of precocity, meat productivity, and the efficiency of selection and breeding work. The relevance of the research is determined by the need to increase sheep productivity through the use of crossbreeding and the selection of genotypes with a high growth and development potential.

The aim of the study was to investigate the peculiarities of growth, development, and formation of weight gains in young animals of different genetic origins. The research was conducted under the conditions of the farm enterprise "Sheyko" in Kyiv region using purebred Dorper sheep and crossbred lambs of different genotypes. Live weight parameters were assessed at different age periods, as well as absolute, average daily, and relative weight gains, growth coefficients, and growth indices.

It was found that purebred Dorper lambs were characterized by higher live weight and average daily gain compared to their crossbred contemporaries. At the same time, three-breed crossbreds demonstrated better growth performance compared to two-breed animals, indicating a positive effect of crossbreeding on the formation of productive traits. The most intensive growth was observed during the suckling period from birth to 3 months of age.

The practical significance of the study lies in the possibility of using the obtained results to improve breeding programs, increase meat productivity of sheep, and substantiate effective crossbreeding schemes in sheep farming.

Keywords: lambs, live weight, crossbreds, average daily gain, growth and development, crossbreeding, meat productivity.

Problem Statement. The efficiency of meat and dual-purpose livestock production is largely determined by the intensity of growth and development of young animals, since it is during the early stages of ontogenesis that the key productive traits are formed, which directly influence the final economic output of production systems. Dynamics of live weight and average daily gains are integral indicators reflecting the interaction between the genetic potential of animals and paratypical factors such as housing conditions, feeding level, and the adaptive capacity of the organism.

The study of young animals of different origins (breed, line, within-breed, or crossbred) is of particular relevance, as genetic diversity directly affects growth intensity, feed conversion efficiency, and resistance to environmental stressors. In the context of climate change, production intensification, and the need to improve resource

efficiency in animal husbandry, optimizing reproductive and productive traits of young stock has become a strategic priority [1, 2, 3, 4].

At the same time, the scientific literature shows a certain fragmentation of data regarding the comparative assessment of growth dynamics of animals with different genetic origins under identical management conditions, which complicates the development of unified approaches to selection and breeding. The relationships between animal origin, growth intensity, and adaptive capacity during early ontogeny also remain insufficiently studied.

In this regard, there is a need for a comprehensive analysis of live weight dynamics and average daily gains in young animals of different origins in order to identify the most productive genetic combinations and improve selection and technological approaches in livestock production. Therefore, the aim of this study is to provide a comprehensive assessment of live weight dynamics and average daily gains in young animals of different origins to determine the influence of genetic factors on growth intensity and to substantiate effective selection and management decisions in animal production. The study also aims to develop scientifically grounded recommendations for production systems regarding growth intensity and development of animals of different origins.

Analysis of Recent Research and Publications. An analysis of contemporary scientific publications indicates that in sheep breeding, the origin of young animals is one of the key factors influencing live weight dynamics, growth intensity, and meat productivity. Researchers place particular emphasis on comparisons between purebred, crossbred, and interbreed progeny, as heterosis effects in sheep are especially pronounced due to the high genetic variability among breeds.

Numerous studies have demonstrated that sheep breeds differ significantly in growth rate and live weight performance of young stock. Specialized meat breeds such as Suffolk, Texel, and Charollais show higher average daily gains compared to wool and dual-purpose breeds [5, 6, 7, 8]. In particular, the Texel breed is characterized by high muscularity and low fat deposition, resulting in increased meat yield, while Suffolk sheep are known for rapid early growth and superior carcass traits [7, 9]. The Charollais breed demonstrates a balanced combination of precocity and meat quality, making it highly effective in commercial crossbreeding systems.

Studies under intensive production systems show that differences in live weight between breeds may reach 10–35% at the age from weaning to 6–8 months, which is directly associated with genetically determined muscle growth capacity and metabolic efficiency.

Crossbreeding and Heterosis in Sheep. One of the most extensively studied areas is the use of crossbreeding in sheep production. Studies confirm that crossbred lambs: have higher live weight at weaning; demonstrate faster average daily gains; exhibit better feed conversion efficiency; show higher survival rates.

In particular, studies on terminal crossbreeding systems (e.g., meat rams × ewes of dual-purpose breeds) have reported an advantage of crossbred lambs at the level of 8–25% in growth performance compared to purebred animals. This is explained by the

manifestation of heterosis in both maternal and direct effects, which is especially important in intensive industrial sheep production systems.

Researchers pay particular attention to comparisons between purebred, crossbred, and interbreed offspring, as heterosis effects in sheep are especially pronounced due to the high genetic variability among sheep breeds [10, 11, 12].

It has been established that genetically more productive crossbreds better realize their growth potential under intensive production systems, whereas purebred animals show better adaptation to extensive conditions.

Thus, contemporary scientific literature convincingly demonstrates that the origin of young animals is a key factor determining live weight formation and growth intensity in sheep. The greatest effect is achieved through crossbreeding and optimization of maternal–paternal genetic combinations. A promising direction is the integration of genetic, technological, and digital approaches to improve the accuracy of growth assessment.

Despite a considerable volume of research, several aspects in sheep production remain insufficiently studied: comprehensive analysis of lamb growth of different origins under identical conditions; stability of heterosis expression across generations; interaction between “breed × housing system × growth intensity”; long-term effectiveness of different crossbreeding schemes.

Thus, the analysis of contemporary scientific publications, monographs, and reports demonstrates that the investigated problem is multifaceted and actively developing in the context of modern agricultural science. The literature review shows that most studies focus on productive traits, adaptive potential of animals, and the influence of housing conditions on physiological status and welfare.

Materials and Methods of Research. The study was conducted under the conditions of the farm enterprise “Sheyko” in Kyiv region on Dorper sheep (D) and crossbred animals with different proportions of Merinolandschaf (Ml) and Romanov (R) blood. The experiment was carried out in two stages.

At the first stage, three groups of ewes were formed: purebred Dorper sheep constituted the control group; Dorper × Romanov crossbreds ($\frac{1}{2}D \times \frac{1}{2}R$) formed the first experimental group; and Merinolandschaf × Romanov crossbreds ($\frac{1}{2}Ml \times \frac{1}{2}R$) formed the second experimental group. These ewes were mated with Dorper rams.

At the second stage, the dynamics of live weight and growth characteristics of the resulting offspring of different origins were evaluated. The control group consisted of purebred Dorper lambs; the first experimental group included two-breed crossbred animals with the genotype $\frac{3}{4}D\frac{1}{4}R$; the second experimental group consisted of three-breed crossbreds $\frac{1}{2}D\frac{1}{4}Ml\frac{1}{4}R$.

Growth and development patterns were assessed based on live weight dynamics, as well as absolute and relative growth rates of purebred and crossbred animals. Index indicators of growth intensity were used, including absolute, average daily, and relative gains, along with modern modifications based on the concept of Yu.K. Sviechin [13].

To calculate the relative growth rate the formula:

$$\hat{A}\tilde{I}\acute{A} = \frac{W_1 - W_0}{0,5(W_1 + W_0)} \cdot 100,$$

where VP is the relative growth rate, %;

W_0 is the live weight at the beginning of the period, kg;

W_1 is the live weight at the end of the period, kg.

The growth coefficient of the experimental young animals was calculated using the following formula:

$$K_i = \frac{W_4}{W_0}, (1)$$

Based on the assumption that different genotypes may exhibit varying intensity of morphogenetic processes—slow, moderate, and fast—the formation intensity index was determined to study these differences. It is calculated as the difference in relative growth rate (W) between adjacent age periods of ontogenesis.

The intensity of formation was calculated according to the methodology of Yu. K. Sviechin [13]:

$$\Delta t = \frac{W_3 - W_0}{0,5(W_3 + W_0)} - \frac{W_6 - W_3}{0,5(W_6 + W_3)},$$

where Δt is the intensity of formation;

W_0 , W_3 , W_6 are the live weights of lambs at birth, 3 months, and 6 months of age, respectively, kg.

The growth uniformity index and growth tension index were determined according to the methodology of V. P. Kovalenko [14]:

$$I_p = \frac{1}{1 + \Delta t} \cdot C_{ДП},$$

where I_r is the growth uniformity index;

ADG is the average daily gain from birth to 6 months of age, kg.

$$I_H = \frac{\Delta t}{BП} \cdot C_{ДП},$$

where I_H is the growth tension index;

ADG is the average daily gain from birth to 6 months of age, g;

VP is the relative growth rate from birth to 6 months of age, %.

Biometric data processing was performed using Microsoft Excel software with the application of standard statistical functions.

Research Results. It was established that at birth, the live weight of ram lambs ranged within 3.95–4.0 kg (Table 1). The live weight of ewe lambs at birth showed a slightly different pattern. The highest live weight was observed in the crossbreds of the second experimental group, amounting to 3.95 kg, which exceeded the indicators of the other groups by 10.9% and 12.2%, respectively.

The best live weight performance at 2 months of age was observed in purebred Dorper ram lambs of the control group (21.2 kg), which exceeded crossbred animals by 8.1% and 3.4%. Among ewe lambs, the highest live weight at 2 months was also recorded in purebred animals, while crossbreds showed lower values by 4.5–8.4%. At the same time, three-breed crossbreds outperformed two-breed crossbreds by 3.4%.

At weaning (3 months of age), purebred ram lambs maintained their advantage in live weight over crossbred counterparts by 8.2% and 2.1%. In ewe lambs, the superiority of the control group was 10.0% and 3.1%.

Table 1.

Dynamics of Live Weight of Lambs of Different Origins (kg), ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

Age, months	Genotype					
	n	D	n	$\frac{3}{4}D \frac{1}{4}R$	n	$\frac{1}{2}D \frac{1}{4}MI \frac{1}{4}R$
ram lambs						
at birth	23	4,0±0,21	36	3,95±0,18	28	4,0±0,25
2	21	21,2±0,72	33	19,6±1,09	26	20,5±1,14
3	21	29,1±0,96	31	26,9±1,51	25	28,5±1,48
4	20	33,4±0,92	31	30,1±1,23*	24	32,8±1,24
6	20	37,8±1,21	30	34,6±1,33	23	36,9±1,18
ewe lambs						
at birth	21	3,52±0,19	38	3,56±0,22	30	3,95±0,20
2	20	19,3±0,57	35	17,8±0,81	27	18,4±0,91
3	19	26,5±1,12	33	24,1±1,03	26	25,7±0,97
4	18	30,2±0,87	31	27,9±0,90	24	29,1±1,02
6	17	33,7±1,17	30	30,9±1,16	24	32,7±1,27

Note: significance of differences compared to group D.

* $P > 0,95$; ** $P > 0,99$; *** $P > 0,999$.

By 6 months of age, purebred ram lambs still maintained a higher live weight compared to crossbreds, with differences of 9.2% and 2.5%. At the same time, among crossbred ram lambs, three-breed animals showed superiority over two-breed counterparts. A similar pattern was observed in ewe lambs, where differences between purebred and crossbred animals reached 9.1% and 3.1%. It should be noted that throughout all observation periods, both ram and ewe lambs showed a tendency toward more intensive live weight gain in purebred Dorper animals.

Sexual dimorphism in the experimental young stock was analyzed. Dorper ram lambs exceeded ewe lambs at birth by 13.6%. In subsequent periods, this difference decreased and ranged from 9.8% to 12.2% ($P > 0.95$). In the first experimental group, this difference ranged from 7.9% to 11.9%. Ram lambs of the second experimental group exceeded ewe lambs by 1.3–12.8%, and at 4 and 6 months of age the differences were statistically significant.

Average daily, relative, and absolute gains, as well as growth coefficients from birth to 6 months of age, were determined based on live weight indicators. The highest average daily gain from birth to 3 months of age was observed in Dorper ram lambs (0.278 kg), which was 2.2–8.6% higher compared to crossbred animals (Table 2). A similar advantage of purebred ram lambs was recorded for absolute and relative growth

rates. It should be noted that three-breed crossbreds of the second experimental group exceeded their counterparts from the first experimental group in average daily gain by 6.2% and in absolute gain by 7.0%.

From 3 to 6 months of age, the pattern remained largely unchanged, with the best performance observed in the control group ram lambs. Their average daily gain was 0.096 kg, while crossbred animals showed values of 0.087 kg and 0.092 kg, respectively. The relative growth rate during this period ranged from 25.1% to 26.0%, with an advantage observed in purebred animals.

Table 2.

Body Weight Gains of Ram Lambs from Birth to 6 Months of Age, ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

Indicator	Genotype		
	D	$\frac{3}{4}D \frac{1}{4}R$	$\frac{1}{2}D \frac{1}{4}MI \frac{1}{4}R$
From birth to 3 months of age			
Average daily gain, kg	0,278±0,01	0,256±0,02	0,272±0,01
Absolute gain, kg	25,2±0,64	23,0±0,93	24,6±0,88
Relative gain, %	151,7	148,8	150,7
Growth coefficient	7,27	6,81	7,13
From 3 to 6 months of age			
Average daily gain, kg	0,096±0,01	0,087±0,01	0,092±0,01
Absolute gain, kg	8,6±0,74	7,7±0,69*	8,4±0,54
Relative gain, %	26,0	25,1	25,7
Growth coefficient	1,3	1,28	1,29
From birth to 6 months of age			
Average daily gain, kg	0,189±0,01	0,172±0,01	0,184±0,01
Absolute gain, kg	33,6±1,12	30,7±1,35	32,9±1,24
Relative gain, %	161,7	159,0	160,9
Growth coefficient	9,45	8,75	9,23

Overall, from birth to 6 months of age, the average daily gain of Dorper ram lambs (0.189 kg) was higher by 9.9% and 2.7% compared to crossbred animals of the experimental groups. Absolute gain over this period ranged from 30.7 to 32.9 kg in crossbred ram lambs and reached 33.6 kg in purebred animals. Regarding relative growth rate, no significant differences were observed among the studied animals. The growth coefficient from birth to 6 months of age ranged from 8.75 to 9.45, with a superiority of purebred animals.

In ewe lambs, the average daily gain from birth to 3 months ranged from 0.228 to 0.257 kg (Table 3). Purebred Dorper animals exceeded two-breed crossbreds of the first experimental group by 12.7% ($P > 0.95$), and three-breed crossbreds by 5.3%. During the period from 3 to 6 months of age, the trend of higher values in purebred Dorper ewe lambs compared to experimental groups persisted; however, the difference decreased to 2.6% and 5.2%.

Overall, from birth to 6 months of age, the highest average daily gain was observed in ewe lambs of the control group – 0.166 kg, which was 8.5% higher than in

crossbreds of the first experimental group and 4.4% higher than in the second experimental group. Purebred animals also showed better performance in terms of absolute and relative gains, as well as growth coefficient over the entire experimental period. It should be noted that no significant difference was found between crossbred ewe lambs in relative growth rate – 158.7% and 156.9%, respectively – and in growth coefficient – 8.68 and 8.23.

Table 3

Body Weight Gains of Ewe Lambs from Birth to 6 Months of Age, ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Indicator	Genotype		
	D	$\frac{3}{4}D \frac{1}{4}R$	$\frac{1}{2}D \frac{1}{4}MI \frac{1}{4}R$
From birth to 3 months of age			
Average daily gain, kg	0,257±0,01	0,228±0,01*	0,244±0,01
Absolute gain, kg	22,8±0,67	20,6±0,78*	21,7±0,77
Relative gain, %	153,1	148,5	146,8
Growth coefficient	7,52	6,76	6,51
From 3 to 6 months of age			
Average daily gain, kg	0,080±0,01	0,076±0,01	0,078±0,01
Absolute gain, kg	7,2±0,53	6,8±0,47	7,1±0,65
Relative gain, %	23,9	24,7	24,0
Growth coefficient	1,27	1,28	1,27
From birth to 6 months of age			
Average daily gain, kg	0,166±0,01	0,153±0,01	0,159±0,01
Absolute gain, kg	30,1±0,97	27,3±1,08	28,9±1,14
Relative gain, %	162,2	158,7	156,9
Growth coefficient	9,57	8,68	8,23

The indicators of formation intensity in ram lambs from birth to 4 months of age were higher in purebred Dorper animals and amounted to 1.572%, whereas in crossbreds they ranged from 1.536 to 1.565% (Table 4). The advantage of AT × M ram lambs was also maintained when analyzing the period from birth to 6 months of age - 1.256% versus 1.237–1.251% in contemporaries of the experimental groups.

Table 4

Growth intensity parameters of young animals of different genotypes ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Indicator	Age, months	Genotype		
		D	³ / ₄ D ¹ / ₄ R	¹ / ₂ D ¹ / ₄ MI ¹ / ₄ R
ram lambs				
Formation intensity, % (Δt)	0-2-4	1,572±0,06	1,536±0,07	1,565±0,08
	0-3-6	1,256±0,07	1,237±0,08	1,251±0,06
Growth uniformity index (Ip)	0-2-4	0,128±0,01	0,114±0,01	0,128±0,01
	0-3-6	0,083±0,01	0,076±0,01	0,081±0,00
Growth tension index (In)	0-2-4	0,143±0,06	0,129±0,04	0,136±0,05

	0-3-6	0,146±0,01	0,132±0,00	0,142±0,01
ewe lambs				
Formation intensity, % (Δt)	0-2-4	1,582±0,07	1,547±0,06	1,522±0,07
	0-3-6	0,755±0,05	0,722±0,04	0,808±0,04
Growth uniformity index (I_p)	0-2-4	0,115±0,00	0,107±0,01	0,114±0,01
	0-3-6	0,073±0,00	0,068±0,01	0,072±0,00
Growth tension index (I_n)	0-2-4	0,133±0,07	0,117±0,07	0,116±0,08
	0-3-6	0,134±0,01	0,119±0,01	0,125±0,01

Growth uniformity index is highest in three-breed crossbreds and purebred animals, reaching 1.128. During the period up to 6 months, the highest value in the control group was 0.083. Purebred ram lambs also showed better growth tension index values—1.143 at 4 months and 1.146 at 6 months.

In ewe lambs, overall growth intensity was comparable to that of ram lambs. However, some specific features were observed. The growth uniformity index at 4 months in Dorper and second experimental group animals was comparable, amounting to 0.115 and 0.114, respectively. A similar pattern was observed for the growth tension index in crossbred ewe lambs over this period, which was 0.117 and 0.116.

Conclusions. It was established that purebred Dorper sheep (control group) consistently demonstrate a higher level of growth intensity and biological conversion of nutrients into productive body mass throughout the entire experimental period. Initial live weight at birth (4.0 kg in ram lambs and 3.52 kg in ewe lambs) indicates a high level of prenatal development and genetically determined precocity of the breed. During subsequent ontogenesis, Dorper sheep ensure consistently higher realization of growth potential, especially during the critical phase of meat productivity formation (2–4 months), when the main muscle mass is formed.

Maximum average daily gains (0.278 kg during 0–3 months) and the highest absolute gains over the entire period (33.6 kg during 0–6 months) confirm that Dorper sheep are characterized by genetically determined high somatic growth intensity, efficient feed energy conversion, and early attainment of marketable condition. This allows the breed to be considered a reference for intensive meat sheep production systems.

Crossbreds of the first experimental group ($\frac{3}{4}D \frac{1}{4}R$) showed the lowest level of growth potential realization among the studied variants. At all ontogenetic stages, they consistently lagged behind purebred animals in live weight (by up to 8.2–9.2% in ram lambs and up to 9.1% in ewe lambs), average daily gains, and growth coefficients. This dynamics indicates an unstable or partially suppressed heterosis effect, which may be caused by genetic disharmony of the parental breeds, insufficient selection uniformity, or differences in maturation rates of growth systems.

Crossbreds of the second experimental group (three-breed $\frac{1}{2}D \frac{1}{4}Ml \frac{1}{4}R$) occupy an intermediate but biologically more stable position. They demonstrate a consistent advantage over two-breed crossbreds in key growth indicators (average daily gains higher by 3.4–6.2%, absolute gains by up to 7.0%), indicating an enhanced effect of

combined hybridization and partial stabilization of polygenic growth traits. However, their performance remains lower than that of purebred Dorper sheep, indicating incomplete realization of heterosis potential and the presence of genetic limitations in interbreed interactions.

The integrated assessment of growth parameters (formation intensity, growth uniformity index, and growth tension index) indicates that purebred Dorper sheep exhibit the most balanced growth type, characterized by high intensity and uniform development. This reflects physiological harmony and minimal energy losses for adaptive processes. Crossbred animals demonstrate a more variable growth dynamic, reflecting instability in the genetic expression of productive traits in interbreed combinations.

Thus, the results of the study clearly demonstrate that the Dorper breed is a leading genotype in terms of precocity, growth intensity, and meat productivity, ensuring maximum realization of genetic potential in the early postnatal period. Three-breed crossbreeding is characterized by increased stability of growth traits and may be considered a technologically feasible option under production conditions, whereas two-breed crossbreds show the lowest efficiency in realizing productive potential.

Further research will focus on a comprehensive evaluation of meat productivity in animals of different genotypes, including carcass traits and morphological structure of the carcass.

References

1. Deribe, B., Tesema, Z., Lakew, M. (2023). Growth performance of Dorper crossbred sheep. *Translational Animal Science*, 7(1) <https://doi.org/10.1093/tas/txad034>
2. Kijas J.W., Lenstra, J.A. (2012). Genetic diversity in sheep and implications for production traits. *Animal Genetics*, 43. 1–10. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2011.02236.x>
3. Hoffman, L.C. (2000). Meat quality attributes of lamb: a review. *Meat Science*, 56. 375–389. <https://doi.org/10.1016/S0309-1740%2800%2900031-1>
4. Vatankhah, M., Talebi, J. (2012). Genetic evaluation of growth traits in sheep. *Animal Science Journal*, 83. 611–617. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2012.00996.x>
5. Notter, D.R. (1999). Genetic improvement of meat sheep. *Small Ruminant Research*, 34. 83–91. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(99\)00035-0](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00035-0)
6. Safari, E., Fogarty, N.M., Gilmour, A.R. (2005). A review of genetic parameter estimates for wool, growth and carcass traits of sheep. *Livestock Production Science*, 92. 271–289. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.09.003>
7. Cottle, D.J. (2010). International Sheep and Wool Handbook. Nottingham University Press, 450 P.
8. Milne, C. (2014). Growth and development of meat sheep breeds. *Animal Production Science*, 54. 847–855. <https://doi.org/10.1071/AN13312>
9. Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78(4):343–58. DOI:10.1016/j.meatsci.2007.07.019
10. Kosgey, I.S., Baker, R.L., Udo, H.M.J. (2006). Small ruminant production in developing countries. *Small Ruminant Research*, 58. 39–60. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.009>
11. Alam, M.R., Lee, J.H. (2013). Growth performance of crossbred lambs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26. 123–130.
12. Taylor, C., Murray, J. 2004. Breed effects on lamb growth and carcass traits. *Animal Science*, 78. 135–144.

13. Svechin, Yu. K. (1985). Prognozirovaniye produktivnosti zhivotnykh v rannem vozraste. *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki – Herald of Agrarian Science*, 4, 103–108 [in Russian].

14. Kovalenko, V. P., & Bolelaya, S. Yu. (1998). Selektcionnaya model' prognozirovaniya myasnoy produktivnosti ptitsy. *Cytology and Genetics*, 32 (4), 55-59 [in Russian].

Володимир Шейко,

аспірант, Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

ORCID ID: 0009-0008-5208-8821

email: attis.ukraine@gmail.com

ДИНАМІКА ЖИВОЇ МАСИ ТА ПРИРОСТІВ МОЛОДНЯКУ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Анотація.

У статті висвітлено актуальність дослідження динаміки живої маси та швидкості росту молодняку овець різного генетичного походження в умовах сучасного розвитку м'ясного вівчарства. Встановлено, що інтенсивність росту молодняку є одним із ключових показників скороспілості, м'ясної продуктивності та ефективності селекційно-племінної роботи. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення продуктивності овець шляхом використання схрещування та добору генотипів із високим потенціалом росту і розвитку. Метою дослідження було вивчення особливостей росту, розвитку та формування приростів живої маси у молодняку різного генетичного походження. Дослідження проведено в умовах фермерського господарства «Шейко» Київської області із використанням чистопородних овець породи дорпер та помісного молодняку різних генотипів. Показники живої маси оцінювали у різні вікові періоди, а також визначали абсолютні, середньодобові та відносні прирости живої маси, коефіцієнти росту та індекси розвитку. Встановлено, що чистопородний молодняк породи дорпер характеризувався вищою живою масою та середньодобовими приростами порівняно з помісними ровесниками. Водночас трипородні помісі демонстрували кращі показники росту порівняно з двопородними тваринами, що свідчить про позитивний ефект схрещування у формуванні продуктивних ознак. Найбільш інтенсивний ріст спостерігався у підсисний період від народження до 3-місячного віку. Практичне значення дослідження полягає у можливості використання отриманих результатів для удосконалення селекційних програм, підвищення м'ясної продуктивності овець та обґрунтування ефективних схем схрещування у вівчарстві.

Ключові слова: ягнята, генотип, жива маса, помісі, середньодобовий приріст, ріст і розвиток, схрещування, м'ясна продуктивність.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2026

Стаття пройшла рецензування 07.05.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

DOI 10.37000/abbsl.2026.119.25

UDC 636.32/.38:636.085:330.322:327.56(498:477)

Ilon Cherneha,

PhD, Sc., Associate Professor

Department of Grain and Compound Feed Technologies

Odesa National University of Technology, Odesa, Ukraine

ORCID ID-0000-0002-9507-8489

e-mail: ilonamalaki@gmail.com

Tetiana Bordun,

PhD, Sc., Associate Professor

Department of Grain and Compound Feed Technologies

Odesa National University of Technology, Odesa, Ukraine

ORCID ID- 0000-0001-9522-5090

e-mail: bordun.tatjana@gmail.com

Oleksandr Tsiundyk,

PhD, Sc., Associate Professor

Department of Grain and Compound Feed Technologies

Odesa National University of Technology, Odesa, Ukraine

ORCID ID-/0000-0003-1846-3110

e-mail: malik2008ts@gmail.com

INVESTMENT AND INNOVATION-DRIVEN RESILIENCE OF ROMANIA'S SHEEP FARMING SECTOR AMID CONTEMPORARY GEOPOLITICAL CHALLENGES IN UKRAINE

Abstract

The current operating environment of the agro-industrial complex in Eastern European countries is characterised by significant transformations driven both by internal economic processes and by external geopolitical challenges. One of the key influencing factors has been the full-scale war in Ukraine, which has substantially disrupted the traditional logistical supply chains for agricultural products, in particular grain and feed components.

Under these circumstances, Romania, as a European Union Member State possessing considerable agricultural potential and an advantageous geographical location, plays an important role in ensuring the transit of Ukrainian agricultural produce. At the same time, this places an additional burden on its domestic infrastructure and underscores the need to develop its own processing capacity, particularly in the field of compound feed production.

The development of compound feed production for sheep farming, which constitutes a traditional and strategically important branch of Romanian animal husbandry, is therefore of particular relevance. In this context, investment in the construction of a modern compound feed plant

for sheep in Romania would make it possible to enhance the efficiency of the sector, ensure the stability of the feed base, and strengthen regional agri-food links, including cooperation with Ukraine.

The article substantiates the feasibility of constructing a compound feed plant for sheep in Romania. An analysis of the country's agro-industrial sector is carried out, the current state and problems of sheep farming are examined, and a review of the most popular sheep breeds in Romania is provided. It is established that, despite Romania's considerable agricultural potential and the well-developed state of its sheep farming sector, the country has an insufficient level of compound feed industry development. It is demonstrated that the establishment of a modern compound feed enterprise will contribute to enhancing the efficiency of sheep farming, reducing import dependence, and strengthening Ukrainian-Romanian economic cooperation. Such a project may also have significant socio-economic importance both for the national economy and for Ukrainian citizens temporarily residing in the country. Implementation of the project will contribute to the creation of new jobs both during the construction phase of the enterprise and in the course of its subsequent operation.

Keywords: *sheep farming, compound feed, production, sheep breeds, agro-industrial complex, Romania, Ukraine, logistics, geopolitical challenges, Ukrainian refugees.*

Introduction. The industrial compound feed production sector represents one of the important and dynamic branches of the agro-industrial complex, characterised by moderate yet stable growth rates over recent years. This trend is driven by the increasing demand of livestock farms for high-quality and technologically balanced feeds capable of ensuring high animal productivity and meeting contemporary quality and safety requirements.

The European Union (EU) accounts for approximately 13 % of global compound feed production, which confirms the region's substantial significance within the global structure of the feed industry. At the same time, a temporary decline in production volumes was observed in 2020, primarily associated with the withdrawal of the United Kingdom from the EU and the corresponding exclusion of its production figures from overall EU statistics.

Notwithstanding these structural changes, the level of consumption of animal-origin products in EU countries has remained relatively stable, whereas exports of livestock products to third countries have continued to demonstrate a positive growth dynamic.

Over the past 25 years, the rate of growth in feed resource costs has significantly exceeded the rate of growth in selling prices for livestock products, as confirmed by statistical data. This trend points to an increasing economic burden on producers of livestock products and creates a constant pressure to enhance industry productivity. In turn, this stimulates compound feed producers to develop and implement more efficient, balanced and economically substantiated feed solutions [2].

Additional impacts on the functioning of the EU livestock sector have arisen from global crisis factors, among which the consequences of the COVID-19 pandemic and the aggravation of the geopolitical situation occupy a prominent place. Particularly significant changes have been brought about by the full-scale war in Ukraine, which has led to disruptions in international logistical chains, instability in raw-material

supplies, fluctuations in grain prices, and increased risks to the functioning of agri-food markets [3].

In 2023, the EU compound feed market operated under conditions of considerable political, economic and market pressure, associated with the need to respond to crisis phenomena and ensure the sustainable development of the feed industry. The search for efficient and resilient feed solutions capable of adapting to rapid changes in market conditions and to new regulatory requirements has acquired particular relevance.

The formation of contemporary industry development trends is largely conditioned by the adverse impact of climate change, in particular the increased frequency of droughts, floods and other extreme weather events. Additional risk factors include the spread of infectious animal diseases, instability in raw-material supplies and difficulties in the functioning of the livestock sector. The outbreaks of avian influenza and African swine fever have exerted a significant impact on the market, leading to a reduction in livestock numbers and changes in the structure of production.

In addition, the state policy of certain EU countries aimed at the implementation of environmental objectives – in particular the reduction of greenhouse gas emissions and the strengthening of controls on nitrate emissions in agriculture – plays an important role in transforming the market.

As regards the prospects for the compound feed market in 2024, the situation remains complex and is characterised by a high degree of uncertainty. Market conditions continue to be affected by the spread of animal diseases, macroeconomic instability, rising food price inflation, unfavourable weather conditions, and shifts in international trade flows caused by the complex geopolitical situation in Ukraine [1].

Among EU Member States, Romania has acquired particular strategic significance in ensuring the transit of Ukrainian agricultural produce and feed raw materials following the outbreak of the full-scale war in Ukraine. The disruption of traditional export routes through Black Sea ports has necessitated the search for alternative logistical pathways, as a result of which Romanian transport infrastructure has become one of the key elements in the functioning of the region's agri-food chains. In this connection, investment in the construction of a modern compound feed plant for sheep in Romania may not only foster the development of the local feed industry but also contribute to optimising the processing, transportation and use of Ukrainian raw materials, thereby further strengthening economic cooperation between the two States.

Favourable natural and climatic conditions, advantageous geographical location, diverse relief, and substantial areas of natural pastures constitute the prerequisites for the development of sheep farming as one of the traditional branches of Romanian animal husbandry. Historically, sheep breeding has held an important place within the country's agricultural production structure and is an integral component of its agricultural traditions.

An important factor in the development of the sector is its orientation towards external sales markets, particularly countries outside the EU. The expansion of export activities creates additional opportunities for increasing the profitability of sheep-

farming enterprises and stimulates production development. For this reason, starting from 2017, the development of sheep farming has been included among the priority directions of Romania's State policy, which has had a positive effect on the dynamics of the livestock population.

The competitive advantages of the sector include the high quality and diversity of sheep-farming products, the comparatively lower costs of animal maintenance relative to other types of livestock production, and the historically established traditions of farming. A further increase in sheep numbers may not only meet the country's domestic needs but also strengthen the sector's export potential, generating additional economic advantages for Romanian producers [4].

Purpose of the work. The purpose of this article is to investigate the state and prospects of the sheep farming sector in Romania and to provide a scientific and practical substantiation of the need to invest in the construction of a compound feed plant for sheep in Romania with a view to strengthening Ukrainian-Romanian economic cooperation.

Results and discussion. Presentation of the main research material. Romania traditionally belongs to the group of States possessing substantial agricultural potential and occupies an important place within the European agricultural system. The country's natural and climatic conditions, fertile soils and favourable temperature regime provide the prerequisites for the successful development of both crop production and animal husbandry. The agricultural sector constitutes one of the fundamental components of the national economy, ensuring the production of material goods and shaping the State's food security.

A distinctive feature of the country's territorial structure is the considerable share of rural areas. Within the country's total territory they account for approximately 87 %, including administrative units such as communes together with their adjacent settlements. At the same time, the country's territory is characterised by a relatively even geographical distribution of natural zones: approximately one-third is occupied by lowland areas at altitudes of up to 300 m, more than one-third consists of hilly areas, and approximately 30 % comprises mountainous terrain.

Among the EU Member States, Romania belongs to those countries with the most pronounced agricultural specialisation. The total area of its territory amounts to approximately 238 thousand km², of which almost 15 million hectares are used as agricultural land. Arable land occupies more than 9 million hectares, which enables the country to concentrate considerable agricultural potential. In terms of the number of farms, Romania accounts for approximately one-third of the total number among EU countries. This creates prospects for strengthening the country's position as one of the leading producers of agricultural products in the Central European region.

The agricultural sector plays a significant role in shaping the country's economy, accounting for approximately 5 % of the gross domestic product. Furthermore, almost one-third of the economically active population is employed in agricultural activities. It is important to note that approximately two-thirds of the country's territory is used for agricultural purposes, and nearly half of the population resides in rural areas [7].

In the structure of agricultural production, crop production prevails, accounting for approximately 70 %. Animal husbandry accounts for nearly one-third of total production (Fig. 1), whereas agricultural services constitute a small share [9].

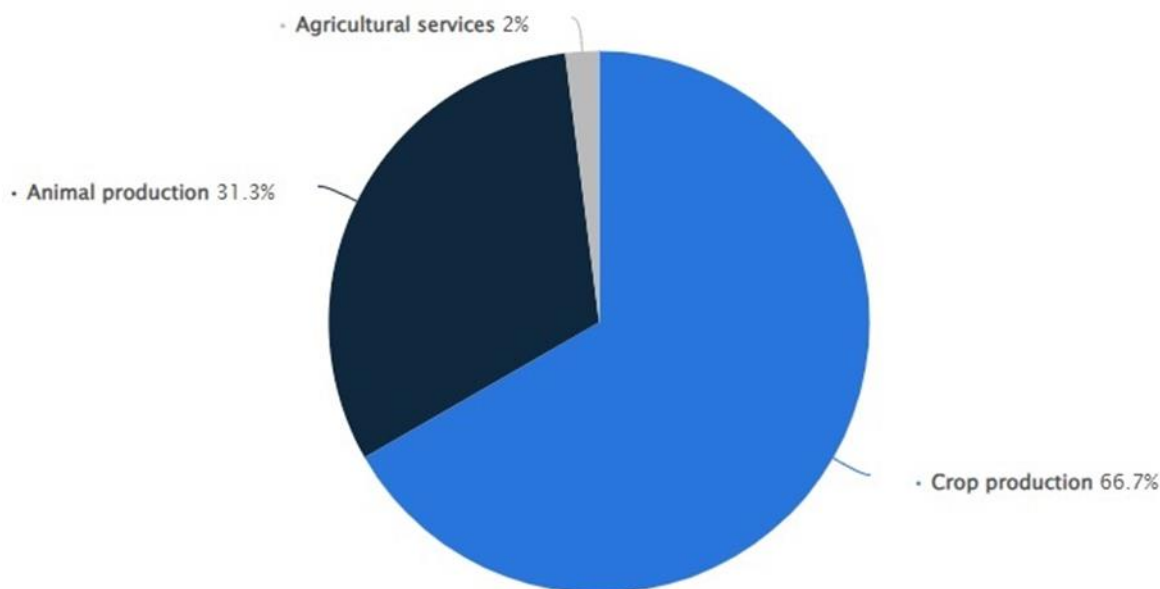


Fig. 1. Structure of agricultural production in Romania in 2022 [9].

The principal types of agricultural products produced in the country are cereal crops, in particular wheat, maize and barley, as well as sunflower, potatoes, grapes and sugar beet. In the livestock sector, the production of pork, poultry products, milk, wool and eggs is of considerable importance.

In terms of livestock numbers, Romania is among the leading EU Member States. According to statistical data, the country ranks fifth among EU States in terms of overall livestock indicators [7].

Sheep farming occupies a special place within the structure of livestock production. Romania possesses considerable prospects for its development owing to favourable natural conditions and historically established farming traditions. An analysis of the sector's development dynamics demonstrates the changes in the numbers of sheep and goats over various years. The highest figure for sheep numbers was recorded in 2019 and exceeded 10 million head.

According to statistical estimates, in 2019 Romania ranked third among EU Member States in terms of the number of sheep and goats, while by 2021 it had risen to second place in terms of sheep numbers, surpassed only by Spain. The Romanian flock accounted for approximately 17 % of the total EU figure. In terms of goat numbers, the country is also among the top three leaders [10].

The country's compound feed industry merits separate attention. According to sectoral research estimates, the volume of the compound feed production market in Romania (Fig. 2) reached EUR 432.7 million in 2024 [6].

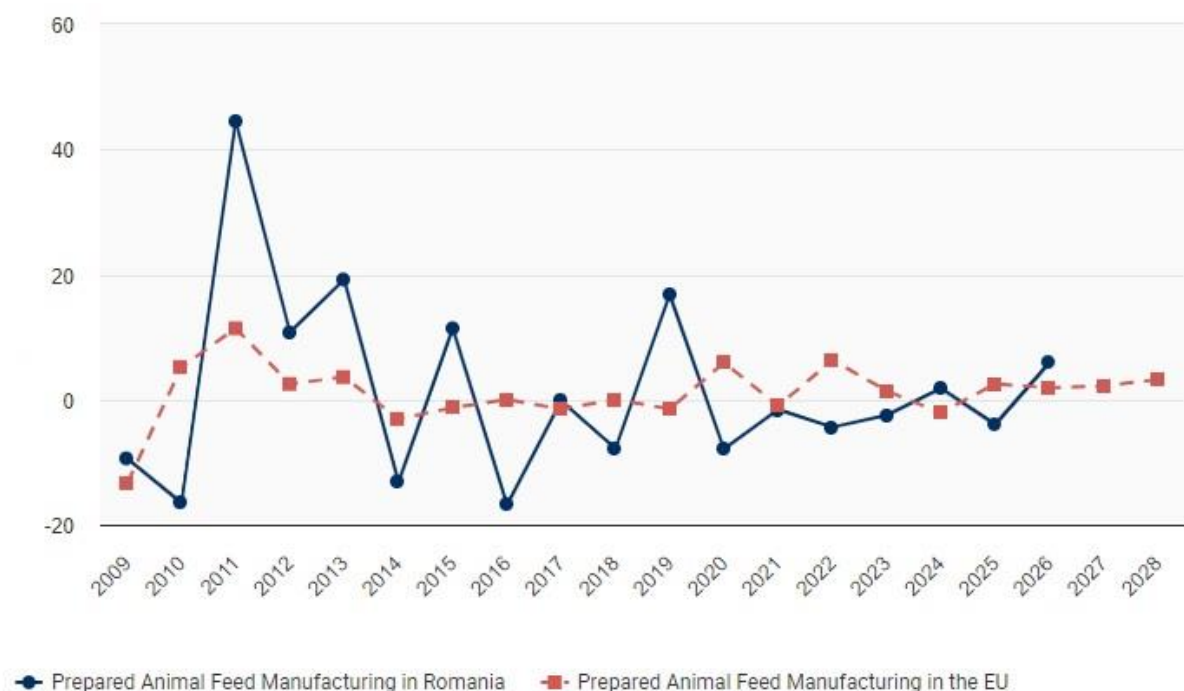


Fig. 2. Compound feed production in Romania and the EU [6].

At the same time, in recent years a trend has been observed towards a slight reduction in production volumes. In the ranking of European countries by compound feed industry revenue, Romania occupies 16th place (Table 1), maintaining stable positions since 2019 [6].

Table 1

Ranking of EU countries by compound feed industry revenue [6]

Rank	Country	Industry revenue
1	Spain	15.3 billion EUR
2	Netherlands	10.9 billion EUR
3	France	9.5 billion EUR
4	Poland	7.8 billion EUR
5	Italy	5.6 billion EUR
6	Belgium	5.1 billion EUR
7	Denmark	4.1 billion EUR

8	Czech Republic	2.3 billion EUR
9	Portugal	1.9 billion EUR
10	Hungary	1.8 billion EUR
11	Austria	1.8 billion EUR
12	Greece	973.5 million EUR
13	Lithuania	758.2 million EUR
14	Sweden	755.4 million EUR
15	Finland	581.2 million EUR
16	Romania	432.7 million EUR
17	Bulgaria	328.2 million EUR
18	Slovakia	220.0 million EUR
19	Cyprus	188.1 million EUR
20	Slovenia	178.2 million EUR
21	Estonia	169.6 million EUR
22	Croatia	120.6 million EUR
23	Latvia	63.8 million EUR

Approximately 189 enterprises operate in the country, engaged in the production of compound feed products. In recent years, the number of producers has demonstrated a slight but stable upward trend [6].

Following the outbreak of the full-scale war in Ukraine, Romania has substantially strengthened its importance as a logistical hub for the transportation of Ukrainian agricultural produce. Its access to the Black Sea and well-developed Danube transport routes have established it as one of the key transit centres for the export of grain and oilseed crops. In order to increase the throughput capacity of the transport system, infrastructure modernisation has been carried out, staffing of border services has been expanded, and customs clearance procedures have been simplified.

An additional stimulus for the development of the agro-industrial complex has been the adoption of Romania's National Strategic Plan for 2023-2027, which provides for enhancing the economic resilience of farms and strengthening the competitiveness of the agricultural sector. The total funding for the programme exceeds USD 16 billion.

Despite its substantial agricultural potential, Romania continues to be a net importer of food products. In recent years, the growth rate of imports has exceeded that

of exports – imports increased by 16 % (Table 2), whereas exports grew by only 11.5 %, which is attributable to declining yields of certain crops and increased competition from other Black Sea region countries [8].

Table 2

Total trade volume of agricultural products in Romania (2018-2022) [8]

Indicator	Year				
	2018	2019	2020	2021	2022
Agricultural imports, million USD	9.015	9.433	10.200	12.026	13.923
Agricultural exports, million USD	7.655	8.029	7.982	11.294	12.600
Agricultural trade deficit, million USD	-1.360	-1.404	-2,218	-732	-1.323

In view of the foregoing, the development of compound feed production for the needs of sheep farming may be regarded as one of the promising directions for strengthening food security and supporting regional development. The implementation of such investment projects will contribute not only to reducing dependence on imported products but also to deepening economic cooperation between Ukraine and Romania, particularly in the context of the transformation of logistical chains brought about by the war.

Contemporary mechanisms of State support should also be taken into account. In particular, the Romanian Government has launched the 'Investalim' programme, aimed at modernising food industry enterprises and stimulating domestic production. The total budget of the programme amounts to approximately EUR 600 million for the period 2023-2026. The financing instruments envisaged make it possible to support the establishment of new production capacities, the modernisation of existing enterprises and the development of the compound feed industry [5].

An analysis of the territorial distribution of livestock farms indicates a concentration of the principal production capacities in the Carpathian foothills and the Transylvanian Plateau. Taking into account the raw material base, logistical advantages, and the concentration of livestock production, the Transylvanian region may be regarded as the most suitable territory for the implementation of prospective projects in the field of compound feed production [11].

An analysis carried out of the most popular sheep breeds used in Romania has shown that the sector is based on both autochthonous breeds – in particular Tsurcana and Tsigai – and selectively improved breeds, namely Merinos de Palas, Transylvanian Merino and Karakul.

It has been established that the basis of the breed structure of Romanian sheep farming consists of local and selectively improved sheep breeds. The most widespread

is the Tsurcana breed, also referred to as Zackel ('mountain peasant', 'Romanian'). The share of this breed in the structure of the flock has increased over recent decades from 40 % to 60 %. The number of head of this breed in the country exceeds 6 million. Its popularity is attributable to its high adaptability to demanding mountain conditions, resistance to diseases, and undemanding nature in terms of feed resources. The live weight of rams ranges from 60 to 80 kg, that of ewes from 40 to 55 kg, and the average milk yield reaches 100-140 kg of milk per lactation of approximately 220 days. The milk is characterised by a high fat and protein content, which makes it a valuable raw material for cheese production (Table 3) [13, 17].

Table 3

Productivity of the most popular Romanian sheep breeds [13-18]

Breed	Milk productivity, liters	Fat, %	Protein, %	Total solids, %
Tsurcana	100...140	7.7	6.0	16.65
Tsigai	70...90	7.0	6.5	15.02
Merinos	85...95	7.4	6.3	13.49

The second most widespread is the Tsigai breed, which accounts for 24.3 % of the total sheep flock in the country. Under current conditions, its productive orientation has shifted from a wool-bearing to a combined dairy-meat purpose. Milk yield ranges from 70 to 90 L, with individual animals capable of producing up to 248 kg per lactation. The live weight of adult animals ranges from 79 to 90 kg [14-17].

Merino breeds are of significant importance for the development of the sector. The Merinos de Palas belongs to the most highly improved breeds in Romania and is used for enhancing the productive qualities of other populations. The live weight of rams of this breed reaches 99-105 kg, while wool yield is 12 kg, which represents one of the highest indicators among local breeds. At the same time, the Transylvanian Merino is characterised by high wool productivity, good meat efficiency, and a high level of adaptation to the natural and climatic conditions of the Carpathian region [17-18].

A special place within the structure of sheep farming is occupied by the Karakul breed, which is distinguished by specific productivity and biological characteristics. It is well-adapted to arid conditions and is capable of withstanding temperatures exceeding 50 °C. The live weight of rams is 55-65 kg, and the milk yield of ewes is 40-50 kg. The principal value of the breed lies in the production of high-quality pelts and coarse wool, with a yield of 2-3 kg per animal [19-20].

The results obtained demonstrate that the considerable breed diversity, high adaptive properties of animals and their productive characteristics constitute the prerequisites for the further development of Romanian sheep farming. The existence of a substantial flock, specialised breeds, and prospects for sectoral development

creates objective preconditions for investment in the development of the feed base, the modernisation of feeding technologies, and the establishment of modern compound feed production facilities to meet the needs of the sector.

However, notwithstanding the substantial potential and centuries-old traditions of sheep farming, the sector in Romania faces a number of systemic problems that constrain its further development and reduce its competitiveness within the European agricultural sector.

One of the principal problems is the gradual reduction in the area of natural pastures, which is associated with land development, changes in land-use patterns, and increased anthropogenic pressure. The reduction in fodder lands has a negative impact on the possibilities for extensive sheep keeping, which has traditionally formed the basis of Romanian sheep farming, particularly in mountainous and foothill regions.

Another significant constraint is the insufficient level of development of production and transport infrastructure. In many regions, particularly in mountainous areas, there is limited access to modern transport routes, product storage facilities, wool warehouses, and specialised equipment for animal keeping and servicing. This complicates logistical processes and increases production costs.

An additional challenge is presented by high competition from other branches of agriculture, primarily crop production, which often has higher profitability and greater levels of State support. As a result, competition for land resources, investments, and financial subsidies is intensifying, which has a negative impact on the pace of sheep farming development.

The insufficient level of technological modernisation of the sector likewise remains a pressing problem. In many farms, outdated methods of animal rearing and feeding are employed, while the implementation of modern breeding programmes, automated management systems and innovative feed production technologies is limited. This leads to a reduction in animal productivity and the economic efficiency of production.

In addition, the gradual decline in interest among young people in working in the agricultural sector has a negative impact on the prospects for the sector's development. Migration processes and the outflow of young people to cities or to other EU countries are creating a shortage of qualified personnel in rural areas, which poses additional risks to the sustainable functioning of sheep farms in the future.

Addressing the current problems of sheep farming development in Romania requires a comprehensive approach involving cooperation among State authorities, scientific institutions, producers and investors. One of the key directions for ensuring the sector's sustainable functioning is the preservation of natural pastures, which form the basis of the feed base for extensive sheep farming. In this context, improvements to land-use legislation, the implementation of environmental protection programmes, and the introduction of effective landscape planning are of considerable importance.

An important factor in enhancing the sector's efficiency is the development of production and transport infrastructure. Investments in the construction of modern roads, water supply systems, storage facilities, wool warehouses, and product

processing facilities will contribute to improving farming conditions, reducing logistical costs, and enhancing producers' competitiveness.

State support for sheep farms plays a particularly important role in the development of the sector. The implementation of subsidy programmes, the provision of advisory assistance, the organisation of professional training, and the introduction of modern management methods may substantially enhance production productivity and the economic efficiency of enterprises.

Another promising direction is the stimulation of innovative development in sheep farming. The introduction of modern breeding programmes, the improvement of the genetic potential of animals, the automation of production processes, the digitalisation of farm management, and the application of modern phase-feeding technologies will make it possible to enhance animal productivity and improve product quality. In this respect, the development of the compound feed industry, which provides a stable and balanced feed base for the sector, acquires particular importance.

An equally important direction is the engagement of young people in the agricultural sector. Educational programmes, vocational training, internships, and financial support for young farmers may contribute to the formation of a new generation of specialists in sheep farming and ensure the long-term stability of rural areas.

At the present stage, a State policy aimed at stimulating the development of sheep farming as an important component of the country's agricultural sector is being implemented in Romania. The principal aim is to ensure stable incomes for producers, to enhance the level of food security, and to preserve the national traditions historically associated with sheep farming [10-12].

In the context of the full-scale war in Ukraine, not only the economic but also the social aspect of implementing investment projects in Eastern European countries acquires particular significance. Following the outbreak of hostilities, Romania has become one of the principal countries of transit and temporary residence for Ukrainian refugees. A considerable proportion of Ukrainian citizens who have left their country due to the war possess experience in the fields of agriculture, the food industry, logistics, and the processing of agricultural produce.

In this context, the construction of a compound feed plant for sheep farming in Romania may have considerable socio-economic significance both for the Romanian economy and for Ukrainian citizens residing in the country. The implementation of the project will create new jobs not only during the construction phase of the enterprise but also during its subsequent operation. Ukrainian refugees – a substantial proportion of whom require stable formal employment – may be engaged in carrying out construction and installation work, logistical operations, the servicing of technological equipment, and production processes.

The engagement of Ukrainian workers will make it possible partially to address the problem of labour shortages in Romania's agricultural and processing sectors – a problem that has been exacerbated by demographic changes and the labour migration of the population to Western European countries. At the same time, this will contribute

to the social adaptation of Ukrainian refugees, the provision of stable incomes to them, and the preservation of the professional potential of Ukrainian citizens.

It is particularly important that Ukrainian workers possess significant practical experience in the field of agricultural production, in particular in the cultivation of cereal crops, feed production, and animal husbandry. This creates the prerequisites for the effective integration of labour resources into the production processes of the compound feed enterprise and contributes to the development of joint Ukrainian-Romanian agro-industrial cooperation.

In addition to the economic effect, the implementation of such a project will have important humanitarian and strategic significance. Under wartime conditions, Romania and Ukraine are establishing a new level of partnership in the fields of agricultural logistics, food security, and the development of cross-border infrastructure. The construction of a compound feed plant may serve as an example of the practical integration of the economic interests of the two States, aimed at ensuring the stability of agri-food chains in the Black Sea region.

Thus, the construction of a compound feed plant for sheep farming in Romania represents not only an economically expedient investment decision but also an instrument for addressing some of the social and logistical challenges arising from the current geopolitical situation.

Conclusions and prospects for further research. The conducted research has confirmed that sheep farming in Romania is one of the key branches of the country's agricultural sector and possesses considerable production and export potential. The sector is based on a combination of autochthonous and selectively improved breeds, among which the leading roles are played by Tsurcana and Tsigai, as well as Merino breeds and Karakul. These breeds provide for various productive orientations – dairy, meat and wool.

At the same time, it has been established that the development of the sector is constrained by a number of systemic problems, including the reduction in natural pastures, insufficient infrastructure, the technological backwardness of individual farms, and a demographic shortage of labour in rural regions. An additional challenge consists in dependence on external markets and raw materials, as well as the general instability of the EU agricultural market under the influence of climatic and geopolitical factors.

At the same time, Romania possesses important prerequisites for strengthening the investment- and innovation-driven resilience of sheep farming: State support for the agricultural sector, the development of transit infrastructure, and existing demand for the modernisation of the feed base. In this context, the construction of modern compound feed enterprises is regarded as one of the key directions for enhancing the efficiency of the sector.

The socio-economic aspect of implementing investment projects also acquires particular significance, in particular the possibility of engaging labour resources – including Ukrainian citizens – which will contribute to partially addressing the personnel shortage and to strengthening Ukrainian-Romanian economic interaction.

Further research should be focused on assessing the effectiveness of investments in compound feed infrastructure, on improving sheep feeding technologies, and on analysing the logistical raw-material supply chains between Ukraine and Romania. A further promising direction is the study of the social impact of integrating Ukrainian workers into the Romanian agricultural sector.

References

1. EU compound feed production estimates for 2023 and market outlook 2024. URL: https://www.pig333.com/latest_swine_news/eu-compound-feed-production-estimates-for-2023-and-market-outlook-2024 19900/
2. Feed & Food 2022. Fefac experts in animal nutrition. URL: https://fefac.eu/wp-content/uploads/2023/03/FF_2022_final.pdf
3. Feed & Food 2023. Fefac experts in animal nutrition. URL: https://fefac.eu/wp-content/uploads/2024/03/FF_2023.pdf
4. Chiurciu I.-A., Cofas E. Technical-economic analysis of sheep and goat herds in Romania. *Conference: Agrarian economy and rural development - realities and perspectives for Romania, international symposium 11th ed.*: Bucharest, Romania. April 2021. URL: https://www.researchgate.net/publication/351117569_TECHNICAL-ECONOMIC_ANALYSIS_OF_SHEEP_AND_GOAT_HERDS_IN_ROMANIA
5. New support for food industry development in Romania. URL: <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/actueel/nieuws/2023/07/17/new-support-for-food-industry-development-in-romania-investalim>
6. Prepared Animal Feed Manufacturing in Romania - Industry Statistics 2008-2026. URL: <https://www.ibisworld.com/romania/industry-statistics/prepared-animal-feed-manufacturing/640/>
7. Agriculture in Romania. URL: https://blacksea-cbc.net/wp-content/uploads/2022/01/BSB861_BRIDGES_-_Study-of-international-trade-of-agricultural-and-connected-products-in-the-Romania_EN.pdf
8. Romania - Country Commercial Guide. URL: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/romania-agricultural-products>
9. Structure of agricultural production in Romania in 2022. URL: <https://www.statista.com/statistics/1139823/romania-structure-of-agricultural-production/>
10. Chiurciu I.-A., Zaharia I., Fintineru G., Dinu T.-A., Soare E. Sheep And Goat Breeding In Romania – Between Tradition And Consumption. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. Vol. 23. Issue 2. 2023. p.135-144.
URL: https://www.researchgate.net/publication/373137664_SHEEP_AND_GOAT_BREEDING_IN_ROMANIA_-BETWEEN_TRADITION_AND_CONSUMPTION
11. Economy of Romania. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BA%D0%B0_%D0%A0%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BD%D1%96%D1%97
12. Raducuta I., Marin M., Carmen N. Research regarding the typology of ecological sheep farms in Romania. *14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014*. Bucharest, Romania. URL: https://www.researchgate.net/publication/275654742_Research_regarding_the_typology_of_ecological_sheep_farms_in_Romania
13. Tsurcana Sheep. URL: <https://breeds.okstate.edu/sheep/tsurcana-sheep.html#:~:text=The%20Tsurcana%20and%20its%20varieties,Czech%20Republic%2C%20Slovakia%20and%20Poland>

14. Ilişiu E., Dărăban S., Radu R. and others. The romanian Tsigai sheep breed, their potential for organic cheese production. *Agriculture and Forestry Research*, Special Issue № 362 (Braunschweig, 2012). URL: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn050762.pdf
15. Ilişiu E., Dărăban S., Radu R. and others. The Romanian Tsigai sheep breed, their potential and the challenges for research. *Landbauforsch. - Appl Agric Forestry Res.* № 2. 2013. p. 161-170. URL: https://www.researchgate.net/publication/366685018_The_Romanian_Tsigai_sheep_breed_their_potential_and_the_challenges_for_research_Zusammenfassung_Die_rumanische_Schafschasse_Tsigai_ihr_Potenzial_und_die_Herausforderungen_fur_die_Forschung
16. Tsigai. History. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tsigai#:~:text=The%20male%20Tsigai's%20shoulder%20height,are%20sandy%20grey%20in%20colour>
17. Oi şi lână în România – sheep and wool in Romania. URL: <https://www.wovember.com/2016/11/23/oi-si-lana-in-romania-sheep-and-wool-in-romania/>
18. Merinos. URL: <https://www.euromeat.ro/en/merinosul-of-palas/>
19. Buzu I., Evtodienko S. Characteristics of the initial races and herds which were the basis of creation type of sheep moldavian Karakul. *Animal & Food Sciences Journal Iasi.* 2022. p. 34-44. URL: https://www.uaiasi.ro/firaa/Pdf/Pdf_Vol_77/I_Buzu.pdf
20. Karakul sheep. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Karakul_sheep

Ілона Чернега,

к.т.н., доцент

Кафедра технології зерна і комбікормів

Одеський національний технологічний університет, Одеса, Україна

ORCID ID-0000-0002-9507-8489

e-mail: ilonamalaki@gmail.com

Тетяна Бордун,

к.т.н., доцент

Кафедра технології зерна і комбікормів

Одеський національний технологічний університет, Одеса, Україна

ORCID ID- 0000-0001-9522-5090

e-mail: bordun.tatjana@gmail.com

Олександр Цюндик,

к.т.н., доцент

Кафедра технології зерна і комбікормів

Одеський національний технологічний університет, Одеса, Україна

ORCID ID-/0000-0003-1846-3110

e-mail: malik2008ts@gmail.com

ІНВЕСТИЦІЙНО-ІННОВАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ ВІВЧАРСТВА РУМУНІЇ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ГЕОПОЛІТИЧНИХ ВИКЛИКІВ В УКРАЇНІ

Анотація

Сучасні умови функціонування агропромислового комплексу країн Східної Європи характеризуються значними трансформаціями, зумовленими як внутрішніми економічними

процесами, так і зовнішніми геополітичними викликами. Одним із ключових факторів впливу стала повномасштабна війна в Україні, яка суттєво порушила традиційні логістичні ланцюги постачання аграрної продукції, зокрема зернових і кормових компонентів.

У цих умовах Румунія, як країна Європейського Союзу з потужним аграрним потенціалом і вигідним географічним розташуванням, відіграє важливу роль у забезпеченні транзиту української сільськогосподарської продукції. Водночас це створює додаткове навантаження на внутрішню інфраструктуру та актуалізує необхідність розвитку власної переробної бази, зокрема у сфері виробництва комбікормів.

Особливої актуальності набуває розвиток комбікормового виробництва для вівчарства, яке є традиційною та стратегічно важливою галуззю тваринництва Румунії. У цьому контексті інвестиції у будівництво сучасного комбікормового заводу для овець в Румунії дозволить підвищити ефективність галузі, забезпечити стабільність кормової бази та зміцнити регіональні агропродовольчі зв'язки, включаючи співпрацю з Україною.

У статті обґрунтовано доцільність будівництва комбікормового заводу для овець в Румунії. Проведено аналіз агропромислового сектору країни, досліджено сучасний стан та проблеми розвитку вівчарства, а також проведено огляд найпопулярніших порід овець в Румунії. Встановлено, що, незважаючи на значний аграрний потенціал і високий рівень розвитку вівчарства, Румунія має недостатній рівень розвитку комбікормової промисловості. Доведено, що створення сучасного комбікормового підприємства сприятиме підвищенню ефективності вівчарства, зменшенню імпортозалежності та посиленню українсько-румунського економічного співробітництва. Це також може мати суттєве соціально-економічне значення як для національної економіки, так і для українських громадян, що тимчасово перебувають у країні. Реалізація такого проєкту сприятиме формуванню нових робочих місць як на етапі будівництва підприємства, так і в процесі його подальшого функціонування.

Ключові слова: вівчарство, комбікорм, виробництво, породи овець, агропромисловий комплекс, Румунія, Україна, логістика, геополітичні виклики, українські біженці.

Стаття надійшла до редакції 25.02.2026

Стаття пройшла рецензування 05.03.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Serhii Osadchuk,

PhD student,

Educational and Scientific Institute of Biotechnology and Aquaculture, Department of Technologies for the production and processing of livestock products,

Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID:0009-0009-1684-4754

email: bubentiy@ukr.net

Inna Osadchuk,

Leading Specialist of the Training and Production Department

Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID:0009-0003-7220-2824

email:nauka_odau@ukr.net

SUBSTANTIATION OF THE USE OF OZONE FOR CREATING AN OPTIMAL MICROCLIMATE ON LIVESTOCK FARMS

Abstract

The article considers the problems of creating an optimal microclimate, which directly affects the body's resistance, productivity and reproductive functions in conditions of high livestock concentration and dense placement of animals on farms. It is shown that ozone disinfection is a promising and environmentally safe method of ensuring sanitary well-being in livestock farming. One of the most important properties of ozone is its ability to inhibit the development of microorganisms up to their complete inactivation. Regular air ozonation reduces the risk of bronchopulmonary diseases in animals, reduces the negative impact of mycotoxins in feed and contributes to an increase in live weight gains. One of the directions of scientific work is the search for inexpensive, environmentally safe disinfectants that do not require the use of water. Such agents include ozone, which is an unstable substance, the molecules of which independently decompose into oxygen and a free oxygen atom. It is the presence of this atom that provides ozone with powerful oxidizing, disinfecting and deodorizing properties. The ozonation process requires small doses of the substance, is easy to use and economically beneficial. An important advantage of this method is that ozone is formed directly at the place of application from oxygen in the atmospheric air, and after disinfection is completed, it quickly decomposes without harming the environment.

Keywords: animal welfare, microclimate, microflora, ozone, ozonation, animal health

Introduction

At the present stage, issues of hygiene, sanitation, and are becoming increasingly important in the production of high-quality and safe food products. After Ukraine joined the World Trade Organization (WTO), the requirements for the competitiveness

of domestic milk and dairy products on both domestic and international markets significantly increased.

Analysis of recent studies and publications

One of the main conditions for the entry of Ukrainian dairy products into the markets of the European Union and WTO member countries is compliance with international safety and quality standards [1-5].

Modern livestock farms and complexes that use industrial production technologies are characterized by a complex interaction between animals and the environment. Under conditions of high livestock concentration and dense housing, the creation of a favorable microclimate becomes especially important, as it directly affects the immunity, productivity, and reproductive performance of animals. The amount of waste products, the level of bacterial contamination of the air, and other unfavorable factors directly depend on the number of animals kept in the facility. The negative influence of microclimatic factors causes changes in blood circulation, respiration, thermoregulation, gas exchange, and metabolic processes, which ultimately affect the health and productivity of animals [6, 7, 8].

Ozone can exist in all states of matter. Unlike ordinary oxygen, whose molecule consists of two atoms (O_2), ozone has a triatomic structure (O_3). Under normal conditions, ozone is a blue-colored gas. The mass of 1 liter of ozone is 2.1445 g. Its solubility in water at 0 °C is 0.394 g/L, which is approximately 15 times higher than the solubility of oxygen. Unlike O_2 , ozone is unstable and can spontaneously decompose at high concentrations; the rate of this process increases with rising concentration and temperature. Ozone is considered one of the most powerful natural oxidizing agents. Ozone actively reacts with aromatic compounds, destroying their aromatic ring. These properties form the basis of technologies used for deodorizing rooms, various environments, and wastewater. In reactions with saturated hydrocarbons, ozone decomposes with the formation of atomic oxygen, which initiates chain oxidation processes.

At moderate concentrations, ozone affects the membrane of microorganisms by reacting with the double bonds of lipids. In addition, it disrupts the activity of cellular dehydrogenases, negatively affecting respiratory processes. Changes in cell membrane permeability and the conversion of closed DNA into an open form reduce the ability of bacteria to reproduce.

The sterilizing efficiency of ozone depends on its concentration, exposure time, temperature, humidity, type of microorganism, pH level, and the initial degree of microbial contamination. Low ozone concentrations (around 0.2 mg/m³) are insufficient for complete bacterial destruction, as bacteria may recover after treatment. Under such conditions, ozone mainly affects the cell surface and hardly penetrates inside. Complete inactivation of microflora requires higher concentrations and longer contact times. The bactericidal effect of ozone is enhanced by nitrogen oxides and strongly depends on air humidity: at humidity below 45%, its effectiveness is almost absent, while the best results are observed within the range of 60–80%.

Under the influence of ozone, microbial contamination of air and equipment is significantly reduced. Ozone completely destroys *Escherichia coli*, *Salmonella*,

staphylococci, and dysentery pathogens. In addition to disinfection, ozone eliminates unpleasant odors and enriches the air with oxygen [9, 10].

It has been proven that ozonation of premises, technological equipment, containers, and packaging in dairy enterprises improves sanitary and hygienic production conditions and extends the shelf life of products. Ozonation of refrigeration chambers also contributes to the longer preservation of freshness and nutritional value of food products. Ozone demonstrates the highest efficiency during the lag phase of bacterial development in the production and storage of products. Treatment of meat with ozone reduces moisture loss, improves sanitary conditions, and enhances the commercial appearance of products. The use of an ozone atmosphere combines well with other technological processes and is characterized by high efficiency. During the storage of semi-smoked sausages, changes in the lipid ratio are especially noticeable under ozonation conditions at ozone concentrations of 15–20 mg/m³.

The use of artificial air ozonation in livestock farming significantly reduces the spread of bronchopulmonary diseases. In animals kept in an ozonated environment, spontaneous pneumonia was practically not observed, whereas under normal conditions it occurred in approximately 40% of cases and could cause mortality in up to 20% of animals. Studies have also shown that ozonated air increases the body's resistance to sapronotic microflora and reduces the negative effects of mycotoxins in feed, contributing to a 5–10% increase in daily weight gain (Luchinkin S. P., 1986; Molochnikov V. V., 1980). During a two-hour daily treatment of pigsties with an ozone-air mixture containing 0.8 mg/m³ of ozone, microbial contamination decreased from 246,000 to 50,000 CFU/m³, while ammonia concentration dropped from 12 to 4 mg/m³. Long-term use of ozone at concentrations of 0.06–0.08 mg/m³ positively affected piglet growth: their live weight was 24% higher compared to the control group. The use of ozonated air also contributed to lower ammonia levels, improved growth, and reduced morbidity among young animals (Storchevoi V.F., 2010; Roschyna V.V., 2005). In poultry farming, ozone is used for disinfecting incubation and table eggs. Such treatment effectively disinfects eggshells from various types of microflora, including Salmonella. Unlike formalin, which is carcinogenic, or chlorine-containing agents that may cause side effects, ozone is considered one of the safest and most effective methods of egg disinfection (Ksenz N. V., 2010).

Ozone is widely used in drinking water treatment. The ozonation of contaminated water is a complex chemical and technological process that requires careful consideration of all factors influencing the efficient design of the treatment system. These factors include the nature of chemical reactions, the possibility of undesirable side effects, the transportation of the required amount of reactive substances, flow rates and retention time in the reaction zone, hydrodynamic conditions within different units of the technological scheme, as well as the energy parameters of individual system components.

Due to its strong oxidizing properties, ozone is considered one of the most effective agents for wastewater purification and disinfection. However, ozonation should not be regarded as a universal standalone method capable of removing all possible contaminants. Instead, it represents only one stage of the overall water

treatment process. Industrial-scale ozone treatment enables rapid and efficient purification regardless of the initial condition of the water. Worldwide, ozone-based water purification is recognized as one of the most environmentally friendly and versatile treatment methods. In addition, ozonation effectively neutralizes viral and spore-forming contaminants in both water and air.

This reliable and comprehensive method is also widely applied for the removal of iron and manganese from artesian well water. Ozonation is considered one of the most effective techniques for iron removal. Moreover, when iron and manganese are present in the form of organic compounds or colloidal particles (0.1–0.01 μm in size), water purification is possible only through ozone treatment, since preliminary oxidation of the organic compounds is required. In terms of disinfecting properties, ozone surpasses chlorine, chloramine, and chlorine dioxide.

The aim of this study was the search for affordable and environmentally safe disinfectants that do not require large amounts of water. Ozone is one such agent widely used in dairy production and animal husbandry.

Materials and Methods

The microclimate varies in different parts of a room. Usually, the microclimate is monitored 3–4 times per month. During the studies, three measurements are taken at 6:00, 14:00, and 22:00. Measurements are carried out diagonally at three points: 1 meter away from the wall and in the center of the room. Measurements are also taken at three height levels: at the level of a lying animal, a standing animal, and 0.6 m below the ceiling. Different animals have different requirements for the indoor microclimate. This depends both on the species of the animal and on its stage of development. Currently, in Ukraine, the effectiveness of disinfection is assessed through visual sanitary inspection and bacteriological control. Veterinary laboratories analyze surface swabs to determine the total number of microorganisms, coliform titer, and the presence of pathogenic bacteria such as salmonella, enteropathogenic strains of *Escherichia coli*, and anaerobic microorganisms.

Presentation of the main research material

The microclimate plays an important hygienic role and can affect the organism both directly and indirectly. Excessively high air temperatures may lead to overheating and reduced productivity due to excessive stress on the thermoregulation system. Low temperatures, on the contrary, contribute to the development of colds, especially in young animals, and may also cause frostbite. Increased air humidity creates favorable conditions for respiratory diseases, intensifies heat loss during the cold season, and complicates body cooling in summer. Under such conditions, feed energy is mainly used to maintain body temperature rather than for growth and productivity. Permissible temperature and relative humidity of air in animal housing facilities are shown in the table 1.

Table 1

Permissible temperature and relative humidity of air in animal housing facilities

Facility	Temperature, °C	Relative Humidity, %

Barns for tethered and loose-box cattle housing	10 (8-12)	70
Barns for loose housing on deep litter	6 (5-8)	50-85
Maternity wards	16 (14-18)	70 (50-85)
Calf prophylactoriums (preventive care units)	18 (16-20)	70 (50-80)

Air pollution caused by dust and harmful gases also negatively affects animal health. High dust concentration often leads to bronchitis and other respiratory diseases. Excessive levels of ammonia, carbon dioxide, hydrogen sulfide, or carbon monoxide may cause intoxication of the organism. Special attention should be paid to seasonal climate changes and their impact on animals and the indoor microclimate, particularly when managing reproductive herds. Microclimatic parameters may differ significantly in various areas of livestock buildings; therefore, their monitoring is carried out several times a month. Measurements are usually taken at three points along the diagonal of the building — near the walls and in the central area — at different height levels: in the zones where animals lie and stand, as well as near the ceiling. Indicators are recorded at different times of the day to obtain an objective assessment of environmental conditions. Requirements for housing conditions vary depending on the animal species and stage of development.

An important component of the microclimate is the air microflora. Microorganisms contained in dust particles can remain suspended in the air for a long time and settle on surfaces. In livestock buildings, the concentration of bacteria is significantly higher than in atmospheric air. For example, in cowsheds, one cubic meter of air may contain from 12 to 86 thousand bacteria. Among them are saprophytic and opportunistic microorganisms, cocci, and mold spores. Through contaminated air, animals may become infected with dangerous diseases such as tuberculosis, brucellosis, anthrax, foot-and-mouth disease and others. These microclimate parameters are shown in the table 2.

Table 2

Microclimate parameters in the animal room

Type of Animal	Temperature, °C	Relative Humidity, %	Air Velocity, m/s	Number of Microbial Units per 1 m ³ of Air	Dust Concentration, mg/m ³ (season)	
					Winter	Summer
Cows, heifers, older young stock	8-12	40-85	0,3-0,5	70	0,8-1	1,2-1,5
Calves: Newborns	14-18	40-85	0,3-0,5	30	0,5	1,5
Calves: 1-4 months	12-18	40-75	0,1-0,5	50	0,5	1,5
Calves: 4-12 months	8-16	40-75	0,3-1,0	50	0,8	1,5

According to numerous researchers, the quality of livestock products, especially milk, directly depends on the sanitary and hygienic conditions of animal housing and feeding [11, 12, 13].

Various disinfectants are used for air decontamination in livestock and poultry facilities, including chlorine-based products, hydrogen peroxide, organic acids, and other oxidizing agents. These substances are mainly applied through aerosol spraying. However, due to the high cost and certain disadvantages of chemical disinfectants, ozonation is becoming increasingly popular as an alternative method of disinfection [14].

Ozone is an unstable compound whose molecule decomposes into oxygen and a free oxygen atom. Due to this property, ozone acts as a powerful oxidizing agent with strong disinfecting and deodorizing effects. Ozone is produced from atmospheric oxygen using special ozone generators through the process of electrosynthesis. Ozonation is the treatment of air aimed at disinfection and elimination of unpleasant odors. In terms of oxidative capacity, ozone surpasses most disinfectants and is second only to fluorine and some free radicals. It rapidly destroys organic and inorganic contaminants, converting them into harmless substances.

One of the most important properties of ozone is its ability to inhibit the development of microorganisms up to their complete inactivation. Therefore, ozone is widely used for the purification of drinking water, food processing, and sanitary treatment of premises and equipment. In animal husbandry, ozone is used to disinfect buildings, equipment, containers, pipelines, animal skin, manure, and to eliminate unpleasant odors. In poultry farming, ozonation is applied to incubating and table eggs, which helps destroy pathogenic microflora and improve hatchability.

Despite its advantages, ozone must be handled carefully because excessive concentrations are toxic to humans and animals. In addition, ozone may cause corrosion of metal surfaces and oxidation of fats. In occupied premises, ozone concentration should not exceed 0.1 mg/m³. Before ozonation, the room must be sealed, and after treatment it should be thoroughly ventilated. Microclimate conditions also play a major role in animal health. Long-term exposure to favorable environmental factors promotes adaptation of the animal organism: thermoregulation mechanisms improve, the cardiovascular and nervous systems function more efficiently, and metabolism becomes normalized. Such adaptation increases disease resistance and positively affects productivity. Research has shown that milk productivity in dairy cows depends approximately 70% on housing conditions and only 30% on hereditary traits.

Modern livestock production requires effective disinfection systems because keeping animals in enclosed spaces leads to the accumulation of bioaerosols containing dust, organic particles, and pathogenic microorganisms. Disinfection methods are generally divided into chemical and physical ones. Chemical agents possess strong bactericidal properties; however, they may pollute the environment, damage equipment, and contribute to the development of microbial resistance. For this reason, physical disinfection methods, particularly ozone and cold plasma technologies, are becoming increasingly important. Ozone destroys microorganisms by oxidizing

proteins and lipids in the cell membrane. Cold plasma generates active radicals and photons that damage bacterial DNA and cell membranes. Ozone is also effectively used for grain and feed preservation to prevent the growth of bacteria, fungi, and mold. This improves product quality and reduces the risk of toxic substance formation. Studies indicate that ozone is capable of destroying up to 99% of bacteria and viruses, as well as effectively eliminating mold fungi and their spores.

Conclusions and future research perspectives

Practical studies confirm that regular air ozonation reduces the risk of bronchopulmonary diseases in animals, decreases the harmful effects of mycotoxins in feed, and contributes to increased live weight gain. The use of ozone-air mixtures significantly lowers microbial contamination and ammonia concentration in livestock buildings. Thus, ozone disinfection is considered a modern, effective, and environmentally friendly method of ensuring sanitary safety in livestock and poultry farming. Its application contributes to maintaining animal health, improving product quality, and reducing production losses.

References

1. Law of Ukraine (2020). *On State Control over Compliance with Legislation on Food, Feed, Animal By-Products, Animal Health and Welfare*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2042-19>
2. Vlasenko, V. V. (2006). Quality and safety of milk in Ukraine and the EU and 125 current state and prospects for development. *Effective livestock farming*, 3. 32–34.
3. Demchuk, M. V. & Tkachuk, V. A. (2004). Influence of microclimate on cow productivity and sanitary quality of milk. *Veterinary Medicine of Ukraine*, 4. 29–32
4. Verkhovna Rada of Ukraine. (2006). On protection of animals from cruelty (Law № 3447-IV, February 21, 2006). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 27, Art. 230. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-155>.
5. Ministry for Development of Economy, Trade and Agriculture of Ukraine. (2021). On approval of general requirements for the welfare of farm animals during their keeping (Order №. 224, February 8, 2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0206-216>.
6. Kosianchuk, N. I. & Tiutun A. I. (2011). Vplyv deiakyykh faktoriv dobrobutu tvaryn na yakist miasa. *Naukovyi visnyk LNUVM ta B. im. S. Z. Hzhyskoho*. Vol. 13, 2 (48), 245-249.
7. Tetiana Pushkar, Lilia Kremenchuk & Ihor Petrov (2026). Animal welfare - history of development and its significance. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*. 118. 296-304
8. Neja W., Piwczynski D., Krezel-Czopek S., Sawa A. & Ozkaya S. (2017). The use of data mining techniques for analysing factors affecting cow reactivity during milking. *Journal of Central European Agriculture*. № 18 (2). P. 342–357.
9. Roshchina V. V. & Roshchina V. D. (2003). *Ozone and Plant. Cell*, Kluwer : Dordrecht
10. Norman D. A. & Kanarev P. M. (2004). Energy balance of fusion processes of the ozone molecule. *Journal of Theoretics*. Vol. 6–1. Feb-March, 5 – 18.
11. Yakubchak, O. M., Khomenko, V. I. & Melnychuk, S. D. (2005). *Veterinary and sanitary examination with the basics of technology and standardization of livestock products*. Kyiv: Bioprom LLC.
12. Kovbasenko, V. M. (2005). *Veterinary and sanitary examination with the basics of technology and standardization of livestock products: Textbook in 2 volumes*. Kyiv: Inkos Company. T.1
13. Kozak, V. L. (2001)/ *Fundamentals of veterinary and sanitary examination and quality assessment of livestock and crop products*. Ternopil: Textbooks and manuals

14. Mericam-Bourdet, N. (2012). Effect of voltage waveform on dielectric barrier discharge ozone production efficiency. *Eur. Phys. J. Appl. Phys.* 57. 1–10.

Стаття надійшла до редакції 18.05.2026

Сергій Осадчук,

здобувач ступеня доктора філософії,

Навчально-науковий інститут біотехнології та аквакультури, кафедра технологій виробництва та переробки продукції тваринництва,

Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна

ORCID ID:0009-0009-1684-4754

e-mail: bubentiy@ukr.net

Інна ОСАДЧУК,

провідний фахівець навчально-виробничого відділу

Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна

e-mail:nauka_odau@ukr.net

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ОЗОНУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МІКРОКЛІМАТУ НА ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМАХ

Анотація

У статті розглянуто проблеми створення оптимального мікроклімату, який безпосередньо впливає на стійкість організму, продуктивність і репродуктивні функції в умовах високої концентрації поголів'я та щільного розміщення тварин на фермах. Показано, що озонова дезінфекція є перспективним і екологічно безпечним методом забезпечення санітарного благополуччя у тваринництві. Однією з найважливіших властивостей озону є його здатність пригнічувати розвиток мікроорганізмів аж до їх повної інактивації. Регулярне озонування повітря знижує ризик бронхо-легеневих захворювань у тварин, зменшує негативний вплив мікотоксинів у кормах і сприяє збільшенню приростів живої маси. Одним із напрямів наукової роботи є пошук недорогих, екологічно-безпечних дезінфектантів, що не потребують використання води. До таких засобів належить озон, який є нестійкою речовиною, молекули якої самостійно розкладаються на кисень і вільний атом кисню. Саме наявність цього атома забезпечує озону потужні окиснювальні, дезінфікуючі та дезодоруючі властивості. Процес озонування потребує невеликих доз речовини, є простим у використанні та економічно вигідним. Важливою перевагою цього методу є те, що озон утворюється безпосередньо на місці застосування з кисню атмосферного повітря, а після завершення дезінфекції швидко розпадається, не завдаючи шкоди навколишньому середовищу.

Ключові слова: добробут тварин, мікроклімат, мікрофлора, озон, озонування, здоров'я тварин

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин» [Електронний ресурс]. 2020. Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2042-19>.
2. Власенко В. В. Якість та безпека молока в Україні та ЄС і 125 сучасний стан і перспективи розвитку. *Ефективне тваринництво*. 2006. № 3. С. 32–34.

3. Демчук М. В. Вплив мікроклімату на продуктивність корів і санітарну якість молока *Ветеринарна медицина України*. 2004. № 4. С. 29–32.
4. Про захист тварин від жорстокого поводження : Закон України від 21.02.2006 № 3447-IV (зі змінами). Відомості Верховної Ради України. 2006. № 27. Ст. 230. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15>
5. Про затвердження Загальних вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання : наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України від 08.02.2021 № 224, зареєстрований у Міністерстві юстиції України 22.02.2021 за № 206/35828. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0206-21>
6. Кос'янчук Н. І., Тютюн А. І. Вплив деяких факторів добробуту тварин на якість м'яса. *Науковий вісник ЛНУВМБ ім. С. З. Гжицького*. 2011. Т. 13. № 2 (48), Ч. 2. С. 245-249.
7. Тетяна Пушкар, Ліля Кременчук, Ігор Петров. Добробут тварин — історія розвитку та його значення. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2026, № 118, С. 296-304
8. Neja W., Piwczynski D., Krezel-Czopek S., Sawa A. & Ozkaya S. The use of data mining techniques for analysing factors affecting cow reactivity during milking. *Journal of Central European Agriculture*. 2017. № 18 (2). P. 342–357.
9. Roshchina V. V., Roshchina V. D. Ozone and Plant. Cell, 2003. Kluwer : Dordrecht. 312 p.
10. Norman D. A., Kanarev P. M. Energy balance of fusion processes of the ozone molecule. *Journal of Theoretics*. Vol. 6–1. Feb-March, 2004. 5 – 18.
11. Якубчак О. М., Хоменко В. І., Мельничук С. Д. Ветеринарно-санітарна експертиза з основами технології і стандартизації продуктів тваринництва. К.: ТОВ «Біопром», 2005. 799 с.
12. Ковбасенко В. М. Ветеринарно-санітарна експертиза з основами технології і стандартизації продуктів тваринництва: Навчальний т посібник в 2. К.: Фірма «Інкос», 2005. Т.1. 416 с.
13. Козак В. Л. Основи ветеринарно-санітарної експертизи та оцінки якості продуктів тваринництва і рослинництва. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 240 с.
14. Mericam-Bourdet N. Effect of voltage waveform on dielectric barrier discharge ozone production efficiency. *Eur. Phys. J. Appl. Phys.* 2012. № 57. P. 1–10.

Стаття надійшла до редакції 16.04.2026

Стаття пройшла рецензування 27.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Вікторія Мельник,

доктор історичних наук,

професор кафедри технологій у тваринництві,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Київ, Україна*

ORCID ID: 0000-0003-2491-757X

e-mail: melnikvika@nubip.edu.ua

Наталія Прокопенко,

доктор сільськогосподарських наук,

професор кафедри технологій у тваринництві,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Київ, Україна*

ORCID ID: 0000-0001-7967-884X

e-mail: prokopenkonp@nubip.edu.ua

Світлана Базиволяк,

кандидат сільськогосподарських наук,

доцент кафедри технологій у тваринництві,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Київ, Україна*

ORCID ID: 0000-0003-1656-5754

e-mail: svitlanasmic@gmail.com

Володимир Похил

кандидат сільськогосподарських наук,

*доцент кафедри технології виробництва і переробки продукції тваринництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,*

Дніпро, Україна

ORCID: 0000-0002-2994-879X

e-mail: pokhyl.v.i@dsau.dp.ua

Оксана Онищук,

магістр, провідний фахівець відділу птахівництва,

ТОВ «Альфа-Вет»

ORCID ID: 0009-0009-9663-2347

e-mail: oksanaorcid@gmail.com

ВІДТВОРЮВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ КУРЕЙ КРОСУ «НОВОГЕН БРАУН»

Попри складні умови воєнного стану, птахівництво України залишається однією з найбільш стійких галузей аграрного сектору та поступово відновлює виробничі потужності, зокрема і підприємства, які займаються виробництвом інкубаційних яєць.

У птахогосподарствах України для виробництва курячих яєць використовують кроси курей, які завозять із-за кордону. Репродуктивний потенціал птиці є одним із визначальних чинників результативного розвитку галузі птахівництва, оскільки прямо позначається на обсягах виробництва яєць, відновленні поголів'я та економічній ефективності господарств.

Відтворювальна здатність птиці визначається комплексом показників, що характеризують її потенціал до розмноження та отримання здорового молодняку. Основні критерії оцінювання включають несучість, заплідненість яєць, вивід курчат та їх збереженість. Метою роботи було дослідити відтворювальну здатність курей батьківського стада різного віку кросу «Новоген браун» в умовах ТОВ «Слов'яни».

У результаті проведених досліджень встановлено, що показники несучості курей кросу «Новоген браун» в умовах ТОВ «Слов'яни» були нижчими за нормативний рівень. Водночас, за 420 діб життя у розрахунку на початкову несучку отримали 218 яєць, а за 510 діб – 282,2 шт. За 72 тижні життя (504 доби) потенційна яєчна продуктивність відповідно до нормативів має досягати 298,6 яєць на початкову несучку. Рівень заплідненості яєць змінювався у значних межах – від $62,00 \pm 0,63$ до $93,80 \pm 0,32$ % і залежав від віку батьківського поголів'я. Показники виводу молодняку також характеризувалися суттєвими коливаннями: найвищий рівень становив $88,86 \pm 0,42$ % (вік курей 314 діб), тоді як найнижчий – $62,00 \pm 0,63$ % (вік курей 502 доби). Збереженість курчат за вироцкування упродовж перших 10 діб після виводу не залежала від віку батьківського стада і становила 97,4 – 98,0 %.

Ключові слова: крос, кури, відтворювальна здатність, несучість, заплідненість яєць, вивід курчат.

Актуальність. Птахівництво є провідною галуззю сільськогосподарського виробництва [1]. Так, за даними Держстату [2], в Україні у 2025 році виробництво яєць птиці всіх видів у господарствах усіх категорій становило 11725,3 млн яєць, що на 16,7 % менше порівняно з 2021 роком (14071,3 млн шт.), однак на 3,1 % більше, ніж у 2023 р. (11368,9 млн шт.). У тому числі вироблено курячих яєць для інкубації 717,70 млн шт. (2025 р.). Кількість виведеного здорового молодняку свійської птиці у підприємствах України у 2024 році становила 637,30 млн голів (у Київській області – 27,20 млн гол.). Стосовно поголів'я, то у господарствах усіх категорій птиці всіх видів у 2025 р. налічувалося 194884,2 тис. – на 3,6 % менше, ніж у 2021 р. (202243,1 тис гол.), проте більше порівняно з 2022-м (180792,6 тис. гол.) на 7,8 %. Кількість курей та півнів у 2025 році становила 181125,1 тис., що є менше на 2,9 % відносно 2021-го (186623,0 тис. голів) та більше на 8,9 % порівняно з першим роком повномасштабного вторгнення рф в Україну (166313,0 тис. гол.) Отже, незважаючи на те, що в Україні триває війна, галузь птахівництва поступово відновлюється, зокрема і підприємств, які займаються виробництвом інкубаційних яєць.

У сучасних умовах інтенсивного ведення галузі особливої актуальності набувають дослідження, спрямовані на оцінювання відтворювальної здатності птиці, яка є одним із ключових чинників ефективного функціонування яєчного птахівництва, оскільки безпосередньо впливає на рівень виробництва яєць та економічні показники господарств.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Репродуктивний потенціал птиці сучасних кросів забезпечує отримання якісних інкубаційних яєць, високий відсоток їх заплідненості та виводу молодняку, що має важливе значення для стабільного виробництва продукції птахівництва.

Для виробництва курячих яєць у птахогосподарствах України використовують кроси курей, які створені провідними селекційними компаніями світу, а саме: «Хай-Лайн W-36» [3], «Ломанн ЛСЛ», «Ломанн браун», «Ломанн сенді» [4, 5], «Новоген браун» [6] та інші. Є публікації, в яких висвітлено вплив різних чинників годівлі на несучість яєчних курей [7, 8, 9]. На сьогодні значна кількість наукових досліджень проводиться у напрямку вивчення впливу умов вирощування і утримання птиці батьківського стада на їх відтворювальну здатність. Зокрема, Damaziak et al. [10] проаналізували вплив вирощування ремонтного молодняку курей у вольєрній системі порівняно з клітковою на подальшу відтворювальну здатність батьківського поголів'я. Інші дослідження [11] були присвячені аналізу несучості та виводимості яєць батьківського поголів'я курей «Іза браун», вирощеного у закритих і відкритих вольєрах. Існує низка наукових робіт щодо визначення впливу внутрішньо-яєчних ін'єкцій різних препаратів (фітокомпозицій вітамінів й інших біологічно активних речовин) на вивід курчат [12, 13, 14].

Отже, загалом є чимало досліджень, в яких вивчали вплив різних чинників на відтворювальну здатність курей загалом та окремо на несучість, заплідненість яєць, вивід молодняку. При цьому, комплексні дослідження відтворювальної здатності яєчних курей в умовах птахогосподарств України наразі відсутні.

Мета роботи – дослідити відтворювальну здатність курей батьківського стада різного віку кросу «Новоген браун» в умовах ТОВ «СЛОВ'ЯНИ».

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проведено в умовах ТОВ «Слов'яни» з метою проаналізувати відтворювальну здатність курей кросу «Новоген браун». Кури батьківського стада мають біле забарвлення оперення, а півні – коричневе (рис. 1).



Рис. 1. Батьківське поголів'я курей кросу «Новоген браун» в умовах ТОВ «СЛОВ'ЯНИ» (автор фото: О. Онищук)

У господарстві ТОВ «СЛОВ'ЯНИ» для утримання курей кросу «Новоген браун» використовують кліткові батареї (рис. 2).



Рис. 2. Утримання поголів'я батьківського стада у кліткових батареях «SALMET» (автор фото: О. Онищук)

У пташнику змонтовано сім 4-ярусних кліткових батарей і в кожній клітці утримують по 2–3 півні і 20 курок. Загальна чисельність птиці у приміщенні складає 38 770 голів, а середнє співвідношення півнів до курей становить 1:8,6.

У ТОВ «Слов'яни» курей годують відповідно до рекомендацій компанії-постачальника кросу – «NOVOGEN».

Інкубаційні яйця від курей батьківського стада відправляють в інкубаторій, де їх зберігають у яйцескладі упродовж певного часу до закладання в інкубатор. У господарстві інкубаторій оснащений інкубаційними та вивідними машинами «Джеймсвей». Загальна потужність інкубаторію становить 4354560 яєць. Упродовж інкубаційного періоду здійснюють біологічний контроль розвитку ембріонів. Яйця овоскопують на міражному столі на 7-, 11- та 19-ту добу інкубації з метою оцінки стану зародків. Під час заключного контролю на 19-ту добу незапліднені яйця та яйця із загиблими ембріонами вибраковують, а решту розміщують у вивідні кошики та переміщують до вивідного інкубатора.

У період інкубації підтримують диференційований температурно-вологісний режим: на початку температура та вологість підвищені, а надалі ці показники поступово знижують. У період виводу молодняку температуру повітря в інкубаторі дещо знижують, а відносну вологість повітря – підвищують. Після виводу молодняк сортують за статтю та якістю. Оскільки крос «Новоген браун» є аутосексним, то самочок від самців відокремлюють за кольором пуху.

Виведений молодняк нерозділений за статтю представлено на рисунку 3.



Рис. 3. Нерозділений за статтю виведений молодняк кросу «Новоген браун» (автор фото: О. Онищук)

Розподіл за статтю здійснюють оператори за допомогою спеціального дископодібного транспортера. При цьому вилучають некондиційний молодняк. Надалі курочок направляють на вакцинування, котре здійснюють аерозольно та

шляхом ін'єкції. Потім кондиційних вакцинованих курочок транспортують у господарства агрохолдингу «Авангард», де їх вирощують для комплектування промислового стада несучок.

При дослідженні відтворювальної здатності курей кросу «Новоген браун» контролювали такі показники: несучість курей, заплідненість яєць, вивід курчат і збереженість молодняку.

Дослідження заплідненості яєць та виводу молодняку проводили відповідно до схеми досліду (табл. 1).

Табл. 1

Схема досліду

Номер партії яєць	Вік курей, діб	Тривалість зберігання яєць (не більше), діб	Закладено яєць на інкубацію, шт.
1	195	7	60480
2	249	7	120960
3	314	7	55440
4	483	7	25200
5	502	7	60480

Дані заплідненості яєць та виводу молодняку статистично обробляли; вірогідність різниці між групами визначали за критерієм Стюдента для відносних величин.

Несучість є одним із основних показників, що характеризує генетично зумовлений рівень продуктивності птиці. Висока та рівномірна несучість курей батьківського стада свідчить про їхній належний відтворювальний стан і високу племінну цінність. Достовірний облік несучості дає змогу прогнозувати обсяги закладання інкубаційних яєць, підтримувати безперервне виробництво добового молодняку, раціонально організовувати логістичні процеси та ефективно використовувати інкубаційне обладнання. Показник несучості тісно пов'язаний із масою яєць, міцністю шкаралупи, рівнем заплідненості, виводимістю та життєздатністю молодняку. Як надмірно інтенсивна, так і недостатня яйцекладка можуть негативно позначатися на інкубаційних властивостях яєць. Систематичний контроль несучості дозволяє своєчасно виявляти зниження продуктивності, вносити корективи у годівлю та параметри мікроклімату, а також оптимізувати витрати на утримання поголів'я.

Оскільки несучість курей є одним із ключових показників, що характеризують їхню відтворювальну здатність, нами було проаналізовано цей показник у птиці кросу «Новоген браун» в умовах ТОВ «Слов'яни».

Компанія-постачальник кросу у своїх рекомендаціях надає нормативні дані щодо продуктивності батьківського стада. Такі стандартні показники використовують для оцінки рівня реалізації генетично зумовленого потенціалу продуктивності птиці.

У виробничих умовах господарства було досліджено несучість курей у двох пташниках за різної тривалості продуктивного використання птиці.

Табл. 2

Продуктивність курей кросу «Новоген браун» в умовах ТОВ «Слов'яни»

Пташ-ник	Вік курей на кінець періоду викорис-тання, діб	Посад-жено, голів	Поголів'я на кінець періоду, гол.	Валовий збір яєць, шт.	Несучість на початкову несучку, шт.	Несучість на середню несучку, шт.
1	510	30 495	26 647	8 635 490	283,2	302,2
2	420	18 190	16 333	3 965 112	218,0	229,7

Варто зазначити, що у рекомендаціях щодо продуктивності курей батьківського стада показники наведені лише до 72-тижневого віку птиці. У пташнику № 1 курей утримували до 510-добового віку, після чого поголів'я було вибракуване та направлене на забій. За цей період несучість на початкову несучку становила 283,2 яйця, а на середню несучку – 302,2 яйця. Нормативні дані для такого віку птиці у рекомендаціях відсутні. Проте слід підкреслити, що фактичний рівень несучості був нижчим, оскільки відповідно до стандартів за 72 тижні життя від однієї курки можна отримати 298,6 яєць. (у розрахунку на початкову несучку). Щодо пташника № 2, то за 60 тижнів життя від однієї початкової несучки було одержано 218,0 яєць, що на 19,7 шт. менше порівняно з нормативним значенням (237,7 шт.). Таким чином, кури кросу «Новоген браун» в умовах господарства реалізували свій генетично зумовлений потенціал продуктивності не повною мірою.

Відтворювальну здатність також оцінюють за такими показниками як заплідненість яєць і вивід молодняку. Дані заплідненості яєць наведено в таблиці 3.

Табл. 3

Заплідненість яєць курей кросу «Новоген браун»

Номер партії	Вік курей, діб	Закладено яєць, шт.	Запліднені яйця, шт.	Заплідненість, % (M±m)
1	195	60480	54190	89,60±0,39
2	249	60480	55218	91,30±0,36
3	314	55440	52003	93,80±0,32
4	483	25200	19958	79,20±0,81
5	502	60480	37498	62,00±0,63

Отримані результати свідчать, що заплідненість яєць курей залежить від віку та коливається у значних межах: від 62,00±0,63 до 93,80±0,32 %. Найнижча заплідненість яєць є у курей віком 502 доби (при P<0,001), а найвища – 314 діб (при P<0,001). Вірогідність різниці за заплідненістю яєць наведена у таблиці 4.

Табл. 4

Вірогідність різниці за заплідненістю яєць

Порівняння партій яєць	Рівень вірогідності	Порівняння партій яєць	Рівень вірогідності
1–2	$P < 0,01$	2–4	$P < 0,001$
1–3	$P < 0,001$	2–5	$P < 0,001$
1–4	$P < 0,001$	3–4	$P < 0,001$
1–5	$P < 0,001$	3–5	$P < 0,001$
2–3	$P < 0,001$	4–5	$P < 0,001$

Даний показник загалом залежить від різних чинників: умов годівлі та утримання батьківського стада, співвідношення самців і самок у стаді, віку птиці, відтворювальної здатності півнів тощо.

Вивід молодняку є наступним показником, який характеризує відтворювальну здатність птиці (табл. 5).

Табл. 5

Вивід молодняку

Номер партії	Закладено яєць, шт.	Виведено курчат, гол.	Вивід, % ($M \pm m$)
1	60480	50375	$83,29 \pm 0,48$
2	60480	52125	$86,18 \pm 0,44$
3	55440	49271	$88,86 \pm 0,42$
4	25200	17208	$68,29 \pm 0,93$
5	60480	32333	$53,46 \pm 0,64$

Отже, вивід курчат у досліджуваних партіях коливався в межах від $53,46 \pm 0,64$ до $88,86 \pm 0,42$ %. Найвищий показник встановлено у третій партії, тоді як найнижчий – у п'ятій. При цьому, між усіма партіями встановлено високий рівень вірогідності різниці за даним показником (табл. 6).

Табл. 6

Вірогідність різниці між партіями за виводом курчат

Порівняння партій яєць	Рівень вірогідності	Порівняння партій яєць	Рівень вірогідності
1–2	$P < 0,001$	2–4	$P < 0,001$
1–3	$P < 0,001$	2–5	$P < 0,001$
1–4	$P < 0,001$	3–4	$P < 0,001$
1–5	$P < 0,001$	3–5	$P < 0,001$
2–3	$P < 0,001$	4–5	$P < 0,001$

Аналіз відсотку виводу кількості самців і самок свідчить, що у всі досліджувані періоди більше було самців (рис. 4).

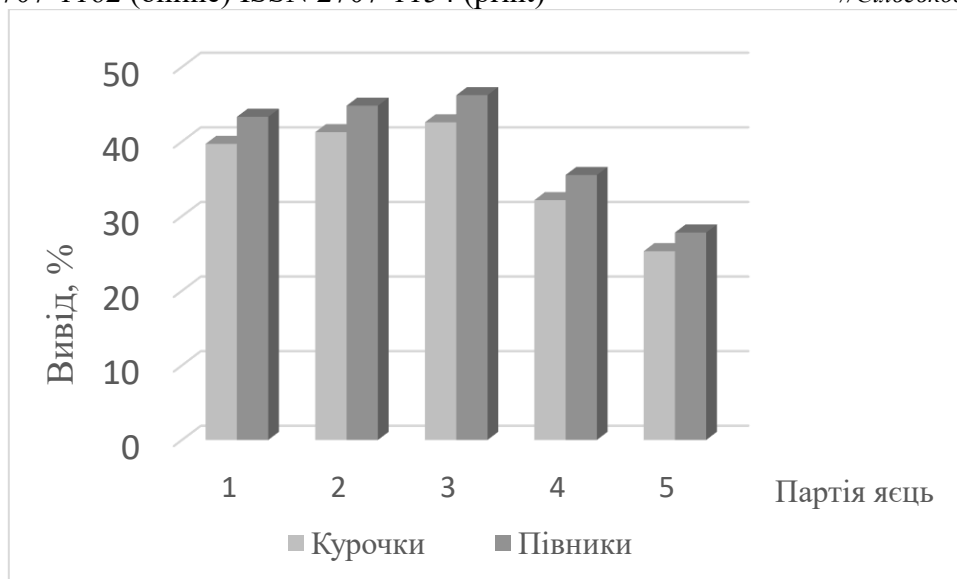


Рис. 4. Вивід курочок і півників, %

Отже, встановлено, що вивід молодняку, як і заплідненість яєць, залежить від віку батьківського поголів'я. Наші результати узгоджуються з даними інших дослідників. Так, V. Djermanović et al. [15] у своїх експериментах встановили, що на заплідненість і виводимість яєць впливає вік батьківського стада, Н.Е.Е. Malik та ін. [16] на підставі отриманих результатів дійшли висновку, що маса інкубаційних яєць є визначальним чинником формування показників їх виводимості.

Контролювання збереженості молодняку птиці після виведення має важливе значення у птахівництві, оскільки безпосередньо позначається на результативності виробництва, економічній ефективності та стані здоров'я поголів'я. Рівень збереженості курчат визначає можливість формування оптимальної чисельності птиці для подальшого отримання продукції, зокрема харчових яєць. Підвищена загибель курчат у перші дні життя знижує ефективність вирощування ремонтного молодняку та може негативно впливати на одержання запланованої кількості яєць від несучок у майбутньому.

Оскільки відтворювальна здатність курей також характеризується рівнем збереженості молодняку протягом перших 10 діб вирощування, нами було вивчено цей показник у господарстві, яке отримує добових курочок із ТОВ «СЛОВ'ЯНИ» та здійснює вирощування ремонтного молодняку для комплектування промислового стада несучок.

При цьому було проаналізовано збереженість молодняку впродовж перших 10 діб вирощування. Результати досліджень наведено у таблиці 7.

Табл. 7

Збереженість молодняку впродовж 10 діб після виводу

Партія виведеного молодняку	Збереженість поголів'я, %
1	97,8

2	97,7
3	98,0
4	97,8
5	97,4

Причинами загибелі стали дистрофія, кахексія, травмування та виродливості. За умови дотримання у господарстві всіх технологічних норм годівлі та утримання молодняку основною причиною розвитку таких порушень найчастіше є недоліки інкубації. До них належать передчасний або запізнілий вивід, низька якість інкубаційних яєць, а також порушення температурно-вологісного режиму під час інкубації. Інкубаційний період має вирішальне значення для формування здорового та життєздатного молодняку. Будь-які відхилення від оптимальних параметрів у цей час можуть призвести до ослаблення організму курчат, розвитку дистрофії та підвищення рівня загибелі у перші дні після виведення.

Таким чином, контроль збереженості курчат після виводу є важливою складовою оцінки відтворювальної здатності птиці.

Висновки та перспективи подальших досліджень

За проведення оцінювання відтворювальної здатності курей батьківського стада кросу «Новоген браун» у ТОВ «Слов'яни» встановлено, що несучість курей в умовах господарства була нижчою порівняно з нормативними показниками. У господарстві за 420 діб життя від однієї початкової несучки одержують 218 яєць, а за 510 діб – 282,2 яйця. Водночас, відповідно до стандарту, за 72 тижні життя (504 доби) від однієї несучки (у розрахунку на початкову) можна отримати 298,6 яєць. Рівень заплідненості яєць достовірно ($P < 0,001$) коливався у широких межах – від $62,00 \pm 0,63$ до $93,80 \pm 0,32$ % та був зумовлений віком батьківського стада. Показники виводу молодняку також відзначалися значною мінливістю ($P < 0,001$): максимальне значення становило $88,86 \pm 0,42$ % у курей віком 314 діб, тоді як мінімальне – $62,00 \pm 0,63$ % у птиці віком 502 доби.

Збереженість курчат протягом перших 10 діб вирощування після виведення не мала залежності від віку батьківського поголів'я та перебувала в межах 97,4–98,0 %.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні впливу терміну зберігання яєць курей кросу «Новоген браун» на їх виводимість.

Список використаної літератури

1. Прокопишин О. С. Підвищення економічної ефективності підприємств птахівництва. *Український журнал прикладної економіки*. 2019. Т. 4, № 3. С. 8–16. URL: https://ujae.org.ua/wp-content/uploads/2020/02/ujae_2019_r03_a01.pdf.
2. Виробництво продукції тваринництва, кількість сільськогосподарських тварин і забезпеченість їх кормами (річна). Держстат: Веб-сайт. <https://stat.gov.ua/uk/explorer?md5=76a9a1692a4882bda52e80e616734d8e> (дата звернення: 15.04.2026).

3. Кучмістов В. О. Продуктивність курей за утримання на певних ярусах кліткових батарей. *Сучасне птахівництво*. 2022. № 3–4. С. 4–9. <https://dx.doi.org/10.31548/poultry2022.03-04.004>.
4. Дунець В. Ю., Слівінська Л. Г. Клінічна синдроматика курей-несучок кросу "Ломан Браун" в умовах господарства. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. Серія : Ветеринарні науки. 2018. Т. 20, № 83. С. 341–346. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnuvmbvn_2018_20_83_70.
5. Usenko S. O., Vasiliva O. O., Karunna T. I., Shaferivskiy B. S., Zeliznyk I. M., Kravchenko O. I. The influence of cross selection on the efficiency of commodity egg production. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. 2022. Vol. 1. P. 120–125. doi: 10.31210/visnyk2022.01.15.
6. Мельник В. В., Кривуця Г. В., Прокопенко Н. П., Базиволяк С. М., Савич В. Б. Технологія виробництва інкубаційних яєць курей кросу "Новоген браун". *Сучасне птахівництво*. 2024. № 1–2. С. 18–24. doi: <https://dx.doi.org/10.31548/poultry2024.01-02.018>.
7. Attivi K., Agboka, K., Mlaga G. K., Dassidi N., Oke O. E., Karou S. D., Onagbesan O., Hai L., Tona J. (2023). Productive performance, follicular development, and reproductive hormone profiles of laying hens fed with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as a substitute for fish meal. *European Poultry Science*. 2023. Vol. 87. P. 1–17. <https://doi.org/10.1399/eps.2023.368>.
8. Faghieh-Mohammadi F., Seidavi A., Bouyeh M. The effects of chelated micro-elements feeding in broiler breeder hens and their progeny: A review. *Tropical Animal Health and Production*. 2022. Vol. 54(5). Article 323. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03317-1>.
9. Safaa H.M., Serrano M.P., Valencia D.G., Frikha M., Jiménez-Moreno E., Mateos G.G. Productive Performance and Egg Quality of Brown Egg-Laying Hens in the Late Phase of Production as Influenced by Level and Source of Calcium in the Diet metabolism and nutrition. *Poultry Science*. 2008. Vol. 87, Is. 10. P. 2043–2051. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00110>.
10. Damaziak K., Musielak M., Musielak C., Riedel J., Gozdowski D., Grzybek W., Effect of different rearing system on eggs production, hatchability, and offspring quality in layer breeders. *Poultry Science*. 2021. Vol. 100, № 6. Article 101101. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101101>.
11. Damaziak K., Musielak M., Musielak C., Riedel J., Gozdowski D. Reproductive performance and quality of offsprings of parent stock of layer hens after rearing in open and closed aviary system. *Poultry Science*. 2020. Article 100. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.025>.
12. Akosile O., Majekodunmi B., Sogunle O., Baloyi J., Fushai F., Bhebhe E., Oke O. Research Note: Responses of broiler chickens to in ovo feeding with clove and cinnamon extract under hot-humid environments. *Poultry Science*. 2023. Vol. 102, № 3. Article 102391. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102391>.
13. Asaa M. N., Chamanian M., Naser M. S., Sadeghia A., Foroudi F. The effect of the in ovo injection of some carbohydrates and antioxidants on incubating parameters, blood and immunological parameters, intestinal morphometry and post-hatching production performance in broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*. 2022. Vol. 21, №1. P. 749–763. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1993092>.
14. Araujo I., Cafe M., Noleto R., Martins J., Ulhoa C., Guareshi G., Reis M., Leandro N. Effect of vita-min E in ovo feeding to broiler embryos on hatchability, chick quality, oxidative state and performance. *Poultry Science*. 2019. Vol. 98, № 9. P. 3652–3661. <https://doi.org/10.3382/ps/pey439>.
15. Djermanović V., Mitrović S., Milojević M. Effect of body weight of laying hens on production traits of broiler parents. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2017. Vol. 33, № 2. P. 201–209. <https://doi.org/10.2298/BAH1702201D>.
16. Malik H. E. E., Sakin A. I. Y., Elagib H. A. A., Dousa B. M., Elamin K. M. Effect of Egg Weight and egg Shell Thickness on Hatchability and Embryonic Mortality of Cobb Broiler Breeder Eggs. *Global Journal of Animal Scientific Research*. 2015. Vol. 3(1). P.186–190. 2015. URL: <http://archives.gjasr.com/index.php/GJASR/article/view/141/373> (дата звернення: 15.04.2026).

Viktoriya Melnyk,

Doctor of Historical Sciences,

Professor of the Department of Animal Husbandry Technologies,

National University of Life Resources and Environmental Management of

Ukraine,

Kyiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0003-2491-757X

e-mail: melnikvika@nubip.edu.ua

Nataliya Prokopenko,

Doctor of Agricultural Sciences,

Professor of the Department of Animal Husbandry Technologies,

National University of Life Resources and Environmental Management of

Ukraine,

Kyiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-7967-884X

e-mail: prokopenkonp@nubip.edu.ua

Svitlana Bazyvolyak,

Candidate of Agricultural Sciences,

Associate Professor of the Department of Animal Husbandry Technologies,

National University of Life Resources and Environmental Management of

Ukraine,

Kyiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0003-1656-5754

e-mail: svitlanasmic@gmail.com

Volodymyr Pokhyl

Candidate of Agricultural Sciences,

Associate Professor, Department of Technology of Production and Processing
of Livestock Products,

Dnipro State Agrarian and Economic University,

Dnipro, Ukraine

ORCID: 0000-0002-2994-879X

e-mail: pokhyl.v.i@dsau.dp.ua

Oksana Onyshchuk,

Master, Leading Specialist of the Poultry Department,

LTD "Alfa-Vet"

ORCID ID: 0009-0009-9663-2347

e-mail: oksanaorcid@gmail.com

**REPRODUCTIVE CAPACITY OF «NOVOGEN BROWN» CROSS
CHICKENS**

Abstract

Despite the difficult conditions of martial law, Ukrainian poultry farming remains one of the most stable branches of the agricultural sector and is gradually restoring production capacity, including enterprises engaged in the production of incubation eggs.

In Ukrainian poultry farms, crosses of chickens imported from abroad are used to produce chicken eggs. The reproductive potential of poultry is one of the determining factors for the effective development of the poultry industry, as it directly affects the volume of egg production, the restoration of the livestock and the economic efficiency of farms.

The reproductive ability of poultry is determined by a set of indicators that characterize its potential for reproduction and obtaining healthy young. The main evaluation criteria include egg production, egg fertilization, hatching of chicks and their survival. The purpose of the work was to investigate the reproductive ability of chickens of the parent flock of different ages of the cross "Novogen Brown" in the conditions of LLC "Slovyany".

As a result of the conducted research, it was found that the egg production indicators of the "Novogen Brown" cross-breed hens in the conditions of LLC "Slovyany" were lower than the standard level. At the same time, for 420 days of life, 218 eggs were obtained per initial layer, and for 510 days – 282.2 pcs. For 72 weeks of life (504 days), the potential egg production according to the standards should reach 298.6 eggs per initial layer. The level of egg fertilization varied within significant limits – from 62.00 ± 0.63 to $93.80 \pm 0.32\%$ and depended on the age of the parent stock. The hatchability of young birds was also characterized by significant fluctuations: the highest level was $88.86 \pm 0.42\%$ (age of chickens 314 days), while the lowest was $62.00 \pm 0.63\%$ (age of chickens 502 days). The survival of chicks during rearing during the first 10 days after hatching did not depend on the age of the parent flock and was 97.4–98.0%.

Keywords: cross, chickens, reproductive ability, egg production, egg fertilization, chick hatching.

References

1. Prokopyshyn, O. S. (2019). Improving the Economic Efficiency of Poultry Farms. Ukrainian Journal of Applied Economics, 4(3), 8–16. URL: https://ujae.org.ua/wp-content/uploads/2020/02/ujae_2019_r03_a01.pdf. [in Ukrainian].
2. Livestock production, number of farm animals, and feed supply (annual). State Statistics Service: Website. <https://stat.gov.ua/uk/explorer?md5=76a9a1692a4882bda52e80e616734d8e> [in Ukrainian].
3. Kuchmistov, V. O. (2022). Productivity of hens kept on specific tiers of cage batteries. Modern Poultry, 3–4, 4–9. <https://dx.doi.org/10.31548/poultry2022.03-04.004> [in Ukrainian].
4. Dunets, V. Yu., & Slivinska, L. G. (2018). Clinical syndromes in laying hens of the "Lohmann Brown" breed under farm conditions. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 20(83), 341–346. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnuvmbvn_2018_20_83_70 [in Ukrainian].
5. Usenko, S. O., Vasiliva, O. O., Karunna, T. I., Shaferivskyi, B. S., Zeliznyk, I. M., & Kravchenko O. I. (2022). The influence of cross selection on the efficiency of commodity egg production. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, 1, 120–125. <https://dx.doi.org/10.31210/visnyk2022.01.15> [in Ukrainian].
6. Melnyk, V. V., Kryvutsya, G. V., Prokopenko, N. P., Bazyvoliak, S. M., Savych, V. B. (2024). Production technology for hatching eggs of the "Novogen Brown" cross. Modern Poultry, 1–2, 18–24. <https://dx.doi.org/10.31548/poultry2024.01-02.018> [in Ukrainian].
7. Attivi, K., Agboka, K., Mlaga, G. K., Dassidi, N., Oke, O. E., Karou, S. D., Onagbesan, O., Hai, L., & Tona, J. (2023). Productive performance, follicular development, and reproductive hormone profiles of laying hens fed with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as a substitute for fish meal. European Poultry Science, 87, 1–17. <https://doi.org/10.1399/eps.2023.368> [in English].

8. Faghih-Mohammadi, F., Seidavi, A., & Bouyeh, M. (2022). The effects of chelated micro-elements feeding in broiler breeder hens and their progeny: A review. *Tropical Animal Health and Production*, 54(5), 323. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03317-1> [in English].
9. Safaa, H. M., Serrano, M. P., Valencia, D. G., Frikha, M., Jiménez-Moreno, E., & Mateos G. G. (2008). Productive Performance and Egg Quality of Brown Egg-Laying Hens in the Late Phase of Production as Influenced by Level and Source of Calcium in the Diet metabolism and nutrition. *Poultry Science*, 87(10), 2043–2051. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00110> [in English].
10. Damaziak, K., Musielak, M., Musielak, C., Riedel, J., Gozdowski, D., & Grzybek, W. (2021). Effect of different rearing system on eggs production, hatchability, and offspring quality in layer breeders. *Poultry Science*, 100(6), 101101. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101101> [in English].
11. Damaziak, K., Musielak, M., Musielak, C., Riedel, J., & Gozdowski, D. (2020). Reproductive performance and quality of offsprings of parent stock of layer hens after rearing in open and closed aviary system. *Poultry Science*, 100. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.025> [in English].
12. Akosile, O., Majekodunmi, B., Sogunle, O., Baloyi, J., Fushai, F., Bhebhe, E., & Oke, O. (2023). Research Note: Responses of broiler chickens to in ovo feeding with clove and cinnamon extract under hot-humid environments. *Poultry Science*, 102(3), 102391. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102391> [in English].
13. Asaa, M.N., Chamania, M., Naser, M. S., Sadeghia, A., & Foroudi F. (2022). The effect of the in ovo injection of some carbohydrates and antioxidants on incubating parameters, blood and immunological parameters, intestinal morphometry and post-hatching production performance in broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 21(1), 749–763. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1993092> [in English].
14. Araujo, I., Café, M., Noletto, R., Martins, J., Ulhoa, C., Guareshi, G., Reis, M., & Leandro, N. (2019). Effect of vita-min E in ovo feeding to broiler embryos on hatchability, chick quality, oxidative state and performance. *Poultry Science*, 98(9), 3652–3661. <https://doi.org/10.3382/ps/pey439> [in English].
15. Djermanović, V., Mitrović, S., & Milojević, M. (2017). Effect of body weight of laying hens on production traits of broiler parents. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 33 (2), 201–209. <https://doi.org/10.2298/BAH1702201D> [in English].
16. Malik, H. E. E., Sakin, A. I. Y., Elagib, H. A. A., Dousa, B. M., & Elamin, K. M. (2015). Effect of Egg Weight and egg Shell Thickness on Hatchability and Embryonic Mortality of Cobb Broiler Breeder Eggs. *Global Journal of Animal Scientific Research*, 3(1), 186–190. URL: <http://archives.gjasr.com/index.php/GJASR/article/view/141/373> (дата звернення: 15.04.2026). [in English].

Стаття надійшла до редакції 18.05.2026

Стаття пройшла рецензування 21.05.2026

Стаття опублікована 29.05.2026

Iryna Antonik,

Institute of Climate Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences
of Ukraine, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0009-0000-6361-7225

e-mail: primaveraryna@gmail.com

Kostiantyn Zaruba,

Ascania Nova” Institute of Animal Breeding in the Steppe Regions named after M. F.
Ivanov - National Scientific Selection-Genetics Center for Sheep Breeding, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-9058-7751

PARAMETERS FOR ASSESSING SHEEP WELFARE CONSIDERING MODERN APPROACHES IN THE CONTEXT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND PREDICTIVE ANALYTICS

Abstract

The article examines modern approaches to assessing sheep welfare using artificial intelligence (AI) and predictive analytics technologies. Traditional and innovative welfare assessment parameters are summarized, including behavioral, physiological, productive, and environmental indicators. The feasibility of integrating digital technologies, sensor systems, and machine learning algorithms to form an objective, continuous, and multifactorial assessment of animal status is substantiated. It has been established that the most promising approach is a multiparametric one that combines physiological, behavioral, environmental, and productive indicators. It is shown that the integration of Precision Livestock Farming (PLF) technologies, sensor systems, and machine learning algorithms enables continuous real-time monitoring and prediction of animal conditions. The need to develop digital AI-based models for sheep welfare assessment is justified.

Keywords: sheep welfare, parameters, artificial intelligence, predictive analytics, precision livestock farming, One Health.

Introduction. Modern sheep farming is developing under increasingly stringent requirements for ensuring animal welfare, which represents a key component of sustainable and ethically oriented livestock production. In the European Union and according to the recommendations of international organizations (FAO, WOAH, EFSA), the concept of animal welfare has acquired a systematic character and includes the assessment of physiological status, behavioral responses, housing conditions, and the ability of animals to adapt to environmental changes.

Traditional approaches to sheep welfare assessment are mainly based on visual observation, periodic clinical examinations, and expert judgment, which limits their accuracy, objectivity, and timeliness. Therefore, there is a growing need to implement new technological solutions capable of providing continuous, automated, and multiparametric monitoring of animal condition.

Contemporary scientific research in sheep welfare assessment is characterized by a transition from subjective expert evaluations to objective, standardized, and digital monitoring systems based on animal-based measures (ABMs). This approach enables the assessment of the actual condition of the animal through physiological, behavioral, and clinical indicators, which are more informative compared to resource-based measures.

According to the scientific position of EFSA (European Food Safety Authority), the main welfare risks for sheep include heat stress, hunger, lameness, mastitis, and impaired adaptation. EFSA emphasizes that the most valid indicators are animal-based measures, in particular body condition score, locomotion score, and indicators of behavioral and physiological status, as well as productive and environmental parameters [1].

Of particular importance is the use of artificial intelligence (AI) and predictive analytics, which allow the integration of large datasets obtained from sensor systems, activity monitoring devices, GPS trackers, and computer vision technologies. This enables a shift from reactive to preventive and predictive welfare management, which is a key trend in the development of Precision Livestock Farming (PLF).

In the context of climate change, particularly increasing thermal stress and higher environmental temperature loads, the development of indicator systems reflecting the adaptive capacity of sheep becomes especially important. Such indicators include physiological (body temperature, heart rate, cortisol level), behavioral (locomotor activity, rumination, feed intake), and environmental (ambient temperature, humidity, temperature-humidity index (THI)) parameters.

Thus, the development of a parameter system for sheep welfare assessment considering modern approaches in the context of artificial intelligence and predictive analytics is a relevant scientific task with both theoretical and practical significance for the advancement of digital and climate-smart livestock production.

Review of recent research and publications. The current stage of sheep farming development is characterized by a transition from traditional methods of assessing productivity and animal welfare to digital monitoring technologies based on the concept of Precision Livestock Farming (PLF), sensor systems, and artificial intelligence algorithms. Recent scientific literature emphasizes that the integration of IoT solutions, computer vision, and machine learning models enables continuous, non-invasive monitoring of physiological status, behavior, and welfare levels of sheep in real time [2].

Particular attention is given by researchers to the development of welfare indicators based on animal-based measures (ABMs), including the assessment of behavior, lameness, body condition score, resting duration, and feeding activity. However, it has been established that some of these indicators require further validation regarding their reliability and repeatability under field conditions [3].

Within the European framework, a significant contribution has been made through the development of the Welfare Quality® system, which established the basis for a multi-criteria welfare assessment of animals based on four principles: good feeding, good housing, good health, and appropriate behavior. A further development

of this approach is the AWIN (Animal Welfare Indicators) project, specifically adapted for sheep and goats. The AWIN methodology includes validated indicators such as lameness, body condition score, fleece condition, dag score (soiling of the hindquarters), hoof lesions, and behavioral responses [3].

The modern stage of sheep farming development is also characterized by the increasing adoption of digital monitoring technologies based on Precision Livestock Farming (PLF), sensor systems, and artificial intelligence algorithms. Recent literature highlights that the integration of IoT solutions, computer vision, and machine learning models enables continuous, non-invasive monitoring of physiological status, behavior, and welfare levels of sheep in real time [4].

Current studies emphasize that the implementation of sensor technologies in sheep farming enables the automation of data collection related to animal behavior and physiological status. In particular, the use of accelerometers, GPS trackers, thermal sensors, and audio sensors provides continuous monitoring of locomotor activity, feed intake, rumination behavior, and heat stress [5].

A separate research direction involves the application of artificial intelligence (AI) and deep learning techniques for sheep behavior analysis. Scientific studies show that convolutional neural networks (CNNs) and YOLO models are used for behavior recognition, while computer vision systems are applied to movement assessment, and machine learning algorithms enable classification of states such as “rest – activity – stress.” Recent works also demonstrate the use of multimodal AI systems for behavior analysis without animal tagging, enabling real-time objective data acquisition.

Review studies confirm that the main AI applications in livestock production include animal detection, health assessment, behavioral classification, and early anomaly detection [4].

Despite significant progress, the current literature identifies several key challenges, including the lack of unified digital welfare models for sheep, limited integration of physiological and behavioral data, insufficient numbers of validated AI models for field conditions, and low standardization of sensor data across different housing systems. It is particularly emphasized that most Precision Livestock Farming (PLF) technologies are still at the experimental research stage and have not yet been fully implemented in commercial sheep farming [6].

Predictive analytics enables a shift from reactive to proactive herd management. The main application areas include heat stress prediction, early disease detection, productivity decline forecasting, and reproductive risk assessment.

Thus, an early warning system is being formed, which allows for the reduction of economic losses and improvement of animal welfare levels.

The conducted analysis demonstrates that research in the field of sheep welfare assessment is undergoing an intensive transformation driven by the transition from traditional observational methods to digital, sensor-based, and intelligent monitoring systems. The synthesis of leading research findings indicates that the primary driver of development is the integration of artificial intelligence technologies, IoT, computer vision, and predictive analytics, which collectively form the foundation of the modern Precision Livestock Farming (PLF) concept.

The purpose of the work is to determine and scientifically substantiate the parameters for assessing sheep welfare considering modern approaches in the context of artificial intelligence and predictive analytics. The study aims to develop an integrated system for monitoring physiological, behavioral, productive, and environmental indicators affecting animal welfare and adaptive capacity under modern livestock farming conditions.

Materials and methodology. The modern understanding of animal welfare is based on a comprehensive consideration of behavioral, physiological, productive, and environmental factors that are in constant dynamic interaction. In this context, there is a need to apply a multidisciplinary approach that integrates methods of animal science, veterinary medicine, bioengineering, information technologies, and mathematical modeling.

The analysis is based on a synthesis of contemporary scientific sources in the following areas:

- animal welfare science, particularly the conceptual frameworks of the Five Freedoms and Five Domains, which define the multidimensional nature of welfare assessment;
- precision livestock farming (PLF), which involves the use of digital technologies for continuous monitoring of individual animal status;
- application of artificial intelligence and machine learning for classification of behavioral patterns, analysis of physiological signals, and detection of anomalies in animal condition;
- use of computer vision for automatic behavior recognition, animal identification, and assessment of locomotor activity;
- development of IoT systems and sensor technologies in livestock production, enabling continuous data collection on physiological and environmental parameters;
- predictive analytics and time-series analysis, which allow modeling of animal condition dynamics and development of early warning systems for risk detection;
- modern approaches to assessing the impact of climatic factors (heat stress, Temperature-Humidity Index, THI) on sheep productivity and welfare.

An important element of the methodology is the transition from a descriptive to an analytical and predictive level of assessment, which enables not only the recording of the current welfare status but also the forecasting of potential risks of its deterioration. This creates prerequisites for the implementation of early warning systems and real-time decision-making in herd management.

Results and discussion. The research results in the field of sheep welfare assessment are formed at the intersection of animal science, veterinary medicine, bioengineering, and information technologies. A gradual transition is observed from descriptive approaches to quantitative digital models for assessing animal condition.

Scientific literature has established that sheep welfare is an integrated indicator shaped by behavioral responses, physiological status, housing conditions, productivity levels, and the adaptive capacity of the organism. The systematization of the main groups of indicators, methods of data collection, approaches to AI-based analysis, and

interpretation of results in the context of sheep welfare assessment are presented in Table 1.

Table 1

Parameters for Assessing Sheep Welfare Considering Modern Approaches

Group of indicators	Parameters	Methods of data collection	AI / analytical approaches	Interpretation (welfare relevance)
Behavioral indicators	Activity level, feeding behavior, rumination, social interactions, resting time	Video monitoring, accelerometers, audio sensors, human observation	Computer vision, machine learning classification, time-series clustering	Early and sensitive indicators of stress, discomfort, or adaptation status
Physiological indicators	Body temperature, heart rate, respiration rate, cortisol level	Wearable sensors, thermal sensors, biosensors, laboratory analysis	Predictive modeling, anomaly detection, regression models	Direct indicators of internal homeostasis and stress response
Productive indicators	Weight gain, growth rate, lactation	Zootechnical records	Machine learning predictive models	Efficiency of management and housing systems
Feeding behavior indicators	Feed intake, chewing time	RFID, smart feeders	anomaly detection	Appetite and metabolic status
Environmental indicators	Temperature, humidity, heat stress	IoT sensors	predictive analytics	Risks of heat/cold stress
Integrated index	Welfare Score	Integration of all data	AI dashboards, scoring models	Overall welfare level

Results from various studies demonstrate high variability of these indicators depending on genotype, housing technology, climatic conditions, feeding level, production management system, and the adaptive capacity of the organism to stress factors. It is particularly emphasized that in sheep farming even minor changes in housing conditions are rapidly reflected in animal behavior, physiology, and productivity.

It has been established that behavior is the most sensitive indicator of sheep welfare, namely: changes in locomotor activity serve as an early marker of stress; rumination duration decreases under heat stress and under deteriorating housing conditions; social isolation and reduced group interaction correlate with a decline in physiological status; and abnormal behavior (hypoactivity or hyperactivity) is an indicator of pathological conditions.

Generalized data show that the accuracy of behavior recognition using computer vision in modern studies reaches 85–95%, which significantly exceeds traditional visual observation methods.

The literature analysis indicates that body temperature is a basic indicator of heat stress; heart rate increases with elevated workload and stress; heart rate variability (HRV) is the most sensitive marker of adaptation, and a decrease in HRV consistently correlates with reduced productivity and deterioration of the overall animal condition; hormonal indicators (particularly cortisol) are used as a confirmatory marker of chronic stress.

Environmental conditions are a key external factor determining the level of sheep welfare. The Temperature-Humidity Index (THI) is the most widely used integrative indicator; when THI exceeds critical values, a reduction in feed intake and activity is observed; high ammonia concentration negatively affects the respiratory system; and the combination of high temperature and humidity has a synergistically negative effect. Most studies confirm a strong relationship between microclimate and the physiological state of animals. In sheep production, microclimatic conditions are critically important, especially during the housing (indoor) period. Lambs and high-producing ewes are particularly sensitive, as their adaptive capacity is limited. Across different sheep breeds, productivity differences between “comfortable” and “stressful” conditions may reach 15–30%.

The integrated index is the final summary indicator that combines all previous data blocks. The use of AI dashboards and scoring models enables the formation of a unified assessment of animal or flock status, classification of welfare levels (high, medium, low), and real-time decision-making.

The proposed system represents a modern multidimensional AI architecture for sheep welfare monitoring, combining behavioral signals as early indicators, physiological parameters as a medical basis, productive data as an economic criterion, feeding behavior as a metabolic marker, and environmental factors as external influences.

This integrated approach ensures a transition from reactive to proactive welfare management and fully complies with modern requirements of digital livestock farming and the One Health concept.

In summary, based on the scientific literature review, a SWOT analysis of sheep welfare assessment parameters was conducted considering modern artificial intelligence and predictive analytics approaches. It includes a comprehensive evaluation of the strengths and weaknesses of existing monitoring methods, as well as identification of potential opportunities and risks associated with further digitalization and integration into intelligent livestock management systems. The strengths and

weaknesses of behavioral, physiological, and environmental indicators were systematically analyzed, and key opportunities for their digital integration, as well as potential threats to the implementation of intelligent monitoring systems, were identified (Table 2).

Table 2

SWOT Analysis of Sheep Welfare assessment parameters

S - Strengths	W -Weaknesses
• Comprehensive nature of parameters: integration of behavioral, physiological, and environmental indicators • Possibility of objective measurement using sensors, video analysis, and biosensors • High informational value of parameters for assessing stress and health status • Early detection of behavioral deviations (feed intake, activity, social interaction) • Physiological markers (heart rate, body temperature, hormonal status) increase diagnostic accuracy • Environmental parameters (microclimate, stocking density) enable evaluation of housing conditions • Improved sensitivity of integrated approaches for detecting subtle changes in welfare status • Support for data-driven and evidence-based welfare assessment in modern livestock systems	• Variable accuracy and reliability of different groups of parameters • Difficulty in standardizing behavioral indicators • Physiological data often require invasive or semi-invasive measurement methods • Environmental parameters do not always directly reflect the animal's physiological state • High dependence on data quality and proper sensor calibration • Possible interpretational ambiguity of certain indicators • Heterogeneity of data sources complicates integration and comparative analysis • Limited validation of some indicators under real farm (field) conditions
O - Opportunities	T - Threats
• Integration of all parameter groups into a unified AI-based sheep welfare assessment model • Use of predictive analytics to forecast stress and diseases • Development of Precision Livestock Farming (PLF) systems • Creation of digital sheep welfare indices • Automation of monitoring processes without human intervention • Application of Big Data for building reference behavioral models	• Incorrect interpretation of behavioral data by AI models • Sensor errors under field conditions • Insufficient adaptation of models to different sheep breeds • Environmental factors may mask the real physiological condition of animals • Cybersecurity threats and potential loss of monitoring data • High cost of implementing integrated monitoring systems

• Improvement of early warning systems for health and welfare risks - Expansion of real-time decision-support tools for herd management	• Dependence on technological infrastructure and system reliability • Risk of over-reliance on automated systems instead of expert validation

The obtained results indicate that the implementation of artificial intelligence technologies significantly improves the accuracy, efficiency, and objectivity of sheep welfare assessment, enabling a transition toward continuous monitoring and predictive diagnostics systems. At the same time, it has been established that the effectiveness of such approaches depends on parameter standardization, data quality, and the adaptation of algorithms to different animal housing conditions.

The conducted SWOT analysis confirms the feasibility of further development of integrated digital systems for sheep welfare assessment within the context of modern precision livestock farming and sustainable development concepts.

Conclusions. The current state of scientific research in sheep welfare assessment demonstrates a clear transformation from traditional zootechnical and visual-expert approaches toward high-tech digital monitoring systems based on artificial intelligence, sensor networks, and predictive analytics. The most structured approach is the division of sheep welfare parameters into three key blocks: behavioral, physiological, and environmental, which are considered as an interconnected system of indicators. It is emphasized that the integration of these blocks into a unified digital model enables the most reliable assessment of animal condition, as the isolated use of individual indicators leads to a loss of diagnostic accuracy.

Modern approaches involve the use of computer vision, video analytics, and deep learning algorithms for automatic recognition of behavioral patterns, including changes in locomotor activity, social interactions, feed intake, and deviations from normal flock behavior. Behavioral changes may precede clinical manifestations of disease by 24–72 hours, forming the basis of early warning systems.

Physiological parameters are considered highly accurate but technologically complex for continuous monitoring. A key trend is the shift toward the use of non-invasive wearable IoT devices, which enable continuous data collection without additional stress to the animal. The integration of physiological data with behavioral signals significantly improves the accuracy of pathological condition diagnosis.

Environmental parameters are considered an active determinant of animal welfare. The role of climate change is particularly emphasized, as it increases the importance of environmental monitoring in livestock production.

The use of machine learning algorithms, neural networks, and computer vision methods enables not only the classification of the current animal condition but also the prediction of risks of disease development, stress responses, and productivity decline. Of particular scientific value are multimodal models that integrate different types of data (video, sensor-based, physiological, and environmental), providing high predictive accuracy.

Further development of this field requires the strengthening of the methodological framework, standardization of parameters, increased transparency of artificial intelligence algorithms, improvement of multimodal models, and broader practical implementation under production conditions, as well as their adaptation to different management systems and climatic environments.

References

1. EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare), (2014). Scientific Opinion on the welfare risks related to the farming of sheep for wool, meat and milk production. *EFSA Journal* 2014;12(12):3933, 128 pp. doi:10.2903/j.efsa.2014.3933
2. Herlin, A., Brunberg, E., Hultgren, J., Högberg, N., Rydberg, A., Skarin, A. (2021) Animal Welfare Implications of Digital Tools for Monitoring and Management of Cattle and Sheep on Pasture. *Animals*. 11, 829. <https://doi.org/10.3390/ani11030829>
3. Zufferey, R., Minnig, A., Thomann, B., Thomann, B., Zwyygart, S., Keil, N., Schüpbach, G., Miserez, R., Zanolari, P. & Stucki, D. (2021). Animal-Based Indicators for On-Farm Welfare Assessment in Sheep. *Animals*, 11(10), 2973. <https://doi.org/10.3390/ani11102973>
4. Qazi, A., Razzaq, T., Iqbal, A. (2024). AnimalFormer: Multimodal Vision Framework for Behavior-based Precision Livestock Farming Ahmed. *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW) 17-18 June 2024*. DOI:10.1109/CVPRW63382.2024.00795
5. Mura, M. C., Trimasse, O., Carcangiu, V., Luridiana, S. (2026). Precision Livestock Farming for Dairy Sheep: A Literature Review of IoT and Decision-Support Systems for Enhanced Management and Welfare. *AgriEngineering*. 8, 58. <https://doi.org/10.3390/agriengineering8020058>
6. Morgan-Davies C., Tesnière G., Gautier J.M., Jørgensen G.H.M., González-García E., Patsios S.I., Sossidou E.N., Keady T.W.J., McClearn B., Kenyon F., Caja G., Grøva L., Decandia M., Csiszter L., Halachmi I., Dwyer C.M. (2024). Review: Exploring the use of precision livestock farming for small ruminant welfare management. *Animal*, 18 (2024) 101233. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101233>

Ірина Антонік,

кандидат сільськогосподарських наук, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, смт. Хлібодарське, Одеський р-н, Одеська обл., Україна

ORCID ID: 0009-0000-6361-7225

email: primaveraryna@gmail.com

Костянтин Заруба,

кандидат сільськогосподарських наук, старш. наук. співроб, Інститут тваринництва степових районів імені М.Ф. Іванова “Асканія-Нова” – ННСПЦВ, с. Чубинське, Бориспільський р-н, Київська обл., Україна

ORCID ID: 0000-0002-9058-7751

email: zaruba.kos@gmail.com

ПАРАМЕТРИ ОЦІНЮВАННЯ БЛАГОПОЛУЧЧЯ ОВЕЦЬ З УРАХУВАННЯМ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ У КОНТЕКСТІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ПРОГНОЗНОЇ АНАЛІТИКИ

Анотація

У статті розглянуто сучасні підходи до оцінювання благополуччя овець із застосуванням технологій штучного інтелекту (ШІ) та прогнозної аналітики. Узагальнено традиційні та інноваційні параметри welfare-оцінювання, включаючи поведінкові, фізіологічні, продуктивні та екологічні індикатори. Обґрунтовано доцільність інтеграції цифрових технологій, сенсорних систем і алгоритмів машинного навчання для формування об'єктивної, безперервної та багатофакторної оцінки стану тварин. Встановлено, що найбільш перспективним є мультипараметричний підхід, який поєднує фізіологічні, поведінкові, екологічні та продуктивні індикатори. Показано, що інтеграція технологій Precision Livestock Farming (PLF), сенсорних систем та алгоритмів машинного навчання дозволяє здійснювати безперервний моніторинг і прогнозування стану тварин у реальному часі. Обґрунтовано необхідність створення цифрових моделей оцінювання благополуччя овець на основі штучного інтелекту.

Ключові слова: *благополуччя овець, параметри, штучний інтелект, прогнозна аналітика, precision livestock farming, One Health.*

Стаття надійшла до редакції 18.05.2026

Стаття пройшла рецензування 21.05.2026

Стаття опублікована 29.05.2026