

ISSN 2707-1162 (online)
ISSN 2707-1154 (print)

**АГРАРНИЙ ВІСНИК
ПРИЧОРНОМОР'Я**

**AGRARIAN BULLETIN OF
THE BLACK SEA LITTORAL**

SCIENTIFIC JOURNAL

ISSUE 118

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»).
Свідоцтво 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

Михайло БРОШКОВ (Україна)

Заступник голови

Руслан СУСОЛІ (Україна)

Заступник голови

Юрій БОЙКО (Україна)

Технічний редактор

Володимир КУШНІР (Україна)

Члени редакційної колегії

Олена БЕЗАЛТИЧНА (Україна)

Павло ВАЩЕНКО (Україна)

Андрій ГЕТЯ (Україна)

Руслан ДУБІН (Україна)

Леонід КОРНІЄНКО (Україна)

Вадим ЛИХАЧ (Україна)

Василь МАЧУК (Румунія)

Людмила НАЛИВАЙКО (Україна)

Антон ПИСКУН (Україна)

Катерина РОДІОНОВА (Україна)

Марина РОМАНЬКО (Україна)

Артем САЄНКО (Україна)

Марина СКРИПКА (Україна)

Наталія СУМАКОВА (Україна)

Людмила ТАРАСЕНКО (Україна)

Віталій УХОВСЬКИЙ (Україна)

Марія ХІМИЧ (Україна)

Олександр ЦЕРЕНЮК (Україна)

Ольга ЧЕЧЕТ (Україна)

Іван ЯЦЕНКО (Україна)

Erdal MATUR (Туреччина)

Sinem Özlem Enginler (Туреччина)

Рекомендовано Вченою радою Одеського державного аграрного університету (Протокол № 6 від 26.03.2026).

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

Mykhailo BROSHKOV (Ukraine)

Deputy editor

Ruslan SUSOL (Ukraine)

Deputy editor

Yuriy BOYKO (Ukraine)

Technical editor

Volodymyr KUSHNIR (Ukraine)

Editorial board members

Olena BEZALTICHNA (Ukraine)

Pavlo VASHCHENKO (Ukraine)

Andriy GETYA (Ukraine)

Ruslan DUBIN (Ukraine)

Leonid KORNIENKO (Ukraine)

Vadym LYKHACH (Ukraine)

Vasyl MACHUK (Romania)

Lyudmila NALYVAIKO (Ukraine)

Anton PYSKUN (Ukraine)

Kateryna RODIONOVA (Ukraine)

Maryna ROMANKO (Ukraine)

Artem SAYENKO (Ukraine)

Maryna SKRYPKA (Ukraine)

Natalia SUMAKOVA (Ukraine)

Lyudmila TARASENKO (Ukraine)

Vitaliy UKHOVSKYI (Ukraine)

Maria KHMICH (Ukraine)

Oleksandr TSERENYUK (Ukraine)

Olga CHECHET (Ukraine)

Ivan YATSENKO (Ukraine)

Erdal MATUR (Turkey)

Sinem Özlem Enginler (Turkey)

Recommended by Academic Council of Odesa State Agrarian University (Protocol №6 from 26.03.2026).

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

С. Красніков, Л. Тарасенко <i>БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ СВИНЕЙ В РЕЗУЛЬТАТІ ЗГОДОВУВАННЯ СОРБЕНТІВ</i>	5
О. Боднар <i>ПОРІВНЯЛЬНІ АСПЕКТИ МОНІТОРИНГУ ОНКОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ У СОБАК В УМОВАХ М. КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКИЙ</i>	21
М. Сімонов <i>АНАЛІЗ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗАЛИШКОВИХ КІЛЬКОСТЕЙ АГРОХІМІКАТІВ У ПЛОДООВОЧЕВІЙ ПРОДУКЦІЇ</i>	33
S. Furman, L. Adamachuk, J. Brindza, D. Lisohurska, O. Lisohurska <i>ANALYSIS OF SAFETY INDICATORS AND BIOLOGICAL VALUE OF BEE POLLEN</i>	47
S. Vyrvykyshka, K. Rodionova, T. Ihnatieva <i>HYGIENIC ASSESSMENT OF DAIRY COWS UNDER TIE-STALL HOUSING</i>	62
К. Джассер, О. Чечет, О. Мельник <i>ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ ЛОСОСЕВИХ РИБ</i>	72
О. Piven, I. Boyko <i>MODERN ASPECTS OF VETERINARY AND SANITARY INSPECTION OF MUTTON IN THE SOUTH OF ODESSA REGION</i>	80
І. Мокієнко <i>МОРФОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ШОВНИХ МАТЕРІАЛІВ VICRYL PLUS I SILVER PGA НА ПРОЦЕС ЗАГОСННЯ РАН</i>	102
Є. Беляєв, А. Замороцька, О. Мирний <i>ОСОБЛИВОСТІ ПОРУШЕННЯ РИТМУ ТА ПРОВІДНОСТІ ПРИ ПЕРВИННИХ ПУХЛИНАХ СЕРЦЯ У СОБАК: АНАЛІЗ КЛІНІЧНИХ ВИПАДКІВ, СУЧАСНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ</i>	116
В. Vezir, E. Matur <i>BIOMARKERS USED IN THE DETECTION OF INFECTIONS IN HORSES</i>	131
К. Рустамова, В. Логвінова <i>ТРИХОЕПІТЕЛІОМА У СОБАКИ (КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК)</i>	161
В. Кушнір <i>СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРАХУНКУ ДОЗ ВЕТЕРИНАРНИХ ПРЕПАРАТІВ</i>	179
Р. Казанцев, Д. Слюсаренко, П. Зайка, К. Синяговська, Д. Криворученко <i>ХІРУРГІЧНА СТРАТЕГІЯ ЗА СОЛІДНИХ РАНОВИХ ДЕФЕКТІВ ШКІРИ АПЕНДИКУЛЯРНОГО СКЕЛЕТА СОБАК ТА КОТІВ: СИСТЕМАТИЧНИЙ ОГЛЯД</i>	190

РОЗДІЛ 2. СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

I. Dudarev, S. Uminskyi, I. Moskalyuk, S. Zhitkov <i>GRANULOMETRIC PARAMETERS OF COMBINED FEED</i>	212
D. Chabanenko, R. Shynkarenko <i>CORRELATION BETWEEN KEY BLOOD BIOMARKERS (BETA-HYDROXYBUTYRATE, GLUCOSE, LIPOPROTEINS) AND HAEMATOLOGICAL PARAMETERS IN BROWN SWISS COWS HOUSED IN A NATURALLY VENTILATED BARN</i>	222
Z. Yemets, I. Nikolenko, I. Honcharova, O. Shevchenko <i>APPLICATION OF MODERN GENETIC SELECTION METHODS IN LIVESTOCK PRODUCTION</i>	243
В. Іванов, О. Церенюк, А. Соловійов <i>ПЕРСПЕКТИВИ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ СВИНЕЙ ВІТЧИЗНЯНИХ ПОРІД ЗА РАХУНОК СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ</i>	265
I. Antonik, K. Zaruba, V. Nedosekov <i>SHEEP WELFARE MONITORING SYSTEM IN THE CONTEXT OF EUROPEAN STANDARDS</i>	284
T. Pushkar, L. Kremenchuk, I. Petrov <i>ANIMAL WELFARE - HISTORY OF DEVELOPMENT AND ITS SIGNIFICANCE</i>	296

РОЗДІЛ 1. ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.01

УДК 591.111.1:636.4.087

Сергій Красніков,

аспірант, кафедра інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-санітарного інспектування ім. професора В. Я. Атамася,

Одеський державний аграрний університет,

м. Одеса, Україна

ORCID ID: 0009-0003-2964-1733

e-mail: 9and9fun@gmail.com

Людмила Тарасенко,

доктор ветеринарних наук, професор,

професор кафедри інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-санітарного інспектування ім. професора В. Я. Атамася,

Одеський державний аграрний університет,

м. Одеса, Україна

ORCID ID: 0000-0001-5782-5079

e-mail: tarasenkola1965@gmail.com

БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ СВИНЕЙ В РЕЗУЛЬТАТІ ЗГОДОВУВАННЯ СОРБЕНТІВ

Анотація

Погіршення мікотоксичної ситуації у світі логічно призводить до збільшення кількості представників сорбентів на ринку. При виборі сорбенту зазвичай звертають увагу на його зв'язуючу дію, але завжди необхідно враховувати і його можливий вплив на організм тварин. Тому метою дослідження було визначення змін біохімічних показників крові свиней в результаті використання трьох сорбентів. Тому було створено 4 групи тварин у яких двічі проведено збір крові з наступною лабораторною перевіркою і детальним аналізом результатів. Мікотоксичні дослідження в свою чергу не виявили Зеараленону, Дезоксиніваленону в крові свиней упродовж всього дослідження. «Харуфікс+» нормалізував рівень сечовини з 3,5 до 7,3 ммоль/л (за норми 3,6-10,7), азоту сечовини з 6,7 до 14,05 мг% (за норми 7,6-19,1) та лужної фосфатази з 240,5 до 132 Од/л (за норми 60-190), при цьому знизивши глюкозу з 5,05- 2,35 ммоль/л (за норми 4,7-8,3). «ПроАктиво» зменшив лужну фосфатазу з 197 до 145 Од/л (за норми 60-190), однак спричинив відхилення в рівнях альбумінів з 33,5 до 46,05 г/л (за норми 28-45) та АСТ з 44,5 до 23,5 Од/л (за норми 32-84). «Клінотоксил» підвищив співвідношення альбумінів до глобулінів з 1,1 до 2,6 од. (за норми 0,7-1,1), демонструючи найменший вплив. Отримані результати підтверджують перспективність використання цих представників у свинарстві, особливо «Харуфікс+».

Ключові слова: мікотоксини; свині; біохімія крові; сорбент; Харуфікс+; Клінотоксил; ПроАктиво.

Вступ. Актуальність дослідження зумовлена недооцінкою впливу сорбентів на організм тварин в результаті їх використання. Особливої уваги потребують показники крові, адже внаслідок не раціонального підходу до згодовування сорбентів свиням в них можуть виникати розлади, що напряду вплине на їх швидкість росту та продуктивність.

Свині займають велике місце в тваринництві, адже мають короткий ембріональний період, шлунково-кишковий тип травлення, значну кількість новонароджених, а також високий приріст, але з чутливим перинатальним періодом [5]. При урахуванні їх високої чутливості навіть складені нижчі (ніж для інших тварин) рекомендовані рівні токсинів грибів у зерні, зернопродуктах і комбікормах [19]. Їх сприйнятливість призводить до різкої реакції на токсини гриби, навіть більшою ніж у інших тварин, що проявляється навіть зниженням імунітету [20, 29]. Тому необхідний постійний токсикологічний контроль для захисту тварин від шкідливої дії мікотоксинів [2].

Для створення оптимальних умов вирощування тварин насамперед необхідно правильно організувати відгодівлю і при цьому звертати увагу на абсолютно всі фактори впливу (особливо в перинатальний період), створювати раціони з якісними і збалансованими кормами [1]. Але навіть при дотриманих усіх правил зберігання, транспортування кормів неможливо уникнути появи в них сторонніх організмів [12].

В результаті погіршення в кліматі, сівозмінах застосуванні фунгіцидів збільшується контамінація кормів плісневими грибами, що негативно впливає на безпечність кормів [9, 22]. Український моніторинг зернових кормів протягом 2015-2023 років вказує, що 32% зразків які не відповідали нормам, а 15% мали високу токсичність [11]. За даними ФАО в результаті дії мікотоксинів збільшилась кількість ураженої продукції, а збитків становить 22 млрд доларів на рік [10].

Основними джерелами мікотоксинів називають кукурудзу, соняшник і пшеницю, які мають високу енергетичну цінність і широке використання у свинарстві [29].

Найбільш небезпечними мікотоксинами є: дезоксиніваленон, зеараленон, Т-2 токсин, фумонізін, при цьому можливе множинне представлення [1, 14, 21]. Т-2 токсин знижує фертильність, порушує структуру та функцію репродуктивних органів [31]. Трихотоцени викликають гостру реакцію, яка характеризується ураженням нервової системи, шлунково-кишкового тракту і виразками [3, 32]. Зеараленон утворюється фузаріозом, може викликати естрогенну реакцію у тварин. Викликає гниль колосків і стебла кукурудзи [27]. Токсичний для печінки, селезінки та кишечника [33]. Дезоксиніваленон починає проявляти істотний вплив (показники крові) на організм тварин лише через 1,5 місяця і при умові збільшення його концентрації [17].

Мікотоксини досить часто знаходяться в організмі тварин не поодиноці, а групами, що тільки посилює їх негативний ефект. Тому для вирішення даної проблеми проводять комплекс мір, що заключаються в лабораторних

дослідженнях та прискіпливому виборі сорбенту. Насамперед використовують полікомпонентні продукти з мінеральною основою та стінками дріжджів [13]. Для повноцінної оцінки забруднення мікотоксинами необхідно не лише аналізувати корми в раціоні, але й досліджувати в лабораторії біологічні зразки тварин, наприклад кров чи сечу [30].

Використання природних сорбентів збільшує виробництво продукції тваринництва, а також не проявляє негативного впливу на фізико-хімічні показники м'яса [6, 15, 23]. «Міаміко-фіт», за аналізу Матсенко та ін. позитивно вплинув на біохімічні показники крові за 5-7 діб (2 кг/тонну корму), а саме збільшився загальний білок в 1,2 рази і сечовини в 1,4 раза [8].

Використання «Споро-лекс» в годівлі свиней позитивно впливає на показники еритроцитів, гемоглобінів, лейкоцитів [16]. «Поліфан-К» сприяє помірній активації еритропоезу в крові свиней з підвищенням умісту гемоглобіну на 16,3% [7].

Дослідженнями Бегма Н. А. встановлено, що застосування «Анісорбу» призводить до зменшення концентрації загального білка в сироватці крові у середньому на 9,5 %. Відзначено вірогідне зменшення активності АСТ на 43,9% в 2 дослідній групі, яка окрім основного раціону споживала 2 кг анісорбу на 1 т комбікорму та на 58% у 3 групі 3 кг анісорбу на 1 т комбікорму [28].

Згідно з дослідженнями Решитніченко А. О. внаслідок згодовування кормової добавки «Харуфікс+» в крові поросят дослідної групи у порівнянні з контролем відмічали підвищення кількості еритроцитів на 8,59%, вмісту загального білка на 12,31%, гемоглобіну на 7,32% і сечовини на 5,4 [9].

Мета. Визначення змін біохімічних показників зразків крові свиней при використанні сорбентів мікотоксинів вітчизняного та закордонного виробництва в господарстві південного регіону України.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведені на базі ТОВ «Агропрайм Холдинг», с. Каракурт, Болградський район, Одеська область, Україна. Заключалось дослідження в групуванні свиней (породи великої білої та ландрас) на 4 групи (1 контрольна і 3 дослідні), що споживали один із сорбентів мікотоксинів («Харуфікс», «ПроАктиво», «Клінотоксил») з розрахунком 2 кг на 1 т корму протягом 26 днів. За весь період досліду кожна група з'їла по 1 т корму. Тварини групували за принципом однієї породи, схожого віку (5 місяців), маси та за однакових умов утримання. В контрольній і дослідній групі була вибраквана 1 свиня.

Дослідження проводилися відповідно до існуючих методик та правил. Згідно з ДСТУ 4719:2007 Свині. Зоотехнічні вимоги до утримання племінного молодняка, ДСТУ 4508:2005 Комбікорми-концентрати для свиней. Технічні умови.

Збір крові для мікотоксичного та біохімічного дослідження проведено на початку і в кінці досліду з очного синуса дотримуючись стандартної ветеринарної процедури [4]. Лабораторні дослідження проводились в Науково-дослідному центрі біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК

«Biosafety-Center» Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. Біохімічне визначення відбувалося за допомогою автоматичного біохімічного аналізатора Biochem-200. Для мікотоксичного дослідження використовували імуноферментний метод з використанням наборів [25, 26]. Кількісний розрахунок виконувала програма RidaSoft з урахуванням коефіцієнтів розведення.

Дотримання етичних принципів. Усі маніпуляції з тваринами проведено відповідно до Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» та Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей [18, 24].

Розрахунки результатів лабораторного дослідження проводили за стандартними методиками, з використанням програм Microsoft Excel. Визначали середнє арифметичне (M), середню похибку середнього арифметичного (m) та оцінювали ймовірність показників ($P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$) за допомогою t-критерію Стюдента. При проведенні експериментальних досліджень дотримувалися всі біоетичні норми щодо тварин.

Табл. 1

Загальна відомість про дослідних тварин

Групи	Кількість тварин на початку	Кількість тварин на кінець	Вага групи на початку, кг	Вага групи в кінці, кг
Контрольна група О/р.	13	12	1580	1832
Дослідна група №1 Харуфікс+	13	12	1568	1857
Дослідна група №2 ПроАктиво	13	13	1582	2019
Дослідна група №3 Клінотоксил	13	13	1592	2044

Примітка: скорочення О/р — Основний раціон, міс.- місяць.

Табл. 2

Склад основного раціону свиней та використаних сорбентів в дослідженні

№ п/п	Назва	Склад
1	Основний раціон	Пшениця, ячмінь, кукурудза, соняшниковий шрот, висівки пшеничні соєвий шрот Porker БМВД Соняшникова олія ЮТ-Токс.
2	Сорбент «Харуфікс»	містить кліноптилоліт 77%, каолін 12%, магнею сульфат 0,6%, кислота сорбінова 0,1%, дріжджі сухі інактивовані (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) 10%.
3	Сорбент «ПроАктиво»	корисні бактерії (<i>Bacillus subtilis</i> , штам АХ20, <i>B. licheniformis</i> , штам ЕА22) та ензими (амілаза, протеаза, целюлаза, бета-глюконаза і ксиланаза).
4	Сорбент «Клінотоксил»	містить алюмосилікати, атапульгіт, кислота фумарова, кислота лимонна, кислота бурштинова.

Дані таблиці – дослідження авторів

Результати досліджень представлені у вигляді таблиць (табл. 3,4) з аналізом отриманих даних та відсотковою різницею.

Табл. 3

Комплексне біохімічне дослідження крові свиней (перший день дослідження), ($M \pm m$, n=8)

№	Показники	Контрольна група (О/р)	Дослідна група №1 Харуфікс+	Дослідна група №2 ПроАктиво	Дослідна група №3 Клінотоксил	Норма
1	Загальний протеїн, г/л	55,5±1,5	60,5±2,5*	61,5±0,5***	66±3***	79-89
2	Альбуміни, г/л	34,5±0,5	35±2	33,5±0,5	34±0,2	28-45
3	Глобуліни, г/л	21,5±2,5	25,5±4,5	28±1**	32±3***	33-45
4	Протеїновий коефіцієнт, од.	1,6±0,2	1,4±0,299	1,2±0,1*	1,1±0,1**	0,7-1,1
5	Сечовина, ммоль/л	3,95±0,55	3,5±0,897	4,1±1,4	4,05±0,25	3,6-10,7
6	Азот сечовини, мг%	7,55±0,95	6,7±1,69	7,85±2,75	7,75±0,449	7,6-19,1
7	Креатинін, мкмоль/л	80±1	114±3***	92,5±1,5***	104±6,993** *	140-240
8	АСТ, Од/л	32,5±1,5	34±6,99	44,5±1,5***	43,5±15,5	32-84

9	АЛТ, Од/л	45±4	45±4	53,6±0,6**	58±4**	31-58
10	Індекс де Рітца, од.	0,75±0,05	0,75±0,05	0,85±0,05*	0,75±0,35	0,5-2,5
11	Лужна фосфатаза, Од/л	205±21	240,5±34,5	197±8	148,5±48,6	60-190
12	Глюкоза, ммоль/л	2,6±0,2	5,05±0,75* **	4,85±1,55	2,8±0,299	4,7-8,3
13	Кальцій, ммоль/л	2,2±0,1	2,65±0,05* **	2,45±0,05	2,3±0,1	1,9-2,9
14	Неорганічний фосфор, ммоль/л	4,5±0,5	5,15±0,35	4,55±0,05	4,65±0,449	1,3-3,1
15	Са/Р, од.	0,5±0,1	0,55±0,05	0,55±0,05	0,5±0,1	0,7-1,6
16	ЗЕА, нг/г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	до 30,0
17	ДОН, нг/г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	до 10,0

*Примітка: скорочення О/р - Основний раціон. У порівнянні з контролем * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$. Данні таблиці – результати досліджень авторів.*

Результати біохімічних досліджень крові свиней, а також їх порівняння між групами.

На початку експерименту виявлено відхилення від фізіологічної норми у контрольній та дослідних груп (табл. 3). Надалі вказана відсоткова різниця серед представлених груп тварин.

Обмін протеїнів. Згідно з отриманими даними лабораторних досліджень вміст загального протеїну в контрольній групі на 29,7% нижче за фізіологічну норму. У дослідних групах №1-№3 показник у середньому на 20,7% нижче, що може свідчити про недостатнє надходження або засвоєння білка. Глобуліни в контрольній групі на 34,8% нижче норми, у дослідних групах (у середньому) на 13,6% нижче, але все ще субнормальні, водночас дані результати вказують на знижену резистентність організму. Протеїновий коефіцієнт у контрольній групі перевищував норму на 45,4%, натомість у дослідних групах №1 і №2 залишався підвищеним у середньому на 18,1%, що може свідчити про порушення функції печінки.

Азотистий обмін. За результатами досліджень рівень сечовини у дослідній групі №1 на 2,7% нижче фізіологічної норми. Концентрація азоту сечовини у дослідній групі №1 на 11,8% нижче фізіологічної норми., що може вказувати на незначну нестачу в раціоні перетравлюваного білка. Вміст креатиніну в контрольній групі на 42% нижче за норму, а в дослідних групах у середньому на

26% нижче, але все ще субнормальний. У контрольній же групі дані показники можуть вказувати про травми м'язів або порушення роботи печінки.

Активність ензимів. Дослідження показують, що рівень лужної фосфатази в контрольній групі перевищувала норму на 7,8%, у групах №1 і №2 була на 26,3% і 3,6% вище. Наявність вираженої гіперфосфатемії лужної фосфатази на тлі гіперфосфатемії може бути наслідком порушення кальцій-фосфорного обміну та/або супроводжувати високі прирости маси.

Вуглеводний та мінеральний обмін. Отримані дані вказують на те, що рівень глюкози в контрольній і дослідній групі №3 у середньому на 42% нижче за норму, що може вказувати на порушення режиму харчування чи недостатню кількість вуглеводів в раціоні. Неорганічний фосфор у контрольній групі перевищував норму на 45%, а в дослідних групах №2 і №3 у середньому на 48% вищий, тоді як у групі №1 перевищення складає 66%. Співвідношення Са/Р у всіх групах в середньому на 25% були нижчими за норму, але все ще субнормальними.

В результаті проведення мікотоксичного дослідження у крові свиней не було виявлено Зеараленон, Деоксініваленон.

Табл. 4

Комплексне біохімічне дослідження крові свиней (останній день дослідження), (M±m, n=4)

№	Показник	Контрольн а група (О/р)	Дослідна група №1 Харуфікс+	Дослідна група №2 ПроАктиво	Дослідна група №3 Клінотокси л	Норма
1	Загальний протеїн, г/л	56,5±1.50	64±3**	58,5±0,5	60,5±1,5**	79-89
2	Альбуміни, г/л	41,5±0,50	41,5±0,5	46,05±0,05**	43,5±0,5***	28-45
3	Глобуліни, г/л	15±1	22,5±3,5**	12,5±0,5**	17±2	33-45
4	Протеїновий коефіцієнт, од.	2,75±0,05	1,85±0,35**	3,6±0,08	2,6±0,3	0,7-1,1
5	Сечовина, ммоль/л	7,45±0,35	7,3±0,2	8,7±0,316	8,05±0,25	3,6-10,7
6	Азот сечовини, мг%	14,3±0,7	14,05±0,35	16,65±0,25	15,4±0,5	7,6-19,1
7	Креатинін, мкмоль/л	110±3	88±1***	119,1±1,2*	91,5±1,5***	140-240
8	АСТ, Од/л	42,5±0,5	38±6	23,5±0,5***	40,5±7,485	32-84

9	АЛТ, Од/л	56±1	55,5±0,5	39,5±0,5***	42±6*	31-58
10	Індекс де Рітца, од.	0,85±0,05	0,7±0,1	0,65±0,05	0,95±0,05** *	0,5-2,5
11	Лужна фосфатаза, Од/л	114,5±3,50	132±3***	145±1***	138±10**	60-190
12	Глюкоза, ммоль/л	2,2±0,1	2,35±0,05	2,35±0,05	3,5±1,101	4,7-8,3
13	Кальцій, ммоль/л	2,75±0,05	2,7±0,10	2,88±0,08	2,9±0,1	1,9-2,9
14	Неорганічний фосфор, ммоль/л	1,85±0,05	1,7±0,02**	1,92±0,02	2,1±0,05***	1,3-3,1
15	Са/Р, од.	1,57±0,07	1,65±0,05** *	1,56±0,06	1,35±0,05** *	0,7-1,6
16	ЗЕА, нг/г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	до 30,0
17	ДОН, нг/г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	до 10,0

*Примітка: скорочення О/р - Основний раціон. У порівнянні з контролем ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0,001$. Данні таблиці – результати досліджень авторів.*

Обмін протеїнів. Згідно з отриманими даними лабораторних досліджень вміст загального протеїну в контрольній групі на кінець експерименту становив значення, що на 28,4% нижче фізіологічної норми, при цьому ситуація по різниці щодо норми покращилась. У дослідних групах №1-№3 даний показник у середньому на 22,7% нижче, але залишився субнормальним. Рівень альбумінів у групі №2 перевищував норму на 2,3%, що може бути пов'язане з дегідратацією. Глобуліни в контрольній групі були на 54% нижчими за норму. У дослідних групах їх рівень в середньому на 52,5% також нижче норми. За період досліду у всіх групах знизився даний показник, що може вказувати на зниження імунологічної реактивності. Протеїновий коефіцієнт у контрольній групі перевищував норму на 150%. У дослідних групах дане значення у середньому перевищувало норму на 143,9%. Підвищення значення даного показника свідчать про можливі порушення функції печінки.

Азотистий обмін. За результатами досліджень рівень сечовини у контрольній і дослідних групах за період досліду збільшився до середніх значень щодо фізіологічної норми. В тому числі і концентрація азот сечовини збільшилась, особливо це стосується контрольної і дослідної групи №1, показники яких прийшли в норму. Вміст креатиніну в контрольній і дослідній групі №2 на 21,4% і 14,9% нижче норми відповідно. У групах №1 і №3 на 35,8% у середньому нижче фізіологічної норми, що може вказувати на м'язові травми або порушення функції печінки. Лише сорбент ПроАктиво позитивно вплинув на зміни даного показника.

Активність ензимів. Дослідження показують, що рівень АСТ у дослідній групі №2 на 26,5% нижче норми, що може свідчити про хронічну патологію печінки або зниження її функціональної активності, адже на початку дослідження даний показник відповідав фізіологічній нормі.

Вуглеводний та мінеральний обмін. Отримані дані вказують на те, що рівень глюкози у контрольній групі на 53,1% нижчий за норму, тоді як у дослідних групах №1 і №2 у середньому на 50% нижче за норму. У групі №3 даний показник збільшився за місяць, але при цьому на 25,5% нижче фізіологічної норми, що може вказувати про порушення режиму харчування або недостатнє надходження вуглеводів. Співвідношення Са/Р у групі №1 на 3,1% вище норми, але все ще субнормальний, що можливо вказує на м'язові травми або порушення функціях печінки.

Мікотоксичні дослідження вказують на те, що у контрольній та дослідних групах (№1, №2, №3) відсутні Зеараленон, Дезоксиніваленолу в крові свиней на початку і в кінці досліджу.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. В результаті аналізу отриманих даних лабораторних досліджень (Табл. 3,4) усі досліджувані сорбенти активно впливали на біохімічних показників крові свиней, при цьому потребують уточнення щодо їх впливу на вуглеводний обмін, оцінки їх безпеки та ефективності. Сорбент «Харуфікс» позитивно вплинув на азотистий обмін і роботу печінки, що свідчить про його потенціал використання за відповідних показників крові даних тварин. При цьому його можливо включати в раціон тварин для покращення рівня загального протеїну і сечовини, хоча при цьому і необхідний моніторинг вуглеводного обміну внаслідок зниження глюкози.

2. Опираючись на результати досліджень можна стверджувати, що застосування сорбенту «ПроАктиво» супроводжується зменшенням навантаження на печінку, потенційно його можна застосовувати для покращення рівня азот сечовини, що позитивно вплине на протеїновий метаболізм. Варто зазначити, що даний сорбент потребує додаткової оцінки за впливом на глюкозу і АСТ.

3. Результати досліджень вказують на помітне зростання рівня глюкози під час застосування сорбенту «Клінотоксил», що позитивно впливає на енергетичний обмін.

Перспективним напрямком подальших досліджень є розширене дослідження впливу сорбенту Харуфікс+ на біохімічні показники крові свиней.

Список використаної літератури

1. Бегма, Н. А. (2016). Біохімічні показники крові молодняка свиней за використання у комбікормах анісорбу. Науково-технічний бюлетень НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК, 4(1), 27-31. <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/1359>

2. Васянович, О. М., Руда, М. Є., Сапейко, В. П. та ін. (2018). Вивчення біосинтезу грибів роду *Fusarium moniliforme* здатних продукувати мікотоксини-Фумонізини. *Ветеринарна біотехнологія*, 32(2), 60-67. <https://surl.li/tydvwk>
3. Кобиш, А. І., Чечет, О. М., Шуляк, С. В. та ін. (2021). Проблема поширення токсикантів у тваринництві і довкіллі. *Вісник Сумського аграрного університету*, 3(54), 17-25. <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2021.3.3>
4. Левченко, В. І., Соколюк, В. М., Безух, В. М. та ін. (2002). Дослідження крові тварин та клінічна інтерпретація отриманих результатів. *Методичні рекомендації*, 56. <https://surl.li/thyikm>
5. Логвиненко, Н. М., Басарагін, В. А., Мамченко, В. Ю. (2018). Перспективи використання в годівлі молодняка свиней кремнієвого сорбенту Силард та кормового концентрату Живина та їх вплив на продуктивність тварин. *Наукові горизонти*, 3(66), 50-55. <https://surl.li/hgeyec>
6. Логвиненко, С. Л., Бурлака, В. А., Сичевська, Н. М. (2016). Природні сорбенти в раціонах тварин із шлунково-кишковим типом травлення. *Біологічні дослідження ІІІ Рута*, 354-356. <https://surl.li/pvedfi>
7. Лясота, В. П., Букалова, Н. В., Богатко, Н. М. т ін. (2022). Гігієнічне обґрунтування використання абсорбенту Поліфан-К за вирощування свиней. *Науковий вісник ветеринарної медицини*, 2, 6-19. <https://surl.li/bujcqj>
8. Матсенко, Е. В., Могільовський, В. М., Фурда, І. В. та ін. (2015). Застосування адсорбенту Міаміко-Фіт при хронічному множинному мікотоксикозі у свиней. *Науковий вісник ЛНУВМБТ*, 17(2), 142-149. <https://nvlvet.com.ua/index.php/journal/article/view/479>
9. Решетніченко, А. О., Безалтична, О. О. (2022). Використання кормової добавки Харуфікс+ в годівлі відлучених поросят. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти. Збірник матеріалів 2 міжнародної науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців*, 2, 251-255. <https://surl.li/xwwnro>
10. Решетніченко, О. П., Сороківська, О. С. (2022). Мікотоксикологічна оцінка комбікормів для молодняка свиней. *Сучасні підходи гарантування безпеки та якості продуктів тваринництва*, 126-128. <http://lib.osau.edu.ua/jspui/handle/123456789/3987>
11. Селіщева, Н. В., Богач, М. В., Богач, Д. М. (2024). Мікологічний моніторинг зернових кормів півдня України. *Актуальні аспекти розвитку ветеринарної медицини в умовах євроінтеграції*, 2, 148-151. <https://surl.li/khagvk>
12. Солодка, Л. О., Кривда, М. І., Костенок, С. В. та ін. (2021). Мікробне обмінення зерен пшениці, вирощеної в Житомирському поліссі. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія Ветеринарна медицина*, 4(55), 24-30. <https://snaubulletin.com.ua/index.php/vm/article/view/570>
13. Титарьова, О., Крюкова, Л. (2020). Сорбенти мікотоксинів: правильний вибір. *Тваринництво, ветеринарія*, 1, 52-54. <https://surl.li/ototvg>

- 14.Чекан, О. М. (2022). Акушерсько-гінекологічна диспансеризація корів за мікотоксикозів. Вісник Сумського аграрного університету, 2(57), 53-60. <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2022.2.7>
- 15.Чудак, Р. А., Побережець, Ю. М., Ушаков, В. М. ті ін. (2021). Вплив кормових добавок та комбікормів на продуктивність та якість м'яса у свиней. *Монографія*, 203. <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/28824.pdf>
- 16.Шайко, А. С. (2022). Вивчення ефективності пробіотику Споро-лекс на свинях. *Науковий вісник ветеринарної медицини*, 1, 92-100. <https://surl.li/fwjlzs>
- 17.Becker, C., Reiter, M., Pfaffl, M., Meyer, H., Bauer, J., & Meyer, H. (2021). Expression of immune relevant genes in pigs under the influence of low doses of deoxynivalenol (DON). *Mycotoxin Res.*, 27, 287–293. <https://doi.org/10.1007/s12550-011-0106-7>
- 18.Council of Europe (1986). European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes. *European Treaty Series*, 123, 11. <https://rm.coe.int/168007a67b>
- 19.European Commission (2002). Directive 32/EC of the European Parliament and of the Council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed. *Official journal of the European Union*, 140, 10–21. <https://surl.li/bnbbho>
- 20.Frobese, H., Fruge, E., Tokach, M., Hansen, E., DeRouchey, J., Dritz, S., & Nelssen, J. (2015). The effects of deoxynivalenol-contaminated corn dried distillers grains with solubles in nursery pig diets and potential for mitigation by commercially available feed additives. *Journal of Animal Science*, 93(3), 1074-1088. <https://surl.li/axbaey>
- 21.Kövesi, B., Kulcsár, S., Zándoki, E., Szabó-Fodor, J., Mézes, M., Balogh, K., Ancsin, Z., & Pelyhe, C. (2020). Short-term effects of deoxynivalenol, T-2 toxin, fumonisin B1 or ochratoxin on lipid peroxidation and glutathione redox system and its regulatory genes in common carp (*Cyprinus carpio* L.) liver. *Fish physiology and biochemistry*, 46(6), 1921–1932. <https://doi.org/10.1007/s10695-020-00845-1>
- 22.Kutsan, O., Orobchenko, O., Yaroshenko, M., & Gerilovich, I. (2020). Assessment of the degree of contamination of feed with microfungi and mycotoxins in the cattle industry of Ukraine in recent years. *Bulletin of Agricultural Science*, 98(2), 52-57. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202002-08>
- 23.Lykhach, V., Lykhach, A., Faustov, R., Barkar, Y., & Lenkov, L. (2022). The effect of a new complex sorbent of mycotoxins in pigs diets on their growth performance, fattening and meat traits. *Animal Science and Food Technology*, 13(2), 26–34. <https://surl.li/jgeova>
- 24.Official Journal of the European Union L276/33. Directive 2010/63/eu of the european parliament and of the council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. 86/609/EC. 20. 10. 2010.
- 25.R-Biopharm AG. (2023). RIDASCREEN® DON. Instructions for use of the kit for quantitative determination of deoxynivalenol. Darmstadt, Germany. <https://food.r-biopharm.com/products/ridascreen-don/>

26. R-Biopharm AG. (2023). RIDASCREEN® ZEA. Instructions for use of the kit for quantitative determination of zearalenone. Darmstadt, Germany. <https://food.r-biopharm.com/products/ridascreen-zearalenon/>
27. Sanin, O., Mikhalska, L., Dolgaleva, Yu., Zozulia, O., & Shvartau, V. (2019). The effect of fungicides and fertilizers on the content of mycotoxins in the grain of high-yielding winter wheat varieties. *Plant Physiology and Genetics*, 51(1), 67-76. <https://doi.org/10.15407/frg2019.01.067>
28. Starodub, M., Savchuk, M., Fedelezh-Gladinets, M., Taran, O., & Shulyak, L. (2019). Control of mycotoxin genotoxicity levels using an SOS-type optical fiber biosensor. *Biological Systems: Theory and Innovations*, 10(2), 38-43. <https://surl.lu/oevabk>
29. Tkaczyk, A., & Jedziniak, P. (2021). Development of a multi-mycotoxin LC-MS/MS method for the determination of biomarkers in pig urine. *Mycotoxin Research*, 37(2), 169-181. <https://doi.org/10.1007/s12550-021-00428-w>
30. Tkaczyk, A., & Jedziniak, P. (2021). Mycotoxin biomarkers in pigs-Current state of knowledge and analytics. *Toxins*, 13(8), 586. <https://www.mdpi.com/2072-6651/13/8/586>
31. Xu, Y., Pengle, L., Yilong, C., Bonan, X., Menglin, L., Miao, S., Wanyue, H., & Yanfei, L. (2020). Review of the Reproductive Toxicity of T-2 Toxin. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(3), 727-734. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07880>
32. Yang, C., Song, G., & Lim, W. (2020). Effects of mycotoxin-contaminated feed on farm animals. *Journal of Hazardous Materials Elsevier B.V.*, 389, 122087. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122087>
33. Yorong, F., Yongcheng, J., Anshan, S., Jing, Z., Hongyu, T., Jinglin, S., Changhai, Z., Yao, Y., Hengtong, F., Yun, Z., Junxiong, W., & Yue, T. (2021). Polydatin Protects Bovine Mammary Epithelial Cells Against Zearalenone-Induced Apoptosis By Inhibiting Oxidative Responses and Endoplasmic Reticulum Stress. *Toxins*, 13(2), 121. <https://www.mdpi.com/2072-6651/13/2/121>

Serhii Krasnikov,

PhD student, Odesa State Agrarian University,
Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0009-0003-2964-1733

e-mail: 9and9fun@gmail.com

Ludmila Tarasenko,
Professor, Odesa State Agrarian University,
Odesa, Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-5782-5079
e-mail: tarasenkola1965@gmail.com

BIOCHEMICAL INDICATORS OF PIG BLOOD AS A RESULT OF SORBENT FEEDING

Abstract

The deterioration of the mycotoxin situation in the world logically leads to an increase in the number of sorbent representatives on the market. When choosing a sorbent, attention is usually paid to its binding effect, but it is always necessary to take into account its possible impact on the animal body. Therefore, the purpose of the study was to determine changes in the biochemical parameters of pig blood as a result of the use of three sorbents. Therefore, 4 groups of animals were created in which blood was collected twice, followed by laboratory testing and detailed analysis of the results. Mycotoxin studies, in turn, did not reveal Zearalenone, DON in the blood of pigs throughout the study. «Harufix +» normalized the level of urea from 3.5 to 7.3 mmol/l (at a rate of 3.6-10.7), urea nitrogen from 6.7 to 14.05 mg% (at a rate of 7.6-19.1) and alkaline phosphatase from 240.5 to 132 U/l (at a rate of 60-190), while lowering glucose from 5.05 to 2.35 mmol/l (at a rate of 4.7-8.3). «ProAktivo» reduced alkaline phosphatase from 197 to 145 U/l (at a rate of 60-190), but caused deviations in albumin levels from 33.5 to 46.05 g/l (at a rate of 28-45) and AST from 44.5 to 23.5 U/l (at a rate of 32-84). «Clinotoxil» increased the ratio of albumin to globulin from 1.1 to 2.6 units. (norm 0.7-1.1), showing the least impact. The obtained results confirm the prospects of using these representatives in pig breeding, especially «Harufix+».

Keywords: mycotoxins; pigs; blood biochemistry; sorbent; Harufix+; Klinotoksil; ProAktivo.

References

1. Begma, N. A. (2016). Biochemical blood parameters of young pigs when using Anisorb in compound feeds. *Scientific and Technical Bulletin of the Research Center for Biosafety and Environmental Control of Agro-Industrial Complex Resources*, 4(1), 27-31. <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/1359> (in Ukrainian)
2. Vasyanovych, O. M., Ruda, M. Ye., Sapeyko, V. P., et al. (2018). Study of the biosynthesis of fungi of the genus *Fusarium moniliforme* capable of producing mycotoxins—Fumonisin. *Veterinary Biotechnology*, 32(2), 60-67. <https://surl.li/tydvwk> (in Ukrainian)
3. Kobysh, A. I., Chechet, O. M., Shulyak, S. V., et al. (2021). The problem of the spread of toxicants in animal husbandry and the environment. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*, 3(54), 17-25. <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2021.3.3> (in Ukrainian)
4. Levchenko, V. I., Sokolyuk, V. M., Bezukh, V. M., et al. (2002). Examination of animal blood and clinical interpretation of the obtained results. *Methodical recommendations*, 56. <https://surl.li/thyikm> (in Ukrainian)

5. Lohvynenko, N. M., Basarahin, V. A., Mamchenko, V. Yu. (2018). Prospects for the use of silicon sorbent Silard and feed concentrate Zhivyna in feeding young pigs and their impact on animal productivity. *Scientific Horizons*, 3(66), 50-55. <https://surl.li/hgeyec> (in Ukrainian)
6. Lohvynenko, S. L., Burlaka, V. A., Sychevska, N. M. (2016). Natural sorbents in the diets of animals with gastrointestinal type of digestion. *Biological Research of PP Ruta*, 354-356. <https://surl.li/pvedfi> (in Ukrainian)
7. Lyasota, V. P., Bukalova, N. V., Bohatko, N. M., et al. (2022). Hygienic justification of the use of the absorbent Polifan-K in pig rearing. *Scientific Bulletin of Veterinary Medicine*, 2, 6-19. <https://surl.li/bujcqj> (in Ukrainian)
8. Matsenko, E. V., Mohilovsky, V. M., Furda, I. V., et al. (2015). Application of the adsorbent Myamiko-Fit in chronic multiple mycotoxicosis in pigs. *Scientific Bulletin of LNUVMBT*, 17(2), 142-149. <https://nvlvet.com.ua/index.php/journal/article/view/479> (in Ukrainian)
9. Reshetnichenko, A. O., Bezalychyna, O. O. (2022). Use of the feed additive Kharufix+ in feeding weaned piglets. *Actual aspects of the development of science and education. Collection of materials of the 2nd international scientific-practical conference of scientific-pedagogical workers and young scientists*, 2, 251-255. <https://surl.li/xwwnro> (in Ukrainian)
10. Reshetnichenko, O. P., Sorokivska, O. S. (2022). Mycotoxicological evaluation of compound feeds for young pigs. *Modern approaches to ensuring the safety and quality of livestock products*, 126-128. <http://lib.osau.edu.ua/jspui/handle/123456789/3987> (in Ukrainian)
11. Selishcheva, N. V., Bohach, M. V., Bohach, D. M. (2024). Mycological monitoring of grain feeds in southern Ukraine. *Actual aspects of the development of veterinary medicine under conditions of European integration*, 2, 148-151. <https://surl.li/khagvk> (in Ukrainian)
12. Solodka, L. O., Kryvda, M. I., Kostenok, S. V., et al. (2021). Microbial contamination of wheat grains grown in Zhytomyr Polissia. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series Veterinary Medicine*, 4(55), 24-30. <https://snaubulletin.com.ua/index.php/vm/article/view/570> (in Ukrainian)
13. Tytarova, O., Kryukova, L. (2020). Mycotoxin sorbents: the right choice. *Animal Husbandry, Veterinary*, 1, 52-54. <https://surl.li/ototvg> (in Ukrainian)
14. Chekan, O. M. (2022). Obstetric-gynecological dispensarization of cows in mycotoxicosis. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*, 2(57), 53-60. <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2022.2.7> (in Ukrainian)
15. Chudak, R. A., Poberezhets, Yu. M., Ushakov, V. M., et al. (2021). Influence of feed additives and compound feeds on productivity and meat quality in pigs. *Monograph*, 203. <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/28824.pdf> (in Ukrainian)
16. Shaiko, A. S. (2022). Study of the effectiveness of the probiotic Sporolex in pigs. *Scientific Bulletin of Veterinary Medicine*, 1, 92-100. <https://surl.li/fwjlzs> (in Ukrainian)

17. Becker, C., Reiter, M., Pfaffl, M., Meyer, H., Bauer, J., & Meyer, H. (2021). Expression of immune relevant genes in pigs under the influence of low doses of deoxynivalenol (DON). *Mycotoxin Res.*, 27, 287–293. <https://doi.org/10.1007/s12550-011-0106-7>
18. Council of Europe (1986). European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes. *European Treaty Series*, 123, 11. <https://rm.coe.int/168007a67b>
19. European Commission (2002). Directive 32/EC of the European Parliament and of the Council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed. *Official journal of the European Union*, 140, 10–21. <https://surl.li/bnbbho>
20. Frobose, H., Fruge, E., Tokach, M., Hansen, E., DeRouchey, J., Dritz, S., & Nelssen, J. (2015). The effects of deoxynivalenol-contaminated corn dried distillers grains with solubles in nursery pig diets and potential for mitigation by commercially available feed additives. *Journal of Animal Science*, 93(3), 1074–1088. <https://surl.li/axbaey>
21. Kövesi, B., Kulcsár, S., Zándoki, E., Szabó-Fodor, J., Mézes, M., Balogh, K., Ancsin, Z., & Pelyhe, C. (2020). Short-term effects of deoxynivalenol, T-2 toxin, fumonisin B1 or ochratoxin on lipid peroxidation and glutathione redox system and its regulatory genes in common carp (*Cyprinus carpio* L.) liver. *Fish physiology and biochemistry*, 46(6), 1921–1932. <https://doi.org/10.1007/s10695-020-00845-1>
22. Kutsan, O., Orobchenko, O., Yaroshenko, M., & Gerilovich, I. (2020). Assessment of the degree of contamination of feed with microfungi and mycotoxins in the cattle industry of Ukraine in recent years. *Bulletin of Agricultural Science*, 98(2), 52–57. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202002-08>
23. Lykhach, V., Lykhach, A., Faustov, R., Barkar, Y., & Lenkov, L. (2022). The effect of a new complex sorbent of mycotoxins in pigs diets on their growth performance, fattening and meat traits. *Animal Science and Food Technology*, 13(2), 26–34. <https://surl.li/jgeova>
24. Official Journal of the European Union L276/33. Directive 2010/63/eu of the European parliament and of the council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. 86/609/EC. 20. 10. 2010.
25. R-Biopharm AG. (2023). RIDASCREEN® DON. Instructions for use of the kit for quantitative determination of deoxynivalenol. Darmstadt, Germany. <https://food.r-biopharm.com/products/ridascreen-don/>
26. R-Biopharm AG. (2023). RIDASCREEN® ZEA. Instructions for use of the kit for quantitative determination of zearalenone. Darmstadt, Germany. <https://food.r-biopharm.com/products/ridascreen-zearalenon/>
27. Sanin, O., Mikhalska, L., Dolgaleva, Yu., Zozulia, O., & Shvartau, V. (2019). The effect of fungicides and fertilizers on the content of mycotoxins in the grain of high-yielding winter wheat varieties. *Plant Physiology and Genetics*, 51(1), 67–76. <https://doi.org/10.15407/frg2019.01.067>
28. Starodub, M., Savchuk, M., Fedelesh-Gladinets, M., Taran, O., & Shulyak, L. (2019). Control of mycotoxin genotoxicity levels using an SOS-type optical fiber

- biosensor. *Biological Systems: Theory and Innovations*, 10(2), 38-43.
<https://surl.lu/oevabk>
29. Tkaczyk, A., & Jedziniak, P. (2021). Development of a multi-mycotoxin LC-MS/MS method for the determination of biomarkers in pig urine. *Mycotoxin Research*, 37(2), 169-181. <https://doi.org/10.1007/s12550-021-00428-w>
30. Tkaczyk, A., & Jedziniak, P. (2021). Mycotoxin biomarkers in pigs-Current state of knowledge and analytics. *Toxins*, 13(8), 586. <https://www.mdpi.com/2072-6651/13/8/586>
31. Xu, Y., Penge, L., Yilong, C., Bonan, X., Menglin, L., Miao, S., Wanyue, H., & Yanfei, L. (2020). Review of the Reproductive Toxicity of T-2 Toxin. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(3), 727-734. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07880>
32. Yang, C., Song, G., & Lim, W. (2020). Effects of mycotoxin-contaminated feed on farm animals. *Journal of Hazardous Materials Elsevier B.V.*, 389, 122087. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122087>
33. Yorong, F., Yongcheng, J., Anshan, S., Jing, Z., Hongyu, T., Jinglin, S., Changhai, Z., Yao, Y., Hengtong, F., Yun, Z., Junxiong, W., & Yue, T. (2021). Polydatin Protects Bovine Mammary Epithelial Cells Against Zearalenone-Induced Apoptosis By Inhibiting Oxidative Responses and Endoplasmic Reticulum Stress. *Toxins*, 13(2), 121. <https://www.mdpi.com/2072-6651/13/2/121>

Стаття надійшла до редакції 12 січня 2026 року

Стаття пройшла рецензування 13 лютого 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.02

УДК 636.7.8:616–006

Олександр Боднар,

кандидат біологічних наук, доцент, асистент кафедри
ветеринарного акушерства, внутрішньої патології та хірургії,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»,
Кам'янець-Подільський, Україна
ORCID ID: 0000-0001-6161-6835
e-mail: bodnar.vetdoc@gmail.com

ПОРІВНЯЛЬНІ АСПЕКТИ МОНІТОРИНГУ ОНКОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ У СОБАК В УМОВАХ М. КАМ'ЯНЕЦЬ- ПОДІЛЬСЬКИЙ

Анотація

За повідомленнями провідних вітчизняних і зарубіжних фахівців онкозахворювання у собак займають значну частку від усіх незаразних захворювань, у яких щорічно виявляють 4 мільйони нових випадків раку. Найбільшого поширення у собак мають спонтанні пухлини молочної залози, які за своїми біологічними, клінічними, патологічними та іншими ознаками схожі з раком молочної залози у людей. У роботі наведені результати моніторингу поширення окремих форм раку у собак за останні п'ять років в умовах м. Кам'янець-Подільський. Вивченні особливості органної локалізації пухлин, вікової динаміки новоутворень молочних залоз у сук, клінічний прояв новоутворень. Установлено закономірність частоти ураження пухлинами окремих органів у собак (органна локалізація). Згідно результатів моніторингу чільне місце належить пухлинам молочної залози, друге і третє місце розділили пухлини шкіри і підшкірної клітковини та статевих органів. Пухлини молочної залози у сук складають біля половини усіх неоплазій у собак, а частота їх прояву зростає з віком тварин, пік якої припадає на віковий проміжок від 7 до 12 років. Злоякісні пухлини частіше зустрічалися в першу половину життя (до 6-7 років), тоді як доброякісний перебіг переважав у старших особин (після 8-10 років). Поодинокі пухлини молочної залози діагностували у 62,5 % сук, множинні ураження різної величини - у 37,5%. Переважно хворіли некастровані самки, що підтверджує провідну роль статевих гормонів у розвитку пухлин молочної залози у сук. Отримані дані можуть бути використані для подальшого вивчення природи новоутворень у ссавців, прогнозування їх генезу та профілактики.

Ключові слова: *пухлина, молочна залоза, бластогенез, собака, статеві гормони, онкологія, кастрація, рак.*

Вступ. З початку 21-го століття рак посів друге місце серед причин смертності у людей: щорічно він забирає біля 10 мільйонів життів та діагностується у 19,3 мільйона нових пацієнтів. Така ж тривожна тенденція спостерігається і у ветеринарній медицині, де рак є серйозною проблемою серед дрібних домашніх тварин. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) лише у собак щорічно діагностують біля 4 мільйони нових випадків пухлиноутворень, що може слугувати цінним матеріалом для порівняльної онкології [1-4].

Рак молочної залози є найбільш поширеним онкозахворюванням серед самок у тварин і може вражати від 50% до 70% некастрованих сук віком 7 років і більше. Останнім часом також спотерігається тенденція до збільшення частки злоякісного перебігу та загострення бластоматозних процесів, зростання летальності у собак [5]. Вивченням вікових аспектів онкозахворювань у тварин встановлено, що пухлини є основною причиною смерті собак старше 10 років [6].

За даними ВООЗ дослідження пухлин молочної залози у сук та кішок набули важливості через подібність останніх у деяких аспектах до жінок, що допомагає зрозуміти біологію захворювання та шукати нові підходи до їх профілактики та лікування [7]. Створення Консультативної Ради з ветеринарної онкології, відкриття нових наукових підрозділів з вивчення пухлин дрібних домашніх тварин при Національному інституті раку США та в інших наукових установах світу, свідчить про актуальність даних досліджень у собак [8].

Аналіз останніх публікацій свідчить, що збільшення частоти новоутворень у сук в першу чергу пов'язують із подовженням тривалості їх життя та гормональним впливом. Серед причин раку молочної залози у собак також встановлені генетичні, екологічні та інші фактори, включаючи дієтичні [7, 9, 10]. Провідна роль статевих гормонів у розвитку пухлин молочної залози у сук підтверджується високою частотою бластомогенезу у некастрованих сук, або коли кастрація проводиться вже після другого статевого циклу [11]. Саме тому кастрація до першої тички визнана основним методом профілактики пухлин молочної залози у сук, що підтверджує гормональну теорію раку [10, 12, 13]. Ряд дослідників стверджують, що у собак, які страждають на ожиріння, або яким згодовували корм з великим вмістом червоного м'яса, домашню їжу і особливо свинину, також спостерігається вища поширеність пухлин молочної залози [14].

Метою дослідження було вивчити поширення окремих форм неоплазій у собак в умовах м. Кам'янець-Подільський, особливості органної та вікової локалізації пухлин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводилися продовж останніх п'яти років на базі кафедри ветеринарного акушерства, внутрішньої патології та хірургії Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» та у ветеринарних клініках різних форм власності м. Кам'янець-Подільський. Нами був проведений вибірковий аналіз онкологічних захворювань у собак в м. Кам'янець-Подільський, а також тварин, які доставлялися в клініку кафедри та її філії з регіону.

Установлено, що частота уражень пухлинами окремих органів у собак (органна локалізація) має певну закономірність. Моніторинг результатів клінічних обстежень та аналіз амбулаторних журналів свідчать, що серед новоутворень у собак є група пухлин „широкого” спектру і рідше поширених – „вузького” спектру чи діапазону.

Ми зустрічали різні клінічні форми новоутворень у собак практично на всіх ділянках тіла, органах та тканинах, а саме пухлини: молочної залози, шкіри та підшкірної клітковини, статевих органів, кісток, голови, шиї, внутрішніх органів тощо. Згідно результатів моніторингу чільне місце належить пухлинам молочної залози у сук (до 48,5%), друге і третє місце розділили пухлини шкіри і підшкірної клітковини (в середньому 15,5%) та статевих органів (в середньому 10,6%) (табл. 1).

Табл. 1

Органна локалізація новоутворень у собак

№ п/п	Ділянка ураження	Роки					в середньому
		2020	2021	2022	2023	2024	
1	Молочна залоза	46,2	48,5	42,3	44,6	39,9	44,4
2	Шкіра та підшкірна клітковина	15,8	14,6	16,3	12,2	18,3	15,5
3	Статеві органи	11,4	9,6	8,4	10,8	12,5	10,6
4	Кісткова тканина	3,9	6,8	4,2	5,6	6,7	5,5
5	Ротова порожнина	6,7	5,4	7,6	9,4	8,4	7,5
6	Інші органи і тканини	16,5	15,1	15,8	17,4	17,1	16,5

Онкологічні ураження інших органів та тканин реєстрували в середньому у 16,5 % випадків. До пухлин „вузького” спектру відносяться новоутворення в ротовій порожнині та кісток (разом в середньому 13,05%). Ураховуючи той факт, що пухлини молочних залоз у сук складають біля половини усіх неоплазій (у самців їх виявляли у поодиноких випадках), наші подальші дослідження були зосереджені саме на них [15, 16].

Аналіз поширення онкозахворювань собак залежно від статі свідчить, що суки хворіють частіше (70,24%), ніж пси (29,76%), що можна пояснити значним поширенням у самок неоплазій молочної залози та статевих органів. Установлено, що поява пухлин в молочних залозах сук залежить від їх віку: тут встановлена пряма кореляція, тобто з віком ймовірність онкопатології зростає (табл. 2).

Табл. 2

Вікова динаміка пухлин молочної залози у сук в регіоні

м. Кам'янець-Подільський

№ п/п	Показники	Вік тварин (роки)								
		до	2-4	5-6	7-8	9-	11-	13-	16 і більше	В д ньому
1	Захворіло тварин, %	2,2	8,4	14,8	16,6	20,0	17,4	14,7	5,9	-
2	Злоякісні, %	46,6	44,7	42,0	39,6	33,8	31,5	37,2	43,3	60,2
3	Доброякісні, %	53,4	55,3	58,0	60,4	66,2	68,5	62,8	56,7	39,8

Пухлини в молочних пакетах у сук переважно починали реєструвати з 2 - 2,5 років; їх частота збільшувалася з віком самок, пік якої припадав на віковий проміжок від 7 до 12 років, після чого знижувався. Це можна пояснити завчасною загибеллю тварин від раку чи інших захворювань, або їх природньою смертю, що залежало від особливостей породи собак, їх утримання, годівлі тощо. Слід відмітити, що злоякісні пухлини частіше зустрічалися в першу половину життя (до 6-7 років), тоді як доброякісний перебіг переважав у старших особин (після 8-10 років). Пухлини частіше з'являлися на задніх (4-й і 5-й) парах молочних пакетів, які є найбільш активними у функціональному відношенні, про що повідомляють і інші дослідники [16].

За результатами обстеження у 62,5 % сук діагностували поодинокі пухлини молочної залози, а у 37,5% - множинні ураження, величина яких інколи сягала розмірів голови пацієнта (рис. 1-3).



Рис. 1. Пухлинне ураження каудальної черевної (IV) залози (рисунок автора)



Рис. 2. Множинні двосторонні пухлинні ураження (рисунок автора)



Рис. 3. Гігантська пухлина каудальної черевної (IV) залози (рисунок автора)

Часто за тривалого пухлиноносійства (2-6 і більше місяців) в новоутвореннях розвивався запальний процес, який закінчувався виразкуванням та утворенням норич із серозно-кров'янистими виділеннями (рис. 4).



Рис. 4. Запальний процес та виразкування пухлини (рисунок автора)

Серед особливостей патогенезу пухлин молочної залози, слід відмітити їх гормонозалежність: вони майже не зустрічалися до першої тічки, поодинокі виникали у молодих кастрованих самок, а оваріогістероектомія хворих сук часто гальмувала чи навіть зупиняла ріст пухлин (рис. 15).

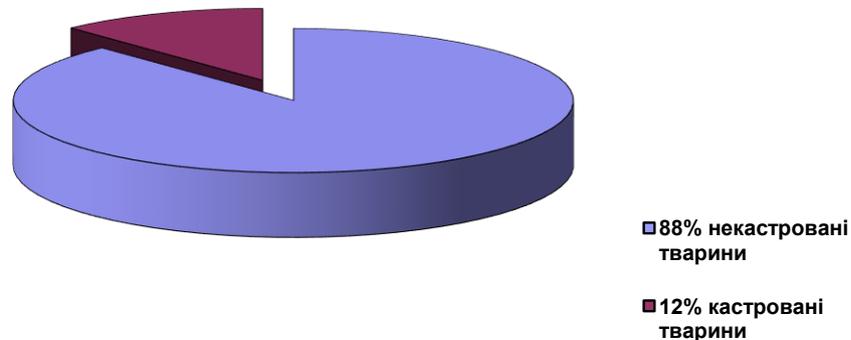


Рис. 5. Залежність виникнення пухлин молочної залози у сук від їх кастрації

Результати наших досліджень збігаються з повідомленнями інших дослідників, згідно яких молоді суки, кастровані до першої тічки, мають лише 0,5%-й ризик розвитку раку молочної залози, тоді як ті, яких прооперували після першого еструсу - 8%, а після другої тічки ризик зростає на 26% [17]. Є також повідомлення, що кастрація, проведена після двох з половиною років, не є профілактичною, оскільки вже неможливо уникнути згубного впливу статевих гормонів [18]. Проте на думку деяких авторів, для визначення найкращого часу для проведення кастрації все ще потрібні додаткові дослідження [19]. Таким чином, з огляду на вище зазначене, одним з основних факторів ризику розвитку пухлин молочної залози у сук гормональна активність, а оваріогістероектомія самок є дієвим методом профілактики бластогенезу.

Згідно отриманих результатів досліджень на рак частіше хворіли собаки малих та середніх порід собак: такса, пудель, спаніель, стафордширський терер, німецька вівчарка та метиси, проте чіткої тенденції щодо расової залежності канцерогенезу ми не виявили. За результатами декількох досліджень у чистокровних порід собак була виявлена вища частота пухлиноносійства, ніж у змішаних; однак немає єдиної думки щодо того, які породи мають найвищий ризик розвитку пухлин молочної залози [20].

Таким чином, онкологія залишається одним з актуальних питань ветеринарної хірургії, особливо пухлини молочної залози у сук. Вивчені аспекти поширення пухлин у собак та їх органна локалізація, залежність від статі, віку та статевої циклічності є досить важливими для подальшого вивчення природи новоутворень у ссавців.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Отже, враховуючи результати досліджень, можна зробити висновок, що новоутворення у собак в регіоні міста Кам'янець-Подільський є поширеною патологією та мають картину вибіркової органної локалізації. Пухлини молочної залози у сук є найбільш поширеним онкозахворюванням у собак, частота яких зростає з віком тварин. Вони найчастіше зустрічаються у некастрованих самок, що підтверджує роль статевих гормонів у розвитку пухлин молочної залози у сук.

У перспективі планується вивчення показників гомеостазу організму онкохворих собак, розробка та клінічна перевірка комплексних схем лікування сук з пухлинами молочної залози.

Список використаної літератури

1. Schiffman J.D., Breen M. Comparative oncology: What dogs and other species can teach us about humans with cancer. *Philos. Trans. R. Soc. Biol. Sci.* 2015. Vol. 370. 20140231. doi: 10.1098/rstb.2014.0231.
2. Gardner H.L., Fenger J.M., London C.A. Dogs as a Model for Cancer. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 2016. Vol. 4. P. 199–222.
3. Sung H., Ferlay J., Siegel R.L, Laversanne M., Soerjomataram I., Jemal A., Bray F. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J. Clin.* 2021. Vol. 71. P. 209–249.
4. World Health Organization (WHO). Global Health Estimates 2020: Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000-2019. *WHO; 2020. Accessed December 11, 2020.* who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghel-leading-causes-of-death
5. Vazquez E., Lipovka Y., Cervantes-Arias A., Garibay-Escobar A., Haby M.M., Queiroga F.L., Velazquez C. Canine Mammary Cancer: State of the Art and Future Perspectives. *Animals.* 2023. Vol. 13. P. 31-47. <https://doi.org/10.3390/ani13193147>
6. Davis B.W., Ostrander E.A. Domestic Dogs and Cancer Research: A Breed-Based Genomics Approach. *ILAR J.* 2014. Vol. 55. P. 59–68.
7. Silva A.E, Serakides R., Cassali G.D. Carcinogenese hormonal e neoplasias hormonio-dependentes. *Ciência Rural.* 2004. Vol. 34(2). P. 625-633.
8. Мамчук Н.А. Моніторинг пухлинних захворювань дрібних тварин. *Наук.-техн. бюлетень Інституту біології тварин УААН та ДНДКІ ветпрен. та корм. добавок МАПУ.* 2008. Вип. 9. № 3. С. 184–188.
9. Uva P., Aurisicchio L., Watters J., Loboda A., Kulkarni A., Castle J., Palombo F., Viti V., Mesiti G., Zappulli V., Marconato L., Abramo F., Ciliberto G., Lahm A., La Monica N., de Rinaldis E. Comparative expression pathway analysis of human and canine mammary tumors. *BMC Genomics.* 2009 № 27. P. 110-135.
10. Ribas C.R., Dornbusch P.T., Faria M.R., Wouk AFPF, Cirio S.M. Alteracoes clinicas relevantes em cadelas com neoplasias mamarias estadiadas. *Arch Vet. Sci.* 2012. Vol. 17(1). P. 60-68.

11. Rueda Jr., Porto Cd., Franco Rp., da Costa Ib., Bueno Lmc., Girio Rjs., Manhoso Ffr., Bueno Pcs., Repetti Csf. Mammary neoplasms in female dogs: Clinical, diagnostic and therapeutic aspects. *Veterinari Medicina*. 2024. Vol. 69 (4). P. 99-114. DOI: 10.17221/4/2024-VETMED
12. Lana S.E., Rutteman G.R., Withrow S.J. Tumors of the Mammary Gland. In: *Withrow, S.J. and Vail, D.M., Eds., Withrow and MacEwen's Small Animal Clinical Oncology, 4th Edition, Saunders Elsevier, St. Louis*. P. 619-638.
<http://dx.doi.org/10.1016/b978-072160558-6.50029-0>
13. Kamiguchi I.E., Moreira I.M., Silva Trindade F., Zahn A., Sousa Rocha N. Mammary neoplasms in female dogs: Identification of cytopathological criteria for malignancy. *J Cytol. Histol.* 2016. № 7(1). P. 1-5.
14. De Nardi A.B., Ferreira T.M.M.R., Assuncao K.A. Neoplasias mamarias. In: *Daleck CR, De Nardi AB, editors. Oncologia em caes e gatos. 2nd ed. Rio de Janeiro: Roca. 2016. 730 p.*
15. Vazquez E., Lipovka Y., Cervantes-Arias, A., Garibay-Escobar, A., Haby M.M., Queiroga F.L., Velazquez C. Canine Mammary Cancer: State of the Art and Future Perspectives. *Animals*. 2023. Vol. 13. P. 31-47. <https://doi.org/10.3390/ani13193147>
16. Mysak A.R., Pritsak V.V., Ivashkiv B.B. Mammary gland neoplasias in bitches (spreading, diagnosis, treatment methods). *Topical issues of the development of veterinary medicine and breeding technologies: Scientific monograph. Riga, Latvia: "Baltija Publishing". 2022. P. 73 - 132. ISBN 978-9934-26-203-6*
<https://doi.org/10.30525/978-9934-26-258-6-4>
17. Misdorp W. Tumors of the mammary gland. In: *Meuten DJ, editor. Tumors in domestic animals. Iowa State: University of California. 2002. P. 575-606.*
18. Withrow S.J., Page R., Vail D.M. Withrow and MacEwen's Small animal clinical oncology. *St. Louis: Elsevier Health Sciences. 2014. 750 p.*
19. Cassali G.D., Jark P.C., Gamba C., Damasceno K.A., Estrela-Lima A., De Nardi A.B., Ferreira E., Horta R.S., Firmo B.F., Sueiro F.A.R., Rodrigues L.C.S., Nakagak K.Y.R. Consensus regarding the diagnosis, prognosis and treatment of canine and feline mammary tumors. 2019. *Braz. J. Vet. Pathol.* 2020. Vol.13(3). P.555-574.
20. Vascellari M., Capello C., Carminato A., Zanardello C., Baioni E., Mutinelli F. Incidence of mammary tumors in a canine population living in the Veneto region (Northeastern Italy): risk factors and similarities to human mammary cancer. *Prev. Vet. Med.* 2016. Vol. 126. P. 183–189. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2016.02.008

Oleksandr Bodnar,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Assistant at the Department of Veterinary Obstetrics,
Internal Pathology and Surgery,
Higher Educational Institution “Podillia State University”,
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-6161-6835
e-mail :bodnar.vetdoc@gmail.com

**COMPARATIVE ASPECTS OF MONITORING ONCOLOGICAL DISEASES
IN DOGS IN THE CONDITIONS OF THE CITY OF KAMIANETS-
PODILSKY**

Abstract

According to reports from leading domestic and foreign specialists, cancer in dogs occupies a significant share of all non-communicable diseases, in which 4 million new cases of cancer are detected annually. The most common in dogs are spontaneous mammary tumors, which are similar in their biological, clinical, pathological and other features to human breast cancer. The paper presents the results of monitoring the spread of certain forms of cancer in dogs over the past five years in the city of Kamianets-Podilskyi. The features of the organ localization of tumors, the age dynamics of mammary gland neoplasms in bitches, and the clinical manifestation of neoplasms were studied. The pattern of the frequency of tumor lesions in individual organs in dogs (organ localization) was established. According to the results of the monitoring, the leading place belongs to mammary tumors, the second and third places were shared by tumors of the skin and subcutaneous tissue and genital organs. Mammary tumors in bitches account for about half of all neoplasias in dogs, and their frequency increases with the age of the animals, the peak of which was in the age range from 7 to 12 years. Malignant tumors were more common in the first half of life (up to 6-7 years), while benign tumors prevailed in older individuals (after 8-10 years). Single mammary tumors were diagnosed in 62.5% of bitches, multiple lesions of various sizes - in 37.5%. Uncastrated females were mainly affected, which confirms the leading role of sex hormones in the development of mammary tumors in bitches. The data obtained can be used for further study of the nature of neoplasms in mammals, prediction of their genesis and prevention.

Key words: tumor, mammary gland, blastogenesis, dog, sex hormones, oncology, castration, cancer.

References

1. Schiffman, J.D., Breen, M. Comparative oncology: (2015) What dogs and other species can teach us about humans with cancer. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 370, 20140231. doi: 10.1098/rstb.2014.0231.
2. Gardner, H.L., Fenger, J.M., London, C.A. (2016). Dogs as a Model for Cancer. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 4, 199–222.
3. Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R.L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., Bray, F. (2021). Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J. Clin.* 71, 209–249.

4. World Health Organization (WHO). (2020). Global Health Estimates 2020: Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000-2019. WHO; 2020.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghe-leading-causes-of-death
5. Vazquez, E., Lipovka, Y., Cervantes-Arias, A., Garibay-Escobar, A., Haby, M.M., Queiroga, F.L., Velazquez, C. (2023). Canine Mammary Cancer: State of the Art and Future Perspectives. *Animals*. 13, 3147. <https://doi.org/10.3390/ani13193147>
6. Davis, B.W., Ostrander, E.A. (2014). Domestic Dogs and Cancer Research: A Breed-Based Genomics Approach. *ILAR J*. 55, 59–68.
7. Silva, A.E., Serakides, R., Cassali, G.D. (2004). Carcinogenese hormonal e neoplasias hormonio-dependentes [Hormonal carcinogenesis and hormone-dependent neoplasms]. *Cienc Rural*. Mar-Apr;34(2).625-33.[in Portuguese].
8. Mamchuk, N.A. (2008). Monitorynh pukhlynykh zakhvoriuvan dribnykh tvaryn. [Monitoring of tumor diseases of small animals]. *Scientific and technical bulletin of the Institute of Animal Biology of the Ukrainian Academy of Sciences and the National Research Institute of Veterinary Medicine and Food Additives of the Ukrainian Academy of Sciences*. 9(3). 184–188. [in Ukrainian].
9. Uva, P., Aurisicchio L., Watters, J., Loboda, A., Kulkarni, A., Castle, J. de Rinaldis, E. (2009). Comparative expression pathway analysis of human and canine mammary tumors. *BMC Genomics*. 27;10:135.
10. Ribas, C.R., Dornbusch, P.T., Faria, M.R., Wouk, A.F.P.F., Cirio, S.M. Alteracoes clinicas relevantes em cadelas com neoplasias mamarias estadiadas [Relevant clinical changes in female dogs with mammary neoplasias staged]. *Arch Vet Sci*. 2012;17(1):60-8. [in Portuguese].
11. Rueda, Jr., Porto, Cd., Franco, Rp., da Costa, Ib., Bueno, Lmc., Girio, Rjs., ... Repetti Csf. (2024). Mammary neoplasms in female dogs: Clinical, diagnostic and therapeutic aspects. *Veterinarni Medicina*. 69 (4), 99-114. DOI: 10.17221/4/2024-VETMED
12. Lana, S.E., Rutteman, G.R., Withrow, S.J. (2007) Tumors of the Mammary Gland. *In: Withrow, S.J. and Vail, D.M., Eds., Withrow and MacEwen's Small Animal Clinical Oncology, 4th Edition, Saunders Elsevier, St. Louis*, 619-638.
13. Kamiguchi, IE, Moreira, IM, Silva Trindade, F., Zahn, A., Sousa Rocha, N. (2016). Mammary neoplasms in female dogs: Identification of cytopathological criteria for malignancy. *J. Cytol. Histol*. 7(1):1-5.
14. De Nardi, A.B., Ferreira, T.M.M.R., Assuncao, K.A. (2016). Neoplasias mamarias [Mammary neoplasms]. *In: Daleck CR, De Nardi AB, editors. Oncologia em caes e gatos [Oncology in dogs and cats]. 2nd ed. Rio de Janeiro: Roca. 730 p.* [in Portuguese].
15. Vazquez, E., Lipovka, Y., Cervantes-Arias, A., Garibay-Escobar, A., Haby, M.M., Queiroga, F.L., Velazquez, C. (2023). Canine Mammary Cancer: State of the Art and Future Perspectives. *Animals*. 13, 3147. <https://doi.org/10.3390/ani13193147>
16. Mysak, A.R., Pritsak, V.V., Ivashkiv, B.B. (2022). Mammary gland neoplasias in bitches (spreading, diagnosis, treatment methods). Topical issues of the

- development of veterinary medicine and breeding technologies: Scientific monograph. Riga, Latvia: “Baltija Publishing”. 73 - 132. ISBN 978-9934-26-203-6 <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-258-6-4>
17. Misdorp, W. (2002). Tumors of the mammary gland. *In: Meuten D.J., editor. Tumors in domestic animals. Iowa State: University of California*; 575-606.
 18. Withrow, S.J., Page, R., Vail, D.M., Withrow, MacEwen's. (2014). Small animal clinical oncology. St. Louis: Elsevier Health Sciences; 750 p.
 19. Cassali, G.D., Jark, P.C., Gamba, C., Damasceno, K.A., Estrela-Lima, A., De Nardi A.B., ... Nakagak K.Y.R. (2019). Consensus regarding the diagnosis, prognosis and treatment of canine and feline mammary tumors. *Braz. J. Vet. Pathol.* 13(3):555-74.
 20. Vascellari, M., Capello, C., Carminato, A., Zanardello, C., Baioni, E., Mutinelli, F. (2016). Incidence of mammary tumors in a canine population living in the Veneto region (Northeastern Italy): risk factors and similarities to human mammary cancer. *Prev. Vet. Med.* 126, 183–189. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2016.02.008

Стаття надійшла до редакції 05 січня 2026 року

Стаття пройшла рецензування 09 лютого 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.03
УДК 632.95:634/635(477)

Маріан Сімонов,

доктор ветеринарних наук, професор, професор
кафедри ветеринарно-санітарного інспектування,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, м. Львів, Україна
ORCID ID: 0000-0001-6691-6773
e-mail: m.simonov@ukr.net

АНАЛІЗ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗАЛИШКОВИХ КІЛЬКОСТЕЙ АГРОХІМІКАТІВ У ПЛОДООВОЧЕВІЙ ПРОДУКЦІЇ

Анотація

Інтенсифікація сільського господарства часто призводить до загрози появи хімічних небезпечних чинників у плодоовочевій продукції. Найбільш частою проблемою є наявність залишкових кількостей агрохімікатів. Враховуючи євроінтеграційні процеси України та експорторієнтованість вітчизняних виробників, метою даної роботи було провести аналіз системи моніторингу залишків агрохімікатів у плодоовочевій продукції Європейського Союзу, виявити ключові тенденції та існуючі проблеми.

Для досягнення поставленої мети проводили аналіз офіційних звітів Європейського агентства з безпеки харчових продуктів (EFSA) за 2020-2023 роки.

Аналіз результатів досліджень, що містяться в звітах, показує високий рівень відповідності європейської плодоовочевої продукції встановленим максимально допустимим рівням забруднювачів. У 2022 році відповідали вимогам 88,7% досліджених зразки продукції. Також слід відмітити, що 51,4% досліджуваних зразків (6023 зразки) не містили кількісно визначуваних рівнів залишків агрохімікатів. У 2023 році з вибірки зразків, проаналізованих в рамках програми EU MSCP, 96,3% відповідали законодавству ЄС. При цьому 58% не містили кількісно визначуваних залишків, 38,3% містили залишки в межах допустимих значень, 3,7% перевищували їх. Частина виявлених невідповідностей стосувалася продукції, експортованої з України. Однак кількість скарг на експортовану з України продовольчу продукцію не вирізняється в більшу сторону, в порівнянні з іншими країнами-експортерами, та проявляє прямопропорційну залежність від обсягу експорту.

Європейська система моніторингу демонструє високу ефективність контролю безпеки плодоовочевої продукції. Ключовими факторами успіху є координація моніторингу, стандартизація методів аналізу, ризик-орієнтований підхід та ефективна комунікація результатів. Україні необхідно адаптувати кращі практики ЄС для підвищення безпеки національної продукції та експортного потенціалу.

Ключові слова: *залишки агрохімікатів, плодоовочева продукція, EFSA, моніторинг, максимально допустимі рівні, оцінка ризику, Україна.*

Вступ. *Плодоовочева продукція є важливою складовою здорового харчування, забезпечуючи організм людини вітамінами, мінеральними речовинами, клітковиною та різними біологічно активними сполуками. Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендує споживання не менше 400 г фруктів та овочів щодня для профілактики серцево-судинних захворювань,*

діабету другого типу та онкологічних захворювань [1]. Однак конкуренція на ринку сільськогосподарської продукції сприяє інтенсифікації овочівництва та садівництва шляхом підвищення врожайності та зниження втрат від шкідників і хвороб, що вимагає широкого застосування агрохімікатів, залишки яких можуть накопичуватися у продукції та становити ризик для здоров'я споживачів.

Європейський Союз створив одну з найбільш розвинених у світі систем контролю залишків агрохімікатів, що базується на науково обґрунтованих максимально допустимих рівнях (МДР), регулярному моніторингу та комплексній оцінці ризику для споживачів. Відповідно до цього Регламент (ЄС) № 396/2005 встановлює гармонізовані МДР для всіх країн-членів ЄС та вимогу на проведення щорічних координованих програм моніторингу [2].

Відповідно Україна, як асоційований член ЄС, взяла на себе відповідальність гармонізувати національне законодавство до європейських стандартів. Проте процес адаптації є складним і тривалим, оскільки потребує не лише зміни нормативної бази, але й модернізації лабораторної інфраструктури, навчання фахівців та впровадження у виробництво принципів інтегрованого захисту рослин.

Проблема забруднення плодоовочевої продукції залишками агрохімікатів набуває особливої актуальності у зв'язку з:

- Високим споживанням свіжих овочів та фруктів населенням України (понад 150 кг на душу населення щорічно).
- Експортною орієнтацією галузі та необхідністю відповідати міжнародним вимогам.
- Переважанням у структурі виробництва дрібнотоварних господарств (понад 70% овочів та фруктів), де контроль застосування агрохімікатів є ускладненим.
- Доступністю на ринку України застарілих та заборонених в ЄС препаратів.
- Недостатнім дотриманням рекомендацій до застосування агрохімікатів виробниками.

Міжнародний досвід демонструє, що ефективна система контролю залишків агрохімікатів базується на поєднанні превентивних заходів (навчання виробників, впровадження програм-передумов та системи НАССР, інтегрований захист рослин) та системного моніторингу продукції з наступними коригувальними діями [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (European Food Safety Authority, EFSA) щорічно публікує детальні звіти про результати моніторингу залишків агрохімікатів, що включають дані національних програм контролю та спеціальної координованої багаторічної програми ЄС (EU-coordinated Multiannual Control Programme; EU MACP). Ця програма передбачає аналіз одних і тих самих продуктів кожні три роки, що дозволяє відстежувати тенденції та оцінювати ефективність регуляторних заходів [4].

Не дивлячись на позитивні тенденції в зростанні експортних потужностей України, впровадження програм продовольчої безпеки вітчизняними операторами ринку харчових продуктів все ще потребує часу та зусиль [5, 6, 7].

Мета. Виходячи з вищесказаного метою даної роботи є аналіз європейської системи моніторингу залишкових кількостей агрохімікатів у плодоовочевій продукції, виявлення ключових тенденцій та проблем.

Виклад основного матеріалу дослідження. Матеріалом для аналізу слугували офіційні звіти EFSA про залишкові кількості агрохімікатів у харчових продуктах за 2020-2023 роки [8, 9, 10].

Дані охоплюють результати моніторингу у 27 країнах-членах ЄС, Норвегії та Ісландії.

Європейська система моніторингу хімічних небезпечних чинників (залишкових кількостей агрохімікатів) у харчових продуктах включає два основні компоненти: ЄС-координовану багаторічну програму контролю (EU MSCP) та національні програми контролю (MANCP). Кожна зі згаданих компонент має свої особливості. В межах програми EU MSCP моніторингові дослідження включають контроль залишкових кількостей агрохімікатів у харчових продуктах та продовольчій сировині всіма державами-членами ЄС. При цьому кількість зразків встановлюється відповідно до розміру населення держави-члена з метою забезпечити відповідність продукції нормативним показникам та здійснити оцінку споживчої експозиції. Іншою особливістю є те, що одні й ті самі продукти аналізуються кожні три роки для відстеження тенденцій. Наприклад в межах реалізації плану програмою EU MSCP за 2020 рік було передбачено моніторингові дослідження моркви, цвітної капусти, ківі (зелене, червоне, жовте), цибулі, апельсинів, груш, картоплі, сухої квасолі, коричневого рису, жита, яловичої печінки та жиру птиці. Для встановлення тенденції аналогічні продукти досліджувалися у 2023 році. У 2022 році було заплановано моніторингові дослідження яблук, полуниці, персиків, вина (червоне та біле), салатів, капусти, томатів, шпинату, вівсяного зерна, ячмінного зерна, коров'ячого молока та свинної сировини. Також до особливостей реалізації програми контролю (EU MSCP) можна віднести випадковий відбір зразків з метою забезпечення статистичної репрезентативності. Особливостями національних програм моніторингового контролю (MANCP) є те, що держави-члени самі визначають кількість досліджуваних зразків і види харчових продуктів, фокусуючись на ризик-орієнтованому підході. Також згадана програма передбачає цільовий відбір зразків, опираючись на попередні результати досліджень.

Аналіз доступних звітів показав, що для здійснення моніторингових досліджень у ЄС залучаються акредитовані лабораторії, що працюють відповідно до ISO/IEC 17025, а основними затребуваними методами досліджень є: мультизалишковий метод QuEChERS (Quick Easy Cheap Effective Rugged Safe), газова та рідинна хроматографія з тандемною мас-спектрометрією. Достатньою

межею чутливості (для більшості забруднювачів) є спроможність забезпечити кількісне визначення більше 0,01 мг/кг досліджуваної сполуки.

Як видно з даних рисунку 1 кількість зразків, відібраних з метою проведення моніторингових досліджень, щороку зростає. Європейська система моніторингу характеризується масштабністю та систематичністю, що демонструє посилення контролю та збільшення ресурсів, спрямованих на забезпечення безпечності харчових продуктів. Так, у 2022 році 10,6% проб від загальної кількості було відібрано в межах реалізації програми EU MSCP, а 89,4% – національних програм. У 2023 році проаналізовано 13246 випадкових зразків, відібраних державами-членами ЄС, Норвегією та Ісландією з 12 найбільш споживаних харчових продуктів в ЄС в рамках ЄС-координованої програми контролю.

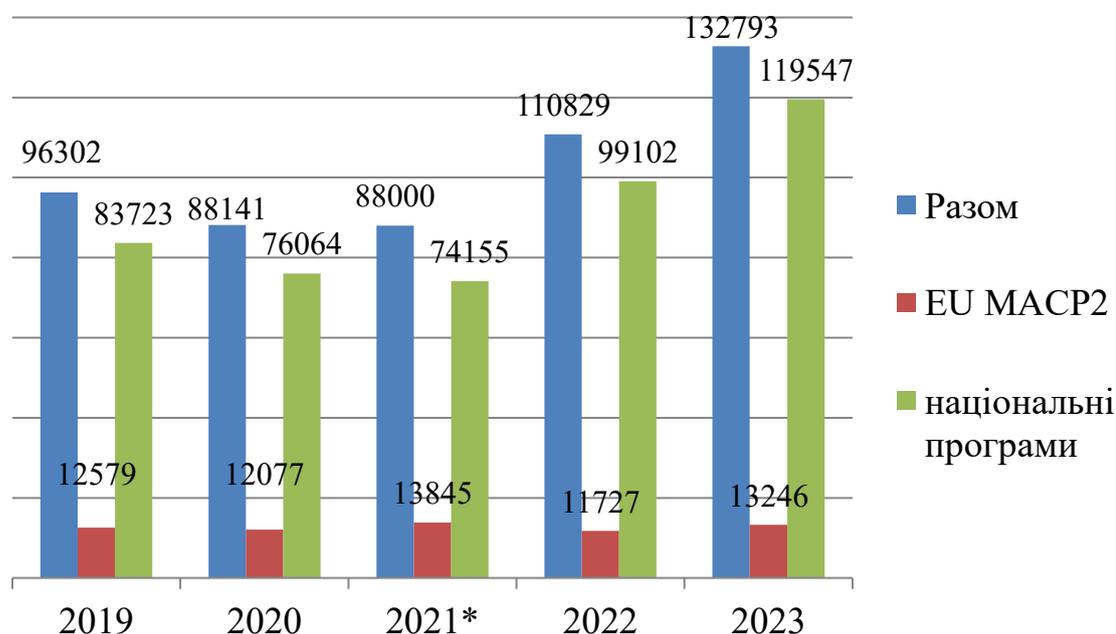


Рис. 1. Структура відібраних проб в межах реалізації Європейської системи моніторингу залишкових кількостей агрохімікатів у харчових продуктах та продовольчій сировині за 2022 і 2023 роки

* – дані 2021 року частково оціночні, оскільки у звіті не наведено загальної кількості [8, 9, 10]. (рисунок автора)

Аналіз результатів досліджень, що містяться в звітах [8, 9, 10], показує високий рівень відповідності європейської плодоовочевої продукції встановленим максимально допустимим рівням забруднювачів (табл. 1). У 2022 році відповідали вимогам 88,7% досліджених зразки продукції. Також слід відмітити, що 51,4% досліджуваних зразків (6023 зразки) не містили кількісно визначуваних рівнів залишків агрохімікатів.

У 2023 році з вибірки зразків, проаналізованих в рамках EU MSCP, 96,3% відповідали законодавству ЄС. При цьому 58% не містили кількісно

визначуваних залишків, 38,3% містили залишки в межах допустимих значень, а 3,7% перевищували їх.

Аналіз, наведених у звітах EFSA даних, показав низку тенденцій. Зокрема, враховуючи трирічний цикл досліджень в межах програми EU MASC та порівнюючи результати моніторингу одних і тих самих видів харчових продуктів, встановлено що кількість виявлених невідповідностей знизилася в яблуках, персиках, полуниці, вині та свинній сировині та існує тенденція покращення для шпинату (в порівнянні з 2019 роком). У 2022 році не зареєстровано зразки коров'ячого молока з залишковими кількостями агрохімікатів понад максимально допустимий рівень, що було неодноразово відмічено у 2019 та 2016 роках. При цьому загострилася проблема наявності хімічних небезпечних чинників агротехнічного походження в капусті, помідорах, салаті, ячмені та вівсі.

Табл. 1

Результати моніторингових досліджень залишкових кількостей агрохімікатів у харчових продуктах в межах реалізації програми EU MASC

Рік	Кількість зразків EU MASC	Без залишків	В межах МДР	Перевищення МДР	Невідповідні
2019	12579	Н/Д	Н/Д	2,0%	1%
2020	12077	68,5% (8278)	29,7% (3590)	1,7% (209)	0,9% (113)
2021	13845	58,1% (8043)	Н/Д	Н/Д	2%
2022	11727	51,4% (6023)	37,3%	1,6%	1,6%
2023	13246	58%	38,3%	3,7%	2%

Дані таблиці – авторські

Виходячи з отриманих результатів досліджень Європейське агентство з безпеки харчових продуктів робить висновок про те, що з 12 досліджуваних видів продукції у 2022 році до найбільш безпечних категорій відносяться: молоко коров'яче, свинна сировина. Також до безпечних категорій відносять, не дивлячись на негативну динаміку, вівсяне та ячмінне зерно, враховуючи низькі рівні забруднення. Натомість до найбільш проблемних, з точки зору загрози від наявних рівнів агрохімікатів, відносяться наступні категорії харчових продуктів: салати, капуста, помідори (зростання перевищень у порівнянні з попередніми роками), полуниця (традиційно високі рівні детекції, хоча існує тенденція до покращення), яблука (покращення порівняно з минулими роками, але залишаються у зоні особливої уваги).

Частина зареєстрованих випадків наявності невідповідних рівнів агрохімікатів у плодоовочевій продукції стосувалася українських експортерів. Наприклад 30 жовтня 2023 року польською службою державного контролю

zareestrovana skarga (povidomlennia 2023.7384; <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/641451>) shodo nayavnosti antakhinonu ($0,45 \pm 0,23$ mg/kg pri maksimalno dopustimomu rivni dlia danogo vidu produktsii do $0,01$ mg/kg) ta folpetu ($0,95 \pm 0,47$ mg/kg za normi do $0,03$ mg/kg) v eksportovanih z Ukraini sushenih sliвах. V rezul'tatі potentsiyniih rizik dlia spozhivachiv viznacheno yak «potentsiyno seriyoznii», a partiya produktsii buła povernena eksporteru.

Antakhinon viklikaє znachni poboyuvannia u zv'yazku z yogo mozhlivoiu kanserogennistiu [11, 12, 13]. Folpet za nalezhnogo zastosuвання ne stanovit' zagrozi, oskil'ki maє shvidkiih period biorozkladu diuchoi rечovini ta ii poxidnih. Vidpovidno do danih Єvropeys'kogo agentstva z bezpeki харчових продуктів та Міністерства охорони здоров'я Канади [14], безпека харчових продуктів, що містять фолпет, вважається прийнятною при використанні відповідно до чинних рекомендацій, а оцінка ризиків показала, що поточне використання навряд чи становить ризик для споживачів. Однак хронічні великі дози можуть порушувати режим сну та викликати нездужання, дратівливість, шлунково-кишкові симптоми, такі як анорексія, нудота, здуття живота, метеоризм і неприємний смак. Поріг судом може бути знижений у епілептиків, а також повідомлялося про прогресування неврологічних уражень при перніціозній анемії [15]. Виходячи з цього на території Європейського Союзу існують обмеження у залишкових кількостях згаданого агрохімікату в харчових продуктах.

Інший випадок zareestrovano 25 zhovtnia 2023 roku (povidomlennia 2023.7255; <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/640399>) shodo nayavnosti v sushenih sliвах nedopustimih zalishkovih kilykosteih pestitsidiv – bifentrinu ($0,044 \pm 0,022$ mg/kg pri normi do $0,01$ mg/kg) ta novoluronu ($0,042 \pm 0,021$ mg/kg pri normi do $0,01$ mg/kg). Shodo bezpechnogo vikoristannia bifentrinu існують різні погляди: ЄС обмежує його використання через прогалини в існуючих знаннях та потенційні ризики, тоді як США дозволяють його більш широке застосування, встановлюючи межі безпеки, але відзначаючи занепокоєння щодо комах-запилювачів. Хоча EFSA у 2020 році визнало [16], що поточне використання навряд чи становить ризик, пізніші огляди поставили під сумнів якість даних, рекомендуючи суворіші межі та відкликаючи деякі схвалення ЄС через побоювання щодо канцерогенності та відсутності доказів, які б виключали генотоксичність. Загалом, безпека харчових продуктів залежить від дотримання МДР, які різняться залежно від регіону, з більш суворим контролем у ЄС після 2019 року.

Проблема залишкових кількостей новолурону полягає в тому, що на сьогоднішній день немає достатньо даних щодо його безпечності для здоров'я споживачів. Проведений Європейським агентством з безпеки харчових продуктів збір даних показує [17], що харчові ризики, пов'язані з новолуроном є загалом прийнятними для населення, класифікуючи його як «малоймовірний канцероген». Водночас зазначаються значні прогалини в даних та невизначеності, особливо щодо потенційного впливу на ендокринну систему.

Відтак встановлено суворі максимально допустимі рівні для багатьох груп харчових продуктів у ЄС. В тому числі для плодоовочевої продукції.

25 серпня 2023 року зареєстрована скарга на наявність недопустимих кількостей пропаргіту в експортованій з України замороженій малині (повідомлення 2023.5773; <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/630010>). Встановлено наявність згаданого препарату на рівні $0,076 \pm 0,038$ мг/кг за допустимої межі до 0,01 мг/кг. Пропаргіт – це контактний засіб для боротьби з кліщами, який може становити серйозну небезпеку для здоров'я людей та навколишнього середовища. У людини може викликати гостру (подразнення очей та шкіри, респіраторні проблеми при вдиханні, головний біль та запаморочення, нудоту та блювоту при проковтуванні) і хронічну токсичність (підозрюється у канцерогенності, може викликати проблеми з печінкою, потенційний вплив на репродуктивну систему, можливі неврологічні ефекти при тривалому впливі) [18]. Також проблему наявності пропаргіту реєстрували в свіжих яблуках з України (повідомлення 2024.1224; <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/664833>). Лабораторними дослідженнями зареєстровано показник на рівні $0,35 \pm 0,18$ мг/кг, що свідчить про перевищення максимально допустимого значення у 35 разів.

Інша проблема залишкових кількостей агрохімікатів у замороженій малині стосувалася надлишкового вмісту спіродиклофену (скарга 2023.3746 від 21 листопада 2023 року; <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/614871>). Лабораторними дослідженнями встановлено наявність згаданого акарацидного засобу на рівні $0,044 \pm 0,022$ мг/кг. В результаті рівень ризику визначено як «потенційно серйозний» та накладено заборону на реалізацію досліджуваної партії продукції. Спіродиклофен – це високоефективний акарицид (засіб проти кліщів), що належить до класу кетоенолів (тетронові кислоти) і використовується в сільському господарстві для захисту плодів, овочевих та інших культур від рослиноїдних кліщів (павутинних, плодівих), а також деяких сисних комах, таких як попелиці, трипси та листоблішки, працюючи шляхом блокування синтезу ліпідів. За даними EFSA [19] спіродиклофен зазвичай виявляє низький гострий ризик для споживачів за умови правильного використання, але він класифікується як потенційний канцероген (категорія 1В). Відтак його використання заборонене в ЄС. При цьому ЕСНА висловила деякі занепокоєння щодо токсичності для органів у вищих дозах, що призвело до його класифікації як «може спричинити пошкодження органів».

Слід зазначити, що кількість скарг на експортовану з України продовольчу продукцію не вирізняється в більшу сторону, в порівнянні з іншими країнами-експортерами, та проявляє прямопропорційну залежність від обсягу експорту.

Особливої уваги EFSA заслуговує проблема множинних залишків присутність двох і більше пестицидів в одному зразку). Найчастіше множинні залишки реєструють у сушених харчових продуктах (родзинки, насіння кмину, паприка), солених овочах та вині. Це вказує на накопичення пестицидів у процесі

переробки (концентрування при висушуванні), інтенсивне застосування пестицидів для певних культур (виноград, спеції).

Критично важливим елементом системи є оцінка того, чи становлять виявлені залишки ризик для здоров'я споживачів. EFSA провела оцінку дієтичного ризику як частину аналізу результатів. Цього року звіт розширює імовірнісну методологію оцінки, введenu минулого року, на всі пестициди, проаналізовані в рамках EU-координованої програми [10]. Ця оцінка показує ймовірність того, що споживачі будуть піддаватися впливу залишків агрохімікатів понад певний поріг безпечності.

На основі своєї оцінки EFSA приходить до висновку [10], що існує низький ризик для здоров'я споживачів від оціненої експозиції до залишків пестицидів у тестованих харчових продуктах.

Щорічні звіти EFSA містять рекомендації для покращення системи контролю. Наприклад рекомендується державам-членам ЄС додатково досліджувати та моніторити комбінації пестицидів і культур, що призводять до невідповідностей, та продовжувати моніторинг залишків пестицидів.

Ці рекомендації включають посилення контролю проблемних комбінацій пестицид-культура відповідно до ризикорієнтованого контролю, покращення методів аналізу для важких до визначення речовин, гармонізацію підходів між державами-членами та розширення даних про споживання для точнішої оцінки ризику.

Україна перебуває у процесі гармонізації свого законодавства з європейським відповідно до угоди про асоціацію. Держпродспоживслужба України проводить моніторинг залишків агрохімікатів, проте обсяги та систематичність контролю значно поступаються європейським. До основних проблем можна віднести обмежені фінансові та людські ресурси для масштабного моніторингу, недостатню лабораторну інфраструктуру (кількість акредитованих у міжнародних агенціях лабораторій) та відсутність координованої багаторічної програми моніторингу. Також до суттєвих перешкод можна віднести розбіжність національних нормативних показників з європейськими та переважання дрібнотоварних господарств, де впровадження належного контролю є ускладненим.

До ключових елементів успіху європейської системи моніторингу можна віднести наступне:

1. Координація та гармонізація:

- Єдині МДР для всіх країн-членів.
- Стандартизована методологія моніторингу.
- Координована багаторічна програма з ротацією продуктів.

2. Науково-обґрунтований підхід:

- Встановлення МДР на основі токсикологічних даних та реалістичних підходів відповідно до міжнародного стандарту належної сільськогосподарської практики.
- Комплексна оцінка ризику (хронічна та гостра).

- Регулярний перегляд МДР з урахуванням нових даних.
 - Репрезентативна вибірка для статистичної достовірності.
 - Трирічні цикли для відстеження трендів.
3. Якість лабораторних досліджень:
- Акредитація значної кількості лабораторій відповідно до стандарту ISO/IEC 17025.
 - Програми контролю якості та порівняльних випробувань.
4. Прозорість та комунікація:
- Публічні річні звіти з детальними даними.
 - Інтерактивні онлайн-бази даних.
 - Доступна комунікація щодо результатів оцінки ризику.
5. Ризик-орієнтований підхід:
- Національні програми фокусуються на продуктах високого ризику.
 - Більш інтенсивний контроль імпортованої продукції.
 - Швидке реагування на виявлені проблеми.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Європейська система моніторингу залишків агрохімікатів демонструє високу ефективність: у 2023 році 96,3% зразків координованої програми відповідали законодавству ЄС, 58% не містили кількісно визначуваних залишків. У 2022 році 88,7% зразків відповідали максимально допустимим рівням забруднювачів, що свідчить про надійний захист споживачів. Ключовими факторами успіху європейської системи є координація моніторингу через EU MSCP, гармонізовані вимоги для всіх країн-членів ЄС, широка мережа акредитованих лабораторій з стандартизованими методами, масштабність контролю (понад 110,000 зразків щорічно) та комплексна оцінка ризику за методологією Європейського агентства з безпеки харчових продуктів.

Для України критично важливим є гармонізація нормативних значень допустимих кількостей агрохімікатів у продовольчій продукції з європейськими стандартами, запровадження координованої багаторічної програми моніторингу та акредитація лабораторій за міжнародними стандартами.

Подальші дослідження доцільно зосередити на прямому порівняльному аналізі результатів українського та європейського моніторингу, оцінці економічної ефективності різних моделей контролю та розробці специфічних для України рекомендацій з урахуванням місцевих агрокліматичних умов.

Список використаної літератури

1. World Health Organization. Healthy diet : WHO Fact Sheet. 2020. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (дата звернення: 10.01.2025).
2. Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin. Official Journal of the European Union. 2005. L 70/1-16.
3. Державна служба статистики України. Сільське господарство України 2023 : статистичний збірник. Київ, 2024. 245 с.
4. Regulation (EU) 2022/931 amending Annexes II and III to Regulation (EC) No 396/2005 as regards maximum residue levels for certain pesticides in or on certain products / European Commission. Official Journal of the European Union. 2022. L 159/1-95.
5. Управління безпечністю продуктів харчування: практичний посібник / В.В. Стибель, М.Р. Сімонов. – Львів, ТЗОВ Галицька видавнича спілка, 2018. – 230.
6. Сімонов М.Р., Проніна О.А., Гутий Б.В., Акимішин М.М., Пундяк Т.О. Аналіз проблем безпечності харчових продуктів, експортованих з України на ринок Європейського Союзу в 2024 році. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Ветеринарні науки, 2025, т 27, No 117. С. 11–20. <https://doi.org/10.32718/nvlvet117023>
7. Сімонов М.Р., Шанчук В.В., Гутий Б.В., Пундяк Т.О. Хімічні небезпечні чинники в харчових продуктах та продовольчій сировині. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Ветеринарні науки, 2025, т 27, No 117. С. 198–204. <https://doi.org/10.32718/nvlvet12024>
8. The 2020 European Union report on pesticide residues in food / EFSA (European Food Safety Authority). EFSA Journal. 2022. Vol. 20. № 3. P. e07215. DOI: 10.2903/j.efsa.2022.7215.
9. The 2022 European Union report on pesticide residues in food / EFSA (European Food Safety Authority). EFSA Journal. 2024. Vol. 22. № 3. P. e8823. DOI: 10.2903/j.efsa.2024.8823.
10. The 2023 European Union report on pesticide residues in food / EFSA (European Food Safety Authority). EFSA Journal. 2025. DOI: 10.2903/j.efsa.2025.9040.
11. Yusiasih R., Pitoi M.M., Ariyani M., Koesmawati T.A., Maulana H. Anthraquinone in indonesian infusion tea: analysis by hplc–uv and risk assessment. *Chem Biol Technol Agric.* 2019. T. 6. C. 19. DOI: 10.1186/s40538-019-0155-2.
12. Anggraini T., Neswati, Nanda R.F., Syukri D. Identification of 9,10-anthraquinone contamination during black and green tea processing in indonesia. *Food Chem.* 2020. T. 327. C. 1–5. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127092.
13. Díaz-Galiano FJ, Murcia-Morales M, Gómez-Ramos MdM, Ferrer C, Fernández-Alba AR. Presence of anthraquinone in coffee and tea samples. An improved methodology based on mass spectrometry and a pilot monitoring programme. *Anal Methods.* 2021. T. 13. C. 99–109. DOI: 10.1039/d0ay01962c.

14. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance folpet / EFSA (European Food Safety Authority), F. Alvarez, M. Arena et al. *EFSA Journal*. 2023. Vol. 21, no. 8. P. 1–32. URL: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8139> (дата звернення: 12.01.2026).
15. Harp P. R. *Encyclopedia of Toxicology* / ed. by P. Wexler. 2nd ed. Elsevier, 2005. P. 349–351. DOI: 10.1016/B0-12-369400-0/00423-3.
16. Evaluation of confirmatory data following the Article 12 MRL review and setting of import tolerances for bifenthrin in maize grain and sweet corn / EFSA (European Food Safety Authority), M. Anastassiadou, G. Bernasconi et al. *EFSA Journal*. 2020. Vol. 18, no. 12. Art. e06361. URL: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6361> (дата звернення: 9.01.2026).
17. Review of the existing maximum residue levels for novaluron according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005 / EFSA (European Food Safety Authority), G. Bellisai, G. Bernasconi et al. *EFSA Journal*. 2022. Vol. 20, no. 1. Art. e07041. URL: [doi.org](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7041) (дата звернення: 12.01.2026).
18. Agricultural pesticide use in California: pesticide prioritization, use densities, and population distributions for a childhood cancer study / R. B. Gunier et al. *Environmental health perspectives*. 2001. Vol. 109, no. 10. P. 1071–1078. URL: <https://doi.org/10.1289/ehp.011091071> (дата звернення: 10.01.2026).
19. Review of the existing maximum residue levels for spiroticlofen according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005 / EFSA (European Food Safety Authority), G. Bellisai, G. Bernasconi et al. *EFSA Journal*. 2021. Vol. 19, no. 11. Art. e06908. URL: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2021.6908> (дата звернення: 12.01.2026).

Marian Simonov,

Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the
Department of Veterinary and Sanitary Inspection

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary
Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-6691-6773

e-mail: m.simonov@ukr.net

ANALYSIS OF THE EUROPEAN SYSTEM FOR MONITORING AGROCHEMICAL RESIDUES IN FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS

Abstract

The intensification of agriculture often poses the risk of chemical hazards appearing in fruit and vegetable products. The most frequent issue is the presence of agrochemical residues. Considering Ukraine's European integration processes and the export orientation of domestic producers, the aim of this study was to analyze the European Union's system for monitoring agrochemical residues in fruit and vegetable products, identifying key trends and existing challenges.

To achieve this goal, official reports from the European Food Safety Authority (EFSA) for the period 2020–2023 were analyzed.

The analysis of the research results contained in the reports shows a high level of compliance of European fruit and vegetable products with the established Maximum Residue Levels (MRLs). In 2022, 88.7% of the analyzed product samples complied with the established requirements. It should also be noted that 51.4% of the studied samples (6,023 samples) did not contain quantifiable levels of agrochemical residues. In 2023, among the sample pool analyzed under the EU MACP (Multi-Annual Control Programme), 96.3% complied with EU legislation. Specifically, 58% contained no quantifiable residues, 38.3% contained residues within permissible limits, and 3.7% exceeded them. Some of the identified non-compliances concerned products imported from Ukraine. However, the number of non-compliances regarding food products exported from Ukraine was not significantly higher compared to other exporting countries and shows a direct proportional relationship to the volume of exports.

The European monitoring system demonstrates high efficiency in controlling the safety of fruit and vegetable products. Key success factors include the coordination of monitoring, standardization of analytical methods, a risk-based approach, and effective communication of results. Ukraine needs to adopt EU best practices to enhance the safety of domestic products and increase export potential.

Keywords: *agrochemical residues, fruit and vegetable products, EFSA, monitoring, maximum residue levels (MRLs), risk assessment, Ukraine.*

References

1. World Health Organization. Healthy diet : WHO Fact Sheet. 2020. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (дата звернення: 10.01.2025).
2. Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin. Official Journal of the European Union. 2005. L 70/1-16.
3. State Statistics Service of Ukraine. Agriculture of Ukraine 2023: Statistical Publication. Kyiv, 2024. 245 p.
4. Regulation (EU) 2022/931 amending Annexes II and III to Regulation (EC) No 396/2005 as regards maximum residue levels for certain pesticides in or on certain products / European Commission. Official Journal of the European Union. 2022. L 159/1-95.
5. Upravlinnia bezpechnistiu produktiv kharchuvannia: praktychnyi posibnyk / V.V. Stybel, M.R. Simonov. – Lviv, TzOV Halytska vydavnycha spilka, 2018. – 230. (in Ukrainian)

6. Simonov M., Pronina O., Gutyj B., Akymyshyn M., Pundiak T.O. Analysis of food safety issues in Ukraine exported to the European Union market in 2024. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 2025, Vol.27, No.117. P. 11–20. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11702> (in Ukrainian)
7. Simonov M.R., Shanchuk V.V., Gutyj B.V., Pundiak T.O. Chemical hazardous factors in food products and raw food materials. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 2025, Vol. 27, No.120, P. 198–204. <https://doi.org/10.32718/nvlvet12024> (in Ukrainian)
8. The 2020 European Union report on pesticide residues in food / EFSA (European Food Safety Authority). *EFSA Journal*. 2022. Vol. 20. № 3. P. e07215. DOI: 10.2903/j.efsa.2022.7215.
9. The 2022 European Union report on pesticide residues in food / EFSA (European Food Safety Authority). *EFSA Journal*. 2024. Vol. 22. № 3. P. e8823. DOI: 10.2903/j.efsa.2024.8823.
10. The 2023 European Union report on pesticide residues in food / EFSA (European Food Safety Authority). *EFSA Journal*. 2025. DOI: 10.2903/j.efsa.2025.9040.
11. Yusiasih R., Pitoi M.M., Ariyani M., Koesmawati T.A., Maulana H. Anthraquinone in Indonesian infusion tea: analysis by hplc–uv and risk assessment. *Chem Biol Technol Agric*. 2019. T. 6. C. 19. DOI: 10.1186/s40538-019-0155-2.
12. Anggraini T., Neswati, Nanda R.F., Syukri D. Identification of 9,10-anthraquinone contamination during black and green tea processing in Indonesia. *Food Chem*. 2020. T. 327. C. 1–5. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127092.
13. Díaz-Galiano FJ, Murcia-Morales M, Gómez-Ramos MdM, Ferrer C, Fernández-Alba AR. Presence of anthraquinone in coffee and tea samples. An improved methodology based on mass spectrometry and a pilot monitoring programme. *Anal Methods*. 2021. T. 13. C. 99–109. DOI: 10.1039/d0ay01962c.
14. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance folpet / EFSA (European Food Safety Authority), F. Alvarez, M. Arena et al. *EFSA Journal*. 2023. Vol. 21, no. 8. P. 1–32. URL: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8139> (дата звернення: 12.01.2026).
15. Harp P. R. *Encyclopedia of Toxicology* / ed. by P. Wexler. 2nd ed. Elsevier, 2005. P. 349–351. DOI: 10.1016/B0-12-369400-0/00423-3.
16. Evaluation of confirmatory data following the Article 12 MRL review and setting of import tolerances for bifenthrin in maize grain and sweet corn / EFSA (European Food Safety Authority), M. Anastassiadou, G. Bernasconi et al. *EFSA Journal*. 2020. Vol. 18, no. 12. Art. e06361. URL: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6361> (дата звернення: 9.01.2026).
17. Review of the existing maximum residue levels for novaluron according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005 / EFSA (European Food Safety Authority), G. Bellisai, G. Bernasconi et al. *EFSA Journal*. 2022. Vol. 20, no. 1. Art. e07041. URL: [doi.org](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7041) (дата звернення: 12.01.2026).

18. Agricultural pesticide use in California: pesticide prioritization, use densities, and population distributions for a childhood cancer study / R. B. Gunier et al. *Environmental health perspectives*. 2001. Vol. 109, no. 10. P. 1071–1078. URL: <https://doi.org/10.1289/ehp.011091071> (дата звернення: 10.01.2026).
19. Review of the existing maximum residue levels for spirodiclofen according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005 / EFSA (European Food Safety Authority), G. Bellisai, G. Bernasconi et al. *EFSA Journal*. 2021. Vol. 19, no. 11. Art. e06908. URL: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2021.6908> (дата звернення: 12.01.2026).

Стаття надійшла до редакції 14 січня 2026 року

Стаття пройшла рецензування 16 лютого 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.04

UDC 638.12:638.138:637.055

Svitlana Furman,

PhD, Associate Professor

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-1079-5797

e-mail: svitlana.furman@ukr.net

Leonora Adamchuk,

DSc, Associate Professor

Institute of Veterinary Medicine of the National Academy
of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0003-2015-7956

e-mail: leonora.adamchuk@gmail.com

Jan Brindza,

PhD, Associate Professor

Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, Slovakia

ORCID ID: 0000-0001-8388-8233

e-mail brindza.jan@gmail.com

Dina Lisohurska,

PhD, Associate Professor

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-2559-6520

e-mail: lisogurskadina@gmail.com

Olha Lisohurska,

PhD, Associate Professor

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-3553-9351

e-mail: lisogurskaya2016@gmail.com

ANALYSIS OF SAFETY INDICATORS AND BIOLOGICAL VALUE OF BEE POLLEN

Abstract

The article presents a synthesis of current scientific data on the safety, chemical composition, and biological value of bee pollen as a promising raw material for the development of functional food products, biologically active supplements, and pharmaceutical preparations. The results of numerous studies confirm that bee pollen is a concentrated source of proteins, amino acids, carbohydrates, lipids, minerals, vitamins, phenolic compounds, and flavonoids, which determine its antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties. It has been established that the botanical and

geographical origin, season of collection, and technological conditions of drying and storage significantly affect the biochemical profile of the product, while contamination with heavy metals, pesticides, mycotoxins, and microorganisms reduces its nutritional suitability and safety.

Scientific approaches to determining the botanical authenticity of bee pollen using melissopalynological, spectroscopic, chromatographic, and microbiological analyses have been summarized. Special attention is given to innovative methods for improving the bioavailability of nutrients, particularly fermentation, ultrasonic destruction of cell walls, and optimization of drying regimes, which make it possible to preserve biologically active components without losing the natural properties of the product. Toxicological and microbiological risks associated with storage conditions and environmental factors in collection regions are considered, confirming the need for systematic quality control in accordance with international HACCP requirements and the principles of the “One Health” concept.

The obtained results prove that bee pollen is a unique natural product capable of exerting a complex effect on the human body – from antioxidant protection to maintaining immune homeostasis. It can be effectively used in the production of dietary supplements, therapeutic and prophylactic preparations, and specialized food products. The prospects for further research involve creating a national database on the chemical profile and bioactivity of samples of various botanical origins, harmonizing quality control standards, and scientifically substantiating biotransformation technologies to enhance nutrient bioavailability. Comprehensive studies of bee pollen will contribute to increasing the competitiveness of Ukrainian beekeeping products in the international market and expanding their application in the fields of healthy nutrition, medicine, and biotechnology.

***Keywords:** bee pollen, safety, quality, biological value, standardization, honeybee, functional food products.*

Introduction. Modern trends in food science and technology have led to a growing interest in natural products that combine high nutritional value with therapeutic and preventive properties. One such product is bee pollen, which belongs to the unique gifts of beekeeping and has a complex effect on the human body. Formed as a result of honeybees (*Apis mellifera* L.) collecting floral pollen, moistening it with salivary secretions, and shaping it into granules, bee pollen acquires special physicochemical properties. As a result, it not only preserves the naturally rich composition of pollen but also demonstrates increased nutrient bioavailability.

The chemical composition of bee pollen is extremely diverse and includes a significant number of compounds. Its basis consists of proteins and amino acids, among which are all those essential for the human body. In addition, the product contains a wide range of vitamins, mineral elements, polysaccharides, unsaturated fatty acids, phenolic compounds, flavonoids, and antioxidants. Due to this combination of bioactive ingredients, bee pollen has the ability to positively influence metabolism, the immune system, and the body's antioxidant status, as well as to contribute to the prevention of chronic diseases associated with the effects of free radicals.

Particular interest is drawn to the study of the therapeutic and preventive potential of bee pollen. The results of numerous studies indicate that it exhibits immunostimulating, anti-inflammatory, antioxidant, antibacterial, and hepatoprotective properties. The use of this product is recommended in dietary nutrition, restorative medicine, gerontology, and sports nutrition. In addition, bee pollen is considered a promising raw material for the development of new types of functional food products and biologically active supplements.

At the same time, ensuring the safety and quality of bee pollen remains a pressing issue. Its quality is significantly influenced by the botanical origin of the pollen, the region and conditions of collection, as well as harvesting and storage technologies. In view of current environmental challenges, the risks of contamination with heavy metals, pesticides, mycotoxins, and other xenobiotics pose a particular threat. It is also necessary to consider the possibility of microbiological contamination that may occur during the collection or storage stages of the product. These factors reduce food safety and may pose a potential risk to consumer health.

An important component of bee pollen research is its melissopalynological analysis, which makes it possible to determine the botanical origin of the pollen and to assess the specificity of its biological activity depending on the plant source. The use of modern methods of analytical chemistry, microbiology, and toxicology provides the scientific basis for a comprehensive assessment of the safety and biological value of this product. This approach complies with international food safety standards and the “One Health” concept, which emphasizes the interconnection between the health of humans, animals, and the environment.

Thus, the study of the safety and biological value of bee pollen is a relevant and multifaceted task that integrates aspects of food science, medicine, toxicology, and ecology. The scientific justification of the product’s nutritional suitability, the identification of potential risks, and the confirmation of its therapeutic and preventive potential form the basis for the broad use of bee pollen in healthy nutrition systems and preventive medicine.

The aim is to analyze scientific sources concerning the safety of bee pollen, to identify the factors influencing its quality, and to assess its biological value as a promising raw material for the development of innovative technologies for functional food products.

Analysis of recent studies and publications. In the current context of market globalization and the expansion of bee product exports, the issue of standardizing the quality and safety of bee pollen has become particularly important. The growing demand for natural ingredients with high biological activity requires the implementation of innovative quality control technologies, as well as the establishment of unified regulatory approaches to the evaluation of this product at the international level. This opens up broad prospects for the development of the beekeeping industry and for its deeper integration into the global system of functional food production.

Researchers have found that monofloral bee pollen collected during the flowering of *Acer* spp. is characterized by a high level of homogeneity of pollen pellets, a regular morphological shape, and a dense structure that ensures the stability of the product’s physicochemical parameters. The protein content in such pollen is on average 8% lower than in polyfloral pollen; however, it contains higher concentrations of polyphenols, flavonoids, and phenolic acids, which determine its stronger antioxidant activity. No deviations from the standards were detected according to microbiological, toxicological, and radiological criteria. Therefore, *Acer* spp. monofloral pollen meets DSTU requirements, possesses high biological and functional value, and can be used

as a raw material for the production of food supplements and pharmaceutical preparations [1].

In the authors' previous studies, similar patterns were observed regarding the quality and safety of *Acer* spp. bee pollen. Its high uniformity and stability of sanitary and hygienic parameters were confirmed. Although the protein level is somewhat lower compared to polyfloral samples, the increased content of phenolic compounds and antioxidants indicates its significant biofunctional potential and the feasibility of its use in the production of therapeutic and preventive products [2].

A comprehensive analysis of the accumulation of heavy metals in bee pollen collected from various natural zones of the Carpathian region was conducted. Significant variability in the content of lead, cadmium, copper, and zinc was revealed, which is determined by geographical and climatic factors. The highest concentrations of these elements were recorded near industrial facilities and transport routes, while in mountainous areas the values were close to the natural background. It was proven that bee pollen can serve as an effective bioindicator of environmental conditions, as it accumulates information about the level of ecological safety within the bees' foraging area. The practical significance of these findings lies in the use of the obtained data for creating environmental monitoring maps, identifying risk zones, and providing recommendations for the safe placement of apiaries [3].

Further studies were aimed at examining the relationship between the composition of bee pollen – particularly the content of heavy metals and fatty acids – and the reproductive capacity of queen bees. It was found that an increased concentration of toxic elements negatively affects physiological processes related to oogenesis, while a balanced fatty acid profile contributes to maintaining the reproductive function of queens. This confirms the relevance of a comprehensive approach to assessing pollen quality, which should include simultaneous monitoring of microbiological, toxicological, and lipid parameters. The authors emphasize the need to develop an environmental monitoring system for apiaries located in regions with intensive anthropogenic load [4].

Bee pollen is considered a promising functional product due to its combination of high nutritional value and bioactive properties. It has been established that bee pollen contains complete proteins, essential amino acids, carbohydrates, lipids, a wide range of vitamins and minerals, as well as phenolic compounds and flavonoids that determine its antioxidant, anti-inflammatory, immunomodulatory, and antimicrobial effects. The obtained results confirm the need for further standardization of this product and for the scientific substantiation of its therapeutic effectiveness [5].

A comprehensive characterization of the physicochemical properties of bee pollen reflecting its botanical origin was carried out. The combination of classical parameters (moisture, ash content, protein, fat, and sugar levels) with modern analytical technologies made it possible to establish objective criteria for the standardization and authentication of the product. The study's conclusions emphasize the importance of integrating spectroscopic and chromatographic methods into the

quality control of beekeeping products, ensuring greater analytical accuracy and reliability of the results [6].

The nutritional potential of bee pollen and bee bread was investigated, with emphasis on the bioavailability of their macronutrients. The use of an *in vitro* gastrointestinal model made it possible to assess the degree of protein, fat, and carbohydrate digestion. It was shown that enzymatic treatment increases nutrient availability, while bee bread, due to natural fermentation in the hive, exhibits better digestibility. The obtained data confirm the high nutritional value of both products and substantiate their use as sources of functional ingredients in the food industry [7].

A detailed characterization of the chemical composition of bee pollen was presented, highlighting a wide range of biologically active compounds – from proteins and fatty acids to polyphenols and flavonoids. The antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial activity of the extracts indicates the potential of bee pollen as a natural source of antioxidants and functional components for food and pharmaceutical products. At the same time, it was found that the level of bioactivity varies depending on the botanical origin and geographical collection conditions, which necessitates further harmonization of approaches to assessing the quality and safety of this product [8].

It has been proven that bee pollen possesses pronounced antioxidant properties due to its high content of polyphenols and flavonoids. Chemical analysis confirmed the presence of biologically active compounds responsible for the product's ability to neutralize free radicals. In addition, the effect of bee pollen extracts on the growth of probiotic and pathogenic microorganisms was studied: a stimulating effect on certain probiotic strains and inhibition of some pathogens were observed. The obtained results confirm the significant potential of bee pollen as a natural antioxidant and as a functional ingredient in food and pharmaceutical products, combining nutritional and probiotic value with properties that counteract pathogenic microflora [9].

It was determined that drying methods significantly affect the chemical composition and aromatic profile of bee pollen. The authors compared different drying technologies, including hot-air drying, lyophilization, and other methods, and revealed substantial differences in the preservation of proteins, carbohydrates, lipids, and volatile components. It was found that high temperatures cause the loss of thermolabile substances (particularly vitamins and phenolic compounds) and alter the profile of volatile compounds responsible for aroma. Lyophilization proved to be the most gentle method, ensuring the preservation of both the nutritional and sensory value of the product. The obtained results indicate that the proper choice of drying technology is critically important for maintaining the nutritional and biological value of bee pollen, as well as for ensuring its stability and authenticity during further use in food technologies and pharmaceuticals [10].

Based on the conducted studies, it was established that fermented bee pollen, in terms of its chemical composition and biological activity, can be comparable to natural bee bread. The authors examined the changes occurring during the controlled fermentation of bee pollen and compared the results with the parameters of natural bee

bread. It was found that the fermentation process increases the content of free amino acids, simple sugars, phenolic compounds, and flavonoids, which directly enhance the antioxidant activity of the product. At the same time, the bioavailability of nutrients in fermented pollen improves, making it more digestible for the body. The study showed that although natural bee bread exhibits higher biological activity due to complex processes in the beehive, laboratory-fermented pollen demonstrates similar properties and may become a promising alternative in the food and pharmaceutical industries. This approach makes it possible to obtain a product with controlled characteristics, which is important for standardization and commercial use [11].

Bee pollen can be regarded as a functional food product with pronounced therapeutic properties. The authors systematized data on its chemical composition, which includes proteins, essential amino acids, carbohydrates, unsaturated fatty acids, vitamins, minerals, and a wide range of biologically active compounds such as polyphenols, flavonoids, and carotenoids. These components determine its antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and immunomodulatory effects. It has been shown that regular consumption of bee pollen may contribute to strengthening the immune system and reducing the risk of cardiovascular and metabolic diseases. The product's potential as an adjunct in the prevention and treatment of chronic pathologies associated with inflammatory processes is particularly emphasized. The summarized research results indicate that bee pollen can be used as a functional component in dietary supplements and therapeutic-preventive preparations. At the same time, there is an emphasized need for further product standardization and for determining optimal doses to ensure its safe and effective application in human nutrition and medicine [12].

According to research [13], spectroscopic methods are an effective tool for distinguishing bee pollen based on its composition, color, and botanical origin. The study showed that the chemical profile, particularly the ratio of proteins, lipids, carbohydrates, and phenolic compounds, has clear correlations with the botanical origin of the pollen. The color of bee pollen, determined by the concentration of carotenoids and flavonoids, also demonstrated diagnostic significance in the classification of samples. The use of spectroscopic methods in combination with statistical models made it possible to achieve high accuracy in identifying the botanical origin of bee pollen. The obtained results confirm the prospects of introducing spectroscopic technologies into the quality control and authentication of beekeeping products. This opens up opportunities for rapid, non-destructive analysis of bee pollen without the need for labor-intensive classical melissopalynological methods.

It has been proven that bee pollen is a multicomponent product with high therapeutic potential. Current data on its chemical composition have been summarized, including proteins, essential amino acids, vitamins, minerals, flavonoids, and polyphenolic compounds. Particular attention is given to its antioxidant, anti-inflammatory, immunomodulatory, antimicrobial, and anticancer activity. The study emphasizes the importance of bee pollen as a promising raw material for the development of functional food products and biologically active supplements. The authors highlight the need for further standardization, investigation of bioavailability,

and determination of safe application doses, which are key prerequisites for the integration of this product into medical and pharmaceutical practice [14].

According to studies [15], bee pollen demonstrates significant antioxidant activity, which is determined by its high content of polyphenolic compounds and flavonoids. The analysis indicates that the product's antioxidant effectiveness depends on its botanical origin and collection conditions. The obtained data show that the concentration of biologically active compounds accounts for the variability of the product's antioxidant properties. The study results confirm that bee pollen can serve as a valuable ingredient for enhancing the body's antioxidant defense, making it attractive for use in food technologies, dietary supplements, and pharmaceutical products.

The carbohydrate composition of bee pollen also determines its functional properties and nutritional value. The authors summarized data on mono- and disaccharides, polysaccharides, and dietary fiber, which together form the product's energy potential. Special attention was given to the role of simple sugars (glucose, fructose, sucrose) that provide a readily available source of energy, as well as complex carbohydrates that affect the bioavailability of other nutrients and the functionality of the product within food systems. It was noted that the carbohydrate profile of bee pollen depends on its botanical origin and the environmental conditions of its formation. Carbohydrate components interact with proteins, phenolic compounds, and minerals, determining the antioxidant, prebiotic, and structural properties of the product. The authors emphasize that the carbohydrate fraction is largely responsible for the functionality of bee pollen as a food additive and its potential in the food industry and biotechnology [16].

The authors [17] systematically demonstrated that the nutritional and biochemical properties of bee pollen significantly depend on its botanical origin. The study emphasizes the necessity of considering botanical variability when standardizing the quality indicators and nutritional value of bee pollen.

The studies [18] systematized current data on the chemical profile of pollen (carbohydrates, proteins/amino acids, lipids, and phenolic compounds), analytical methodologies, and the variability factors determined by botanical and geographical origin, phenology, drying/storage, and processing. The data on antioxidant, antimicrobial, and immunomodulatory properties, safety aspects (contaminants, pesticides, heavy metals, allergens), and potential applications in functional food products, pharmaceuticals, and biomaterials were summarized.

The study [19] summarizes current understanding of the role of amino acids in shaping the nutritional value of pollen and maintaining the physiological functions of the honeybee. Essential and conditionally essential amino acids are discussed, along with their influence on larval growth and development, immune protection, and the synthesis of proteins and enzymes. Particular attention is given to the dependence of the amino acid composition on the botanical origin of pollen, as well as on seasonal, climatic, and technological factors related to collection and storage. Modern analytical methods for determining the amino acid profile are evaluated, and the need for standardization to enable accurate comparison of research results is emphasized. The

review demonstrates the critical importance of a high-quality amino acid composition of pollen for bee health and apiary productivity.

A comprehensive comparison of the physicochemical composition and functional properties of bee pollen collected from different geographical regions of Brazil was conducted. The authors analyzed the content of proteins, lipids, sugars, ash, moisture, and energy value, as well as determined the levels of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant activity. It was shown that the botanical and geographical origin significantly influence the qualitative parameters, particularly the concentration of macro- and microelements and the antioxidant potential. The results highlight the importance of regional specificity in evaluating the nutritional value of pollen and in developing quality standards [20].

The study [21] comprehensively evaluated the nutritional value of bee pollen based on its palynological composition, antioxidant and antimicrobial activity, as well as the content of macro- and microelements. The authors showed that the botanical origin determines the levels of phenolic compounds, flavonoids, and mineral elements, which directly affect the antioxidant and antimicrobial properties of the product. The research results emphasize the importance of combining melissopalynological analysis with biochemical and microbiological methods for a comprehensive assessment of the quality and nutritional value of bee pollen.

Seasonal variations in the chemical composition of bee pollen were analyzed. The authors determined the content of crude protein, lipids, sugars, ash, and moisture in samples collected throughout the year and demonstrated a significant dependence of these indicators on the season and plant diversity. The highest protein and fat values were recorded in spring, while the carbohydrate composition and ash content varied under the influence of climatic factors and the phenology of melliferous plants. The study emphasizes the importance of considering seasonal dynamics when assessing the nutritional value of pollen [22].

A unified approach to assessing the nutritional composition of pollen for studying the nutritional ecology of bees has been proposed. The authors substantiated a standardized methodology for determining key macronutrients and demonstrated how the ratio of these components affects the development, immunity, and reproductive performance of bees. Particular attention was given to integrating analytical measurements with ecological factors, which allows for a more accurate modeling of the relationship between available pollen resources and the nutritional needs of pollinators. The proposed concept ensures the comparability of results across different studies and may serve as a basis for optimizing the forage resources of bees [23].

The study [24] examined the chemical composition, antioxidant, and anticancer properties of bee pollen collected from various floral sources in Taiwan. The authors identified a wide range of phenolic compounds and flavonoids, determined the content of major macronutrients, and assessed antioxidant activity using several analytical methods. In addition, tests on cancer cell growth inhibition were conducted, revealing the potential of certain samples as promising sources of biologically active substances.

The results highlight the significant influence of botanical origin on the biochemical profile and biofunctional properties of bee pollen.

The physical and microbiological parameters of bee pollen were also characterized, and its antioxidant activity was evaluated. It was found that the botanical origin and drying method significantly affect the content of phenolic compounds, flavonoids, and overall antioxidant potential. The obtained results emphasize the necessity of controlling physical and microbiological parameters to ensure the stable quality and safety of bee pollen during storage and processing [25].

An amino acid analysis of *Apis andreniformis* honey and the corresponding bee pollen was conducted using chemometric methods. The content of essential and conditionally essential amino acids was determined, and their contribution to nutritional value and possible biological effects was elucidated. Statistical analysis made it possible to differentiate samples according to their botanical and geographical origin and to trace the relationship between the amino acid composition of pollen and honey. The study emphasizes the importance of the amino acid profile as a marker of botanical authenticity and an indicator of the nutritional value of bee products [26].

The effect of the fermentation process on the composition of polyphenolic compounds in bee pollen was investigated. The authors evaluated changes in the content of phenolic acids and flavonoids, as well as determined antioxidant activity after different stages of fermentation. It was found that controlled lactic acid fermentation enhances the bioavailability of certain polyphenols and can improve the antioxidant properties of the product. The results highlight the potential of fermentation as a technological approach to increasing the functional value of bee pollen [27].

A comprehensive comparison of bee pollen collected from different countries was carried out. The profiles of major amino acids, organic acids, sugars, phenolic compounds, and other metabolites were determined, enabling the identification of geographical and botanical differences in the product. The obtained results demonstrate the high efficiency of combining spectroscopic and chromatographic methods for authenticity control, nutritional value assessment, and detection of possible adulteration of bee products [28].

The study [29] presents modern approaches to determining the botanical origin of honey. The possibilities and limitations of the melissopalynological method are analyzed. The review emphasizes the need to standardize methods and create reference databases for quality control and authenticity verification of honey.

The studies [30] analyzed the quality of bee bread (perga) of different botanical origins and production technologies. Organoleptic characteristics (appearance, odor, taste, color, consistency) and physicochemical parameters (moisture, acidity, content of bee products, wax impurities), as well as the degree of sanitary-microbiological safety and flavonoid content, were evaluated. It was shown that the production technology has a significant impact: bee bread produced using artificial combs or collected manually demonstrates higher quality and fewer impurities. Botanical origin also influences the content of bioactive compounds and antioxidant activity. The work

highlights the need to apply standardized production technologies and clear botanical identification to ensure high-quality bee bread.

Methods for identifying bee products by their botanical and geographical origin have been improved through the morphological analysis of pollen grains. The technique of scanning electron microscopy was adapted for studying the pollen of entomophilous plants of Ukraine. The obtained results can be used to create a national database of pollen images [31].

The study [32] analyzed bee pollen samples from 28 countries for the presence of common mycotoxins. The ELISA method was used for the quantitative determination of mycotoxins. The study also included a risk assessment related to the consumption of one or more mycotoxins.

Researchers have presented a harmonized set of standard methods for studying bee pollen. The authors describe procedures for collection, storage, sample preparation, identification of botanical origin (palynology, microscopy), as well as measurement of key qualities: moisture content, chemical composition (proteins, lipids, carbohydrates, phenolic and flavonoid compounds), antioxidant activity, physical characteristics, and microbiological safety. The methodological guidelines include standardized analytical procedures with examples that can be applied in many countries to ensure comparability of results [33].

The chronic effects of pesticides on larval development and pupal survival in *Osmia cornifrons* were evaluated. It was found that in all cases, the consumption of contaminated pollen led to delayed development and reduced larval and adult mass; additionally, the fungicide caused abnormal defecation patterns and increased mortality at the pupal stage. The study emphasizes that even low and moderate levels of pesticides in pollen pose a significant risk to solitary bee species and should be considered in regulatory standards and pollinator protection strategies [34].

The effect of ultrasonic treatment aimed at disrupting the cell wall on the physicochemical properties of pollen protein isolates was studied. The researchers emphasize that optimizing the parameters of ultrasonic exposure makes it possible to intensify the extraction of biologically active substances without the use of aggressive reagents. Thus, the technology of ultrasonic cell wall disruption is considered a promising method for enhancing the nutritional and functional value of bee pollen, including its use in the production of protein isolates and specialized food ingredients [35].

The authors [36] used spectrophotometric and chromatographic methods combined with high-performance liquid chromatography and mass spectrometry, which enabled the identification of key phenolic compounds, particularly flavonoids, responsible for pronounced antioxidant activity. The results indicate the significant potential of bee pollen as a source of natural antioxidants and natural inhibitors of enzymatic browning, thereby expanding its applications in functional foods, cosmetology, and food technology. The study highlights the importance of the botanical origin of pollen as a factor determining the level of its biological activity.

At the same time, alongside the study of natural bioactive components of bee pollen, an important aspect of assessing the quality of bee products is the analysis of anthropogenic factors, particularly pesticide load, which can reduce the safety and biological value of the products. In the researchers' work, it is emphasized that the use of pesticides in agriculture remains one of the main factors contributing to the mortality of honey bees. The authors note that even at low concentrations, residues of chemical substances can persist in bee products for a long time, posing a potential threat to consumers and necessitating stricter control over the use of agrochemicals. The obtained results confirm the need to harmonize national safety standards for bee products with European requirements and to develop a monitoring system for pesticide residues in beekeeping products [37].

Conclusions and prospects for further research. The analysis of scientific sources has shown that bee pollen is a unique natural product of high biological value, combining the properties of both a food and a therapeutic-preventive agent. Owing to its complex composition, which includes proteins, amino acids, carbohydrates, lipids, vitamins, minerals, phenolic compounds, flavonoids, organic acids, and enzymes, this product exhibits a wide range of biological activities. Its scientifically proven properties determine its potential for use in the food, medical, and pharmaceutical sectors.

It has been proven that the chemical composition and biological activity of bee pollen depend significantly on its botanical and geographical origin, as well as on the conditions of collection, drying, storage, and technological processing. It was found that the levels of proteins, carbohydrates, and phenolic compounds determine not only the nutritional but also the antioxidant and prebiotic functionality of the product. At the same time, the need for systematic safety control has been identified, since contamination with heavy metals, pesticides, mycotoxins, or microorganisms can significantly limit its suitability for consumption.

The application of modern analytical control methods ensures a comprehensive assessment of the product's authenticity, nutritional value, and sanitary safety. Particular attention is drawn to innovative technological approaches for preserving bioactive components, such as fermentation, ultrasonic cell wall disruption, and controlled drying, which contribute to increasing the bioavailability of nutrients and the stability of the product.

Thus, the synthesis of current data confirms that bee pollen is a promising source of biologically active substances capable of playing an important role in shaping the concept of functional nutrition and human biosecurity. Its systematic study aligns with the priorities of sustainable development, the "One Health" concept, and the European Green Deal strategy.

Further research on bee pollen should focus on an in-depth study of its biochemical composition, structure, and functional activity, taking into account botanical and geographical differentiation. Particular attention should be given to developing a national database on the amino acid, phenolic, and mineral profiles of samples from various origins, which will enable the creation of a standardized system

for product identification and geographical labeling. An important direction is the improvement of biotechnological processing methods.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors Dina Lisohurska (ID 52510347) and Svitlana Furman (ID 52510356) express their sincere gratitude to the International Visegrad Fund for the fellowships and research stays during which the results presented in this article were obtained. The author, Leonora Adamchuk, gratefully acknowledges that the results presented in this article were achieved during a research stay in Slovakia supported by the National Scholarship Programme of the Slovak Republic (NSP), ID 57381.

FUNDING

The research was carried out with the financial support of the International Visegrad Fund, whose grants were awarded to Dina Lisohurska (grant ID 52510347) and Svitlana Furman (grant ID 52510356). Part of the research was funded by the National Scholarship Programme of the Slovak Republic (NSP), awarded to Leonora Adamchuk under application ID 57381.

References

1. Adamchuk L., Sukhenko V. Monofloral bee pollen from *Acer* spp.: its quality and safety in nutrition /Applied scientific and technical research: materials of the 5th International scientific and practical conference (Ivano-Frankivsk, April 5–7, 2021). Ivano-Frankivsk: Kushnir H. M. Publisher, 2021. P. 259–260.
2. Adamchuk L. O., Sukhenko V. Yu. Safety and quality of monofloral bee pollen from *Acer* spp. /Proceedings of the conference dedicated to the 122nd anniversary of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: NUBiP of Ukraine, 2020. P. 20.
3. Peculiarities of accumulation of heavy metals in bee pollen (plant pollen) in different natural zones of the Carpathian region [Electronic resource] / Y. F. Ravis, I. I. Saranchuk, O. Ya. Klym, O. B. Dyachenko, O. I. Stadnytska, V. D. Fedak, O. O. Gopanenko /*Agricultural Science and Practice*. 2022. Issue 1, Part 1. P. 36–43. Access mode: (http://nbuv.gov.ua/UJRN/agnipr_2022_1_1_8).
4. Peculiarities of the influence of heavy metals and fatty acids of bee pollen on the reproductive capacity of queen bees [Electronic resource] / Y. F. Ravis, V. O. Postoienko, O. I. Stadnytska, I. I. Saranchuk, O. Ya. Klym, O. B. Dyachenko, V. D. Fedak, A. V. Shelevach, O. O. Gopanenko /*Agricultural Science and Practice*. 2023. Issue 2, Part 3. P. 24–33. Access mode: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agnipr_2023_2_3_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agnipr_2023_2_3_6).
5. Alshallash K. S., Abolaban G., Elhamamsy S. M., Zaghlool A., Nasr A., Nagib A., Taha I. M. Bee pollen as a functional product – chemical constituents and nutritional properties / *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24, No. 2. P. 173–183. <https://doi.org/10.12911/22998993/156611>
6. Prđun S., Svečnjak L., Valentić M., Marijanović Z., Jerković I. Characterization of bee pollen: Physico-chemical properties, headspace composition and FTIR spectral

- profiles / *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 9. P. 2103.
<https://doi.org/10.3390/foods10092103>
7. Aylanc V., Falcao S. I., Vilas-Boas M. Bee pollen and bee bread nutritional potential: Chemical composition and macronutrient digestibility under in vitro gastrointestinal system / *Food Chemistry*. 2023. Vol. 413. P. 135597. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135597>
 8. Rodríguez-Pólit C., Gonzalez-Pastor R., Heredia-Moya J., Carrera-Pacheco S. E., Castillo-Solis F., Vallejo-Imbaquingo R., Guamán L. P. Chemical properties and biological activity of bee pollen / *Molecules*. 2023. Vol. 28, No. 23. P. 7768. DOI:(<https://doi.org/10.3390/molecules28237768>).
 9. Ilie C-I, Oprea E, Geana E-I, Spoiala A, Buleandra M, Gradisteanu Pircalabioru G, Badea IA, Ficai D, Andronescu E, Ficai A, et al. Bee Pollen Extracts: Chemical Composition, Antioxidant Properties, and Effect on the Growth of Selected Probiotic and Pathogenic Bacteria/*Antioxidants*. 2022; 11(5):959. <https://doi.org/10.3390/antiox11050959>
 10. Keskin M., Özkök A. Effects of drying techniques on chemical composition and volatile constituents of bee pollen / *Czech Journal of Food Sciences*. 2020. Vol. 38, No.4. P.202–210. DOI: <https://doi.org/10.17221/79/2020-CJFS>
 11. Miłek M., Mołoń M., Kula-Maximenko M., Sidor E., Zagula G., Dżugan M. Chemical composition and bioactivity of laboratory-fermented bee pollen in comparison with natural bee bread / *Biomolecules*. 2023. Vol. 13, No. 7. P. 1025. DOI:(<https://doi.org/10.3390/biom13071025>).
 12. El Ghouizi A., Bakour M., Laaroussi H., Ousaaid D., El Menyiy N., Hano C., Lyoussi B. Bee pollen as functional food: Insights into its composition and therapeutic properties / *Antioxidants*. 2023. Vol. 12, No. 3. P. 557. DOI: (<https://doi.org/10.3390/antiox12030557>)
 13. Bleha R., Shevtsova T. V., Živčáková M., Korbářová A., Ježková M., Saloň I., Snytytsya A. Spectroscopic discrimination of bee pollen by composition, color, and botanical origin / *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 8. P. 1682. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10081682>).
 14. Khalifa, S. A. M., Elashal, M. H., Yosri, N., Du, M., Musharraf, S. G., Nahar, L., Sarker, S. D., Guo, Z., Cao, W., Zou, X., Abd El-Wahed, A. A., Xiao, J., Omar, H. A., Hegazy, M.-E. F., & El-Seedi, H. R. (2021). Bee pollen: Current status and therapeutic potential. *Nutrients*, 13(6), 1876. <https://doi.org/10.3390/nu13061876>
 15. Tutun H., Kaya M. M., Usluer M. S., Kahraman H. A. Bee pollen: Its antioxidant activity / *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 2021. Vol. 21, No. 1. P. 119–131. DOI: 10.31467/uluaricilik.896045.
 16. Bertonceļ J., Lilek N., Korošec M. Bee pollen carbohydrates composition and functionality / *Pollen Chemistry & Biotechnology*. Cham : Springer International Publishing, 2024. P. 51–69. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-47563-4_3
 17. Kolayli, S., Birinci, C., Kanbur, E. D., Ucurum, O., Kara, Y., & Takma, C. (2024). Comparison of biochemical and nutritional properties of bee pollen samples

- according to botanical differences. *European Food Research and Technology*, 250(3), 799–810. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04428-1>
18. Bayram, N. E., Kostić, A. Ž. & Gercek, Y. C. (ред.). *Pollen Chemistry & Biotechnology*. Cham : Springer, 2024. 347 с. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-47563-4>
19. Bryś, M. S., & Strachecka, A. (2024). The key role of amino acids in pollen quality and honey bee physiology — A review. *Molecules*, 29(11), 2605. <https://doi.org/10.3390/molecules29112605>)
20. Melo, B. K. C. D., Silva, J. A. D., Gomes, R. D. D. S., Custódio, P. P., Lira, G. A. D., Ramalho, A. M. Z., ... & Bezerra, M. D. F. (2023). Physicochemical composition and functional properties of bee pollen produced in different locations. *Brazilian Journal of Food Technology*, 26, e2022006. (<https://doi.org/10.1590/1981-6723.00622>)
21. Çobanoğlu, D. N., Kizilpinar Temizer, İ., Candan, E. D., Yolcu, U., & Güder, A. (2023). Evaluation of the nutritional value of bee pollen by palynological, antioxidant, antimicrobial, and elemental characteristics. *European Food Research and Technology*, 249(2), 307–325. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04117-5>
22. Al-Kahtani, S., & Taha, E. K. A. (2021). Seasonal variations in nutritional composition of honeybee pollen loads. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 93(2), 105–112. <https://doi.org/10.2317/0022-8567-93.2.105>
23. Lau, P., Lesne, P., Grebenok, R. J., Rangel, J., & Behmer, S. T. (2022). Assessing pollen nutrient content: A unifying approach for the study of bee nutritional ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 377(1853), 20210510. <https://doi.org/10.1098/rstb.2021.0510>)
24. Nguyen, H. C., Liu, L.-C., Wu, M.-C., Lin, T.-P., Yang, C.-Y., & Huang, M. Y. (2022). Chemical constituents, antioxidant, and anticancer activities of bee pollen from various floral sources in Taiwan. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(2), 12644. <https://doi.org/10.15835/nbha50212644>)
25. Straumite, E., Bartule, M., Valdovska, A., Kruma, Z., & Galoburda, R. (2022). Physical and microbiological characteristics and antioxidant activity of honey bee pollen. *Applied Sciences*, 12(6), 3039. <https://doi.org/10.3390/app12063039>)
26. Sommano, S. R., Bhat, F. M., Wongkeaw, M., Sriwichai, T., Sunanta, P., Chuttong, B., & Burgett, M. (2020). Amino acid profiling and chemometric relations of black dwarf honey and bee pollen. *Frontiers in Nutrition*, 7, 558579. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.558579>)
27. Adaškevičiūtė, V., Kaškonienė, V., Barčauskaitė, K., Kaškonas, P., & Maruška, A. (2022). The impact of fermentation on bee pollen polyphenolic compounds composition. *Antioxidants*, 11(4), 645. <https://doi.org/10.3390/antiox11040645>
28. Lu, P., Takiguchi, S., Honda, Y., Lu, Y., Mitsui, T., Kato, S., ... & Nagata, K. (2022). NMR and HPLC profiling of bee pollen products from different countries.

- Food Chemistry: Molecular Sciences*, 5, 100119.
<https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100119>)
29. Adamchuk, L., Sukhenko, V., Akulonok, O., Bilotserkivets, T., Vyshniak, V., Lisohurska, D., ... & Galyasnyj, I. (2020). Methods for determining the botanical origin of honey. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14(1), 1018–1025. <https://doi.org/10.5219/1386>
30. Adamchuk L., Sukhenko V., Tysevych Ye. Bee bread quality: botanical identification and production technology. *International scientific-practical journal "Commodities and markets"*. 2021. N 2. P.70-84. <https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021%2838%2907>)
31. Адамчук, Л. О., Сухенко, В. Ю., & Скорик, М. А. (2020). Адаптація методів електронної скануючої мікроскопії для дослідження пилоквих зерен. *Продовольчі ресурси*, 8(14), 20–28. <https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-02>)
32. Carrera, M. A., Miguel, E., Fernández-Alba, A. R., & Hernando, M. D. (2023). First survey on the presence of mycotoxins in commercial bee pollen sourced from 28 countries. *Food Control*, 152, 109816. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109816>)
33. Campos, M. G., Anjos, O., Chica, M., Campoy, P., Nozkova, J., Almaraz-Abarca, N., ... & Carreck, N. L. (2021). Standard methods for pollen research. *Journal of Apicultural Research*, 60(4), 1–109. (<https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1948240>)
34. Phan, N. T., Joshi, N. K., Rajotte, E. G., Zhu, F., Peter, K. A., López-Urbe, M. M., & Biddinger, D. J. (2024). Systemic pesticides in a solitary bee pollen food store affect larval development and increase pupal mortality. *Science of the Total Environment*, 915, 170048. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170048>
35. Xue, F. & Li, C. Effects of ultrasound assisted cell wall disruption on physicochemical properties of camellia bee pollen protein isolates. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2023, vol. 92, article 106249. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106249>
36. Su, J., Yang, X., Lu, Q., & Liu, R. (2021). Antioxidant and anti-tyrosinase activities of bee pollen and identification of active components. *Journal of Apicultural Research*, 60(2), 297–307. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1722356>
37. Pesticides as a cause of honeybee (*Apis mellifera*) mortality and their persistence in honey / Y. A. Omelchun, L. V. Shevchenko, L. M. Nikitina, V.V. Solomon, V.M. Mykhalska, S.V. Furman, D.V. Lisohurska, O.V. Lisohurska /*Biosystems Diversity*. 2025. Vol. 33, No. 1. P. e2501. (<https://doi.org/10.15421/012501>).

Стаття надійшла до редакції 15 січня 2026 року

Стаття пройшла рецензування 17 лютого 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI 10.37000/abbsl.2026.118.05

УДК 619.9:

Serhii Vyrvykshka,

PhD student,

Department of Infectious Pathology, Biosafety, and Veterinary
and Sanitary Inspection named after Professor V. Ya. Atamasiy,
Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0009-0009-1684-4754

e-mail: virvikishka@gmail.com

Kateryna Rodionova,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Infectious Pathology,
Biosafety, and Veterinary and Sanitary Inspection named
after Professor V. Ya. Atamasiy,

Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-7245-4525

e-mail: katerina.rodionova@ukr.net

Tatiana Ihnatieva,

Candidate of Veterinary Sciences,

Associate Professor of the Department of Hygiene,
Sanitation and Veterinary Law

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-9905-4807

e-mail: tatianaihnatieva@gmail.com

HYGIENIC ASSESSMENT OF DAIRY COWS UNDER TIE-STALL HOUSING

Abstract.

In modern dairy farming, the microclimate parameters of livestock premises are considered one of the leading factors determining the physiological state, productivity and welfare of dairy cows. Air temperature, relative humidity, speed of its movement and concentration of harmful gases form a thermoregulatory load on the animal body and directly affect feed consumption, milk production, immune status and reproductive function. According to modern research, deviation of microclimate parameters from the thermoneutral zone causes heat or cold stress, which is accompanied by a decrease in milk yield, a change in the composition of milk and an increase in morbidity. The problem becomes particularly relevant in conditions of tethered and stalled housing, where the motor activity of cows is limited, and the animals are in direct contact with the litter and the stall microclimate for a long time. In such systems, it is the parameters of the air environment and the sanitary condition of the stalls that determine the level of body contamination, udder cleanliness and the risk of mastitis, which is considered an effective indicator of welfare outcome. Modern climate changes and the tendency to increase the ambient temperature lead to an increase in the frequency of heat stress in cowsheds, which requires systematic monitoring of the microclimate and assessment of its impact on

the productivity and health of cows.

The paper investigates the parameters of the microclimate of the premises for keeping dairy cows in different seasons of the year and their impact on the hygienic condition of the animals. A pronounced seasonal variability of temperature, humidity, air velocity and gas composition of the cowshed air with deviations from the standards of NTP-APK 01.05, most significant in the winter and summer periods, was established. In the winter period, the air temperature was 2 ± 1 °C with increased concentrations of NH_3 and CO_2 , which indicates insufficient efficiency of the ventilation system. In summer, the temperature reached a maximum value of +32 °C, forming a risk of heat stress, while the gas composition of the air improved. In the autumn-spring period, according to the results of the multi-zone assessment of cleanliness, 83% of cows had 3 points and 17% - 4 points, the hygiene assessment index was 3.17 points, which corresponds to an unsatisfactory sanitary condition. In the summer period, the index decreased to 2.88 points, which indicates a relative improvement in animal hygiene. It was established that the deterioration of microclimate parameters is accompanied by an increase in the contamination of the cows' bodies and microbial contamination of the air. The results obtained confirm the decisive role of the indoor microclimate in the formation of the hygienic status of the dairy herd and the need to optimize ventilation systems, manure removal and management of maintenance.

Keywords: *temperature, humidity, ammonia, gas pollution, microclimate, hygiene, stress.*

Introduction. In modern dairy farming, animal housing conditions are among the key factors determining productivity, reproductive performance, longevity, and milk quality. Increased stocking density, inadequate manure removal, and suboptimal microclimatic conditions in housing facilities lead to the accumulation of organic contaminants on the hair coat and skin of cows, which contributes to the development of pathological conditions [1]. Effective hygiene management is critically important for improving the sanitary and microbiological quality of milk and reducing the risk of mastitis [2].

Analysis of recent studies and publications.

The microclimate of the cowshed (temperature, relative humidity, air velocity, gas composition, and dust levels) is a determining factor in the welfare of dairy cows, as it affects their behavioral and physiological parameters [3] and creates risks of heat stress, mastitis, and reduced productivity [1].

Ensuring proper housing conditions for farm animals in Ukraine has a regulatory basis. The Laws of Ukraine “On the Protection of Animals from Cruelty” [4] and “General Requirements for the Welfare of Farm Animals during Keeping” [5] establish the obligation to provide conditions that do not harm animal health and meet their physiological needs. The EFSA report emphasizes that inadequate housing conditions and related environmental hazards cause a range of adverse consequences for the welfare of dairy cows, and that optimization of environmental parameters is a key prerequisite for reducing risks to animal health and behavior [6].

Modern monitoring approaches confirm the feasibility of continuous, real-time monitoring of microclimate parameters (temperature, NH_3 , CO_2 , etc.) throughout the day [7] as a tool for early detection of problems and optimization of housing conditions from a welfare and productivity perspective [8]. The gaseous composition of air in dairy housing, particularly the concentrations of NH_3 and CO_2 , has a significant impact on the physiological status of animals [9]. Toledo et al. (2022)

reported that housing conditions are directly reflected in behavioral and physiological indicators of dairy cow welfare, with heat stress and inadequate ventilation identified as key risk factors [3]. Guarnieri et al. (2023) demonstrated that disruption of the humidity regime affects not only productivity but also overall health status and immune function in dairy cows [10].

An important integrative indicator in welfare assessment is the hygiene assessment index (IGO), which is considered a welfare outcome measure — a performance indicator reflecting the actual impact of housing conditions on animal status [11]. According to the international Welfare Quality® assessment protocols, IGO is evaluated using a multifactorial approach that includes the cleanliness of the udder, lower limbs, thighs, and flanks, thereby reflecting the overall level of animal welfare and the quality of housing management [12]. An increased IGO score indicates excessive accumulation of organic contaminants within the housing environment and is associated with a higher risk of mastitis and dermatological lesions [13–14].

Therefore, the investigation of cowshed microclimate parameters and their influence on the hygienic status of dairy cows is not only scientifically justified but also represents a normatively regulated area of contemporary research. The IGO can thus be used as an objective indicator of the effectiveness of microclimate management in dairy farming systems.

The aim of this study was to evaluate seasonal variation in cowshed microclimate and its relationship with the hygienic status of dairy cows housed in tie-stall systems.

Materials and Methods. The study was conducted at the Agricultural Limited Liability Company “Peremoha” (Khrushchivka village, Zolotonosha district, Cherkasy region, Ukraine) and at the Department of Infectious Pathology, Biosafety and Veterinary Sanitary Inspection named after Prof. V.Ya. Atamas, Faculty of Veterinary Medicine, Odesa State Agrarian University. The experimental cowshed had a rectangular layout (75 m × 21 m) and was designed as a four-row tie-stall facility. The experimental herd (n = 150) consisted of Ukrainian Red-and-White and Black-and-White dairy cows with partial Holstein improvement.

Microclimate parameters were determined in accordance with NTP-APK 01.05 requirements [15] and methodological guidelines on veterinary hygiene [16]. Measurements were performed at three control locations within the cowshed: at the center of the building and at a distance of 1.5–2.0 m from the external walls, at a height of 1.2–1.5 m above the floor corresponding to the animal breathing zone.

Air temperature was measured using a smart air meter with integrated CO₂, temperature, and humidity sensors (GM8804, Benetech, China); relative humidity was measured with an August psychrometer; air velocity with a digital vane anemometer (GM8908, Benetech, China); CO₂ concentration with a portable gas analyzer (UG-2) and the GM8804 sensor; NH₃ concentration with a UG-2 gas analyzer. Air exchange rate was calculated from the ventilation rate or supplied air volume. The daylight factor was determined using a Yu-116 luxmeter. Airborne microbial contamination was assessed by the sedimentation method on Petri dishes.

The cow hygiene index (CHI) was calculated as the mean cleanliness score across individual anatomical regions (udder, lower limbs, thighs, and flanks). Scoring and index calculation were performed according to the Welfare Quality® protocol [12].

$$CHI = \Sigma (n_i \times b_i) / N$$

where,

n_i — the number of animals with the corresponding score;

b_i — the purity score;

N — the total number of animals examined.

Comparison of measured cowshed microclimate parameters (Table 1) with the normative values of VNTP-APK 01.05 [15] demonstrated marked seasonal variability and deviations from recommended hygienic standards, particularly during winter (December–February) and, to a lesser extent, in summer (June–August).

Table 1

**Microclimate parameters in the cowshed during tethered and stalled housing,
 (M±m, n=3)**

Microclimate indicators	Season			
	winter	spring	summer	autumn
Air temperature, 0C	+2±0,5	+18±3,5	+31,3±4	+18±3,5
Relative air humidity, %	70±1,15	71,7±2	85±1,7	75±1,7
Concentration of CO2 in the air, %	0,5±0,05	0,3±0,01	0,1±0,005	0,3±0,01
Concentration of NH3 in the air, mg/m3	35±1,73	27±2,88	20±1,15	27±1,72
Air velocity, m/sec	0,3±0,02	0,6±0,06	0,2±0,03	0,6±0,06
Concentration of H2S in the air, mg/m3	15±0,6	12±1,15	10±0,6	12±0,6
Coefficient of natural light, %	1,2±0,21	1,3±0,41	1,6±0,02	1,6±1,4

The table data – the results of the authors' research.

During winter, indoor air temperature ranged from +1 to +3 °C, which is below the recommended range of 8–10 °C. This indicates insufficient thermal insulation and/or inadequate ventilation balance and poses a risk of cold stress in dairy cows. Relative humidity remained within 68–72%, corresponding to the permissible range (65–75%). Air velocity (0.25–0.35 m/s) was close to the recommended winter values (0.3–0.5 m/s). However, NH₃ concentrations (35–38 mg/m³) and CO₂ levels (0.5–0.6%) exceeded recommended limits approximately twofold, indicating insufficient air

exchange during the cold season.

During spring, air temperature (+12 to +24 °C) approached the physiologically comfortable range; however, in August it exceeded optimal values by approximately 10%. NH₃ concentrations decreased to 22–32 mg/m³ but still exceeded the maximum permissible level (≤ 20 mg/m³): by 10% in March, 22.7% in April, and 60% in May. CO₂ concentrations exceeded the maximum permissible concentration by 12–28%, although they were 1.5-fold lower than in winter.

The most critical deviations in microclimate parameters were recorded in summer. Air temperature reached +32 °C, substantially exceeding the thermoneutral zone for dairy cows (–5 to +25 °C) and posing a risk of heat stress. Air velocity increased to 0.8–1.0 m/s, corresponding to recommended summer values and partially compensating for heat load. NH₃ concentrations remained within permissible limits in June–July and exceeded the norm by only 10% in August. CO₂ levels decreased threefold compared to spring and were approximately twofold lower than the maximum permissible limit ($\leq 0.25\%$). In autumn, microclimate parameters gradually stabilized: temperature ranged from +14 to +22 °C, relative humidity from 72 to 78%, and air velocity from 0.5 to 0.7 m/s. During September–November, air temperature corresponded to the thermoneutral zone for dairy cows. In September, however, NH₃ concentration sharply increased to 30 mg/m³, representing a 36% rise compared to August. Elevated ammonia levels during autumn may indicate insufficient efficiency of manure removal systems and ventilation within the housing facility. In addition, CO₂ concentrations increased threefold compared to summer values.

Airborne microbial contamination in the cowshed exceeded recommended hygienic limits throughout the year, with exceedances of $2\text{--}3 \times 10^3$ CFU/m³ in winter and $4.0\text{--}4.5 \times 10^3$ CFU/m³ during transitional seasons (spring–autumn), indicating an elevated risk of infectious disease transmission.

According to the hygiene assessment of dairy cows using a four-point, multi-zone cleanliness scoring system (udder, lower limbs, thighs, and flanks) during the autumn–spring period, 83% of the animals received a score of 3. In these cows, the udder was moderately soiled (12...21% of the surface), the skin above the coronary band and on the thighs and flanks was covered with dried manure plaques, although the hair coat remained visible. The remaining 17% of cows received a score of 4, indicating severe contamination: the udder was covered with dried manure plaques over 30...34% of the surface, the skin above the coronary band was covered with dense plaques extending to the upper limb, and the thighs and flanks were heavily soiled. The cow hygiene index (CHI) averaged 3.17 points, exceeding the threshold value of 3.0 and characterizing the hygienic status of the animals as unsatisfactory.

During summer, hygiene assessment showed that 76% of cows received a cleanliness score of 3, 18% a score of 2, and 6% a score of 4. The mean cow hygiene index (CHI) was 2.88.

The CHI value observed in summer indicates an improvement in herd hygienic status compared with the autumn–spring period by 0.29 points and corresponds to a satisfactory hygiene level. However, from June through August this indicator remained

above the optimal recommended threshold (≤ 2.0), suggesting the need for further improvement of housing and sanitary management practices to achieve a high level of animal hygiene.

Conclusions and future research perspectives.

1. The microclimate of the tie-stall cowshed demonstrated pronounced seasonal variability, with the most critical deviations from hygienic standards observed in winter and summer. Winter conditions were characterized by low air temperature and elevated NH_3 and CO_2 concentrations, indicating insufficient ventilation efficiency, whereas summer was marked by excessive heat load and risk of heat stress.

2. Airborne microbial contamination in the cowshed exceeded recommended hygienic limits throughout the year, particularly during transitional seasons, indicating unfavorable sanitary conditions and an increased risk of infectious disease transmission in the dairy herd.

3. Hygiene assessment of dairy cows revealed predominantly moderate to severe contamination of anatomical zones during the autumn–spring period ($\text{CHI} = 3.17$), corresponding to an unsatisfactory hygienic status. In summer, hygienic status improved ($\text{CHI} = 2.88$) but remained above the optimal recommended level (≤ 2.0).

4. Seasonal changes in microclimate parameters were associated with corresponding changes in cow cleanliness and hygienic status, confirming the impact of housing environmental conditions on animal welfare indicators.

5. The results substantiate the need to optimize ventilation, manure removal, and overall sanitary management in tie-stall dairy housing to improve microclimate conditions, reduce microbial load, and achieve a high level of animal hygiene and welfare.

Future research should aim to elucidate the relationships between microclimate conditions in tie-stall housing systems and the welfare, productivity, and physiological resilience of dairy cows.

Reference

1. Bernabucci, U., Biffani, S., Buggiotti, L., Vitali, A., Lacetera, N., & Nardone, A. (2014). The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>
2. Moore, S. S., Costa, A., Penasa, M., Callegaro, S., & De Marchi, M. (2023). How heat stress conditions affect milk yield, composition, and price in Italian Holstein herds. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 4042–4058. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22640>
3. Toledo, I. M., Dahl, G. E., & De Vries, A. (2022). Dairy cattle management and housing for warm environments. *Livestock Science*, 255, 104802. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104802>
4. Verkhovna Rada of Ukraine. (2006). *On protection of animals from cruelty* (Law No. 3447-IV, February 21, 2006). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, 27, Art. 230. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15>
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 No. 224, February 8, 2021).
URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0206-21>

6. EFSA Panel on Animal Health and Welfare. (2023). Welfare of dairy cows. *EFSA Journal*, 21(3), e07993. URL:<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7993>
7. Leliveld, L. M. C., Riva, E., Mattachini, G., Finzi, A., Lovarelli, D., & Provolo, G. (2022). Dairy cow behavior is affected by period, time of day and housing. *Animals*, 12, 512. <https://doi.org/10.3390/ani12040512>
8. MilkUA.info. (2023). Upravlinnia komfortom ta infrastrukturoiu. <https://milkua.info/uk/post/upravlinnia-komfortom-ta-infrastrukturoiu>
9. Ferraz, P. F. P., Ferraz, G. A. e S., Ferreira, J. C., Aguiar, J. V., Santana, L. S., & Norton, T. (2024). Assessment of ammonia emissions and greenhouse gases in dairy cattle facilities: A bibliometric analysis. *Animals*, 14, 1721. <https://doi.org/10.3390/ani14121721>
10. Guarnieri, G., Olivieri, B., Senna, G., & Vianello, A. (2023). Relative humidity and its impact on the immune system and infections. *International Journal of Molecular Sciences*, 24, 9456. <https://doi.org/10.3390/ijms24119456>
11. Aytekin, İ., Altay, Y., Boztepe, S., Keskin, İ., & Zülkadir, U. (2021). The effect of body cleanliness (hygiene) score on some criteria used in the detection of milk quality in dairy cattle. *Large Animal Review*, 27, 69–74. URL: [Ibrahim_imp_ok](https://doi.org/10.3390/larar2701006)
12. Welfare Quality® (2009). Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Lelystad: Welfare Quality® Consortium, 182 p. URL: <https://www.welfarequalitynetwork.net/media/1319/dairy-cattle-protocol.pdf>
13. Antanaitis, R., Džermeikaitė, K., Januškevičius, V., Šimonytė, I., & Baumgartner, W. (2024). Impact of heat stress on the in-line registered milk fat-to-protein ratio and metabolic profile in dairy cows. *Agriculture*, 14(2), 203. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020203>
14. Habimana, V., Nguluma, A. S., Nziku, Z. C., Ekine-Dzivenu, C. C., Morota, G., Mrode, R., & Chenyambuga, S. W. (2024). Heat stress effects on physiological and milk yield traits of lactating Holstein Friesian crossbreeds. *Animals*, 14(13), 1914. <https://doi.org/10.3390/ani14131914>
15. Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. (2012). *NTP-APK 01.05: Livestock enterprises (buildings and structures)*. Kyiv: Minahropolityky Ukrainy.
16. Petrenko, A., Pavlichenko, O., Ihnatieva, T., & Kushch, L. (2024). *Controlling the microclimate in livestock facilities: Guidelines for laboratory and practical training in veterinary hygiene*. State Biotechnology University, 43 p. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/bitstreams/710a7cfc-421a-40cf-94b9-c06641b98e64/download>

Сергій Вирвикишка,

аспірант,

кафедра інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-санітарного інспектування ім. професора В. Я. Атамася,

Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 0009-0009-1684-4754
e-mail: virvikishka@gmail.com

Катерина Родіонова,

кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-санітарного інспектування ім. професора В. Я. Атамася,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0002-7245-4525
e-mail: katerina.rodionova@ukr.net

Тетяна Ігнатська,

кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри гігієни, санітарії та ветеринарного права,
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
ORCID ID: 0000-0001-9905-4807
e-mail: tatianaihnatieva@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ ГІГІЄНІЧНОЇ ОЦІНКИ ДІЙНИХ КОРІВ ЗА ПРИВ'ЯЗНО-СТІЙЛОВОГО УТРИМАННЯ

Анотація.

У сучасному молочному скотарстві параметри мікроклімату тваринницьких приміщень розглядаються як один із провідних факторів, що визначає фізіологічний стан, продуктивність і добробут дійних корів. Температура, відносна вологість, швидкість руху повітря та концентрація шкідливих газів формують терморегуляційне навантаження на організм тварин і безпосередньо впливають на споживання корму, молочну продуктивність, імунний статус і репродуктивну функцію. За даними сучасних досліджень, відхилення параметрів мікроклімату від зони комфорту спричиняє тепловий або холодний стрес, що супроводжується зниженням надоїв, зміною складу молока та зростанням захворюваності. Особливої актуальності проблема набуває в умовах прив'язно-стійлового утримання, де рухова активність корів обмежена, а тварини тривалий час перебувають у безпосередньому контакті з підстилкою та мікрокліматом стійла. У таких системах саме параметри повітряного середовища та санітарний стан стійл визначають рівень забрудненості тіла, чистоту вимені та ризик виникнення маститу, що розглядається як результативний індикатор добробуту (welfare outcome). Кліматичні зміни та підвищення температури навколишнього середовища зумовлюють зростання частоти теплового стресу в корівниках. Саме тому, системний моніторинг мікроклімату та оцінка впливу-запорука здоров'я та продуктивності корів.

У роботі досліджено параметри мікроклімату приміщення для утримання дійних корів у різні сезони року та їх вплив на гігієнічний стан тварин. Встановлено виражену сезонну варіабельність температури, вологості, швидкості руху повітря та газового складу повітря корівника з відхиленнями від нормативів ВНТП-АПК 01.05, найбільш значимими у зимовий та літній періоди. У зимовий період температура повітря становила 2 ± 1 °C за підвищених концентрацій NH_3 і CO_2 , що свідчить про недостатню ефективність системи вентиляції. Влітку температура досягала максимального значення +32 °C, формуючи ризик теплового

стресу, тоді як газовий склад повітря покращувався. В осінньо-весняний період за результатами мультizonальної оцінки чистоти 83 % корів мали 3 бали та 17 % - 4 бали, індекс гігієнічної оцінки становив 3,17 бали, що відповідає незадовільному санітарному стану. У літній період індекс знизився до 2,88 бали, що свідчить про відносно покращення гігієни тварин. Встановлено, що погіршення параметрів мікроклімату супроводжується зростанням забрудненості тіла корів та мікробного обмінення повітря. Отримані результати підтверджують визначальну роль мікроклімату приміщення у формуванні гігієнічного статусу дійного стада та необхідність оптимізації систем вентиляції, видалення гною і менеджменту утримання.

Ключові слова: температура, вологість, аміак, загазованість, мікроклімат, гігієна, стрес.

Список використаної літератури

1. Bernabucci U., Biffani S., Buggiotti L., Vitali A., Lacetera N., Nardone A. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 2014. 97(1), 471-486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>
2. Moore, S. S., Costa, A., Penasa, M., Callegaro, S., & De Marchi, M. How heat stress conditions affect milk yield, composition, and price in Italian Holstein herds. *Journal of Dairy Science*, 2023. 106(6), 4042-4058. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22640>
3. Toledo, I. M., Dahl, G. E., & De Vries, A. Dairy cattle management and housing for warm environments. *Livestock Science*, 2022. 255, 104802. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104802>
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. EFSA Panel on Animal Health and Welfare. Welfare of dairy cows. *EFSA Journal*, 2023. 21(3), 7993. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7993>
7. Leliveld, L.M.C., Riva, E., Mattachini, G., Finzi, A., Lovarelli, D., Provolo, G. Dairy Cow Behavior Is Affected by Period, Time of Day and Housing. *Animals* 2022. 12, 512. <https://doi.org/10.3390/ani12040512>
8. MilkUA.info. Управління комфортом та інфраструктурою [Електронний ресурс]. 2023. URL: <https://milkua.info/uk/post/upravlinnia-komfortom-ta-infrastrukturoiu> (дата звернення: 22.01.2026).

9. Ferraz, P.F.P., Ferraz, G.A.e.S., Ferreira, J.C., Aguiar, J.V., Santana, L.S., Norton, T. Assessment of Ammonia Emissions and Greenhouse Gases in Dairy Cattle Facilities: A Bibliometric Analysis. *Animals*, 2024. 14, 1721. <https://doi.org/10.3390/ani14121721>
10. Guarnieri, G., Olivieri, B., Senna, G., Vianello, A. Relative Humidity and Its Impact on the Immune System and Infections. *Int. J. Mol. Sci*, 2023. 24, 9456. <https://doi.org/10.3390/ijms24119456>
11. Aytekin İ., Altay Y., Boztepe S., Keskin İ., Zülkadir U. The effect of body cleanliness (hygiene) score on some criteria used in the detection milk quality in dairy cattle. *Large Animal Review*, 2021. 27, 69-74. URL: ibrahim_imp_ok
12. Welfare Quality®. Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Lelystad: Welfare Quality® Consortium, 2009. 182 p. URL: <https://www.welfarequalitynetwork.net/media/1319/dairy-cattle-protocol.pdf>
13. Antanaitis R., Džermeikaitė K., Januškevičius V., Šimonytė I., Baumgartner W. Impact of heat stress on the in-line registered milk fat-to-protein ratio and metabolic profile in dairy cows. *Agriculture*, 2024. 14(2), 203. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020203>
14. Habimana V., Nguluma A. S., Nziku Z. C., Ekine-Dzivenu C. C., Morota G., Mrode R., Chenyambuga S. W. Heat stress effects on physiological and milk yield traits of lactating Holstein Friesian crossbreds. *Animals*, 2024. 14(13), 1914. <https://doi.org/10.3390/ani14131914>
15. Міністерство аграрної політики України. НТП-АПК 01.05. Тваринницькі підприємства (будівлі та споруди). Київ: Мінагрополітики України, 2012. 62 с.
16. Petrenko A., Pavlichenko O., Ihnatieva T., Kushch L. Controlling the microclimate in livestock facilities : guidelines for laboratory and practical training in veterinary hygiene. Kharkiv : State Biotechnology University, 2024. 43 p. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/bitstreams/710a7cfc-421a-40cf-94b9-c06641b98e64/download>

Стаття надійшла до редакції 15 січня 2026 року
Стаття пройшла рецензування 17 лютого 2026 року
Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.06

УДК 639.2:637.56:619

Кадрі Джассер,

здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня освіти
6 курсу ОП «Ветеринарна медицина»,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 009-0006-1061-3179
e-mail: jasserkadri130@gmail.com

Ольга Чечет,

доктор ветеринарних наук, професор кафедри інфекційної патології,
біобезпеки та ветеринарно-санітарного інспектування
імені професора В.Я. Атамася,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID:/0000-0001-5099-5577
e-mail: kiev-kiev12@ukr.net

Олексій Мельник,

здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня освіти
5 курсу ОП «Ветеринарна медицина»,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 009-0006-1061-3179
e-mail: garrilodin_45@gmail.com

ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ ЛОСОСЕВИХ РИБ

Анотація

У статті розглянуто харчову та біологічну цінність лососевих риб як важливого об'єкта ветеринарно-санітарного контролю. Проаналізовано хімічний склад м'яса лососевих, зокрема вміст білків, жирів, вітамінів і мінеральних речовин, а також їхню роль у забезпеченні високої поживної цінності продукту. Особливу увагу приділено ліпідному профілю, представленому поліненасиченими жирними кислотами омега-3, що мають важливе значення для фізіологічних функцій організму людини. Окреслено основні ветеринарно-санітарні показники якості та безпечності лососевих риб, включаючи паразитологічні та хіміко-токсикологічні ризики. Підкреслено значення дотримання ветеринарно-санітарних вимог на всіх етапах виробництва та обігу рибної продукції.

***Ключові слова:** лососеві риби, харчова цінність, ветеринарно-санітарна експертиза, білки, омега-3 жирні кислоти, безпечність харчових продуктів.*

Вступ. У системі продовольчої безпеки рибні продукти займають особливе місце як джерело необхідних поживних речовин, які неможливо повністю замінити продуктами диких тварин. Серед різних водних організмів лосось вважається найціннішим завдяки своїй унікальній та чудовій харчовій цінності. Він відрізняється від інших риб своїм складом, а його тіло служить справжнім

«сховищем» мікроелементів та рідкісних мінералів. Він також містить особливий пігмент, який не тільки надає його шкірі характерного кольору, але й захищає клітини від пошкодження під час важких фізичних навантажень, а також характеризується високою концентрацією вітамінів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У сучасних наукових дослідженнях значна увага приділяється вивченню харчової та біологічної цінності рибної продукції, зокрема лососевих риб, як важливого джерела повноцінного білка, поліненасичених жирних кислот та біологічно активних сполук. Вітчизняні й зарубіжні автори відзначають високий вміст у м'ясі лососевих незамінних амінокислот і омега-3 жирних кислот, що зумовлює їхню значну дієтичну та профілактичну цінність.

Окремі дослідження присвячені аналізу ліпідного складу лососевих риб, де підтверджено домінування ейкозапентаєнової та докозагексаєнової кислот, які відіграють важливу роль у підтриманні серцево-судинної, імунної та нервової систем людини. Також у наукових працях підкреслюється значний вміст жиророзчинних вітамінів, насамперед вітамінів А і D, що підвищує біологічну цінність даного виду рибної сировини. Водночас низка публікацій присвячена ветеринарно-санітарним аспектам якості та безпечності лососевих риб. Дослідниками встановлено, що інтенсивний розвиток аквакультури зумовлює необхідність посиленого контролю за наявністю паразитів, залишкових кількостей антибактеріальних препаратів, а також важких металів у рибній продукції. Наголошується на важливості дотримання ветеринарно-санітарних вимог під час вирощування, вилову, транспортування та зберігання лососевих риб.

Разом з тим аналіз наукових джерел свідчить, що питання комплексної оцінки харчової цінності лососевих риб у поєднанні з ветеринарно-санітарними показниками їх безпечності потребує подальшого узагальнення та систематизації, що й зумовлює актуальність даного дослідження.

Мета. Метою статті є комплексне дослідження харчової та біологічної цінності лососевих риб з урахуванням їх хімічного складу, амінокислотного та ліпідного профілю, вітамінно-мінерального комплексу, а також визначення їх значення як високоякісної сировини тваринного походження. У роботі передбачається обґрунтування ветеринарно-санітарних показників якості та безпечності лососевих риб, аналіз можливих біологічних і хіміко-токсикологічних ризиків та оцінка ролі ветеринарного контролю на всіх етапах виробництва, зберігання і реалізації рибної продукції.

Виклад основного матеріалу. Лососеві риби належать до ряду лососеподібних і є одними з найбільш високоліквідних об'єктів світового рибного господарства. Лососеві є унікальним біологічним об'єктом, чий хімічний склад динамічно змінюється залежно від життєвого циклу, середовища існування та раціону.

Благородні лососі (рід *Salmo*). Типовий представник – Атлантичний лосось (сьомга). Характеризується найвищим вмістом внутрішньом'язового жиру (до

15-20 %) та рівномірним його розподілом, що зумовлює високі органолептичні властивості.

Тихоокеанські лососі (рід *Oncorhynchus*). Д них відносять кету, горбушу, нерку та райдужну форель. Остання є критично важливою для ветеринарного нагляду в Україні, оскільки масово вирощується в садкових господарствах.

Гольці (рід *Salvelinus*). Вони мають більш щільне м'ясо та специфічний склад мікроелементів, проте рідше зустрічаються у масовому промислі.

Дикі особини мають вищий вміст мінеральних речовин та природних антиоксидантів завдяки споживанню криля та дрібних ракоподібних. Їхня м'язова тканина більш функціональна (щільна) через постійну рухову активність.

Фермерська риба вирощується в контрольованих умовах. Її харчова цінність на 80 % залежить від складу комбікормів. Контролюється накопиченням ліпідів (така риба зазвичай жирніша) та відсутністю залишкових кількостей ветеринарних препаратів.

Анатомо-гістологічна будова м'язової тканини. М'язи лососевих складаються переважно з білих та червоних волокон. Червоні м'язи (латеральні), вони багаті на міоглобін та мітохондрії, саме тут зосереджена найбільша концентрація жирних кислот Омега-3. Сполучної тканини у лососевих значно менше, ніж у наземних тварин (близько 3-5 %), а колаген має нижчу температуру зварювання. Це пояснює ніжну консистенцію продукту та його легку засвоюваність.

Лососеві як хижаки здатні накопичувати в жировій тканині стійкі органічні забруднювачі та важкі метали (ртуть, кадмій), що потребує суворого ветеринарно-санітарного моніторингу. Білки лососевих риб вважаються «еталонними» за своєю засвоюваністю та збалансованістю. Вміст сирого протеїну в їстівній частині (філе) варіює в межах 18,5–22,5 % залежно від виду та фізіологічного стану риби (наприклад, у період нерестових міграцій вміст білка в м'язах диких лососів стрімко падає). М'язові білки лососевих за топографією та функціями поділяються на три групи: саркоплазматичні білки (25–30 %): розчинні у воді. Сюди належать міоглобін (що дає колір) та численні ферменти, що беруть участь у гліколізі; міофібрилярні білки (65–70 %): розчинні в сольових розчинах (міозин, актин). Вони відповідають за структуру м'яса та його здатність утримувати вологу ; стромальні білки (2–5 %) це колаген та еластин. Завдяки їхній малій кількості лососина має ніжну консистенцію.

Амінокислотний склад лососевих. *Лососеві містять повний набір незамінних амінокислот.* Лізин сприяє засвоєнню кальцію та синтезу колагену. У лососевих його вміст сягає 1,5–1,8 г на 100 г продукту. Метіонін + Цистеїн це сірковмісні амінокислоти, які мають ліпотропну дію захищаючи печінку людини від жирової інфільтрації. Триптофан являється попередником серотоніну. Це важливий показник свіжості при псуванні риби, коли вміст вільного триптофану змінюється.

Табл. 1

Вміст незамінних амінокислот у м'ясі лосося (г/100 г білка)

Амінокислота	Лосось атлантичний	Еталон ВООЗ
Валін	5,	5,0
Ізолейцин	4,7	4,0
лейцин	8,3	7,0
Фенілаланін + Тирозин	8,0	6,0
Метіонін + Цистеїн	4,1	3,5
Лізін	9,4	5,5
Треонін	4,5	4,0

Лососеві риби належать до групи «жирних» або «середньожирних» риб. Вміст ліпідів у них може коливатися від 4 % до 20 % залежно від виду, віку, статі та, що найважливіше, кормової бази.

Структурні ліпіди (Фосфоліпіди): Входять до складу клітинних мембран. Вони багаті на поліненасичених жирних кислот і мають високу біологічну активність. Також дуже важливими є Омега-3 жирні кислоти.

Головна цінність лососевих – це висока концентрація довголанцюгових жирних кислот родини Омега-3. На відміну від рослинних олій (де міститься альфаліноленова кислота), риба містить готові до засвоєння форми жирних кислот. Таких як, Ейкозапентаєнова кислота (ЕПК), яка є потужним антиоксидантом, та має кардіопротекторну дію. А також

Докозагексаєнова кислота (ДГК), яка критично важлива для функціонування нейронів мозку та регенерації тканин.

Дикий лосось має вищий вміст ЕПК та специфічний набір каротиноїдів (астаксантину). А фермерський лосось часто містить більше загального жиру, але його якісний склад залежить від заміни рибного борошна рослинними компонентами в кормах.

Хочемо зауважити, що Астаксантин – це унікальний компонент ліпідної фракції.

Табл. 2

Порівняльний вміст жирних кислот у різних видах лососевих (г на 100 г):

Вид риби	Загальний жир	Сума омега-3	ЕПК	ДГК
Атлантичний ЛОСОСЬ (сьомга)	13,4	2,5	0,9	1,1

Горбуша	4,4	1,2	0,4	0,6
Форель райдужна	6,2	1,0	0,3	0,5
Кета	3,8	0,8	0,3	0,4

Лососеві — чи не єдине джерело астаксантину в раціоні людини. Цей пігмент не лише забарвлює м'ясо, а й діє як внутрішньом'язовий стабілізатор жирів, захищаючи Омега-3 від передчасного руйнування.

Лососеві риби є унікальним депо жиророзчинних вітамінів та есенціальних мікроелементів. Їхня концентрація в м'язовій тканині обумовлена високим вмістом ліпідів (для вітамінів А, D, E) та особливостями морської екосистеми (для йоду та селену).

Жиророзчинні вітаміни: D, A, E Лосось – одне з небагатьох природних джерел цього вітаміну. У 100 г філе міститься від 400 до 700 МО. Це критично для кальцієво-фосфорного обміну.

Вітамін А (ретинол) сприяє регенерації епітеліальних тканин та підтримці зору.

Вітамін Е (токоферол) діє в синергії з селеном, захищаючи клітинні мембрани від пероксидації. Його вміст вищий у риб, що споживають натуральний раціон (криль та планктон).

Водорозчинні вітаміни групи В. Особлива увага приділяється вітаміну В12 (кобаламіну) та вітаміну В6.

Оскільки лососеві (більшість видів) є прохідними або морськими рибами, вони активно накопичують елементи, дефіцитні в континентальних регіонах таких як йод, селен та фосфор і кальцій. Йод необхідний для синтезу тиреоїдних гормонів. У лососевих його вміст у 10–20 разів вищий, ніж у яловичині. Селен являється потужним імуномодулятором. Важливо зазначити, що селен у рибі знаходиться у формі селенометіоніну, який має високу біодоступність. Фосфор та Кальцій знаходяться у фізіологічно збалансованому співвідношенні, що сприяє зміцненню кісткової тканини.

Табл. 3

Вміст мікроелементів у м'язовій тканині атлантичного лосося

Елемент	Вміст (мкг/100г)	% від добової норми
Селен	30.0 - 45.0	65 %
Йод	50.0 - 60.0	40 %
Залізо	0.8 - 1.0 (мг)	6 %
Цинк	0.4 - 0.6 (мг)	5 %

У процесі досліджень визначали органолептичні, фізико-хімічні та біологічні показники якості м'яса лососевих риб. Органолептичну оцінку проводили за зовнішнім виглядом, консистенцією м'язової тканини, запахом та станом зябер. Фізико-хімічні показники включали визначення масової частки

вологи, білка, жиру та мінеральних речовин із застосуванням загальноприйнятих лабораторних методик.

Амінокислотний склад білків досліджували методом іонообмінної хроматографії, а ліпідний профіль – газовою хроматографією з визначенням вмісту поліненасичених жирних кислот родини Омега-3. Вітамінний склад визначали спектрофотометричними методами.

Отримані результати обробляли методами варіаційної статистики з використанням стандартних програмних засобів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень встановлено, що лососеві риби характеризуються високою харчовою та біологічною цінністю, зумовленою значним вмістом повноцінних білків, поліненасичених жирних кислот родини омега-3, вітамінів і мінеральних речовин. Амінокислотний та ліпідний склад м'яса лососевих риб свідчить про їх високу засвоюваність і дієтичну цінність, що підтверджує доцільність широкого використання даної рибної продукції у харчуванні населення.

Ветеринарно-санітарна оцінка показала необхідність постійного контролю якості та безпечності лососевих риб, особливо з огляду на можливу наявність паразитарних інвазій, мікробіологічного забруднення та залишкових кількостей хіміко-токсикологічних речовин. Отримані результати підтверджують важливість дотримання ветеринарно-санітарних вимог на всіх етапах виробництва, зберігання та реалізації рибної продукції.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні впливу умов вирощування та годівлі в аквакультурі на харчову цінність і безпечність лососевих риб, удосконаленні методів ветеринарно-санітарного контролю, а також у дослідженні накопичення екологічних забруднювачів у м'ясі риб залежно від регіону походження. Доцільним є також розширення досліджень щодо застосування сучасних біотехнологічних і молекулярних методів для ранньої діагностики потенційних ризиків у лососевій продукції.

Список використаної літератури

1. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Sustainability in action. Rome : FAO, 2022. 266 p.
2. EFSA Panel on Biological Hazards. Scientific Opinion on risk assessment of parasites in fishery products. *EFSA Journal*. 2021. Vol. 19(12).
3. Lund E. K., Belury M. A. Omega-3 fatty acids and human health: focus on fish and seafood. *Nutrition Reviews*. 2021. Vol. 79(2). P. 177–195.
4. Alfnes F., Chen X. Consumer preferences for farmed salmon quality and safety attributes. *Aquaculture Economics & Management*. 2022. Vol. 26(1). P. 1–18.
5. Badiola M., Mendiola D., Bostock J. Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*. 2021. Vol. 95.

6. Love D. C. et al. Human health impacts of salmon aquaculture. *Current Environmental Health Reports*. 2022. Vol. 9. P. 43–55.
7. Семенов В. Г., Бойко О. П. Ветеринарно-санітарна оцінка риби та рибних продуктів. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 11. С. 58–65.
8. Кулинич О. М., Шевченко Л. В. Паразитологічна безпека рибної продукції в умовах інтенсифікації аквакультури. *Науковий вісник ветеринарної медицини*. 2022. № 2. С. 112–118.
9. ISO 21872-1:2023. Microbiology of the food chain – Horizontal method for the detection of *Vibrio* spp.
10. Міністерство охорони здоров'я України. Гігієнічні вимоги до безпечності та якості харчових продуктів : чинна редакція. Київ, 2023.
11. Семенов В. Г., Бойко О. П. Ветеринарно-санітарна експертиза риби та рибної продукції в сучасних умовах. *Вісник аграрної науки*. 2022;№10:64–71 – українське дослідження ветеринарних аспектів якості риби.
12. Держпродспоживслужба України. Ветеринарно-санітарні вимоги до риби та рибних продуктів : чинна редакція. Київ, 2024 – нормативні вимоги.

Kadri Jasser,

Master's student, 6th year,
Educational Program “Veterinary Medicine”,
Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine
ORCID ID: 0009-0006-1061-3179
e-mail: jasserkadri130@gmail.com

Olha Chechet,

Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of
Infectious Pathology, Biosafety, and Veterinary-Sanitary Inspection
named after Prof. V.Ya. Atamasy,
Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine
ORCID ID: /0000-0001-5099-5577
e-mail: kiev-kiev12@ukr.net

Oleksiy Melnyk,

Master's student, 5th year,
Educational Program “Veterinary Medicine”,
Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine
ORCID ID: 0009-0008-6564-3476
e-mail: garrilodin_45@gmail.com

Abstract

The article examines the nutritional and biological value of salmonid fish as an important object of veterinary and sanitary control. The chemical composition of salmonid meat is analyzed, in particular the content of proteins, fats, vitamins, and minerals, as well as their role in ensuring the high nutritional value of the product. Special attention is paid to the lipid profile represented by

omega-3 polyunsaturated fatty acids, which are important for the physiological functions of the human body. The main veterinary-sanitary indicators of quality and safety of salmonid fish are outlined, including parasitological and chemical-toxicological risks. The importance of compliance with veterinary-sanitary requirements at all stages of production and circulation of fish products is emphasized.

Keywords: *salmon fish, nutritional value, veterinary and sanitary examination, proteins, omega-3 fatty acids, food safety.*

References

1. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Sustainability in Action. Rome: FAO, 2022. 266 p.
2. EFSA Panel on Biological Hazards. Scientific Opinion on risk assessment of parasites in fishery products. EFSA Journal. 2021. Vol. 19(12)
3. Lund E. K., Belury M. A. Omega-3 fatty acids and human health: focus on fish and seafood. Nutrition Reviews. 2021. Vol. 79(2). P. 177–195.
4. Alfnes F., Chen X. Consumer preferences for farmed salmon quality and safety attributes. Aquaculture Economics & Management. 2022. Vol. 26(1). P. 1–18.
5. Badiola M., Mendiola D., Bostock J. Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges. Aquacultural Engineering. 2021. Vol. 95.
6. Love D. C. et al. Human health impacts of salmon aquaculture. Current Environmental Health Reports. 2022. Vol. 9. P. 43–55.
7. Semenov V. G., Boiko O. P. Veterinary and sanitary assessment of fish and fish products. Bulletin of Agrarian Science. 2021. No. 11. P. 58–65.
8. Kulynych O. M., Shevchenko L. V. Parasitological safety of fish products under conditions of aquaculture intensification. Scientific Bulletin of Veterinary Medicine. 2022. No. 2. P. 112–118.
9. ISO 21872-1:2023. Microbiology of the food chain – Horizontal method for the detection of *Vibrio* spp.
10. Ministry of Health of Ukraine. Hygienic requirements for the safety and quality of food products: current edition. Kyiv, 2023.
11. Semenov V. G., Boiko O. P. Veterinary and sanitary examination of fish and fish products under modern conditions. Bulletin of Agrarian Science. 2022; No. 10: 64–71 – Ukrainian study on veterinary aspects of fish quality. State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection. Veterinary and sanitary requirements for fish and fish products: current edition. Kyiv, 2024 – regulatory requirements.

Стаття надійшла до редакції 06 січня 2026 року

Стаття пройшла рецензування 09 лютого 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.07

UDC 636.3.09:616.995.1-07

Olha Piven,

PhD, Associate Professor,

Associate Professor of the Department of Infectious Pathology,

Biosafety and Veterinary and Sanitary Inspection

named after Professor V.Ya. Atamas,

Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-8168-1677

e-mail: olhapiven@gmail.com

Iloa Boyko,

6th year student of the second (master's) level of higher

education, EP «Veterinary Hygiene, Sanitation and Expertise»,

Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0009-0004-6232-4470

e-mail: iloboyko14@gmail.com

MODERN ASPECTS OF VETERINARY AND SANITARY INSPECTION OF MUTTON IN THE SOUTH OF ODESSA REGION

Abstract

The article presents a literature review on the issue of veterinary and sanitary inspection of lamb in the southern Odessa region. Sheep breeding is considered a traditional livestock industry for this region. This is also due to the presence of favorable conditions for keeping and breeding sheep, which are unpretentious to the conditions of keeping, and are also characterized by early maturity and fertility. Mutton is characterized by good taste, high nutritional and dietary value, as well as low cholesterol content, compared to meat from other mammals. If properly organized, the sheep farming industry may require minimal investment. However, the sheep breeding industry poses a threat of introducing transboundary diseases into the territory of Ukraine, including bluetongue, plague of small ruminants, sheep and goat pox, and foot-and-mouth disease, which are registered in countries bordering the region (Moldova, Romania), and against which measures are being taken in bordering countries. Eliminating outbreaks of these diseases in European countries leads to huge economic losses associated with the lack of products, treatment, preventive measures, and vaccinations. The problem has become extremely urgent since the introduction of martial law in Ukraine, when southern border checkpoints began to be actively used. At the same time, literary sources prove the huge role played by wild fauna, whose numbers are currently not regulated due to the ban on hunting, in the spread of these diseases. Cross-border diseases can cause enormous losses to livestock, and consequently to the country's economy. Therefore, qualified veterinary and sanitary inspection of carcasses of sheep, mutton, and live animals should be given great attention, because the well-being of both the region and the country as a whole depends on it. The procedure of veterinary and sanitary inspection should be strictly carried out, in compliance with the norms of current legislation regulating the quality and safety of food products, food raw materials, at all levels. The leading place in preventing pathogens from entering the territory of our state also belongs to the conduct of qualified control of mutton and sheep products at the state border.

Keywords: *sheep farming, lamb, veterinary and sanitary inspection, quality, safety, regulatory framework, transboundary diseases, climate change.*

Introduction. The health of the country's population directly depends on the quality and safety of the products they consume. The current and undisputed priority of the national integration policy of Ukraine as an independent sovereign state has become the course towards European integration, its acquisition of associated, and over time, full membership in the EU [47].

In Ukraine, European integration processes are gradually taking place in all sectors, including the food industry. Measures are being actively implemented to transition to international requirements for the control of products of animal origin, taking into account sanitary and hygienic requirements at all stages of production and sale [15]. At the same time, livestock farming in the south of the Odessa region has its own characteristics, one of which is the popularity of such an industry as sheep breeding, which is traditional for Bessarabia [44-45]. The economically useful qualities of sheep (high reproductive capacity, precocity, good payback for the feed consumed, duration of use of reproductive livestock, fertility and multiplicity) provide their advantage compared to other types of farm animals [26]. In modern agriculture, the development of sheep breeding is becoming increasingly important. Sheep farming is an export-oriented meat industry. Odesa region is the national leader in the number of identified and registered sheep and goats in Ukraine. According to official data, as of January 1, 2024, 255.3 thousand heads of sheep and goats are kept in all categories of farms in the Odessa region, of which 23.1 thousand heads or 9.1% are in 39 agricultural enterprises and 232.2 thousand heads in households or 90.9% [40-41].

Today, the share of lamb in the meat balance of Ukraine is 5-6.5%, and in some regions of the country, where it is an essential product for preparing national dishes, it reaches 30% or more [17].

The majority of lamb is produced in small and medium-sized farms and sold in agri-food markets. Therefore, it is the state veterinary and sanitary examination laboratories in agri-food markets that bear the greatest responsibility for the sale of high-quality and safe raw materials to the population. In addition, the south of the Odessa region borders neighboring states (Romania, Moldova), and border checkpoints, under martial law, are actively operating, which creates a threat of introducing cross-border diseases into the territory of our state, including sheep diseases of infectious and invasive etiology.

Analysis of recent research and publications. The analysis of recent research and publications has proven the relevance of the problem.

Meat plays a leading role in human nutrition. It has been, is and will remain one of the important sources of food. The human body is biologically adapted to consume it. Due to its valuable nutrients, which are important for our body, meat should be present in the daily diets of the population on a permanent basis, and replacing it with vegetable proteins is inappropriate. Scientists have found that conjugated linoleic acid plays a major role and beneficial effect in human life, modulating inflammatory and immune reactions, improving and forming bone mass. Carnosine has a strong

antigenotoxic and antioxidant effect, slows down the aging process. Literature indicates that meat consumption is highest in countries where the population has high income. In Brazil and Australia, people are increasingly preferring meat in their diet [21].

Analysis of literary sources proves that sheep breeding is a significant source of meat raw material production [17]. This industry is climate-oriented farming. Sheep farming products have a relatively low carbon footprint. Sheep emit less methane compared to cattle, which reduces their climate impact. Sheep can use pastures, including those that are unsuitable for other types of farm animals. This allows the rational use of land resources and prevents their degradation. In addition, sheep can improve soil structure and prevent erosion through natural grazing. They destroy the topsoil less than cattle, which helps preserve soil cover and has a direct impact on the climate. Thus, the development of sheep breeding is not only an economically profitable, but also an environmentally and socially significant area of agriculture. According to experts, investments in sheep farming contribute to the sustainable development of rural areas, increasing food security, and strengthening the country's economy [40-41].

The southern region of Ukraine is the main one for the sheep breeding. This accounts for 49.7% of the total livestock population in Ukraine. The main breeds in southern Ukraine are the Ascanian fine-wool, the Ascanian meat-wool with crossbred wool, the Ascanian Karakul, and the Tsygai. According to scientists, the main direction of development of the sheep breeding industry in Ukraine should be the creation of meat sheep breeding, because the state has significant potential for the production of high-protein feed, which is absolutely necessary for the development of this direction [45].

However, despite the positive aspects, despite the rich natural resources, favorable climate and ancient traditions, the sheep breeding is in decline. This is due to changes in agrarian policy, the influence of global economic trends, labor migration, and the consequences of military operations [40].

In addition, the analysis of literary sources demonstrates that the current global epizootic situation is characterized by a pronounced increase in tension regarding a number of the particularly dangerous viral infections of livestock, including diseases of sheep and goats. The above diseases include plague of small ruminants, sheep and goat pox, and Rift Valley fever.

The analysis of literary sources proves that the sheep breeding industry is also one of the leading in the countries bordering Ukraine (Romania, Moldova), and plays a major role in maintaining the economic stability of these countries [12, 13, 18, 25, 42]. So, the production and trade of the lamb and goat meat can bring significant income to Romanian farmers. Although raising these animals is a traditional practice in Romania, the profitability of the sector depends on various contextual factors [25, 43]. Between 2003 and 2017, Romania became an important source of live sheep and goat exports [18]. Sheep breeding is a developed branch of livestock farming in a country like Serbia, which has a favorable climatic conditions [9].

However, the above-mentioned positive aspects are accompanied by a constant threat of cross-border infections entering the territory of our state, as there is constant transportation of animals, transportation of raw materials, and possible outbreaks in wild fauna, which is associated with similar climatic conditions of the regions, climate change, and the ban on hunting in Ukraine during martial law.

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the World Organization for Animal Health (WOAH) determine that the most dangerous of the infectious animal diseases are those with transboundary potential. They spread rapidly across large areas of different countries and between them, easily crossing borders, creating social and economic impacts on society and animal health at the herd level. Transboundary animal diseases threaten food production due to shortages of raw materials, the risk of human diseases, and the zoonotic potential of the latter [20]. There are also significant socio-economic impacts from the cost of control or prevention measures, as well as from the trade restrictions that may arise from the outbreaks. Thus, there is a high probability that these diseases could exacerbate poverty and food insecurity. Unfortunately, transboundary diseases are predominantly found in low-income areas, which increases the significance of the consequences and the difficulty in obtaining funding for control or prevention measures [19].

In Ukraine, the main regulatory acts regulating the veterinary and sanitary inspection of meat raw materials, including lamb, and preventing outbreaks of transboundary diseases are the Law of Ukraine On the Basic Principles and Requirements for the Safety and Quality of Food Products, the Rules for Pre-slaughter Veterinary Inspection of Animals and Veterinary and Sanitary Examination of Meat and Meat Products, the Law of Ukraine On Veterinary Medicine and Animal Welfare, Veterinary and Sanitary Rules for Animals, Slaughter and Sanitary Points of Farms and Yard Animal Protection [23-24, 34-35]. In addition, the regulatory act regulating the conduct of veterinary and sanitary inspections in state laboratories of veterinary and sanitary examination in agri-food markets is the Regulation on the State Laboratory of Veterinary and Sanitary Examination in the Market [33].

The aim of the work was to analyze the available literature sources on the features of veterinary and sanitary inspection of lamb in the south of the Odessa region, which borders neighboring states, and to assess the existing risks of introducing transboundary diseases (sheep and goat pox, bluetongue, foot-and-mouth disease, etc.).

Presentation of the main research material. In order to study the current problem, domestic and foreign literary sources were analyzed (50 sources in total).

The main research methods were analytical, statistical, and comparative.

The south of Odessa region is characterized by favorable climatic conditions for the development of the sheep breeding industry. In addition, this livestock industry is traditional for the region, which is reflected in the culinary preferences of the local population, traditions [26]. Accordingly, in this area, the need to conduct veterinary and sanitary inspections of lamb by specialists of the State Food and Consumer Service arises frequently.

According to Lugovoi S. I. and co-authors, about 1.35 million heads of the total livestock remain in Ukraine. Of these, only about 180 thousand sheep are located in enterprises operating at an industrial level. Scientists note that the most important feature of domestic sheep is their great plasticity and significant potential for adaptability to various climatic and forage conditions. These animals can be bred on farms of various production sectors throughout Ukraine. Based on the practice of highly developed countries, a common form of sheep farming that has proven itself is farming with modern production technology. Scientists believe that the development of sheep farming could be an approach to solving the country's meat problem [26, 44]. In addition, sheep productivity is directly related to their feeding [37]. Also, the successful development of sheep farming largely depends on taking into account the biological characteristics of sheep, which, unlike other ruminants, are able to consume significantly more plant species [17]. Thus, modern approaches in sheep farming are aimed at integrating scientific achievements and innovative technologies to increase productivity, product quality and sustainability of the industry [41]. The provisions of the Program for the Development of the Sheep Breeding Industry of Ukraine for 2012-2025, developed by the Institute, provide for a 2.2-fold increase in the number of sheep in farms of all forms of ownership in the Southern region [45].

According to Stoyanova A. A., the restoration and development of sheep breeding in the Odessa region requires a comprehensive approach that will include modernization of production, increasing work efficiency and attracting investments. The introduction of innovations, the transition to environmentally friendly methods and organic farming can give impetus to the growth of this industry. In addition, the development of exports, especially to EU countries, will become an important factor, given the growing demand for organic products [40].

It should be noted that qualified veterinary and sanitary inspection of lamb plays a leading role in ensuring food security of the population, as well as in preventing the territory of our state from the introduction of transboundary diseases that occur in the states bordering the south of the Odessa region (Romania, Moldova), especially during martial law [12, 42].

Thus, there are studies that indicate that 8.33% of lamb sold in the agri-food markets of the Odessa region is questionably fresh, and some samples even show weak toxicity [15].

It should also be understood that the quality of lamb is directly related to the well-being of the area. Often, lamb in the south of the Odessa region is obtained from animals affected by parasitic diseases, the peak of the infestation of which falls on the summer months, so it is at this time that veterinary and sanitary inspection should be as professional and qualified as possible. Sheep in the south of the Odessa region are most often affected by invasive diseases such as moniesiosis and echinococcosis. According to scientists, the seasonal dynamics of these helminths are not stable due to rapid climate changes in the region in recent years [7, 11, 36]. Inspection should be based not only on the classical, generally accepted methods, but also on the results of the latest methods of the raw material identification [8].

Transboundary diseases that can occur among sheep include peste des petits ruminants, sheep and goat pox, bluetongue, foot-and-mouth disease, and Rift Valley fever. It was with the threat of the introduction of plague of small ruminants and foot-and-mouth disease into the territory of Ukraine that our country faced in 2025, as outbreaks were recorded in neighboring countries.

Peste des petits ruminants (PPR) is a highly contagious disease that affects domestic and wild small ruminants, causing significant economic losses [39]; affects productivity and international trade in animals worldwide [28]. Peste des petits ruminants was first described in West Africa, where it has probably been endemic in sheep and goats since the outbreak of the rinderpest pandemic and has always been misdiagnosed as rinderpest in sheep and goats. Since its discovery, PPR has had a significant impact on sheep and goat farmers in Africa [27]. PPR is spreading at an accelerated rate throughout the world and is of serious concern as it continues to wreak economic and social havoc. The spread and prevention of PPR in endemic countries must be contained through an effective vaccination program. Affected animals must be provided with the necessary treatment and care. Rapid and accurate diagnosis is of paramount importance, along with various diagnostic tools, to prevent further spread of the disease [2]. In addition, when diagnosing the disease, the seasonality of respiratory diseases in sheep should be taken into account [30].

Plague of small ruminants is manifested by fever, mucopurulent discharge from the nose and eyes, necrotic and erosive stomatitis, pneumonia and enteritis. [38]. This disease is prone to relapses [14]. The disease is widespread in a number of Asian countries, Tibet, Egypt, Pakistan, Africa, the Middle East, and India [46]. Thus, the overall cumulative prevalence of the disease among sheep and goats in Pakistan was 51%. Scientists have proven that the spread of the disease is influenced by animal husbandry methods, immunization and geographical factors [1, 49]. In Ethiopia, the prevalence of the disease among sheep is 71.2%. Following the successful eradication of rinderpest, the World Organization for Animal Health (WOAH) and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) have committed to eradicating peste des petits ruminants by 2030. Scientists note that the fight against the disease in this region should be based on quarantining animals when they are imported into farms, vaccination, isolation, and identification of the pathogen using PCR [46].

PPR was confirmed in Sudan using ELISA in samples from infected and dead animals in outbreak areas. Approaches to eliminate the disease are generally accepted and similar to those used in other countries (quarantine, vaccination, isolation and monitoring of the pathogen) [3].

Literature data show that in India, peste des petits ruminants is among the ten most common diseases and ranks first among viral diseases, accounting for 36% of mortality in sheep and goats. Outbreaks of the disease are recorded throughout the year, but most often occur during the lean season, especially in winter (January-February) in various regions. Thanks to the implementation of a strategic mass vaccination program since 2011, the number of reported outbreaks has gradually decreased in most states in India [5-6].

Romania, as a supplier of live animals, is also valued for raising animals under extensive grazing systems [13, 18]. Favorable conditions for raising sheep and goats have placed Romania in 3rd place in the European Union in terms of their number. In 2019, the sheep population was 10,358,699 heads, and goats - 1,594,862 heads [12]. However, on 19.07.2024, the first outbreak of peste des petits ruminants in Romania was confirmed. In August 2024, 56 outbreaks of peste des petits ruminants were confirmed in Romania in Tulcea, Constanța and Timiș counties. As a result of the measures taken by the authorities, a total of 236,082 sheep and goats were killed. The first cases of the disease appeared on 07/11/2024, and deaths were observed in the following days. PPR also appeared in Greece among goats and sheep kept in the municipality of Kalambaka, which was confirmed on 11 July 2024. In 2018, among the countries located closer to Romania, the disease was registered in Turkey, Georgia and, more recently, in Bulgaria. Tens of thousands of animals were killed and large areas were quarantined. In January 2025, the first outbreak of peste des petits ruminants (PPR) was confirmed in Hungary at the National Food Chain Safety Authority (Nébih) laboratory in Szállás county, marking the first case of rinderpest in the country, and the sanitary and veterinary authorities declared an alert. Measures were also taken in Slovenia [29].

According to the legislation in force in Ukraine, in the event of detection of patients suspected of having PPR, after slaughter, carcasses, blood, skins and all other slaughter products are destroyed by burning. And when slaughtering animals that have been infected with PPR, the meat and offal are sent for industrial processing after microbiological examination [34].

Sheep and goat pox is an extremely devastating systemic viral disease of sheep and goats. This disease is manifested by skin and internal lesions, fever, conjunctivitis, oculonasal discharge, and excessive salivation. Sheep and goat pox viruses can survive in the environment for a long periods of time. This is an economically important disease because it causes high morbidity and mortality in sheep and goat farming. These diseases are widespread in the Middle East, Africa, Central Asia, and India. In Ethiopia, the disease is prevalent in all regions, and in an endemic areas it is of economic importance due to production losses due to reduced weight gain, milk yield, damage to wool and hides, causing abortions and increased susceptibility to other diseases, and is also a direct cause of death. The disease is more severe in young animals than in adults. According to the authors, treatment should be aimed at preventing secondary bacterial infection. The movement of animals and animal products should be restricted during a disease outbreak. Carcasses, hides, wool or fiber that may have been contaminated should be burned or buried. In addition, insects that are potential vectors of the virus should be controlled, and animals should be vaccinated - this is the main control measure in endemic regions [48]. Diagnosis of the disease relies largely on clinical symptoms, confirmed by laboratory tests using real-time PCR, electron microscopy, virus isolation, serology, and histology. Control and elimination of sheep and goat pox virus depend on timely recognition of disease outbreaks, vector control, and movement restrictions [50].

Literature sources report that sheepox is traditionally endemic in Africa, the Middle East, and several countries in Southeast Asia, but is considered a transboundary disease capable of epidemically affecting countries that were previously free of it. This is a disease that must be immediately reported to the World Organization for Animal Health (WOAH) and the European Union (EU). On 19 September 2022, the disease re-emerged in Spain, which had been free of it since 1968, causing a total of 30 outbreaks until 17 May 2023, when the last outbreak was recorded. Disease control and eradication measures were implemented in EU legislation and were based on the complete destruction of positive herds, zoning and movement restrictions, as well as enhanced biosecurity and passive surveillance [16].

Based on the requirements of the legislation in force in Ukraine, carcasses and internal organs with a benign form of the disease and healing of pustules after removal (cleaning) of pathologically altered, swollen tissues are sent for industrial processing. Carcasses and slaughter products in cases of draining, hemorrhagic and gangrenous forms are disposed of, and the skins are disinfected [34].

Bluetongue is a viral disease of ruminants, especially sheep, transmitted by arthropods. Bluetongue was previously thought to be limited to Africa and parts of the Middle East, but it has now become a problem in sheep-raising countries around the world. Over the past 10 years, Europe has experienced serious outbreaks with significant economic consequences. Immunization campaigns can be conducted to successfully control and limit the spread of the disease. As scientists note, the late use of vaccination led to the widespread spread of the disease, which subsequently caused significant livestock losses in the affected regions [22]. Bluetongue is diagnosed in almost all species of ruminants (wild or domestic), as well as in predators, rodents and reptiles. Apart from Antarctica, cases of bluetongue have been recorded in almost every corner of the Earth, either as an enzootic (Africa, North America) or as an epidemic disease of ruminants. The clinical form of bluetongue occurs primarily in sheep, causing a febrile disease characterized by hemorrhagic clinical signs and increased mortality. In recent years, strong evidence has emerged that wild ruminants may play an important role in the epidemiology of bluetongue. Prolonged viremia in subclinically infected wild ruminants makes them suitable for maintaining the virus in populations of susceptible animals. This can create serious problems in implementing disease control programs without continuous monitoring of the situation; the potential presence of virus serotypes in wild cervids different from those targeted by the intervention [4, 10]. In Europe, outbreaks of bluetongue virus were recorded in France in 2015. In addition, it has been scientifically proven that the bluetongue virus still circulates in some regions of southern and southeastern Europe, the Balkan countries (Italy, Spain, Turkey, Croatia, Bulgaria, Romania, Moldova, Albania, Serbia, Croatia, Montenegro, Macedonia, Bosnia and Herzegovina). According to the anvil, the restriction zones are regularly updated and they restrict the movement of live animals, but these zones will not be able to prevent the spread of vectors [32].

According to the regulations in force in Ukraine, if signs of bubonic plague are detected after slaughter, all animal slaughter products are destroyed, and the skins are disinfected [34].

Another transboundary disease whose outbreaks can be linked to the use of small cattle and raw materials from these animals is foot-and-mouth disease, a highly contagious and economically devastating disease endemic to the African and Asian continents that affects cloven-hoofed animals, causing fever, ulcers in the mouth, udder and hooves, leading to significant economic losses. Symptoms of the disease include drooling, lameness, feed refusal and reduced milk production, requiring immediate notification to veterinary professionals when suspected and strict adherence to biosecurity to prevent the spread of the virus. The main measures for the prevention of foot-and-mouth disease in small ruminants are ensuring quarantine for newly acquired animals; strict control over the movement of animals and compliance with sanitary standards; increasing the attention and vigilance of animal owners, especially during periods favorable for the virus (low temperature and high humidity) [31].

According to current legislation, the release of meat and other slaughter products in raw form is prohibited. Meat and other products obtained from the slaughter of sick animals in the absence of pathological and anatomical changes in the carcass or the detection of minor lesions, as well as from animals suspected of having the disease, who have had the disease, vaccinated with an inactivated vaccine (before the end of 21 days) in disadvantaged areas and a threatened zone, are used depending on the microbiological examination.

In the presence of single small, numerous or large necrotic foci in the muscles (pelvic and thoracic limbs, shoulder girdle, etc.), as well as in complicated forms of foot-and-mouth disease accompanied by gangrenous or purulent inflammation of the limbs, udder and other organs, the carcass and organs are sent for disposal.

If more than three months have passed since the quarantine was lifted from the farm, animals that have had foot-and-mouth disease, as well as animals vaccinated against foot-and-mouth disease 21 days after vaccination, are allowed to be sent to a slaughterhouse, and meat and other slaughter products in this case are sold within the country without restrictions [34].

Conclusions and prospects for further research. Food security is one of the top priorities of our state, because the health of the population and the competitiveness of domestic products on the world market depend on it. Under the conditions of European integration, today the regulatory framework regulating the quality and safety of food products is undergoing stages of adaptation to European legislation.

Mutton plays an important role in providing the population with meat, especially in the southern regions of the Odessa region, where sheep breeding is a traditional branch of livestock farming. With the beginning of the full-scale invasion, border crossings located in the south of the Odessa region began to be actively used, which daily creates risks of introducing cross-border diseases into Ukraine, among which sheep diseases (pest of petits ruminants, sheep and goat pox, bluetongue, foot-and-mouth disease) play an important role, especially since outbreaks of diseases have been

registered in neighboring countries (Romania, Moldova, Bulgaria, Greece) and taking into account that wild animals may participate in the spread of diseases. Therefore, special attention should be paid to conducting veterinary and sanitary inspections of sheep carcasses in this region. It is also advisable to conduct educational work among veterinary medicine specialists and raw material consumers regarding existing threats.

Further research is planned to be devoted to studying the quality and safety parameters of lamb sold in agri-food markets in various districts of the Odessa region, as well as to improving veterinary and sanitary inspection methods.

Reference

1. Abubakar M., Rasool M. H., Manzoor S., Saqalein M., Rizwan M., Munir M., Qurban A., Wensman J. J. Evaluation of risk factors for Peste des petits ruminants virus in sheep and goats at the Wildlife-Livestock Interface in Punjab Province, Pakistan. *BioMed Research International*. 2016. Vol.(1). 7826245. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2016/7826245>
2. Adwitiya D. M., Choudhury F. A., Barua A., Talukdar M. J. Peste des petits ruminants: a comprehensive overview. *The Pharma Innovation Journal*. 2022. Vol. 11(9). P. 776-782.
3. Ali S. E., Ahmed Y. A., Osman A. A., Gamal Eldin O. A., Osman N. A. Prevalence of peste des petits ruminants virus antibodies in sheep and goats sera from Central-Western Sudan. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*. 2023. Vol. 90(1). P. e1-e8. DOI: 10.4102/ojvr.v90i1.
4. Ayuti S. R., Khairullah A. R., Lamid M., Warsito S. H., Arif M.A.A., Kim E.J., Moses I.B., Shin S., Wardhani B.W.K., Wasito W., Khalisa A.T., Ahmad R.Z. Bluetongue in ruminants: Global epidemiology, pathogenesis, and advances in diagnostic and control strategies within a One Health framework. *Vet World*. 2025. Vol. 18(10). P.3070-3093. doi: 10.14202/vetworld.2025.3070-3093.
5. Balamurugan V., Varghese B., Sowjanya Kumari S., Kumar K. V., Muthuchelvan D., Govindaraj G., Suresh K. P., Hemadri D., Roy P., Shome B. R. Assessment of post-vaccination immune response to peste des petits ruminants virus in small ruminants in the central and western regions of India. *VirusDisease*. 2022. Vol. 33(4). P. 413-421.
6. Balamurugan V., Vinod Kumar K., Dheeraj R., Kurli R., Suresh K. P., Govindaraj G., Shome B. R., Roy P. Temporal and spatial epidemiological analysis of Peste des petits ruminants outbreaks from the past 25 years in sheep and goats and its control in India. *Viruses*. 2021. Vol. 13(3). P. 480. DOI doi: 10.3390/v13030480
7. Bogach M., Piven O., Liulin P., Bohach D., Chorny V., Bohach O. Dynamics of sheep monieziasis and oribatid mites population under hydrometeorological

- conditions of Bessarabia, Ukraine. *Helminthologia*. 2025. Vol. 62. P. 185-196. DOI: 10.2478/helm-2025-0028
8. Bogatko N. M. Identification of meat from slaughtered animals using express methods. *Veterinary, animal husbandry and environmental management technologies*. 2020. № 5. P. 11-17.
 9. Cekic B., Ruzic-Muslic D., Maksimovic N., Caro P. V., Zivkovic V., Marinkovic M., Cosic I. Productivity of local sheep and goat breeds in small farm households and their role in sustainability in Central Serbia. In *Zootehnie și Biotehnologii agricole*. 2018. Vol. 52. P. 10-15.
 10. Chatzopoulos D. C., Valiakos G., Giannakopoulos A., Birtsas P., Sokos C., Vasileiou N. G. C., Papaspyroulos K., Tsokana C., Spyrou V., Fthenakis G. S., Billinis C. Bluetongue Virus in wild ruminants in Europe: concerns and facts, with a brief reference to bluetongue in cervids in Greece during the 2014 outbreak. *Small Ruminant Research*. 2015. Vol. 128. P. 79-87. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2015.03.009
 11. Chihai O., Umhang G., Erhan D., Boue F., Tălămbuță N., Rusu Ș., Zamornea M. Slaughterhouse survey of cystic echinococcosis in cattle and sheep from the Republic of Moldova. *Journal of helminthology*. 2016. Vol. 90(3). P. 279-283. DOI: 10.1017/S0022149X15000103
 12. Chiurciu I. A., Cofas E. Technical-economic analysis of sheep and goat herds in Romania. In *Agrarian Economy and Rural Development-Realities and Perspectives for Romania. International Symposium. 11th Edition (pp. 110-117)*. Bucharest: The Research Institute for Agricultural Economy and Rural Development (ICEADR). 2020. URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/234378/1/ICEADR-2020-p110.pdf>
 13. Chiurciu I. A., Zaharia I., Fîntîneru G., Dinu T. A., Soar E. Sheep and goat breeding in Romania-between tradition and consumption. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*. 2023. Vol. 23(2). URL: https://www.researchgate.net/publication/373137664_SHEEP_AND_GOAT_BREEDING_IN_ROMANIA_-BETWEEN_TRADITION_AND_CONSUMPTION
 14. Dai R., Qi M., Xiong H., Yang X., He J., Zhang Z., Yang Y., Lin X., Xin Y., Yang Y., Li C., Li Z., Xu J., Wang Z., Li W., Wei B. Serological epidemiological investigation of Tibetan sheep (*Ovis aries*) plague in Qinghai, China. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. 2019. Vol. 19(1). P. 3-7. DOI: 10.1089/vbz.2017.2257
 15. Divenko N. Yu., Petrenko O. V., Dubenska A. A. Safety of beef and lamb sold at agri-food markets in the districts of Odessa region. *Solving modern problems in veterinary medicine: Materials of the III All-Ukrainian Scientific and Practical*

- Internet Conference, February 15-16, 2018*. Poltava: LLC "Ukrpromptorgservice", 2018. P. 17-20. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1615/1/compressed.pdf#page=17>
16. Germán C. G., Luis R. G., Sergio B. G., Fatima G. C., Manuel F. M., Jaime C. G., Jesús T. C. Description of sheep pox outbreak in Spain in 2022–2023: Challenges found and lessons learnt in relation with control and eradication of this disease. *Viruses*. 2024. Vol.16(7). 1164. DOI: 10.3390/v16071164
17. Golubenko T. L., Tkachenko T. Yu. Meat productivity of sheep depending on breed characteristics. *Bulletin of Sumy National Agrarian University (Animal Husbandry)*. 2024. Iss. 4 (59). P. 22-29. DOI: <https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2024.4.3>
18. Grodea M. The sheep and goat farming sector in Romania-a new development perspective. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2018. Vol. 18, Issue 3. P. 151-158. URL: https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.18_3/Art20.pdf
19. Iovenko A. V. Transboundary animal infections: foot-and-mouth disease and bluetongue. *Innovative aspects and prospects for the development of technology for the production and processing of livestock products: materials of the international scientific and practical conference (Mykolaiv, October 24-25, 2025)*. Mykolaiv: MNAU, 2025. P. 86-88.
20. Kornienko L. E., Ukhovsky V. V., Karpulenko M. S., Moroz O. A., Tsarenko T. M., Radzykhovsky M. L., Ruda M. E. Epizootic situation in the world regarding transboundary animal diseases. *One Health Journal*. 2024. Vol. 2, № 2. P. 41-58.
21. Kryvoruchko Yu., Babay V. Meat production in countries around the world. *Modern technologies for the production and processing of livestock products: materials of the III All-Ukrainian Scientific and Practical Student Conference of Applicants (Odesa, March 7, 2024)*. Odesa, 2024. P. 50-54. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4870/1/%D0%A1%D0%A3%D0%A7%D0%90%D0%A1%D0%9D%D0%86%20%D0%A2%D0%95%D0%A5%D0%9D%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%93%D0%86%D0%87%20%D0%92%D0%98%D0%A0%D0%9E%D0%91%D0%9D%D0%98%D0%A6%D0%A2%D0%92%D0%90%20%282%29.pdf#page=50>
22. Kyriakis C. S., Billinis C., Papadopoulos E., Vasileiou N. G. C., Athanasiou L. V., Fthenakis G. C. Bluetongue in small ruminants: An opinionated review, with a brief appraisal of the 2014 outbreak of the disease in Greece and the south-east Europe. *Veterinary microbiology*. 2015. Vol. 181(1-2). P. 66-74. DOI: [10.1016/j.vetmic.2015.08.004](https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.08.004)

23. Law of Ukraine On Basic Principles and Requirements for Food Safety and Quality (Document revision from 07.11.2025, basis - 3947-IX). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80#Text>
24. Law of Ukraine On Veterinary Medicine (Document revision from 01.01.2026, basis - 3221-IX). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2498-12#Text>
25. Liptac A. P., Stanciu S. The Sheep and Goat Sector in Romania: Economic Perspectives and Development Directions. *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati: Fascicle: I, Economics & Applied Informatics*. 2024. Vol. 30(3). P. 484-490. URL: https://eia.feaa.ugal.ro/images/eia/2024_3/Liptac_Stanciu.pdf
26. Lugovyi S. I., Kramarenko S. S., Kramarenko O. S., Lykhach V. Ya., Atamanyuk I. P. Ensuring an optimal microclimate in lamb production complexes (production and practical recommendations). 2023. 23 p. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/17466/1/zabezpechennya-optimalnogo-mikroklimatu.pdf>
27. Mantip S. E., Shamaki D., Farougou S. Peste des petits ruminants in Africa: meta-analysis of the virus isolation in molecular epidemiology studies. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*. 2019. Vol. 86(1). P. 1-15. DOI: 10.4102/ojvr.v86i1.1677
28. Mondal A., Auwul M., Hossen M., Islam M., Paudyal N., Islam M., Khalil K. Global prevalence and associated risk factors of Peste Des Petits Ruminants (PPR) virus in sheep and goats: a meta-analysis. *Vet. Sci. Res. Rev.* 2024. Vol. 10(1). P. 1-14. DOI: 10.17582/journal.vsr/2024/10.1.1.14
29. Moț D., Tîrziu E., Olariu-Jurca L. The Evolution of Peste des Petits Ruminants (PPR) in Romania and Neighbouring Countries. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*. 2025. Vol. 58(2). P. 301-308. URL: https://spasb.ro/index.php/public_html/article/view/2436/2314
30. Muheet Malik H. U., Parray O. R., Bhat R. A., Yattoo M. I. Seasonal and periodic rhythmicity of respiratory infections in small ruminants. *Biological Rhythm Research*. 2020. Vol. 51(7). P. 1066-1074. DOI: [10.1080/09291016.2019.1576283](https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1576283)
31. Niedbalski W. Bluetongue in Europe and the role of wildlife in the epidemiology of disease. *Polish journal of veterinary sciences*. 2015. Vol. 18(2). P. 455-461. DOI: [10.1515/pjvs-2015-0060](https://doi.org/10.1515/pjvs-2015-0060)
32. Niedbalski W. Current status of bluetongue in Europe. *Med. Weter.* 2016. Vol. 72(8). P. 467-471. URL: <https://scispace.com/pdf/current-status-of-bluetongue-in-europe-4qp8tnbh50.pdf>
33. On approval of the Regulation on the State Laboratory for Veterinary and Sanitary Examination in the Market (Document revision from 16.06.2015, basis - z0621-15). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0404-02#Text>

34. On approval of the Rules for ante-mortem veterinary examination of animals and veterinary and sanitary examination of meat and meat products (Document revision from 09.08.2013, basis - z1261-13). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-02#Text>
35. On approval of the Veterinary and Sanitary Rules for animals, slaughterhouses and farm animal protection (Document revision from April 8 2025, basis - 317-2025-p). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/en/z0121-04#Text>
36. Piven O. T. Modern aspects of sanitary assessment of lamb in the south of Odessa region. *Current aspects of the development of veterinary medicine in the context of European integration: International scientific and practical conference (Odessa, October 17-18, 2024). Odesa, 2024. P. 209-211.* URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5212/1/%D0%9F%D1%96%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%8C%20%D0%9E.%20%D0%A2.%20.pdf>
37. Pokhil V. I., Pokhil O. M., Rozhkov V. V. Meat productivity of sheep and quality of mutton. 2021. P. 110-115. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4870/1/%D0%A1%D0%A3%D0%A7%D0%90%D0%A1%D0%9D%D0%86%20%D0%A2%D0%95%D0%A5%D0%9D%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%93%D0%86%D0%87%20%D0%92%D0%98%D0%A0%D0%9E%D0%91%D0%9D%D0%98%D0%A6%D0%A2%D0%92%D0%90%20%282%29.pdf#page=50>
38. Ramesh V., Suresh K. P., Mambully S., Rani S., Ojha R., Kumar K. V., Balamurugan V. Dynamic evolution of peste des petits ruminants virus in sheep and goat hosts across India reveals the swift surge of F gene. *VirusDisease. 2024. Vol. 35(3). P. 505-519.* DOI: [10.1007/s13337-024-00890-x](https://doi.org/10.1007/s13337-024-00890-x)
39. Sobeih A. A., El-Bayoumi K. M., El-Tarabany M. S., Abuel-Atta A. A., Moawed, S. A. Multivariable binary logistic regression model to predict risk factors of peste des petits ruminants in goat and sheep. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences. 2022. Vol. 36(4). P. 1029-1034.* DOI: [10.33899/ijvs.2022.132934.2151](https://doi.org/10.33899/ijvs.2022.132934.2151)
40. Stoyanova A. A. The role of sheep farming in ensuring food security. *Climate change and its consequences for animal husbandry and veterinary medicine: scientific approaches and innovative solutions: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, October 10-11, 2024.* Odesa: IKOSG NAAS, 2024. P. 52-57.
41. Stoyanova A. The role of sheep breeding in the formation of climate-oriented farming in Ukraine. 2024. URL: <https://agroperemoga.com.ua/rol-vivcharstva-u-formuvanni-klimatychno-oriyentovnoho-fermerstva-ukrayiny/>

42. Stratan A., Ceban A., Lucaşenco E. Evolution of the livestock sector of the Republic of Moldova. *Scientific papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*. 2022. P. 671-678.
43. Udrea L., Teodorescu G., Morărita S. V., David I. Study on the diversity of products obtained from sheep in the current bioeconomy context. *Agrobiodiversity & Agroecology*. 2021. Vol. 126(134.249). P. 5-55. DOI: [10.33002/aa010105](https://doi.org/10.33002/aa010105)
44. Vdovichenko Y. V., Zharuk P. G., Zharuk L. V. Program principles for the creation of meat sheep breeding in Ukraine. *Sheep and goat farming*. 2019. Iss. 4. P. 6-17.
45. Vdovichenko Yu. V., Kudryk N. A., Zharuk P. G., Zharuk L. V. Scientific principles of sheep breeding development in the southern region of Ukraine. *Sheep and goat farming*. 2017. Iss. 2. P. 3-23.
46. Wendimu T. G., Dinbiso T. D., Lobago D. S., Marami L. M. Seroprevalence and associated risk factors of peste des petits ruminants in sheep and goats in three districts of the Central Oromia Region, Ethiopia. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024. Vol. 11. P. 1402342. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2024.1402342/full>
47. Yevtushenko O. O., Slyusarenko S. V. International legal regulation of meat product safety. *Theory and practice of accounting, analytical and legal support for the management of agricultural enterprises in the face of modern challenges: collection of abstracts of the II All-Ukrainian Student Scientific and Practical Internet Conference dedicated to the 70th anniversary of the Faculty of Economics of the National University of Life Resources and Environmental Sciences of Ukraine (April 15, 2021)*. Kyiv: NUBRE of Ukraine, 2021. P. 81-85.
48. Yune N., Abdela N. Epidemiology and economic importance of sheep and goat pox: a review on past and current aspects. *Journal of Veterinary Science and Technology*. 2017. Vol. 8(2). P. 1-6. DOI: [10.4172/2157-7579.1000430](https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000430)

49. Zafar S., Sarfraz M. S., Ali S., Saeed L., Mahmood M. S., Khan A. U., Anwar M. N. Recapitulation of Peste des Petits Ruminants (PPR) prevalence in small ruminant populations of Pakistan from 2004 to 2023: a systematic review and meta-analysis. *Veterinary Sciences*. 2024. Vol. 11(6). P. 280. DOI: [10.3390/vetsci11060280](https://doi.org/10.3390/vetsci11060280)
50. Zewdie G., Derese G., Getachew B., Belay H., Akalu M. Review of sheep and goat pox disease: current updates on epidemiology, diagnosis, prevention and control measures in Ethiopia. *Animal diseases*. 2021. Vol. 1(1). P. 28. DOI: [10.1186/s44149-021-00028-2](https://doi.org/10.1186/s44149-021-00028-2)

Ольга Півень,

кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри інфекційної патології, біобезпеки та
ветеринарно-санітарного інспектування імені професора В. Я. Атамася,
Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна
ORCID ID: [0000-0001-8168-1677](https://orcid.org/0000-0001-8168-1677)
e-mail: olhapiven@gmail.com

Ілона Бойко,

здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
6-го курсу, ОП «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза»,
Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна
ORCID ID: [0009-0004-6232-4470](https://orcid.org/0009-0004-6232-4470)
e-mail: iloboyko14@gmail.com

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ВЕТЕРИНАРНО-САНІТАРНОГО ІНСПЕКТУВАННЯ БАРАНИНИ В УМОВАХ ПІВДНЯ ОДЕЩИНИ

Анотація

У статті представлено літературний огляд з питання ветеринарно-санітарного інспектування баранини в умовах півдня Одеської області. Вівчарство для даного регіону вважається традиційною галуззю тваринництва. Пов'язано це й з наявністю сприятливих умов для утримання і розведення овець, які є невибагливими до умов утримання, а також характеризуються скоростиглістю та плодючістю. Баранина характеризується гарними смаковими властивостями, високою поживною та харчовою цінністю, а також низьким вмістом холестерину, у порівнянні з м'ясом інших ссавців. За умов правильної організації, галузь вівчарства може потребувати мінімальної кількості вкладень. Однак, галузь вівчарства створює загрозу занесення на територію України транскордонних хвороб, серед яких блутанг, чума дрібних жуйних, віспа овець та кіз, ящур, які реєструються у межуючих із регіоном країнах (Молдова, Румунія), та із якими у прикордонних країнах проводяться заходи боротьби. Ліквідація спалахів цих захворювань у європейських країнах призводить до величезних економічних збитків, пов'язаних з недоотриманням продукції, проведенням лікування, профілактичних заходів, щеплень. Надзвичайно актуальною проблема стала з моменту введення в Україні військового стану, коли південні прикордонні пункти почали активно використовуватись. У той же час, літературні джерела доводять величезну роль у поширенні даних захворювань представників дикої фауни, чисельність яких на сьогоднішній день не регулюється через заборону мисливства. Транскордонні хвороби здатні завдавати

тваринництву, а відповідно й економіці країни величезних збитків. Тому кваліфікованому ветеринарно-санітарному інспектуванню туш овець, баранини, живих тварин має приділятися велика увага, бо саме від нього залежить благополуччя як регіону, так і країни вцілому. Процедура ветеринарно-санітарного інспектування має чітко виконуватись, із дотриманням норм чинного законодавства, що регулює питання якості та безпечності продуктів харчування, продовольчої сировини, на усьх рівнях. Провідне місце у недопущенні потрапляння збудників на територію нашої держави належить також проведенню кваліфікованого контролю баранини та продукції вівчарства на державному кордоні.

Ключові слова: вівчарство, баранина, ветеринарно-санітарне інспектування, якість, безпечність, нормативна база, транскордонні хвороби, кліматичні зміни.

References

1. Abubakar, M., Rasool, M. H., Manzoor, S., Saqalein, M., Rizwan, M., Munir, M., ... & Wensman, J. J. (2016). Evaluation of risk factors for Peste des petits ruminants virus in sheep and goats at the Wildlife-Livestock Interface in Punjab Province, Pakistan. *BioMed Research International*, (1), 7826245. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2016/7826245>
2. Adwitiya, D. M., Choudhury, F. A., Barua, A., & Talukdar, M. J. (2022). Peste des petits ruminants: a comprehensive overview. *The Pharma Innovation Journal*, 11(9), 776-782.
3. Ali, S. E., Ahmed, Y. A., Osman, A. A., Gamal Eldin, O. A., & Osman, N. A. (2023). Prevalence of peste des petits ruminants virus antibodies in sheep and goats sera from Central-Western Sudan. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 90(1), e1-e8. DOI: 10.4102/ojvr.v90i1.
4. Ayuti, S. R., Khairullah, A. R., Lamid, M., Warsito, S. H., Arif, M.A.A., Kim, E. J., Moses, I. B., Shin, S., Wardhani, B. W. K., Wasito, W., Khalisa, A. T., Ahmad, R. Z. (2025). Bluetongue in ruminants: Global epidemiology, pathogenesis, and advances in diagnostic and control strategies within a One Health framework. *Vet World*, 18(10), 3070-3093. DOI: 10.14202/vetworld.2025.3070-3093.
5. Balamurugan, V., Varghese, B., SowjanyaKumari, S., Kumar, K. V., Muthuchelvan, D., Govindaraj, G., ... & Shome, B. R. (2022). Assessment of post-vaccination immune response to peste des petits ruminants virus in small ruminants in the central and western regions of India. *VirusDisease*, 33(4), 413-421.
6. Balamurugan, V., Vinod Kumar, K., Dheeraj, R., Kurli, R., Suresh, K. P., Govindaraj, G., ... & Roy, P. (2021). Temporal and spatial epidemiological analysis of Peste des petits ruminants outbreaks from the past 25 years in sheep and goats and its control in India. *Viruses*, 13(3), 480. DOI doi: 10.3390/v13030480
7. Bogach, M. & Piven, O. & Liulin, P. & Bohach, D. & Chorny, V. & Bohach, O. (2025). Dynamics of sheep monieziasis and oribatid mites population under hydrometeorological conditions of Bessarabia, Ukraine. *Helminthologia*, 62, 185-196. DOI: 10.2478/helm-2025-0028
8. Bogatko, N. M. (2020) Identification of meat from slaughtered animals using express methods. *Veterinary, animal husbandry and environmental management technologies*, 5, 11-17.

9. Cekic, B., Ruzic-Muslic, D., Maksimovic, N., Caro, P. V., Zivkovic, V., Marinkovic, M., & Cosic, I. (2018). Productivity of local sheep and goat breeds in small farm households and their role in sustainability in Central Serbia. *In Zootehnie și Biotehнологii agricole*, 52, 10-15.
10. Chatzopoulos, D. C., Valiakos, G., Giannakopoulos, A., Birtsas, P., Sokos, C., Vasileiou, N. G. C., ... & Billinis, C. (2015). Bluetongue Virus in wild ruminants in Europe: concerns and facts, with a brief reference to bluetongue in cervids in Greece during the 2014 outbreak. *Small Ruminant Research*, 128, 79-87. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2015.03.009
11. Chihai, O., Umhang, G., Erhan, D., Boue, F., Tălămbuță, N., Rusu, Ș., & Zamornea, M. (2016). Slaughterhouse survey of cystic echinococcosis in cattle and sheep from the Republic of Moldova. *Journal of Helminthology*, 90(3), 279-283. DOI: 10.1017/S0022149X15000103
12. Chiurciu, I. A., & Cofas, E. (2020). Technical-economic analysis of sheep and goat herds in Romania. *In Agrarian Economy and Rural Development-Realities and Perspectives for Romania. International Symposium. 11th Edition (pp. 110-117). Bucharest: The Research Institute for Agricultural Economy and Rural Development (ICEADR)*. URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/234378/1/ICEADR-2020-p110.pdf>
13. Chiurciu, I. A., Zaharia, I., Fîntîneru, G., Dinu, T. A., & Soare, E. (2023). Sheep and goat breeding in Romania-between tradition and consumption. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 23(2). URL: https://www.researchgate.net/publication/373137664_SHEEP_AND_GOAT_BREEDING_IN_ROMANIA_-BETWEEN_TRADITION_AND_CONSUMPTION
14. Dai, R., Qi, M., Xiong, H., Yang, X., He, J., Zhang, Z., ... & Wei, B. (2019). Serological epidemiological investigation of Tibetan sheep (*Ovis aries*) plague in Qinghai, China. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 19(1), 3-7. DOI: 10.1089/vbz.2017.2257
15. Divenko, N. Yu., Petrenko, O. V., Dubenska, A. A. (2018). Safety of beef and lamb sold at agri-food markets in the districts of Odessa region. *Solving modern problems in veterinary medicine: Materials of the III All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference, February 15-16, 2018*. Poltava: LLC "Ukrpromptorgservice", 17-20. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1615/1/compressed.pdf#page=17>
16. Germán, C. G., Luis, R. G., Sergio, B. G., Fatima, G. C., Manuel, F. M., Jaime, C. G., & Jesús, T. C. (2024). Description of sheep pox outbreak in Spain in 2022–2023: Challenges found and lessons learnt in relation with control and eradication of this disease. *Viruses*, 16(7), 1164. DOI: 10.3390/v16071164
17. Golubenko, T. L., Tkachenko, T. Yu. (2024). Meat productivity of sheep depending on breed characteristics. *Bulletin of Sumy National Agrarian University (Animal Husbandry)*, 4 (59), 22-29. DOI: <https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2024.4.3>

18. Grodea, M. (2018). The sheep and goat farming sector in Romania-a new development perspective. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 18 (3), 151-158. URL: https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.18_3/Art20.pdf
19. Iovenko, A. V. (2025). Transboundary animal infections: foot-and-mouth disease and bluetongue. *Innovative aspects and prospects for the development of technology for the production and processing of livestock products: materials of the international scientific and practical conference (Mykolaiv, October 24-25, 2025)*, 86-88.
20. Kornienko, L. E., Ukhovsky, V. V., Karpulenko, M. S., Moroz, O. A., Tsarenko, T. M., Radzykhovsky, M. L., Ruda, M. E. (2024). Epizootic situation in the world regarding transboundary animal diseases. *One Health Journal*, 2 (2), 41-58.
21. Kryvoruchko, Yu., Babay, V. (2024). Meat production in countries around the world. *Modern technologies for the production and processing of livestock products: materials of the III All-Ukrainian Scientific and Practical Student Conference of Applicants (Odesa, March 7, 2024)*, 50-54. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4870/1/%D0%A1%D0%A3%D0%A7%D0%90%D0%A1%D0%9D%D0%86%20%D0%A2%D0%95%D0%A5%D0%9D%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%93%D0%86%D0%87%20%D0%92%D0%98%D0%A0%D0%9E%D0%91%D0%9D%D0%98%D0%A6%D0%A2%D0%92%D0%90%20%282%29.pdf#page=50>
22. Kyriakis, C. S., Billinis, C., Papadopoulos, E., Vasileiou, N. G. C., Athanasiou, L. V., & Fthenakis, G. C. (2015). Bluetongue in small ruminants: An opinionated review, with a brief appraisal of the 2014 outbreak of the disease in Greece and the south-east Europe. *Veterinary microbiology*, 181(1-2), 66-74. DOI: [10.1016/j.vetmic.2015.08.004](https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.08.004)
23. Law of Ukraine On Basic Principles and Requirements for Food Safety and Quality (Document revision from 07.11.2025, basis - 3947-IX). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80#Text>
24. Law of Ukraine On Veterinary Medicine (Document revision from 01.01.2026, basis - 3221-IX). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2498-12#Text>
25. Liptac, A. P., & Stanciu, S. (2024). The Sheep and Goat Sector in Romania: Economic Perspectives and Development Directions. *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati: Fascicle: I, Economics & Applied Informatics*, 30(3). URL: https://eia.feaa.ugal.ro/images/eia/2024_3/Liptac_Stanciu.pdf

26. Lugovyi, S. I., Kramarenko, S. S., Kramarenko, O. S., Lykhach, V. Ya., Atamanyuk, I. P. (2023). Ensuring an optimal microclimate in lamb production complexes (production and practical recommendations), 23. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/17466/1/zabezpechennya-optimalnogo-mikroklimatu.pdf>
27. Mantip, S. E., Shamaki, D., & Farougou, S. (2019). Peste des petits ruminants in Africa: meta-analysis of the virus isolation in molecular epidemiology studies. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 86(1), 1-15. DOI: 10.4102/ojvr.v86i1.1677
28. Mondal, A., Auwul, M., Hossen, M., Islam, M., Paudyal, N., Islam, M., & Khalil, K. (2024). Global prevalence and associated risk factors of Peste Des Petits Ruminants (PPR) virus in sheep and goats: a meta-analysis. *Vet Sci Res Rev*, 10(1), 1-14. DOI: 10.17582/journal.vsr/2024/10.1.1.14
29. Moț, D., Tîrziu, E., & Olariu-Jurca, L. (2025). The Evolution of Peste des Petits Ruminants (PPR) in Romania and Neighbouring Countries. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 58(2), 301-308. URL: https://spasb.ro/index.php/public_html/article/view/2436/2314
30. Muheet, Malik, H. U., Parray, O. R., Bhat, R. A., & Yattoo, M. I. (2020). Seasonal and periodic rhythmicity of respiratory infections in small ruminants. *Biological Rhythm Research*, 51(7), 1066-1074. DOI: [10.1080/09291016.2019.1576283](https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1576283)
31. Niedbalski, W. (2015). Bluetongue in Europe and the role of wildlife in the epidemiology of disease. *Polish journal of veterinary sciences*, 18(2), 455-461. DOI: [10.1515/pjvs-2015-0060](https://doi.org/10.1515/pjvs-2015-0060)
32. Niedbalski, W. (2016). Current status of bluetongue in Europe. *Med. Weter*, 72(8), 467-471. URL: <https://scispace.com/pdf/current-status-of-bluetongue-in-europe-4qp8tnbh50.pdf>
33. On approval of the Regulation on the State Laboratory for Veterinary and Sanitary Examination in the Market (Document revision from 16.06.2015, basis - z0621-15). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0404-02#Text>
34. On approval of the Rules for ante-mortem veterinary examination of animals and veterinary and sanitary examination of meat and meat products (Document revision from 09.08.2013, basis - z1261-13). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-02#Text>
35. On approval of the Veterinary and Sanitary Rules for animals, slaughterhouses and farm animal protection (Document revision from April 8 2025, basis - 317-2025-p). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/en/z0121-04#Text>
36. Piven, O. T. (2024). Modern aspects of sanitary assessment of lamb in the south of Odessa region. *Current aspects of the development of veterinary medicine in the context of European integration: International scientific and practical conference (Odessa, October 17-18, 2024)*, 209-211. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5212/1/%D0%9F%D1%96%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%8C%20%D0%9E.%20%D0%A2.%20.pdf>

37. Pokhil, V. I., Pokhil, O. M., Rozhkov, V. V. (2021). Meat productivity of sheep and quality of mutton, 110-115. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4870/1/%D0%A1%D0%A3%D0%A7%D0%90%D0%A1%D0%9D%D0%86%20%D0%A2%D0%95%D0%A5%D0%9D%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%93%D0%86%D0%87%20%D0%92%D0%98%D0%A0%D0%9E%D0%91%D0%9D%D0%98%D0%A6%D0%A2%D0%92%D0%90%20%282%29.pdf#page=50>
38. Ramesh, V., Suresh, K. P., Mambully, S., Rani, S., Ojha, R., Kumar, K. V., & Balamurugan, V. (2024). Dynamic evolution of peste des petits ruminants virus in sheep and goat hosts across India reveals the swift surge of F gene. *VirusDisease*, 35(3), 505-519. DOI: [10.1007/s13337-024-00890-x](https://doi.org/10.1007/s13337-024-00890-x)
39. Sobeih, A. A., El-Bayoumi, K. M., El-Tarabany, M. S., Abuel-Atta, A. A., & Moawed, S. A. (2022). Multivariable binary logistic regression model to predict risk factors of peste des petits ruminants in goat and sheep. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 36(4), 1029-1034. DOI: [10.33899/ijvs.2022.132934.2151](https://doi.org/10.33899/ijvs.2022.132934.2151)
40. Stoyanova, A. (2024). The role of sheep breeding in the formation of climate-oriented farming in Ukraine. 2024. URL: <https://agroperemoga.com.ua/rol-vivcharstva-u-formuvanni-klimatychno-oriyentovnoho-fermerstva-ukrayiny/>
41. Stoyanova, A. A. (2024). The role of sheep farming in ensuring food security. *Climate change and its consequences for animal husbandry and veterinary medicine: scientific approaches and innovative solutions: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, October 10-11, 2024*, 52-57.
42. Stratan, A., Ceban, A., & Lucaşenco, E. (2022). Evolution of the livestock sector of the Republic of Moldova. *Scientific papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*, 671-678.
43. Udrea, L., Teodorescu, G., Morărita, S. V., & David, I. (2021). Study on the diversity of products obtained from sheep in the current bioeconomy context. *Agrobiodiversity & Agroecology*, 126(134.249), 5-55. DOI: [10.33002/aa010105](https://doi.org/10.33002/aa010105)
44. Vdovichenko, Y. V., Zharuk, P. G., Zharuk, L. V. (2019). Program principles for the creation of meat sheep breeding in Ukraine. *Sheep and goat farming*, 4, 6-17.
45. Vdovichenko, Yu. V., Kudryk, N. A., Zharuk, P. G., Zharuk, L. V. (2017). Scientific principles of sheep breeding development in the southern region of Ukraine. *Sheep and goat farming*, 2, 3-23.
46. Wendimu, T. G., Dinbiso, T. D., Lobago, D. S., & Marami, L. M. (2024). Seroprevalence and associated risk factors of peste des petits ruminants in sheep and goats in three districts of the Central Oromia Region, Ethiopia. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1402342. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2024.1402342/full>

47. Yevtushenko, O. O., Slyusarenko, S. V. (2021). International legal regulation of meat product safety. *Theory and practice of accounting, analytical and legal support for the management of agricultural enterprises in the face of modern challenges: collection of abstracts of the II All-Ukrainian Student Scientific and Practical Internet Conference dedicated to the 70th anniversary of the Faculty of Economics of the National University of Life Resources and Environmental Sciences of Ukraine (April 15, 2021)*, 81-85.
48. Yune, N., & Abdela, N. (2017). Epidemiology and economic importance of sheep and goat pox: a review on past and current aspects. *Journal of Veterinary Science and Technology*, 8(2), 1-6. DOI: 10.4172/2157-7579.1000430
49. Zafar, S., Sarfraz, M. S., Ali, S., Saeed, L., Mahmood, M. S., Khan, A. U., & Anwar, M. N. (2024). Recapitulation of Peste des Petits Ruminants (PPR) prevalence in small ruminant populations of Pakistan from 2004 to 2023: a systematic review and meta-analysis. *Veterinary Sciences*, 11(6), 280. DOI: [10.3390/vetsci11060280](https://doi.org/10.3390/vetsci11060280)
50. Zewdie, G., Derese, G., Getachew, B., Belay, H., & Akalu, M. (2021). Review of sheep and goat pox disease: current updates on epidemiology, diagnosis, prevention and control measures in Ethiopia. *Animal diseases*, 1(1), 28. DOI: [10.1186/s44149-021-00028-2](https://doi.org/10.1186/s44149-021-00028-2)

Стаття надійшла до редакції 07 січня 2026 року

Стаття пройшла рецензування 09 лютого 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.08

УДК 616-089.84:615.468.6

Іван Мокієнко,

здобувач наукового ступеня доктора філософії, кафедри хірургії та акушерства, Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

ORCID ID: 0009-0008-5725-3953

e-mail: ivan.mokiienko@pdau.edu.ua

МОРФОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ШОВНИХ МАТЕРІАЛІВ VICRYL PLUS I SILVER PGA НА ПРОЦЕС ЗАГОЄННЯ РАН

Анотація

У роботі представлено результати експериментального дослідження місцевої тканинної реакції на два сучасні розсмоктувані шовні матеріали - Vicryl Plus та Silver PGA у моделі ушкодження м'яких тканин медіальної поверхні стегна свиней. Обидва матеріали належать до синтетичних полігліколідних ниток, проте характеризуються різними механізмами антимікробної дії: у Vicryl Plus реалізується завдяки триклозановому покриттю, тоді як у Silver PGA - через вивільнення іонів срібла. Дослідження виконували на двох групах тварин, у яких проводили забір зразків тканин у ділянці шва на 7-му та 14-ту добу після оперативного втручання. Проведений гістологічний аналіз дозволив оцінити особливості перебігу запальної реакції, формування грануляційної тканини та початкових фаз ремоделювання. На 7-му добу в обох групах реєстрували утворення грануляційної тканини з різною інтенсивністю клітинної реакції. Для Vicryl Plus була характерною помірна макрофагально-лімфоцитарна інфільтрація, що свідчить про активну фазу очищення та початкової регенерації. Натомість у зоні Silver PGA відзначали нижчу щільність запального інфільтрату, більш упорядковану структуру грануляційної тканини та меншу кількість нейтрофілів, що узгоджується з вираженим антимікробним впливом срібла. На 14-ту добу встановлено редуцію запальної відповіді та перехід реактивної зони в стадію фіброплазії. Фіброзна капсула навколо Silver PGA була тоншою, ніж навколо Vicryl Plus, що вказує на вищу біосумісність цього матеріалу. В обох групах спостерігали посилення організації колагенових волокон, відновлення повноцінної стратифікації епідермісу та нормалізацію будови гіподерми. Отримані результати підтверджують, що обидва шовні матеріали сприяють ефективному загоєнню ран, проте Silver PGA викликає менш інтенсивну запальну реакцію, що може мати клінічні переваги в умовах підвищеного ризику інфекційних ускладнень.

Ключові слова: Vicryl Plus, Silver PGA, загоєння ран, тканинна реакція.

Вступ. Вибір шовного матеріалу є одним із ключових факторів, що визначають успішність хірургічного втручання, перебіг післяопераційного періоду та якість загоєння тканин. Розвиток сучасних хірургічних технологій спричинив значне розширення асортименту шовних матеріалів, які відрізняються за фізико-механічними властивостями, біосумісністю, структурою, наявністю антибактеріальних покриттів та здатністю викликати тканинну реакцію. У зв'язку з цим постає необхідність всебічного аналізу та порівняння різних типів ниток для оптимального вибору шовного матеріалу

залежно від клінічної ситуації. Численні дослідження демонструють, що структура шовного матеріалу та його взаємодія з навколишніми тканинами суттєво впливають на ступінь запалення, ризик інфекцій та формування ускладнень. Зокрема, показано, що традиційні плетені нитки, такі як Vicryl, можуть спричинити більш виражене пошкодження тканин та ширші дефекти навколо проколів, тоді як монофіламентні матеріали, зокрема PDS, асоціюються з мінімальною травматизацією. Використання швів із зазубринами, як-от Stratafix, сприяє рівномірнішому розподілу сили натягнення та зменшенню локального ушкодження тканин, що позитивно позначається на якості їх адаптації [1, 2, 3].

Гістологічні дослідження свідчать, що різні типи ниток, значною мірою, відрізняються за інтенсивністю тканинної реакції. Наприклад, Vicryl демонструє нижчі показники запалення та фіброзу порівняно з деякими барбованими матеріалами, що робить його потенційно більш придатним для реконструктивних втручань у делікатних анатомічних ділянках [2, 4, 5]. У свою чергу, сучасні нитки можуть забезпечувати меншу локальну реакцію, але інколи асоціюються з ризиком міграції шва або утворенням конкрементів, особливо у зонах контакту з сечею [3, 6].

Окрему увагу привертають розсмоктуючі нитки з антимікробними властивостями, зокрема Vicryl Plus, що містить триклозан, та Silver PGA, що містить наночастини срібла. Ці матеріали поєднують механічну міцність із бактерицидною активністю, спрямованою на зниження частоти інфекційних ускладнень. Проте наявні дані щодо їхньої порівняльної біосумісності, тканинної реакції та здатності запобігати інфікуванню є фрагментарними. З огляду на це постає потреба в поглибленому аналізі властивостей сучасних антибактеріальних розсмоктуючих шовних матеріалів. Вивчення балансу між їхньою протимікробною ефективністю та мінімальністю запальної відповіді тканин є важливим для удосконалення хірургічної практики та вибору оптимального матеріалу для різних типів оперативних втручань [7-11].

Мета. Порівняти фізико-механічні та гістологічні властивості розсмоктуючих шовних матеріалів Vicryl Plus (поліглактин 910 з триклозаном) і Silver PGA (полігліколова кислота з іонами срібла) в експериментальних умовах на внутрішній поверхні стегнової ділянки свиней..

Виклад основного матеріалу дослідження. У роботі використано експериментальну модель ушкодження м'яких тканин на внутрішній поверхні стегнової ділянки свиней. Дослідження проводили на двох групах тварин, які перебували в однакових умовах утримання та годівлі. Усі експериментальні процедури виконували з дотриманням етичних норм, відповідно до положень Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986). Усі операційні втручання виконували під загальною анестезією з дотриманням правил біоетики та гуманного поводження з тваринами. Премедикацію проводили внутрішньом'язовим введенням ксилазину (2 мг./кг.) та кетаміну (10 мг./кг.).

Після досягнення стадії хірургічної анестезії здійснювали фіксацію тварин на операційному столі. Операційне поле обробляли антисептичним розчином (70% етанол або хлоргексидин). І група (n=2) тваринам проводили шкірний розріз довжиною 0,5 см у ділянці медіальної поверхні стегна. Після цього рану ушивали повношаровим швом із використанням розсмоктуваного шовного матеріалу Vicryl Plus (калібр - 3). ІІ група (n=2) за аналогічною методикою виконували розріз довжиною 0,5 см, після чого ушивали рану повношаровим швом із застосуванням розсмоктуваного шовного матеріалу Vicryl Plus Silver Pga. Рани ушивали одним вузловим швом відповідним матеріалом. Після операції тварин утримували в окремих клітках, забезпечували тепловий комфорт та вільний доступ до води й корму. Для профілактики інфекційних ускладнень у перші три доби вводили антибіотик (наприклад, енрофлоксацин 5 мг./кг. внутрішньом'язово 1 раз на добу). Оцінювали загальний стан тварин, поведінку, локальний стан післяопераційної рани (гіперемія, набряк, виділення, загоєння). Спостереження проводили протягом 20 діб. Зразки тканин у ділянці шва забирали на 7 та 14 добу після операції. Зразки тканин у ділянці шва забирали для гістологічного, морфометричного та мікробіологічного аналізу з метою оцінки перебігу репаративних процесів і місцевої тканинної реакції на різні типи шовного матеріалу. Отримані біоптати фіксували у 10% нейтральному розчині формаліну протягом 24 годин, зневоднювали у спиртах зростаючої концентрації, заливали в парафін. З парафінових блоків виготовляли зрізи товщиною 5-7 мкм. Препарати досліджували за допомогою світлового мікроскопа Micromed, фотографували цифровою камерою при збільшеннях $\times 40$, $\times 100$, $\times 640$. Для морфометричного аналізу використовували програмне забезпечення ImageJ.

Дослідження фізичних показників шовного матеріалу Vicryl Plus та Silver PGA показало спільні антибактеріальні властивості, що забезпечується через різні механізми. Шовний матеріал Vicryl Plus покритий ззовні полілактином 370 та кальцієвим стеаратом, шовний матеріал Silver PGA ззовні покритий кальцієвим стеаратом. Антибактеріальна дія спрямована на зменшення або нівелювання впливу бактерій (*S. aureus*, *S. Epidermidis* та інших). Інші фізичні параметри описані в таблиці 1, що наведена нижче.

Табл. 1

Аналізуючи фазичні властивості використаного шовного матеріалу можна Vicryl Plus

Параметр	Шовний матеріал Vicryl Plus	Шовний матеріал Silver PGA (типовий)
Склад	Copolymer (90% glycolide + 10% lactide)	Homopolymer (100% glycolide)
Покриття	Поліглактин 370 + кальцієвий стеарат; антибактеріальне покриття (триклозан)	Полі(капролактон) + кальцієвий стеарат
Міцність/ залишковість	75% через 2 тиж, 50% через 3 тиж, 25% через 4 тиж	70% через 14 днів, 50% через 21-28 днів
Час повного розсмоктування	56-70 днів	60-90 днів
Антибактеріальна дія	Має триклозан-покриття, що пригнічує <i>S. aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , MRSA/MRSE	Не має спеціального антибактеріального покриття (за загальними характеристиками)
Рекомендоване застосування	М'які тканини	М'які тканини
Інтенсивність запалення	Помірна	Слабка
Антибактеріальний ефект	Ефективний, але короткотривалий	Сильний і тривалий
Гігантські клітини інородних тіл	Помірна кількість	Мінімальна кількість
Організація грануляційної тканини	Добра	Дуже добра
Цитотоксичність	Низька–помірна	Низька
Загальна тканинна сумісність	Висока	Дуже висока

Значний вплив на біосумісність тканин має склад шовного матеріалу, Vicryl Plus складається з 90 % сополімеру гліколіду та 10 % L-лактиду. Плетений синтетичний шовний матеріал, здатний до розсмоктування. Час повного розсмоктування: приблизно 56-70 днів. Залишкова міцність: 75 % через 2 тижні; 50 % через 3 тижні; 25 % через 4 тижні. Інший шовний матеріал, що було використано для порівняння Silver PGA має загальний тип будови, що складається з 100 % полігліколової кислоти, має плетену структуру. Час повного

розсмоктування: приблизно 60-90 днів. Залишкова міцність: за різними даними становить 70-75 % через 14 днів; 50 % через 21-28 днів.

Проведений морфологічний аналіз тканинної реакції на шовний матеріал Vicryl Plus та Silver PGA дозволяє оцінити локальний перебіг процесів та ступінь біосумісності матеріалів. У прилеглий, до шовного каналу, ділянці епідермісу відзначається незначне потовщення рогового шару та помірна активація кератиноцитів шипуватого шару, що проявляється проліферацією. Для обох типів матеріалу епідермальна реакція носить неспецифічний характер і пов'язана переважно з первинною травмою та локальним мікрозапаленням. У дермі навколо шовного матеріалу формується реактивна зона, товщина та клітинний склад якої різняться залежно від типу нитки. Vicryl Plus як полігліколідний матеріал з антибактеріальним покриттям демонструє помірний ступінь лейкоцитарної інфільтрації, переважно за рахунок макрофагів і поодиноких нейтрофілів. Silver PGA, завдяки додатковому вмісту срібла, викликає слабшу бактеріальну колонізацію та меншу інтенсивність запальної реакції, що проявляється менш щільною інфільтрацією. У гіподермальній частині в ділянці контакту з шовним матеріалом формуються ознаки помірного набряку міжчасточкової стріми. Біля обох шовних ниток відзначаються дрібні вогнища розростання грануляційної тканини. Проведений морфологічний аналіз, після оперативного втручання на 7 добу відображає стабілізацію запального процесу. Навколо ниток Vicryl Plus формується грануляційний валик, багатий на макрофаги, фібробласти й молоді колагенові волокна, рис. 1. У дермі помірно виражені лимфоцитарно-макрофагальні інфільтрати, розташовані переважно периваскулярно. Судини в стані реактивної гіперемії, із незначною кількістю еритроцитів у периваскулярних просторах. Для Silver PGA на цьому етапі характерне менше накопичення нейтрофілів і більш однорідна грануляційна тканина рис. 2, що пов'язано з антибактеріальним впливом срібла та менш інтенсивним мікробним контамінаційним тиском. Епідерміс демонструє збережену проліферацію базальних кератиноцитів та початкові ознаки нормалізації товщини рогового шару.

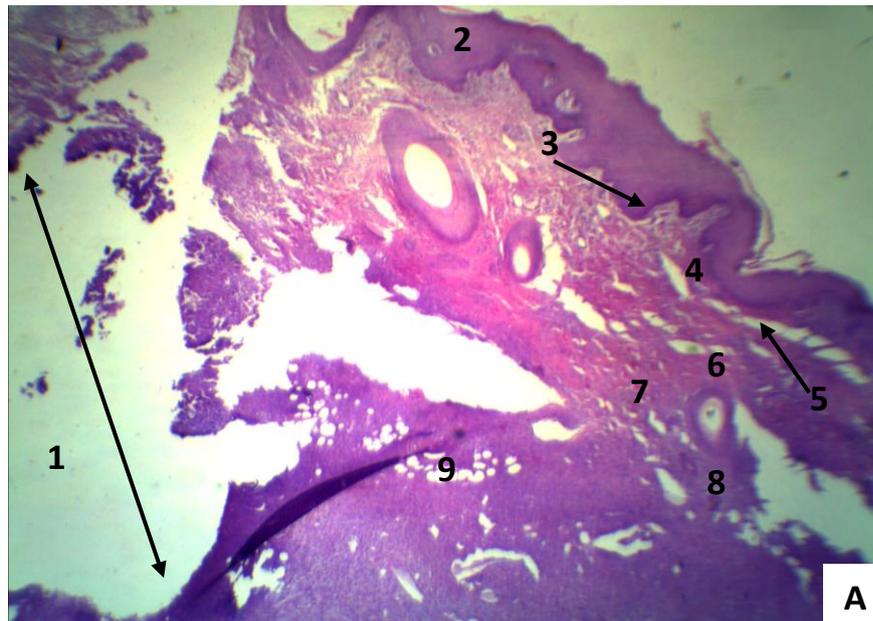


Рис. 1. Гістологічний препарат ділянки шкіри з використанням шовного матеріалу Vicryl Plus (7 діб), х 100, фарбування гематоксилін та еозин. 1 – шовний канал; 2 – роговий шар; 3 - блискучий шар; 4 - зернистий 5 - шипуватий шар; 6 - базальний шар; 7 - сітчастий шар; 8 - сосочковий шар; 9 – адипоцити;

Аналіз морфологічних змін тканин на 14 добу відображає запальний процес, що редукується. У ділянці, що оточує Vicryl Plus, грануляційна тканина переходить у стадію зрілої фіброплазії: кількість колагенових волокон зростає, вони стають більш щільно розташовані та орієнтовані паралельно лінії натягу шкіри. Фібробласти частково диференціюються у фіброцити. Біля Silver PGA реакція має аналогічний характер, однак фіброзна капсула навколо нитки тонша, а щільність інфільтрації лімфоцитів нижча. Обидва матеріали демонструють ознаки часткової біодеградації полігліколідних компонентів, що супроводжується появою окремих вакуолізованих зон у реактивному валі. Гіподерма характеризується нормалізацією структури жирових часточок, зменшенням набряку та поступовим включенням ділянки у загальний цикл ремоделювання рубцевої тканини. Епідерміс відновлює типову стратифікацію, ознаки гіперплазії мінімальні.

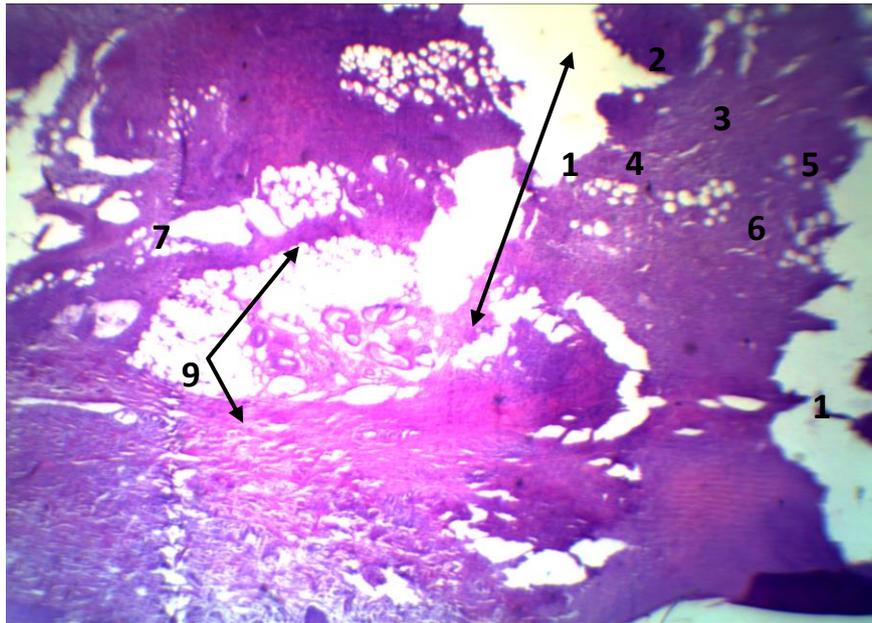
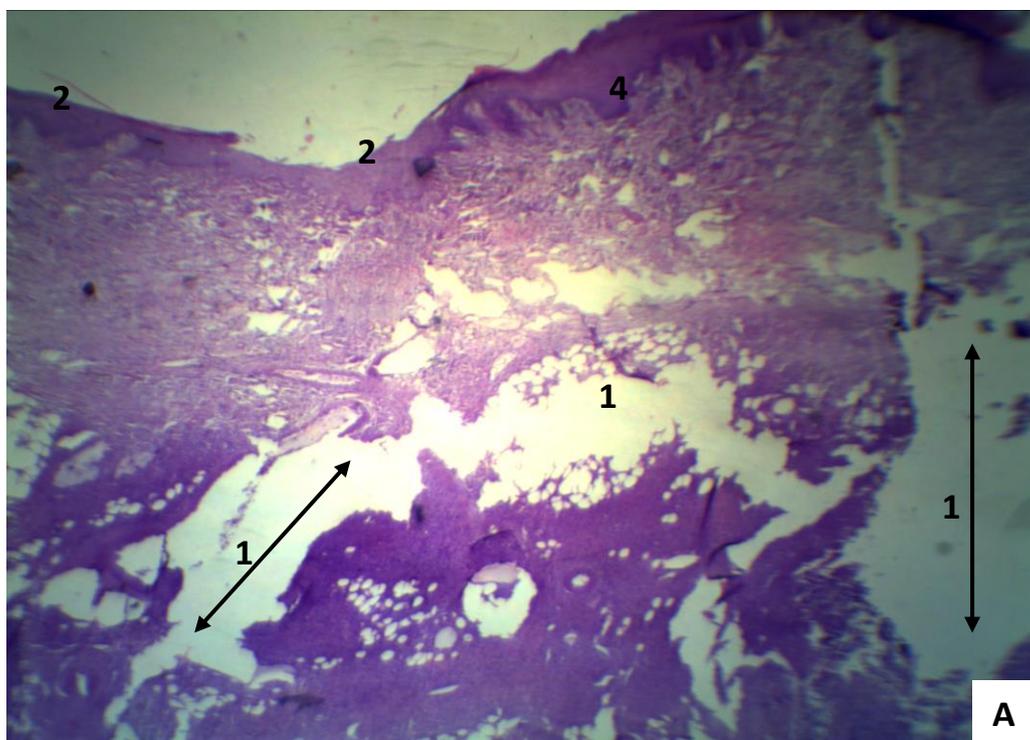


Рис. 2. Гістологічний препарат ділянки шкіри з використанням шовного матеріалу Vicryl Plus (14 діб), х 100, фарбування гематоксилін та еозин. 1 – шовний канал; 2 – роговий шар; 3 - блискучий шар; 4 - зернистий шар; 5 - шипуватий шар; 6 - базальний шар; 7 - сітчастий шар; 8 - сосочковий шар; 9 – адипоцити; (рисунок автора)



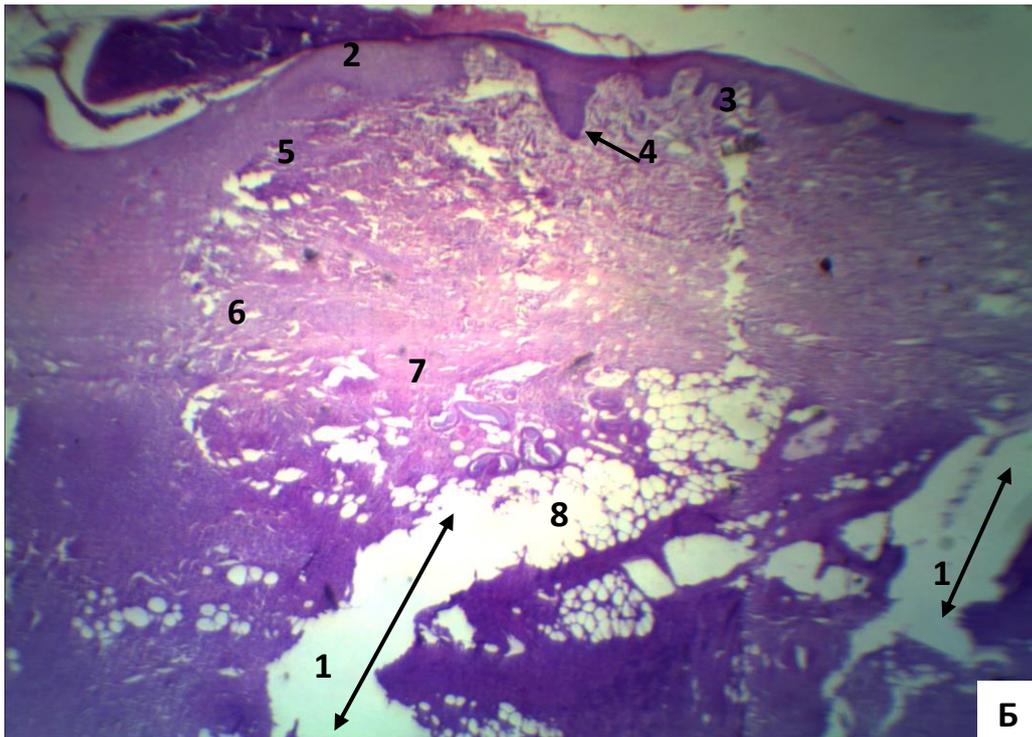


Рис. 3. А. Б – Гістологічний препарат ділянки шкіри з використанням шовного матеріалу Silver PGA, х 140, фарбування гематоксилін та еозин. 1 – шовний канал; 2 – роговий шар; 3 - блискучий шар; 4 - зернистий шар; 5 - шипуватий шар; 6 - базальний шар; 7 - сітчастий шар; 8 - сосочковий шар; 9 – адипоцити; (рисунок автора)

Епідерміс, дерма та гіподерма беруть активну участь у формуванні локальної тканинної відповіді на імплантацію Vicryl Plus та Silver PGA. На 7-му добу домінує грануляційна фаза з вираженою макрофагальною активністю, тоді як на 14-ту добу переважають процеси фіброплазії та ремоделювання. Silver PGA демонструє дещо меншу інтенсивність запальної реакції порівняно з Vicryl Plus, що корелює з антимікробним ефектом срібла та особливостями структури полігліколідного волокна. Отримані дані підтверджують добру біосумісність обох матеріалів та їх сприятливий вплив на перебіг ранніх етапів загоєння шкіри.

Отримані результати дозволяють проаналізувати особливості тканинної реакції на два сучасні шовні матеріали - Vicryl Plus та Silver PGA, а також співвіднести морфологічні спостереження з наявними експериментальними та клінічними даними щодо їх антимікробних властивостей і біосумісності [12-14]. Vicryl Plus є шовним матеріалом, виготовленим із полігліколіду та покритим антимікробною речовиною триклозаном. Наявність цього покриття забезпечує пролонгований антимікробний ефект в безпосередній ділянці шовного каналу, що підтверджується низкою клінічних і експериментальних робіт. У літературі підкреслюється, що використання триклозан-імпрегнованих швів зменшує ризик післяопераційних інфекцій порівняно з традиційними неімпрегнованими матеріалами, зокрема при нейрохірургічних втручаннях,

таких як краніотомія. Експериментальні дослідження на тваринах також демонструють нижчу бактеріальну контамінацію в ділянках, ушитих Vicryl Plus, що корелює з менш вираженою гострою запальною реакцією [15-17]. Ці дані узгоджуються з нашими морфологічними спостереженнями, за якими навколо Vicryl Plus на 7-му добу формується грануляційна тканина помірної щільності, з переважанням макрофагально-фібробластичних елементів та зменшеною кількістю нейтрофілів, а на 14-ту добу визначається більш впорядкований ремоделювальний патерн.

Silver PGA, у свою чергу, є модифікацією полігліколевої кислоти, збагаченої сріблом - хімічним агентом із відомими антимікробними властивостями. Дослідження показують, що шовні матеріали зі сріблом ефективно знижують бактеріальне навантаження та інгібують розвиток запалення в ранній післяопераційний період. Наші результати демонструють, що вже на 7-му добу навколо Silver PGA реактивна інфільтрація менш інтенсивна, ніж навколо Vicryl Plus, а грануляційна тканина формується більш однорідно. Водночас у доступних експериментальних роботах акцентується на тому, що біологічна дія срібла може залежати від розміру його частинок: зокрема, наночастинки найменшого діаметра здатні накопичуватися в тканинах у вищих концентраціях та індукувати більш виражені токсичні ефекти. Цей аспект необхідно враховувати при інтерпретації морфологічних змін та оцінці потенційних ризиків.

Порівняння двох матеріалів показує, що обидва вони мають антимікробні властивості, однак механізми їх дії є різними. Vicryl Plus забезпечує пролонговану антимікробну активність завдяки триклозановому покриттю, що повільно вивільняється у тканини. Silver PGA діє завдяки вивільненню іонів срібла, які проявляють швидкий, хоча потенційно більш короточасний ефект. Морфологічні зміни, які ми спостерігали, узгоджуються з цими відмінностями: у разі Vicryl Plus запальна реакція є більш контрольованою, а фаза фіброплазії — рівномірною; у разі Silver PGA спостерігається більш раннє зниження гострого запального компонента, але характер ремоделювання тканини може варіювати залежно від локальної концентрації срібла. Вибір між цими матеріалами у клінічній практиці має ґрунтуватися на індивідуальних характеристиках пацієнта, специфіці операції та ризику інфекційних ускладнень. Матеріали з антимікробними властивостями не є універсальним рішенням, однак можуть суттєво зменшувати ймовірність післяопераційної інфекції у пацієнтів групи ризику. Подальші дослідження необхідні для стандартизації доз антимікробних компонентів, оцінки довготривалої безпеки та вивчення взаємодії шовних матеріалів з регіональними тканинними структурами на різних етапах загоєння.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

У проведеному дослідженні встановлено, що обидва шовні матеріали - Vicryl Plus та Silver PGA забезпечують сприятливий перебіг репаративних процесів, проте формують різний ступінь локальної тканинної реакції. Silver PGA викликає менш інтенсивне запалення та формує більш рівномірну грануляційну тканину порівняно з Vicryl Plus, що може бути пов'язано з антимікробним ефектом іонів срібла. На 14-ту добу в обох групах спостерігається зниження запалення та активне ремоделювання тканини, що підтверджує добру біосумісність матеріалів. Результати свідчать про потенційні переваги Silver PGA у ситуаціях підвищеного ризику інфекційних ускладнень і є підґрунтям для подальших клінічних досліджень.

Список використаних літератури

1. Cartmill, B. T., Parham, D. M., Strike, P. W., Griffiths, L., & Parkin, B. (2014). How do absorbable sutures absorb? A prospective double-blind randomized clinical study of tissue reaction to polyglactin 910 sutures in human skin. *Orbit*, 33(6), 437–443. <https://doi.org/10.3109/01676830.2014.950285>
2. Costanzo, G., Linta, N., & Diana, A. (2023). Case report: Ultrasonographic assessment of early leakage in intestinal sutures in dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1094287>
3. Li, S., Guo, Y. Z., Zhou, Z. L., et al. (2023). Biomechanical and tissue reaction: The effects of varying suture sizes on canine abdominal wall stitching. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1254998>
4. Marco, F., Vallez, R., Gonzalez, P., Ortega, L., de la Lama, J., & Lopez-Duran, L. (2007). Study of the efficacy of coated Vicryl plus antibacterial suture in an animal model of orthopedic surgery. *Surgical Infections*, 8(3), 359–365. <https://doi.org/10.1089/sur.2006.013>
5. Pihlajamäki, H., Salminen, S., Laitinen, O., Tynnenen, O., & Böstman, O. (2006). Tissue response to polyglycolide, polydioxanone, polylevolactide, and metallic pins in cancellous bone: An experimental study on rabbits. *Journal of Orthopaedic Research*, 24(8), 1597–1606. <https://doi.org/10.1002/jor.20191>
6. Regier, P. J., Smeak, D. D., & McGilvray, K. C. (2023). Ex vivo comparison of intradermal closures with conventional monofilament suture vs unidirectional barbed suture in dogs. *Veterinary Surgery*, 48(8), 1399–1405. <https://doi.org/10.1111/vsu.13271>
7. Shiga, T., Okada, H., Isobe, M., & Furui, T. (2024). Tissue damage between barbed suture and conventional sutures in animal laboratory model using scanning electron microscopy. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 44(1), 2370973. <https://doi.org/10.1080/01443615.2024.2370973>

8. Shivley, J. M., Brookshire, W. C., & Woodruff, K. A. (2024). A randomized trial to compare smooth monofilament suture vs barbed suture using the three-layer continuous closure technique in canine ovariohysterectomy. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, Article 1365213. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1365213>
9. Storch, M., Perry, L. C., Davidson, J. M., & Ward, J. J. (2002). A 28-day study of the effect of coated VICRYL® Plus antibacterial suture on wound healing in guinea pig linear incisional skin wounds. *Surgical Infections*, 3(Suppl 1), S89–S98. <https://doi.org/10.1089/sur.2002.3.s1-89>
10. Tozsin, A., Aydin, A., Sonmez, M. G., Kilinc, F., Guven, S., & Serdar Gozen, A. (2025). Long-term in vivo comparison of histopathological effects of two barbed sutures and a conventional suture material in a rat model. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, 34(3), 212–218. <https://doi.org/10.1080/13645706.2024.2435553>
11. Whyte, M. A., Upchurch, D. A., & Stroda, S. (2023). Axial twisting within an ending loop of a continuous suture pattern affects the biomechanical properties of knots of certain suture sizes and types. *American Journal of Veterinary Research*, 84(7), Article ajvr.23.01.0003. <https://doi.org/10.2460/ajvr.23.01.0003>
12. Yalcin, S., Kibar, Y., Tokas, T., Gezginci, E., Günal, A., Ölcücü, M. T., Özgök, I. Y., & Gözen, A. S. (2018). In vivo comparison of “V-Loc 90 wound closure device” with “Vicryl” and “Monocryl” regarding tissue reaction in a rabbit bladder model. *Urology*, 116, 231.e1–231.e5. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2018.02.027>
13. Regier, P. J., Smeak, D. D., & McGilvray, K. C. (2019). Ex vivo comparison of intradermal closures with conventional monofilament suture vs unidirectional barbed suture in dogs. *Veterinary Surgery*, 48(8), 1399–1405. <https://doi.org/10.1111/vsu.13271>
14. Nonhoff, M., Puetzler, J., Hasselmann, J., Fobker, M., Gosheger, G., & Schulze, M. (2024). The Potential for Foreign Body Reaction of Implanted Poly-L-Lactic Acid: A Systematic Review. *Polymers*, 16(6), 817. <https://doi.org/10.3390/polym16060817>
15. Oliveira, C., Sousa, D., Teixeira, J. A., Ferreira-Santos, P., & Botelho, C. M. (2023). Polymeric biomaterials for wound healing. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1136077>
16. Zhang, J., Xie, B., Xi, Z., Zhao, L., Cen, L., & Yang, Y. (2020). A comparable study of polyglycolic acid's degradation on macrophages' activation. *Materials Science and Engineering: C*, 109, 110574. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110574>
17. Song, J. H., Kang, C., Park, W. H., Lee, G. S., Lee, J. K., Kim, D. H., & Lee, S. W. (2021). Extended Distal Chevron Osteotomy and Akin Osteotomy Using Bioabsorbable Materials for Treatment of Moderate to Severe Hallux Valgus. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2021.01.010>

Ivan Mokiienko,
PhD candidate, Faculty of Veterinary Medicine,
Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID ID: 0009-0008-5725-3953
e-mail: ivan.mokiienko@pdau.edu.ua

MORPHOLOGICAL EFFECT OF ANTIBACTERIAL SUTURE MATERIALS VICRYL PLUS AND SILVER PGA ON WOUND HEALING

Abstract

This study presents the results of an experimental investigation of tissue response to two modern absorbable suture materials - Vicryl Plus and Silver PGA - in a soft tissue injury model of the femoral region in pigs. Both materials exhibit antimicrobial properties through different mechanisms: a triclosan coating in Vicryl Plus and silver content in Silver PGA. The study was conducted on two groups of animals, with tissue samples collected on days 7 and 14 for histological, morphometric, and microbiological analyses. Morphological observations demonstrated that by day 7, granulation tissue formed around both suture materials; however, the cellular composition and intensity of inflammation differed. Vicryl Plus induced moderate macrophage-lymphocyte infiltration, whereas Silver PGA showed a less pronounced inflammatory response and a more uniform granulation tissue structure, correlating with the effective antimicrobial action of silver. By day 14, inflammation was reduced, and the reactive zone progressed to the fibroplasia stage. The fibrous capsule surrounding Silver PGA was thinner than that around Vicryl Plus, indirectly indicating higher biocompatibility of the material. In both groups, there was progressive organization of collagen fibers, restoration of epidermal stratification, and normalization of hypodermal structure. The data confirm that both suture materials exhibit good biocompatibility and positively influence the early phases of wound healing. At the same time, Silver PGA induces a slightly weaker inflammatory response, which may be clinically relevant in situations with an increased risk of infectious complications.

Keywords: *Vicryl Plus, Silver PGA, wound healing, tissue response.*

References

1. Cartmill, B. T., Parham, D. M., Strike, P. W., Griffiths, L., & Parkin, B. (2014). How do absorbable sutures absorb? A prospective double-blind randomized clinical study of tissue reaction to polyglactin 910 sutures in human skin. *Orbit*, 33(6), 437–443. <https://doi.org/10.3109/01676830.2014.950285>
2. Costanzo, G., Linta, N., & Diana, A. (2023). Case report: Ultrasonographic assessment of early leakage in intestinal sutures in dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1094287>
3. Li, S., Guo, Y. Z., Zhou, Z. L., et al. (2023). Biomechanical and tissue reaction: The effects of varying suture sizes on canine abdominal wall stitching. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1254998>
4. Marco, F., Vallez, R., Gonzalez, P., Ortega, L., de la Lama, J., & Lopez-Duran, L. (2007). Study of the efficacy of coated Vicryl plus antibacterial suture in an animal model of orthopedic surgery. *Surgical Infections*, 8(3), 359–365. <https://doi.org/10.1089/sur.2006.013>

5. Pihlajamäki, H., Salminen, S., Laitinen, O., Tynnenen, O., & Böstman, O. (2006). Tissue response to polyglycolide, polydioxanone, polylevolactide, and metallic pins in cancellous bone: An experimental study on rabbits. *Journal of Orthopaedic Research*, 24(8), 1597–1606. <https://doi.org/10.1002/jor.20191>
6. Regier, P. J., Smeak, D. D., & McGilvray, K. C. (2023). Ex vivo comparison of intradermal closures with conventional monofilament suture vs unidirectional barbed suture in dogs. *Veterinary Surgery*, 48(8), 1399–1405. <https://doi.org/10.1111/vsu.13271>
7. Shiga, T., Okada, H., Isobe, M., & Furui, T. (2024). Tissue damage between barbed suture and conventional sutures in animal laboratory model using scanning electron microscopy. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 44(1), 2370973. <https://doi.org/10.1080/01443615.2024.2370973>
8. Shivley, J. M., Brookshire, W. C., & Woodruff, K. A. (2024). A randomized trial to compare smooth monofilament suture vs barbed suture using the three-layer continuous closure technique in canine ovariohysterectomy. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, Article 1365213. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1365213>
9. Storch, M., Perry, L. C., Davidson, J. M., & Ward, J. J. (2002). A 28-day study of the effect of coated VICRYL® Plus antibacterial suture on wound healing in guinea pig linear incisional skin wounds. *Surgical Infections*, 3(Suppl 1), S89–S98. <https://doi.org/10.1089/sur.2002.3.s1-89>
10. Tozsin, A., Aydin, A., Sonmez, M. G., Kilinc, F., Guven, S., & Serdar Gozen, A. (2025). Long-term in vivo comparison of histopathological effects of two barbed sutures and a conventional suture material in a rat model. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, 34(3), 212–218. <https://doi.org/10.1080/13645706.2024.2435553>
11. Whyte, M. A., Upchurch, D. A., & Stroda, S. (2023). Axial twisting within an ending loop of a continuous suture pattern affects the biomechanical properties of knots of certain suture sizes and types. *American Journal of Veterinary Research*, 84(7), Article ajvr.23.01.0003. <https://doi.org/10.2460/ajvr.23.01.0003>
12. Yalcin, S., Kibar, Y., Tokas, T., Gezginci, E., Günal, A., Ölcücü, M. T., Özgök, I. Y., & Gözen, A. S. (2018). In vivo comparison of “V-Loc 90 wound closure device” with “Vicryl” and “Monocryl” regarding tissue reaction in a rabbit bladder model. *Urology*, 116, 231.e1–231.e5. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2018.02.027>
13. Regier, P. J., Smeak, D. D., & McGilvray, K. C. (2019). Ex vivo comparison of intradermal closures with conventional monofilament suture vs unidirectional barbed suture in dogs. *Veterinary Surgery*, 48(8), 1399–1405. <https://doi.org/10.1111/vsu.13271>
14. Nonhoff, M., Puetzler, J., Hasselmann, J., Fobker, M., Gosheger, G., & Schulze, M. (2024). The Potential for Foreign Body Reaction of Implanted Poly-L-Lactic Acid: A Systematic Review. *Polymers*, 16(6), 817. <https://doi.org/10.3390/polym16060817>

15. Oliveira, C., Sousa, D., Teixeira, J. A., Ferreira-Santos, P., & Botelho, C. M. (2023). Polymeric biomaterials for wound healing. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1136077>
16. Zhang, J., Xie, B., Xi, Z., Zhao, L., Cen, L., & Yang, Y. (2020). A comparable study of polyglycolic acid's degradation on macrophages' activation. *Materials Science and Engineering: C*, 109, 110574. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110574>
17. Song, J. H., Kang, C., Park, W. H., Lee, G. S., Lee, J. K., Kim, D. H., & Lee, S. W. (2021). Extended Distal Chevron Osteotomy and Akin Osteotomy Using Bioabsorbable Materials for Treatment of Moderate to Severe Hallux Valgus. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2021.01.010>

Стаття надійшла до редакції 20 січня 2026 року

Стаття пройшла рецензування 23 лютого 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.09
УДК 619:616.12-006:616-091:636.7

Євгеній Бєляєв,

здобувач вищої освіти

Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна.

ORCID ID: 0009-0005-1139-2702

e-mail: evgenijbeiaev@gmail.com

Анастасія Замороцька

здобувачка вищої освіти,

Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна.

ORCID ID:0009-0001-1395-4140

e-mail: anastya57off@gmail.com

Олександр Мирний

кандидат ветеринарних наук,

асистент кафедри хірургії, акушерства та хвороб дрібних тварин,

Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

ORCID ID:0009-0001-3219-9419

e-mail: vet.mirnyi@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ПОРУШЕННЯ РИТМУ ТА ПРОВІДНОСТІ ПРИ ПЕРВИННИХ ПУХЛИНАХ СЕРЦЯ У СОБАК: АНАЛІЗ КЛІНІЧНИХ ВИПАДКІВ, СУЧАСНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ

Анотація

В останні роки кількість випадків виявлення пухлин серця у собак різко зростає. Така динаміка може вказувати на збільшення популяції собак в світі, зростанням числа застосування різноманітних візуальних методів діагностики, таких як, ехокардіографія, комп'ютерна та магнітно-резонансна томографія. За нашими дослідженнями більшість випадків виявлення новоутворень серця є випадковим, особливо коли проводиться рутинна ехокардіографія з доплерографією, в таких випадках тварини є безсимптомними. Інші тварини потрапляють до ветеринарного центру переважно з гострими ознаками серцевої недостатності, втратою свідомості, різкого зниження активності, вираженою раптовою задишкою в стані спокою або кашлем, також спостерігається посиніння та блідість видимих слизових оболонок. Всі ці клінічні ознаки у собак можуть бути внаслідок розвитку тампонади серця (крововилив) або появою загрозливих для життя аритмій, що потребує негайних екстрених заходів, таких як екстрений перикардіоцентез та введення антиаритмічних препаратів під контролем електрокардіографії. Діагностичний підхід до таких пацієнтів включає в себе клінічний огляд спеціаліста ветеринарної медицини, застосування додаткових інструментальних та лабораторних методів дослідження.

Ключові слова: пухлини серця собак, порушення ритму та провідності серця, ехокардіографія, електрокардіографія.

Вступ. Пухлини серця нечасто зустрічаються у собак та особливо у котів, і дуже часто є випадковою знахідкою при проведенні досліджень візуальної діагностики. Найбільш поширеними типами первинних пухлин серця у собак є: гемангіосаркома, пухлини тіла аорти (хемодектома) та лімфома. Ці новоутворення можуть викликати легкі або тяжкі, небезпечні для життя клінічні ознаки, які не залежать від гістологічного типу та можуть бути пов'язані зі зміненою серцево-судинної функції або локальною кровотечею у перикардальний простір. Для контролю кількості вільної рідини в порожнину перикарда або плевральну порожнину необхідно проводити симптоматичне лікування, яке спрямоване на контроль кровотечі з пухлини та розвитку можливих потенційних аритмій, а також інших ознак, спричинених обструкцією структур серця пухлинною масою. Додаткові варіанти лікування включають хірургічне втручання, хіміотерапію та променеву терапію. Для всіх медикаментозних методів лікування повна ремісія малоймовірна, і медикаментозне лікування, окрім додаткової хіміотерапії при гемангіосаркомі, вимагає подальшого дослідження, але для хемодектоми інколи рекомендується комбінована хіміотерапія [1, 4, 9, 15].

Візуальна діагностика відіграє важливу роль у діагностиці пухлин серця. Ехокардіографія є основним методом оцінки з чутливістю від 16,7% до 80% [21], що надає цінну інформацію про локалізацію та розмір пухлини. Передові методи візуалізації, такі як комп'ютерна та магнітно-резонансна томографія часто використовуються для доповнення ехокардіографії при наявності атипичних або дифузних інфільтративних структур, та забезпечують точну візуалізацію та стадіювання пухлинного процесу [16, 20].

Пухлини серця можуть вимагати симптоматичного лікування, спрямованого на контроль кровотечі з пухлини та потенційних аритмій, а також інших ознак, спричинених обструкцією пухлини структур серця. Додаткові варіанти лікування включають хірургічне втручання, хіміотерапію та променеву терапію. Для всіх медикаментозних методів лікування повна ремісія малоймовірна, і медикаментозне лікування, окрім додаткової хіміотерапії при гемангіосаркомі, вимагає подальшого дослідження, але для лімфоми рекомендується комбінована хіміотерапія [8, 16].

При невідкладних станах у собак з ознаками пухлинного росту в основі серця, можливо розвиватись не лише тампонада або інші ознаки серцевої недостатності, але й поява спонтанних порушень ритму та провідності серця внаслідок різноманітних тригерних механізмів розвитку [14, 20, 21]. Таким чином, огляд літературних даних на сьогоднішній день є досить обмеженим та включає в себе поодинокі випадки опису клінічних випадків розвитку різноманітного характеру аритмічних станів у собак при первинних пухлинах серця.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В сучасній літературі замало висвітлено інформації, щодо розвитку супутніх аритмій у собак при кардіогенних неопластичних процесах. Один із таких випадків описаний

автором А. Franchini та групою лікарів, у 13-річного кастрованого мініатюрного пуделя (самець), при проведенні кардіологічного дослідження були виявлені ознаки порушення ритму та провідності серця та при використанні 6-ти каналної електрокардіографії зареєстровано високоступеневу атріовентрикулярну блокаду та шлуночкову ектопію. Були виявлені, наступні електрокардіографічні ознаки: поява періодичного прискореного ідіовентрикулярного ритму та серії шлуночкової тахікардії. Ехокардіограма показала значне збільшення товщини стінки міжшлуночкової перетинки з кількома кістозними анехогенними порожнинами, що вказувало на можливий розвиток пухлинного процесу. Власник обрав гуманну евтаназію через поганий прогноз. Розтин виявив наявність гемангіосаркоми, яка розповсюджувалась на міокард міжшлуночкової та міжпередсердної перетинки, артіовентрикулярний вузол та вільну стінку правого шлуночка.

Згідно даних автора Maneval K.L., у 9-ти річного кастрованого самця вельш-коргі пемброк, який звернувся в клініку із скаргами на двомісячну летаргію, гіпорексію та епізодичне блювання, додатково спостерігали впродовж двох місяців зниження переносимості фізичних навантажень, при цьому синкопальних епізодів не було. За допомогою аускультативної було виявлено брадикардію з нерегулярним ритмом та нормальними серцевими та легневими звуками. За допомогою електрокардіографії було діагностовано атріовентрикулярну блокаду третього ступеня. Двовимірною трансторакальною ехокардіографією виявила пухлинну масу, яка була локалізована в ділянці атріовентрикулярного з'єднання та міжпередсердної перетинки. Спостерігався незначний випіт вільної рідини у черевній порожнині. Була запропонована імплантація кардіостимулятора, але власник обрав гуманну евтаназію через невідомий прогноз. При розтині виявлено гемангіосаркому серця з ознаками інфільтрації в міжпередсердну та міжшлуночкову перетинки.

За даними авторів Joshua A. та Jeremy R., у пацієнта спостерігалася атріовентрикулярна атріовентрикулярна блокада третього ступеня з ознаками пухлинної маси, розміром приблизно 1×1×1 см, локалізованої в базиллярній частині міжшлуночкової перетинки при проведенні двовимірної ехокардіографії. У пацієнта був короткий анамнез, який включав в себе появу млявості та епізодичні короткотривалі синкопи, і власник вирішив евтаназувати собаку після виявлення пухлини. Розтин виявив множинні маси в міжшлуночкової перетинці, вільних стінках шлуночків та міокарді передсердь. Остаточний діагноз був підтверджений гістологічним методом діагностики - великоклітинна (Т-клітинна) лімфосаркома.

Таким чином, літературних даних, щодо ознак порушення ритму та провідності серця досить замало, та ця тема потребує більш детального обговорення та дослідження для подальшого вивчення аритмогенної тригерної активності, діагностики та застосування можливих методів лікування (застосування антиаритмічних препаратів, водія ритму та ін.) в умовах ветеринарних клінік.

Мета досліджень. Проаналізувати патогенетичні механізми аритмій асоційованих з первинними пухлинами серця, визначити їх клінічне та діагностичне значення, і визначити лікувальний ефект антиаритмічної терапії при різних видах порушень ритму та провідності серця.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проводили аналіз 14 випадків собак з ознаками новоутворення основи серця, які потрапили на огляд до кардіолога ВЦ «Ексвет» впродовж цілого календарного 2025 року. Враховували анамнестичні дані (історія життя та хвороби), результати ехокардіографії (ЕхоКг), електрокардіографії (ЕКГ), комп'ютерної томографії (КТ) та гістологічного дослідження. Дослідження проводили на базі кафедри акушерства, хірургії та хвороб дрібних тварин Одеського державного аграрного університету і ветеринарного центру «Ексвет», м. Одеса.

Було проаналізовано 14 випадків новоутворень серця у собак, з яких 3 собаки мали яскраво виражену симптоматику ургентного пацієнта. У цих собак спостерігали клінічні ознаки вираженої симптоматики наближеної до загального колапсу: виражена малоактивність, в деяких випадках тварина приймала бокове положення тіла, спостерігалась постійна змішана задишка, зміна кольору видимих слизових оболонок (синюшність або блідість), тремор, помірна гіпотермія та гіпотензія (клінічний випадок №1, № 2, №3). Всі інші собаки з ознаками новоутворення основи серця не мали клінічних ознак, та попередній діагноз був визначений за допомогою ехокардіографічного дослідження, для уточнення локалізації та можливого метастатичного процесу використовували комп'ютерну діагностику з внутрішньовенним введенням препаратів на основі йоду, а супутні гемодинамічні порушення виключали за допомогою лабораторних методів діагностики (загальний аналіз крові, біохімічний аналіз крові, електролітний склад крові та специфічні маркери: Troponin і proBNP).

Клінічний випадок №1.

На огляд до кардіолога клініки Ексвет (м. Одеса, Україна) потрапила собака породи курцхар, 8 річного віку з скаргами на зниження фізичної активності, апетиту та постійної задишки (в стані спокою). При аускультативній діагностиці серця були виявлені приглушені тони, які могли вказувати на можливе скупчення вільної рідини в порожнині перикарда або плевральній порожнині. Також, аускультативно в ділянці основи серця було зафіксовано систолічний шум справа 2-3/6. Видимі слизові оболонки мали блідо-рожевий колір. Із додаткових методів діагностики було застосовано фокусне ЕхоКг-дослідження, яке показало наявність значної кількості вільної рідини в порожні перикарда з домішками гіперехогенних включень (ниток фібрину) та наявності гіперехогенного масивного новоутворення округлої форми (29*22 мм) біля основи верхівкової частини стінки правого передсердя та висхідної частини аорти (Рис. 1). Загальний аналіз крові показав: помірне зниження кількості еритроцитів, гемоглобіну, гематокриту та тромбоцитів. Також було проведено електрокардіографічне дослідження, за результатами якого були встановлені наступні, ЕКГ-ознаки: шлуночкові ектопічні комплекси, які за своєю

морфологією мали походження із правого шлуночка. Ектопічні шлуночкові комплекси були представлені поодинокими комплексами, також у вигляді куплета, бігемінії, триплета, тригемінії та пробіжки (рис. 2).



Рис. 1. Фокусна ехограма серця собаки з ознаками тампонади та новоутворення правого передсердя. Права парастернальна позиція коротка вісь, рівень мітрального клапану.

Зчеплення між нормальним та патологічним комплексом складало – 225 мс, що вказувало на злякисність шлуночкової аритмії та несприятливий прогнозу для тварини (розвиток раптової смерті). За всіма вищеперерахованими ЕКГ-ознаками було встановлено розвиток супутньої постійної шлуночкової тахікардії злякисного перебігу. Тварині було призначено екстрену антиаритмічну терапію: Амідарон (Аритміл) в підвищеному дозуванні 10 мг на кг маси тварини 2 р/дн та контроль стану тварини через 2-3 дні. Через цей час, на повторному огляді при проведенні контрольного ЕКГ-дослідження встановлено: нерегулярний, синусовий ритм (базовий), з ознаками неповної блокади правої ніжки пучка Гіса та поодинокі, нечасті ектопічні шлуночкові комплекси, період зчеплення яких складав - 305 мс, що вказувало на незлякисний їх характер перебігу. Через 7 днів після початку антиаритмічної терапії, ознак шлуночкових екстрасистол більше не було виявлено (Рис. 3). Загальний стан тварини покращився, собака стала більш активною, зникла повністю задишка та покращився апетит. Після стабілізації стану тварини було рекомендовано проведення торакотомії з видаленням новоутворення серця. Зразки патологічного матеріалу були направлені до гістологічної лабораторії (ТЛ

VetPath International Consultants, США). Результат гістологічного дослідження підтвердив діагноз — гемангіосаркома.

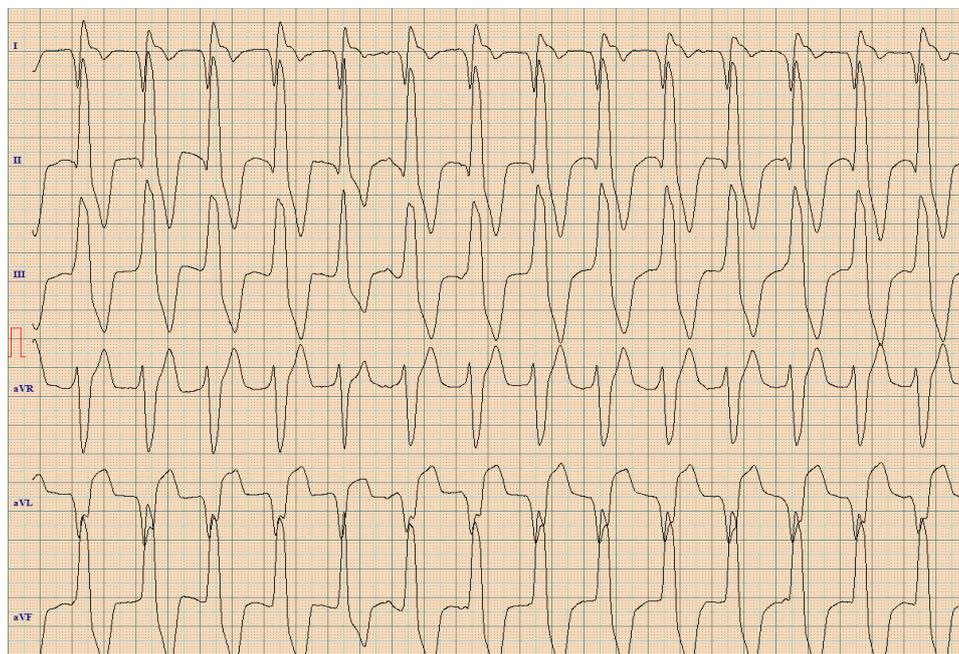


Рис. 2. Електрокардіограма собаки гемангіосаркомою серця асоційованою з стійкою шлуночковою тахікардією.

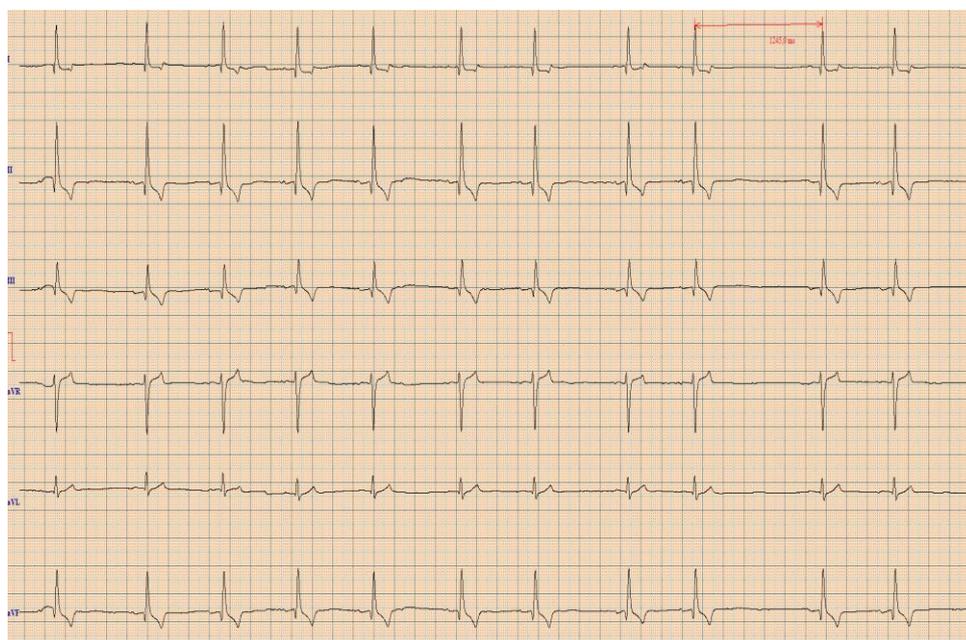


Рис. 3. Електрокардіограма собаки гемангіосаркомою серця асоційовано з синусовим ритмом, через 7 днів після проведення антиаритмічної терапії.

Клінічний випадок № 2.

Собака 6-річного віку, породи французький бульдог з скаргами на зниження фізичної активності та періодичної задишки в спокійному стані. За допомогою аускультатії були виявлені систолічні шуми зліва на рівні мітрального клапану, клапану легеневої артерії 3/6 та трикуспідального клапана справа 2/6. Результати фокусної ЕхоКг показали наявність гіпоехогенного масивного новоутворення округлої форми (22,9*16,5 мм) біля основи верхівкової частини аорти, верхньої частини лівого передсердя та основи стовбура легеневої артерії що, в свою чергу, призводило до її обструкції пухлинною масою (Рис. 4). Результати загального аналізу крові, біохімічного аналізу, електролітного складу крові та коагулограми значних відхилень від норми не показали.

За допомогою електрокардіографічного дослідження було виявлено ознаки синдрому слабкості синусового вузла, а саме постійної синоатріовентрикулярної блокади 2 ступеня 1 типу та атріовентрикулярної блокади 2 ступеня 1 типу з помірною брадикардією (рис. 5). В такому випадку була застосована комбінована терапія підтримуючого характеру, це застосування препарату з позитивною інотропною дією - Пімобендан в дозі 0,25 мг на кг живої маси двічі на день та хронотропною дією - Теофілін 1 мг на кг живої маси дві на день. Через декілька днів ми спостерігали покращення загального стану, в цей же момент при контрольному проведенні ЕКГ-діагностики спостерігали позитивну динаміку, яка характеризувалась підвищенням частоти серцевих скорочень (ЧСС).



Рис. 4. Фокусна ехограма серця 6-ти річного французького бульдога з хемодектомою серця. Права парастернальна позиція, коротка вісь, рівень аорти та легеневої артерії.

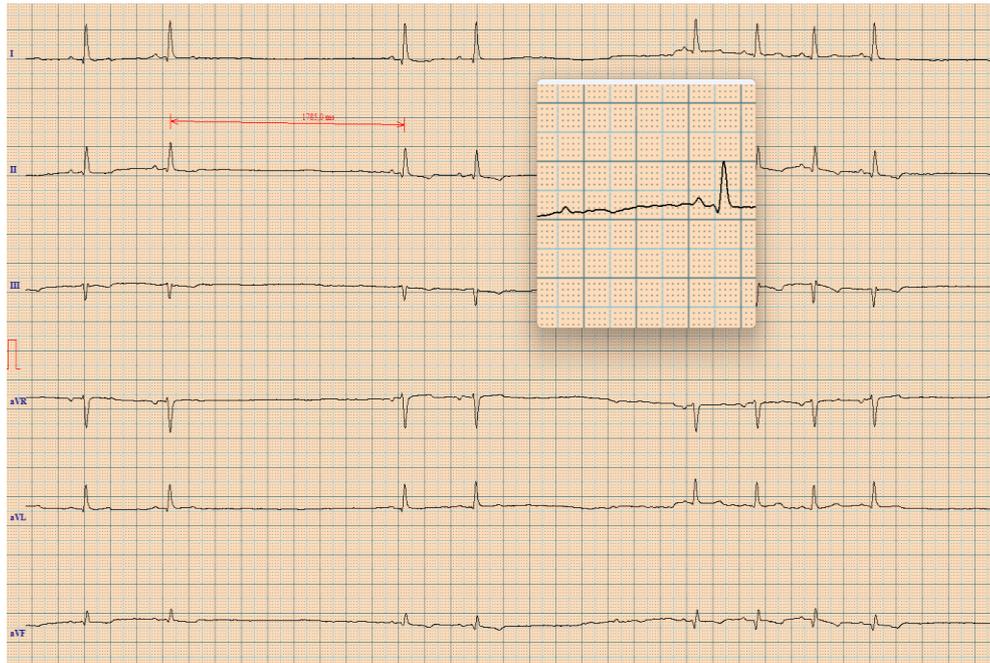


Рис. 5. Електрокардіограма собаки з хемодектомою серця асоційованою з ознаками синдрому слабкості синусового вузла (помірна брадикардія, синоатріальна блокада 2 ступеня 1 типу, атривентрикулярна блокада 2 ступеня 1 типу)

Клінічний випадок №3

До клініки потрапив 7-річний джек-расел з ознаками вираженої апатії та тремору. З анамнезу власники повідомили, що все було добре, тварина була на прогулянці та коли піднімались до квартири на сходах четвертого поверху тварина різко зупинилась, з'явилась виражена апатія, тремор, задишка та слизові оболонки ротової порожнини стали синюшними.

При проведенні огляду було виявлено ознаки тахікардії, незначний систолічний шум зліва. Ехокардіографія показала наявність ознак скупчення вільної рідини в порожнині перикарда та пухлинну масу (приблизний розмір 25,1*30,2 мм) в проекції правого передсердя. Також були ознаки колапсу правого передсердя, розширення каудальної порожнистої вени. За допомогою електрокардіографії було встановлено наявність надшлуночкових екстрасистол (поодинокі, куплет) (рис. 6). Тварина була доставлена у відділення інтенсивної терапії, де був проведений екстрений перикардіоцентез. Результати загального аналізу крові та біохімії крові не показали серйозних відхилень від норми. Під час пункції перикарда було аспіровано 20 мл геморагічної рідини, що вказувало на малоймовірний розвиток тампонади. Одразу після аспірації рідини загальний стан тварини значно покращився, нормалізувалися показники артеріального тиску, і видимі слизові оболонки стали рожевими.

Таким чином, розвиток прискореного ритму та наявність надшлуночкових комплексів спричинив погіршення загального стану тварини наближеного до загального колапсу. Було застосовано внутрішньовенне введення лідокаїну з

постійною швидкістю в дозі 80 мкг/кг/хв та бета-блокатори Атенолол в дозі 1 мг на кг живої маси дві на день, що в свою чергу допомогло стабілізувати ЧСС. Після стабілізації стану тварини було проведено комп'ютерну томографію з внутрішньовенним контрастуванням крові, результати підтвердили наявність пухлинної маси та надали більш детальну візуалізацію новоутворення (Рис. 7). Ознаки інфільтрації в порожнину правого передсердя були відсутні, та пухлина знаходилась в основні перикарда направлено краніально в грудну порожнину.

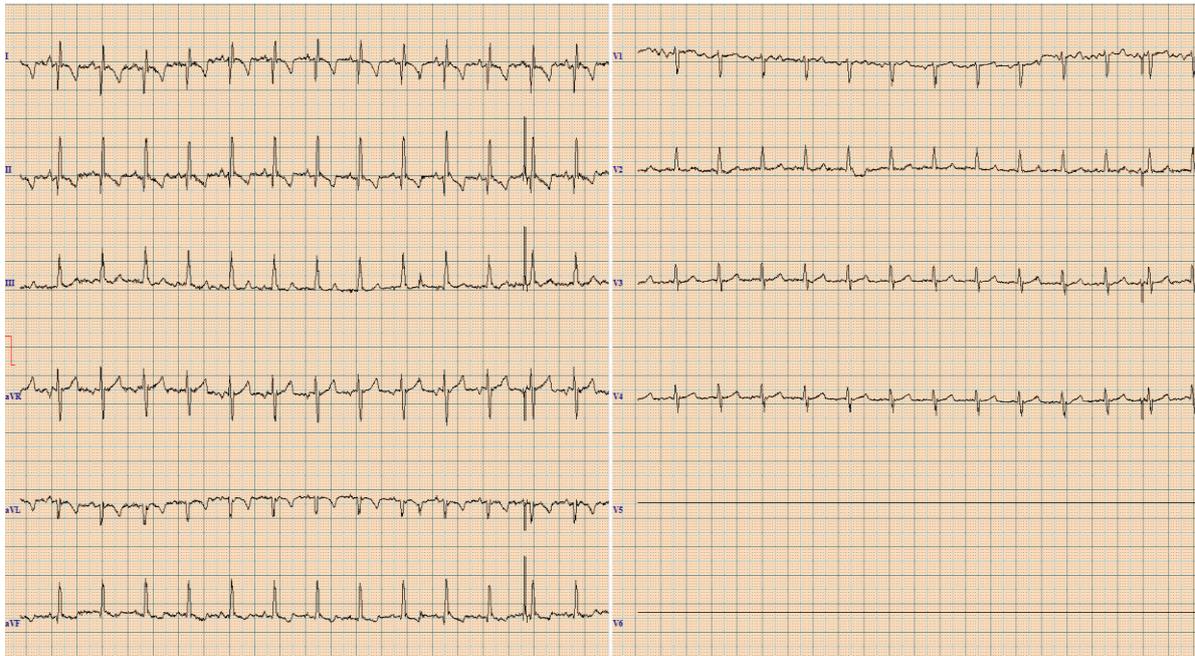


Рис. 6. Електрокардіограма собаки з лімфомою серця асоційованою з надшлуночковою тахікардією



Рис. 7. Комп'ютерна томограма грудної порожнини 6-ти річної собаки з ознаками новоутворення в ділянці основи серця

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, в результаті проведених досліджень було встановлено, що 80% від всіх досліджуваних собак, у яких були виявлені пухлини в ділянці основи серця були безсимптомними. Ехокардіографія була ключовим методом діагностики пухлин серця у собак, а електрокардіографія з використанням 6-12 каналів - для визначення супутніх аритмій. Вік тварин, з ознаками пухлинного росту в ділянці основи серця становив 7-9 років, мінімальний вік - 6 років, а максимальний - 12. Інші 20% випадків - це тварини з клінічними ознаками серцевої недостатності та колапсу, такі тварини потребували екстрених дій, таких як перикардіоцентез під контролем ультразвукового та електрокардіографічного дослідження. Всі симптоматичні пацієнти мали супутні ознаки порушення ритму та провідності серця, та було встановлено, що тампонада та супутні аритмії є основним клінічно значущим ускладненням загального стану тварини.

Всі три випадки первинних пухлин серця асоційованих з аритміями, мали різноманітне походження, залежно від місця локалізації пухлини, її інфільтрації в різні структури серця та компресії пухлиною або рідиною в порожнині перикарда.

Таким чином, ми зафіксували наступні зміни в порушенні ритму та провідності серця:

1. При розвитку первинної гемангіосаркоми серця були виявлені ознаки злоякісного перебігу шлуночкової тахікардії, яка була взята під контроль антиаритмічними препаратами 3 класу (Аміодарон). Шлуночкова тахікардія при

гемангіосаркомі серця патогенетично виникає через комплексне порушення електрофізіологічних процесів у міокарді, що спровоковано прямою інфільтрацією пухлиною структур серця, ішемією міокарду (внаслідок процесів запалення та некрозу), тампонадою та механічним тиском самої пухлини.

2. Хемодектома серця характеризувалась ознаками порушення проведення синоатріального та атріовентрикулярного вузлів, в результаті було застосовано підтримуючу терапію за допомогою препаратів з позитивною інотропною та вазодилаторною дією (Пімобендан) і препарату з хронотропною дією (Теофілін). Розвиток синоатріальної та атріовентрикулярна блокади при хемодектомі є наслідком порушення провідності електричного імпульсу від синусового вузла до передсердь, основним тригерним фактором є механічне здавлювання та інвазія пухлиною структур серця, вагусний вплив, гіпоксія та ішемія.

3. Первинна лімфома серця була асоційована з ознаками суправентрикулярної ектопії на тлі вираженої базової синусової тахікардії з частотою серцевих скорочень 180-200 уд/хв. Застосування внутрішньовенно введення лідокаїну та бета-блокаторів (Атенолол) швидко допомогло знизити тахікардію до 120-140 уд/хв та взяти під контроль надшлуночкову ектопію. Надшлуночкова тахікардія при цій патології виникає через кілька основних механізмів: механічному подразненні та інвазії провідної системи серця пухлиною, розвиток тампонади та запалення/ішемії міокарду.

Список використаної літератури

1. Atkins C.E., Meurs, K.M. (2004) Cardiac tumors in dogs and cats. *Clin. Tech. Small Anim. Pract.*, 19, 267–276
2. Baisan R., Borda C., Balaceanu A. (2018) Cardiac tumors in dogs: Retrospective review. *Rev. Rom. Med. Vet.*, 28, 35–42.
3. Boon J.A. (2011) *Veterinary Echocardiography*, 2nd ed.; Wiley-Blackwell: Ames, IA, USA, 121.
4. Boz E., Papa M., Claretti M., Bussadori R., Lopez B.S., Rossi C., Mazzoni L., Pradelli D., Bussadori C.M. (2020) Real-time three-dimensional echocardiographic study of a cardiac mass in a dog. *J. Vet. Cardiol.*, 28, 31–36.
5. Bussadori C., Amberger C., Le Bobinnec G. (2010) Diagnostic imaging of canine chemodectoma: Echocardiographic patterns and differential diagnosis. *Vet. Radiol. Ultrasound*, 51, 183–189.
6. Clifford C.A., Mackin A.J., Henry C.J. (2000) Treatment of canine hemangiosarcoma: 2000 and beyond. *J. Vet. Intern. Med.*, 14, 479–485.
7. Franchini A., Mencioti A., Persons R. (2026) Hemangiosarcoma involving the interventricular and interatrial septum, atrioventricular node, and right ventricle, causing atrioventricular block and ventricular arrhythmias in a dog. *Journal of Veterinary Cardiology*, V. 63,75-80.
8. Ferasin L. (2017) Cardiac masses in dogs: Clinical presentation, diagnosis and management. *Vet. Focus*, 27, 2–9.

9. Hammer A.S., Couto C.G., Filppi J., Getzy D.M., Shank K. (1991) Epidemiology and prognosis for canine hemangiosarcoma of the right atrium. *J. Vet. Intern. Med.*, 5, 11–14.
10. Fine D.M., Tobias A.H., Bonagura J.D., Fox P.R., Jacob K.A., Moïse N.S. (2003) Use of pericardial fluid pH to distinguish between idiopathic and neoplastic effusions in dogs. *J. Vet. Intern. Med.*, 17, 525–529.
11. Nicoleta A. (2025) Review on the Clinical, Imaging, and Therapeutic Aspects of Cardiac Masses in Dog. *Vet Pathology and Vet Anatomy: 3rd ed.*
12. Maneval K.L., Karlin E.T. (2022) Third-degree atrioventricular block secondary to infiltrative cardiac hemangiosarcoma in a dog. *Journal of Veterinary Cardiology*, V. 42, August, 43-46.
13. Meurs K.M. (2005) Clinical features of cardiac tumors in the dog. *J. Vet. Cardiol.*, 7, 15–20
14. Mihai A.S., Georgescu B. (2019) Cardiac tumors in dogs—Imaging diagnosis and classification. *Rev. Rom. Med. Vet.*, 29, 22–27.
15. Muiier P., Tschappat R. (2002) Case report: Cardiac hemangiosarcoma in a dog with sustained ventricular tachycardia. *J. Vet Med Sci.*
16. Tidholm A., Menciotti G., Borgarelli M. (2024) Current Use of Real-Time Three-Dimensional Transthoracic Echocardiography in Animals. *J. Vet. Cardiol.*, 51, 97–104.
17. Joshua A., Jeremy R. (2012) Tobias DVM, Bruce W. Keene DVM, MS Complete atrioventricular block secondary to cardiac lymphoma in a dog. *Journal of Veterinary Cardiology*, V. 14, December, 537-539
18. Vanderweerd V., Lambrechts N. (2019) Metastatic cardiac hemangiosarcoma diagnostic evaluation including 2D/M mode and Doppler echocardiography. *Vet. Sci.*, 6, 65.
19. Warman S. (2006) Pericardial effusion and cardiac tamponade. In *Textbook of Veterinary Internal Medicine*, 7th ed.; Ettinger, S.J., Feldman, E.C., Côté, E., Eds.; Elsevier: St. Louis, MO, USA.
20. Willis R. (2012) Diagnosis and treatment of ventricular tachyarrhythmias associated with cardiac disease in dogs. *J Small Anim Pract.*
21. Yamamoto S., Hoshi K., Hirakawa A., Chimura S., Kobayashi M., Machida N. (2013) Epidemiological, Clinical and Pathological Features of Primary Cardiac Hemangiosarcoma in Dogs: A Review of 51 Cases. *J. Vet. Med. Sci.*, 75, 1433–1441.

Yevgeny Belyaev,
Higher Education Student,
Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine
ORCID ID:0009-0005-1139-2702
e-mail: evgenijbeiaev@gmail.com

Anastasia Zamorotska,
Higher Education Student,
Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine
ORCID ID:0009-0001-1395-4140
e-mail: anastya57off@gmail.com

Oleksavdr Myrnyi,
Candidate of Veterinary Sciences, assistant of the Department
of Surgery, Obstetrics and Small Animal Diseases,
Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine
ORCID ID:0009-0001-3219-9419
e-mail: vet.mirnyi@gmail.com

FEATURES OF RHYTHM AND CONDUCTIVITY DISORDERS IN PRIMARY CARDIAC TUMORS IN DOGS: ANALYSIS OF CLINICAL CASES, MODERN METHODS OF DIAGNOSTICS AND TREATMENT

Abstract

In recent years, the number of cases of heart tumors in dogs has increased dramatically. This trend may indicate an increase in the dog population worldwide, as well as the increasing use of various imaging methods for diagnosis, such as echocardiography, computed tomography, and magnetic resonance imaging. According to our studies, most cases of detection of cardiac neoplasms are accidental, especially when routine echocardiography with Dopplerography is performed, in such cases the animals are asymptomatic. Other animals arrive at the veterinary center mainly with acute signs of heart failure, loss of consciousness, a sharp decrease in activity, pronounced sudden shortness of breath at rest or cough, and blueness and pallor of visible mucous membranes are also observed. All these clinical signs in dogs may be due to the development of cardiac tamponade (hemorrhage) or the appearance of life-threatening arrhythmias, which requires immediate emergency measures, such as emergency pericardiocentesis and the administration of antiarrhythmic drugs. The diagnostic approach to such patients includes a clinical examination by a veterinary medicine specialist, the use of additional instrumental and laboratory methods of research.

Reference

1. Atkins C.E., Meurs, K.M. (2004) Cardiac tumors in dogs and cats. Clin. Tech. Small Anim. Pract., 19, 267–276.
2. Baisan R., Borda C., Balaceanu A. (2018) Cardiac tumors in dogs: Retrospective review. Rev. Rom. Med. Vet., 28, 35–42.
3. Boon J.A. (2011) Veterinary Echocardiography, 2nd ed.; Wiley-Blackwell: Ames, IA, USA, 121.

4. Boz E., Papa M., Claretti M., Bussadori R., Lopez B.S., Rossi C., Mazzoni L., Pradelli D., Bussadori C.M. (2020) Real-time three-dimensional echocardiographic study of a cardiac mass in a dog. *J. Vet. Cardiol.*, 28, 31–36.
5. Bussadori C., Amberger C., Le Bobinnec G. (2010) Diagnostic imaging of canine chemodectoma: Echocardiographic patterns and differential diagnosis. *Vet. Radiol. Ultrasound*, 51, 183–189.
6. Clifford C.A., Mackin A.J., Henry C.J. (2000) Treatment of canine hemangiosarcoma: 2000 and beyond. *J. Vet. Intern. Med.*, 14, 479–485.
7. Franchini A., Mencioti A., Persons R. (2026) Hemangiosarcoma involving the interventricular and interatrial septum, atrioventricular node, and right ventricle, causing atrioventricular block and ventricular arrhythmias in a dog. *Journal of Veterinary Cardiology*, V. 63,75-80.
8. Ferasin L. (2017) Cardiac masses in dogs: Clinical presentation, diagnosis and management. *Vet. Focus*, 27, 2–9.
9. Hammer A.S., Couto C.G., Filppi J., Getzy D.M., Shank K. (1991) Epidemiology and prognosis for canine hemangiosarcoma of the right atrium. *J. Vet. Intern. Med.*, 5, 11–14.
10. Fine D.M., Tobias A.H., Bonagura J.D., Fox P.R., Jacob K.A., Moïse N.S. (2003) Use of pericardial fluid pH to distinguish between idiopathic and neoplastic effusions in dogs. *J. Vet. Intern. Med.*, 17, 525–529.
11. Nicoleta A. (2025) Review on the Clinical, Imaging, and Therapeutic Aspects of Cardiac Masses in Dog. *Vet Pathology and Vet Anatomy: 3rd ed.*
12. Maneval K.L., Karlin E.T. (2022) Third-degree atrioventricular block secondary to infiltrative cardiac hemangiosarcoma in a dog. *Journal of Veterinary Cardiology*, V. 42, August, 43-46.
13. Meurs K.M. (2005) Clinical features of cardiac tumors in the dog. *J. Vet. Cardiol.*, 7, 15–20
14. Mihai A.S., Georgescu B. (2019) Cardiac tumors in dogs—Imaging diagnosis and classification. *Rev. Rom. Med. Vet.*, 29, 22–27.
15. Muiier P., Tschappat R. (2002) Case report: Cardiac hemangiosarcoma in a dog with sustained ventricular tachycardia. *J. Vet Med Sci.*
16. Tidholm A., Mencioti G., Borgarelli M. (2024) Current Use of Real-Time Three-Dimensional Transthoracic Echocardiography in Animals. *J. Vet. Cardiol.*, 51, 97–104.
17. Joshua A., Jeremy R. (2012) Tobias DVM, Bruce W. Keene DVM, MS Complete atrioventricular block secondary to cardiac lymphoma in a dog. *Journal of Veterinary Cardiology*, V. 14, December, 537-539
18. Vanderweerd V., Lambrechts N. (2019) Metastatic cardiac hemangiosarcoma diagnostic evaluation including 2D/M mode and Doppler echocardiography. *Vet. Sci.*, 6, 65.
19. Warman S. (2006) Pericardial effusion and cardiac tamponade. In *Textbook of Veterinary Internal Medicine*, 7th ed.; Ettinger, S.J., Feldman, E.C., Côté, E., Eds.; Elsevier: St. Louis, MO, USA.

20. Willis R. (2012) Diagnosis and treatment of ventricular tachyarrhythmias associated with cardiac disease in dogs. *J Small Anim Pract.*
21. Yamamoto S., Hoshi K., Hirakawa A., Chimura S., Kobayashi M., Machida N. (2013) Epidemiological, Clinical and Pathological Features of Primary Cardiac Hemangiosarcoma in Dogs: A Review of 51 Cases. *J. Vet. Med. Sci.*, 75, 1433–1441.

Стаття надійшла до редакції 20 січня 2026 року

Стаття пройшла рецензування 24 лютого 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.10

Busra Vezir,
Graduate Education Institute,
Istanbul University-Cerrahpasa, Istanbul, Turkey
ORCID ID: 0000-0002-0097-381X
e-mail: vetbusravezir@gmail.com

Erdal Matur,
Professor of the Department of Physiology, Faculty of Veterinary Medicine,
Istanbul University-Cerrahpasa, Istanbul, Turkey
ORCID ID: 0000-0003-0737-8148
e-mail: mature@iuc.edu.tr

BIOMARKERS USED IN THE DETECTION OF INFECTIONS IN HORSES

Abstract

Early identification of infectious diseases in horses is crucial for accurate diagnosis, effective treatment, and improved clinical outcomes. However, distinguishing infectious conditions from non-infectious inflammatory processes remains challenging in equine practice due to overlapping clinical signs and nonspecific laboratory findings. Over recent years, a variety of hematological, biochemical, and acute phase biomarkers have been investigated to support the detection and monitoring of infections in horses.

This article reviews the most commonly used biomarkers applied in equine infectious disease diagnostics, including white blood cell indices, neutrophil-to-lymphocyte ratio, serum amyloid A, fibrinogen, serum iron, haptoglobin, CRP and Neutrophil Gelatinase–Associated Lipocalin (NGAL). The biological basis, diagnostic performance, and clinical relevance of these biomarkers are discussed, with particular emphasis on their roles in differentiating inflammatory responses, assessing disease severity, and monitoring treatment response. While acute phase proteins such as serum amyloid A and fibrinogen demonstrate high sensitivity to inflammatory stimuli, their limited specificity highlights the need for careful interpretation in conjunction with clinical findings and other laboratory parameters.

Overall, current evidence suggests that no single biomarker is sufficient for the definitive diagnosis of infectious diseases in horses. Instead, a multimodal approach integrating clinical assessment with multiple biomarkers provides the most reliable diagnostic and prognostic information. Continued research is required to refine biomarker interpretation, establish standardized reference intervals, and improve their practical application in equine medicine.

Keywords: *Equine infections; Biomarkers; Acute phase proteins; Serum amyloid A; Fibrinogen; Inflammation; Hematological parameters*

1. Introduction

1.1 The Importance of Infections in Equine Health

Infections and the systemic responses they trigger play a critical role in equine health and survival. Sepsis—defined as organ dysfunction resulting from a dysregulated host response to infection—remains one of the leading causes of morbidity and mortality in adult horses and foals, representing a life-threatening condition (Blangy-Letheule et

al., 2023). Horses are predisposed to developing sepsis due to their extensive microbial exposure in natural environments and their particularly high sensitivity to bacterial endotoxins (Taylor, 2015). Gastrointestinal diseases (such as colic and enterocolitis) and pulmonary disorders constitute the most common causes of sepsis in horses (Blangy-Letheule et al., 2023).

Therefore, early detection of infections in equine medicine is a critical factor that directly influences not only disease severity but also treatment success and survival outcomes (Nocera et al., 2021). Accurate diagnosis of sepsis in animals is of great importance. Misdiagnosis or delayed diagnosis may lead to excessive use of antibiotics, which can in turn promote the spread of antimicrobial resistance (López-Martínez et al., 2022).

The Increasing Role of Biomarkers in Infection Diagnosis and the Limitations of Classical Methods

For many years, the diagnosis of infectious diseases in veterinary medicine has relied primarily on clinical examination findings, complete blood count (CBC), and monitoring of leukocyte parameters. However, these traditional methods remain limited due to their low sensitivity in early-stage infections, their inability to clearly identify the source of infection, and their overall lack of specificity (Jacobsen & Andersen, 2007). In light of these limitations, biomarker-based diagnostic approaches have gained increasing importance in veterinary medicine. Biomarkers assessed through the acute-phase response provide a more objective means of monitoring the presence and severity of infection as well as the response to treatment. Accordingly, considerable attention has been directed toward markers such as Serum Amyloid A (SAA), haptoglobin, fibrinogen, and serum iron concentrations (Crisman et al., 2008; Afsar & Şener, 2015).

One of the most significant advantages of biomarkers is their supportive role in the differential diagnosis of infections presenting with nonspecific clinical signs. These parameters also allow clinicians to follow whether the infection is localized or systemic, whether its severity is increasing or decreasing over time, and how the patient is responding to therapy through serial measurements (Belgrave et al., 2013). In particular, highly sensitive acute-phase proteins such as SAA rise and decline more rapidly than traditional markers, thereby providing earlier diagnostic information. When interpreted together with more slowly responding indicators such as fibrinogen, both diagnostic sensitivity and specificity are improved (Pihl et al., 2013; Nocera et al., 2021; Jacobsen, 2023).

2. Acute Phase Response and the Concept of Biomarkers

2.1 Pathophysiology of the Acute Phase Response

The acute phase response (APR) is a systemic physiological reaction of the organism to infectious and non-infectious inflammatory stimuli such as trauma, infection, toxins, or malignancy (Cray & Altman, 2009). This process begins with the release of pro-inflammatory cytokines and other mediators from damaged tissues (Eckersall & Bell, 2010). As a result, endocrine, hematological, immunological, metabolic, and neurological alterations develop, manifesting clinically as fever, anorexia, depression,

and leukocytosis—hallmark signs of systemic inflammation (Sevgisunar & Şahinduran, 2014). In response to this systemic activation, acute phase proteins (APPs) are synthesized primarily in the liver, although other tissues may also contribute (Jacobsen, 2023). The process is highly coordinated and encompasses numerous behavioral, biochemical, and metabolic changes (Ceciliani et al., 2012). The principal functions of APPs include pathogen elimination, restoration of homeostasis, and support of tissue repair (Tóthová et al., 2014). The cytokines responsible for initiating the inflammatory cascade are mainly IL-1, IL-6, and TNF- α . These cytokines are first released from macrophages and monocytes at the site of injury, after which they enter systemic circulation, disseminate to distant tissues, and trigger a widespread cytokine response (Sevgisunar & Şahinduran, 2014). Their stimulation of hepatocytes in the liver leads to increased APP synthesis, causing serum concentrations of these proteins to rise rapidly (Eckersall, 2000). APPs play crucial roles in initiating, regulating, and resolving the inflammatory process. Driven by proinflammatory cytokines, their serum concentrations typically change by more than 25%, enabling their use as biomarkers in disease diagnosis, prognosis, and monitoring of therapeutic response (Eckersall & Bell, 2010). However, despite their high sensitivity, their specificity remains limited, underscoring the need for careful clinical interpretation. Additionally, significant species-specific differences exist in the acute phase response. Cytokines also exert hypothalamic effects that lead to behavioral changes such as anorexia. This, in turn, may create a general suppression in hepatic protein synthesis (Sevgisunar & Şahinduran, 2014). However, it has also been reported that there is no clear linear correlation between systemic cytokine release and AFP levels (Kushner & Mackiewicz, 2020).

2.2 What is a biomarker?

Biomarkers are molecules or parameters that objectively and measurably reflect normal biological processes, pathological conditions, or responses to therapeutic interventions within an organism (Strimbu & Tavel, 2010). They can be detected in various biological materials such as blood, urine, or synovial fluid. In veterinary medicine, biomarkers are particularly used for the early diagnosis of infections, assessment of inflammation severity, prediction of disease prognosis, and monitoring of treatment response. Acute phase proteins (e.g., SAA, fibrinogen, haptoglobin), hematological parameters, and certain cytokines are among the most frequently utilized biomarkers in equine health (Jakobsen et al., 2024; Thurston et al., 2022).

2.2.1 Acute Phase Proteins (APPs)

Although the majority of acute phase proteins are synthesized in the liver, some can also be produced by extrahepatic sources such as plasma cells or endothelial cells (Hassanpour & Moghaddam, 2023). When exposed to an inflammatory stimulus, the plasma concentrations of these proteins either increase (positive APPs) or decrease (negative APPs) (Jacobsen, 2023). Positive APPs are proteins whose plasma levels rise during inflammation. This group includes haptoglobin (Hp), C-reactive protein (CRP), serum amyloid A (SAA), fibrinogen (Fb), ceruloplasmin (Cp), alpha-1-acid glycoprotein (α 1-AGP), various protease inhibitors, and inter-alpha trypsin inhibitor

heavy chain 4 (ITI4) (Jacobsen, 2023). Negative APPs, on the other hand, are proteins whose plasma concentrations decrease during the inflammatory process. For example, paraoxonase-1 (PON-1) levels decrease in many species, including horses, during the acute phase response (Ruggerone et al., 2020). Other negative APPs include transferrin, prealbumin, and retinol-binding protein (Aldred & Schreiber, 2020). Biomarker indices created by evaluating positive and negative APPs together have the potential to increase the sensitivity of inflammation assessment. However, this approach has not yet been sufficiently investigated in equine medicine (Jacobsen, 2023). Acute phase proteins are also classified according to the magnitude of their response as major, moderate, or minor responders. Major APPs are present at low levels in healthy individuals but can increase 100- to 1000-fold during inflammation, typically reaching their peak within 24–48 hours. Moderate responders increase approximately 5–10 fold and peak within 2–3 days before gradually returning to baseline. Minor APPs generally rise by about 50–100% above resting levels, and their changes remain relatively limited (Eckersall & Bell, 2010). Among the biomarkers used to monitor inflammatory processes in horses, serum amyloid A (SAA), a major acute phase protein, is considered one of the most sensitive indicators of inflammation due to its early and rapid response characteristics (Jacobsen, 2023). Among the moderate acute phase responders, haptoglobin (Hp) and fibrinogen hold particular importance (Crisman et al., 2008; Jacobsen & Andersen, 2007). In addition, several hematological and biochemical parameters—such as plasma iron concentration (Oliveira-Filho, 2012), total leukocyte counts and leukocyte fractions (Burkat et al., 2024), as well as C-reactive protein (CRP) (Hildebrandt et al., 2025), and neutrophil gelatinase-associated lipocalin (NGAL) (Winther et al., 2023)—provide valuable contributions to clinical decision-making in the assessment of inflammation and infectious processes. Evaluating these parameters collectively allows for a more comprehensive understanding of the severity, duration, and underlying etiology of the inflammatory response.

2.3 Sensitivity – Specificity – Clinical Utility Criteria in Biomarkers

The Biomarkers Definitions Working Group (BDWG), established by the U.S. National Institutes of Health (NIH), defines an ideal biomarker as an indicator that “provides rapid diagnosis, distinguishes between physiological and pathological processes, and offers information regarding responses to pharmacological or other therapeutic interventions” (Strimbu & Tavel, 2010). Sensitivity, specificity, and clinical utility are critical criteria in the evaluation of biomarkers. These parameters determine how accurately and effectively a biomarker can identify a disease or condition (Winther et al., 2023). Sensitivity and specificity are used to assess the diagnostic capacity or accuracy of a test or biomarker (Siwińska et al., 2021). Sensitivity is the proportion of truly diseased animals that test positive (Salciccia et al., 2013). A highly sensitive test is more suitable for ruling out disease (Jacobsen, 2023). Specificity, on the other hand, relates to whether the biomarker responds exclusively to the infectious process. A highly specific test is more appropriate for confirming disease (Laurberg, 2023). Clinical utility extends beyond sensitivity and specificity and

concerns the extent to which a biomarker contributes to decision-making in the veterinary field. A single parameter is often insufficient; instead, interpreting biomarkers alongside clinical examination, imaging, and other laboratory findings facilitates a more accurate diagnosis (Gómez-Laguna et al., 2011). It has been reported that the biomarkers currently used in the diagnosis of SIRS exhibit high sensitivity but limited specificity (Jacobsen & Andersen, 2007).

3. Commonly Used Biomarkers in Horses

3.1 Serum Amyloid A (SAA)

Serum amyloid A (SAA) is considered the major acute phase protein in horses. During the acute phase response, it is produced intensively in the liver, leading to a rapid increase in its circulating levels. In healthy adult horses, serum concentrations are reported to be <10–20 mg/L (Jacobsen, 2023). In neonatal foals (<19 hours old), mean serum SAA levels have been reported as 27.7 mg/L (Nieman & Chan, 2022). However, healthy foals are believed to have slightly higher serum concentrations than adult horses, with levels peaking up to 120 mg/L within 24–72 hours after birth (Duggan et al., 2007; Paltrinieri, 2008).

3.1.2 Use in Infectious Conditions

In studies conducted on colic, SAA has been evaluated for purposes such as determining prognosis, guiding decisions regarding surgical intervention, identifying postoperative complications, differentiating non-inflammatory causes of colic from inflammatory ones, and distinguishing strangulating colic cases from non-strangulating cases (Ludwig et al., 2023; Elsawaf et al., 2025). Measurement of serum SAA is suggested to improve the ability to differentiate between medically and surgically managed acute inflammatory colic cases by approximately 4%, thereby potentially reducing the risk of unnecessary or delayed surgical intervention (Pihl et al., 2016). However, Dondi et al. (2015) reported no significant differences in SAA levels between strangulating and non-strangulating colic lesions, nor between cases requiring medical versus surgical treatment.

In colic conditions, SAA levels in peritoneal fluid have also been reported to increase in a manner similar to serum concentrations (Pihl et al., 2013). Because SAA concentrations were found to be higher in colic cases associated with primary inflammatory etiologies—such as enteritis, colitis, peritonitis, and peritoneal abscesses—and in non-surviving horses, it has been suggested that SAA may serve as a parameter associated with survival outcomes (Vandenplas et al., 2005). In horses undergoing colic surgery, postoperative SAA levels were found to be elevated in all operated animals due to inflammation. However, no differences in SAA concentrations were detected between horses that developed postoperative infections and those exhibiting non-infectious postoperative complications (Aitken et al., 2019). SAA concentrations have been reported to increase most prominently in inflammatory diseases and in colic cases with a duration exceeding five hours (Pihl et al., 2016). Serum SAA concentrations were also shown to be significantly higher in cases of acute colitis and *Clostridium difficile*-associated enterocolitis compared with both healthy horses and those with obstructive intestinal lesions (El-Deeb et al., 2020; Ludwig et

al., 2023). Based on these findings, SAA does not appear to determine the anatomical localization of colic lesions in horses; however, it is useful in assessing prognosis, with higher concentrations being associated with lower survival rates (Ludwig et al., 2023). In equine respiratory diseases, Serum Amyloid A (SAA) has become a notable biomarker for distinguishing between infectious and non-infectious conditions and for monitoring treatment response. In bacterial pneumonia, SAA levels have been shown to decrease significantly during treatment in parallel with clinical improvement, whereas fibrinogen, neutrophil counts, and total leukocyte counts fail to adequately reflect this change (Hepworth-Warren et al., 2023). Additionally, in infections caused by bacterial agents such as *Streptococcus equi* subsp. *equi*, SAA levels have been found to be markedly higher compared with viral respiratory infections (Viner et al., 2017). This suggests that SAA may contribute to differential diagnosis based on the etiological agent in respiratory disease.

Experimental studies have demonstrated that SAA rises within 24 hours, peaks on day 3, and rapidly returns to baseline values with effective treatment (Hobo et al., 2007). Owing to this early and dynamic response, SAA serves as a practical tool particularly for monitoring disease progression and evaluating treatment efficacy in equine infectious respiratory conditions.

3.1.3 Use in Non-Infectious Conditions

In endurance horses, leukogram findings and SAA concentrations have been evaluated to assess overall physiological condition. Prior to the race, SAA concentrations were within reference intervals; however, horses that successfully completed the race had significantly lower SAA levels compared with those that were eliminated. Notably, SAA was the only laboratory parameter capable of identifying the majority (66.6%) of the horses that would subsequently be eliminated before the competition. Moreover, none of the horses with SAA levels exceeding 1000 ng/mL were able to finish the race. Therefore, serum SAA concentration may serve as an indicator of poor physiological status and could potentially predict elimination during an endurance event (Cywinska et al., 2010). Serum SAA concentrations have been reported to be significantly elevated in cases of Juvenile Idiopathic Arthritis (JIA), suggesting that SAA may serve as a reliable parameter for identifying JIA in affected humans (Dev & Singh, 2019). In a study conducted on horses with synovial penetration injuries that required surgical treatment, SAA levels were found to be higher in cases necessitating multiple surgical interventions compared with those requiring only a single procedure. Furthermore, serial measurements taken at 48-hour intervals showed a noticeable decline in SAA concentrations in parallel with clinical improvement. Therefore, serial SAA assessment has been proposed as a valuable tool for monitoring treatment progress in synovial penetration injuries (Haltmayer et al., 2017).

3.1.4 Advantages and Limitations

SAA is widely used in clinical practice for early detection of inflammation, monitoring its severity, and evaluating response to treatment because its serum concentration increases rapidly and markedly in the presence of an inflammatory stimulus and returns to baseline in parallel with clinical improvement (Belgrave et al., 2013). However,

SAA is a non-specific marker of inflammation and, because it does not provide etiological distinction, it cannot independently determine whether the cause of inflammation is infectious (bacterial or viral) or non-infectious (traumatic, surgical, immune-mediated) (Jacobsen, 2023). Although it has been suggested that viral diseases generally result in lower SAA concentrations compared with bacterial infections (Viner et al., 2017), substantial overlap in plasma values among different etiologies limits SAA's ability to definitively distinguish viral infections from bacterial ones (Jacobsen, 2023).

3.2 Iron

Iron is an essential element involved in fundamental biological processes such as hemoglobin synthesis, oxygen transport, cellular respiration, and DNA replication (Hentze et al., 2010). In blood, iron is transported bound to transferrin, a β -globulin primarily synthesized in the liver, and is stored within ferritin as well as in the macrophages of the reticuloendothelial system and hepatocytes (Hentze et al., 2010). Hepcidin, a hormone secreted by the liver, is the principal regulator of plasma iron concentration and overall iron homeostasis (Corradini et al., 2014). Hepcidin exerts its effects on ferroportin (FPN1), the cellular iron exporter located on enterocytes in the proximal duodenum and on macrophages. FPN1 is the only known transporter responsible for exporting iron from duodenal enterocytes into the bloodstream (Nemeth et al., 2004). Elevated hepcidin levels lead to ferroportin degradation via binding and internalization, resulting in reduced iron absorption from the intestine and decreased release of iron from macrophages into circulation. Consequently, serum/plasma iron concentrations fall rapidly ((Nemeth et al., 2004, Hentze et al., 2010). This mechanism represents a key host defense strategy during inflammation, limiting pathogen access to iron (Hentze et al., 2010). For this reason, iron concentrations decrease rapidly during systemic inflammation in many species, including horses (de Oliveira-Filho, 2012). Experimental studies in horses have shown a significant reduction in serum iron levels within the first 24 hours following induction of inflammation (Brosnahan & Brown, 2012).

3.2.1 Use in Infectious Conditions

Canola et al. (2024) reported that serum/plasma iron concentrations were significantly lower in horses with colic compared to healthy controls, and concluded that the combined assessment of iron-metabolism parameters and conventional acute phase proteins may enhance diagnostic accuracy and prognostic evaluation in horses with inflammatory colic. Similarly, Crisman et al. (2008) demonstrated that, although increased fibrinogen (Fb) concentrations are associated with poor prognosis, hypoferremia (low serum iron) more accurately reflects acute, subacute, and chronic inflammation in hospitalized horses older than two months. Lilliehöök et al. (2020) observed that serum iron decreased more rapidly and normalized earlier than serum amyloid A (SAA), a commonly used acute-phase protein. While SAA remained elevated 72 hours post-challenge, serum iron had already begun to return to normal levels, suggesting that iron concentrations change more rapidly than SAA, a phenomenon also noted in mares following experimentally induced endometritis.

Otsuka et al. (2025) reported that serum iron levels in horses with inflammatory diseases were significantly lower than in the control group, indicating that serum iron may serve as a reliable marker for detecting acute inflammation or disease. Its measurement is simple, cost-effective, and feasible in standard biochemistry laboratories, making it a practical option, particularly in clinical settings with limited resources. Moreover, serum iron assessment could be considered as an alternative or complementary tool to existing acute-phase protein tests. Corradini et al. (2014) found that, in horses with systemic inflammation (SI), plasma iron concentrations were significantly lower compared to both healthy controls and hospitalized horses without SI. Plasma iron predicted the presence of SI with an accuracy of 82.9% and demonstrated high sensitivity (87.9%) for SI detection. In nonsurviving horses, plasma iron concentrations either remained below the reference range or decreased relative to admission levels during follow-up, reflecting persistence of SI in these animals. In contrast, Sanmartí et al. (2020) showed that plasma iron concentration is not a useful marker for predicting SIRS or prognosis in neonatal foals. Foals meeting SIRS criteria did not show statistically significant differences in plasma iron concentrations compared to non-SIRS foals or healthy controls, and plasma iron was not associated with survival outcomes. These findings suggest that, unlike in adult horses, plasma iron is not a reliable early inflammatory marker or prognostic tool in neonatal foals, likely due to age-related rapid fluctuations and high natural variability. Brosnahan et al. (2012) demonstrated that a decrease in serum iron (sFe) concentration (hypoferremia) serves as an early and sensitive indicator of systemic inflammation in horses, which may result from tissue necrosis, bacterial infections, or endotoxemia. Following EHV-1 infection, sFe concentration decreased significantly in a biphasic pattern, suggesting that serum iron parameters may be useful for monitoring the clinical course of viral infections such as EHV-1.

3.2.2 Advantages and Limitations

Otsuka et al. (2025) reported that serum iron concentrations were significantly lower in the inflammatory disease group and suggested that its diagnostic capability may be comparable to existing acute phase proteins (APPs). Moreover, because iron measurement is inexpensive and easy to perform, it may contribute to routine inflammation assessment and serve as an alternative to costly or more complex APP testing (Otsuka et al., 2025).

Iron measurement is a practical and economical biomarker for the early detection of systemic infection and for monitoring treatment efficacy. However, factors such as nutritional status, age, hemolytic processes, and chronic diseases can influence iron levels; therefore, it is recommended that iron be interpreted not in isolation but in conjunction with other acute phase proteins and hematological indicators (Hentze et al., 2010; Jacobsen, 2023). When combined particularly with positive acute phase proteins such as SAA, iron provides complementary value in assessing the progression of infection and monitoring the response to treatment (Matur et al., 2017). Although Borges et al. (2007) reported that serum iron had 90% sensitivity for detecting systemic inflammation, its specificity for identifying the underlying cause is low; thus, iron

alone cannot differentiate etiology and should be used alongside other biomarkers. Age, hemolysis, liver disease, and iron supplementation are additional factors that may influence plasma iron concentrations (Borges et al., 2007).

3.3 Fibrinogen

Fibrinogen is a positive acute phase protein that plays a critical role in hemostasis and wound healing (Russell et al., 2021). Primarily synthesized by hepatocytes in the liver, this glycoprotein increases in production in response to pro-inflammatory cytokines such as IL-6 and IL-1 β (Hildebrandt & Venner, 2024). Fibrinogen is one of the oldest and most commonly used biomarkers for monitoring inflammatory processes in horses (Crisman et al., 2008). Its plasma concentration rises in association with infection, trauma, tissue injury, or inflammation, and therefore it is classified as a positive APP (Crisman et al., 2008; Ko & Flick, 2016). Plasma fibrinogen concentrations typically begin to increase 24–48 hours after the onset of inflammation and reach peak levels within 3–5 days (Hildebrandt & Venner, 2024). In healthy horses, fibrinogen levels range between 2–4 g/L, and in response to an inflammatory stimulus, concentrations increase only two- to four-fold; therefore, fibrinogen is considered a moderate acute phase responder (Jacobsen & Andersen, 2007; Belgrave et al., 2013). In adult horses, the physiological upper limit is generally accepted as 4 g/L (Hildebrandt & Venner, 2024). During the early phase of the acute inflammatory response, thrombin cleaves fibrinogen to form fibrin, which limits blood loss, contains tissue damage, and restricts microbial spread (Luyendyk et al., 2019). Fibrinogen also plays an active role in host defense by promoting leukocyte recruitment and activation (Ko & Flick, 2016; Luyendyk et al., 2019). As in humans, horses possess three major forms of fibrinogen—high, low, and very low molecular weight forms—derived from proteolytic cleavage of the C-terminal region of the A α chain (Russell et al., 2021). Increased fibrinogen levels are commonly observed in both surgical trauma and infectious conditions (Daniel et al., 2016). However, because of its slow kinetics, fibrinogen is considered more useful for monitoring chronic infections than for early diagnosis (Luyendyk et al., 2019; De Cozar et al., 2020).

3.3.1 Use in Infectious Conditions

Fibrinogen also functions as an antimicrobial host defense factor that limits bacterial growth and prevents dissemination. Fibrin/fibrinogen matrices physically entrap bacterial foci, thereby restricting microbial spread (Ko & Flick, 2016). In foals, fibrinogen levels have been reported to increase particularly in cases of bacterial infection, septicemia, and postoperative inflammation. However, physiologically elevated concentrations may also be observed during the first days after birth (Hildebrandt & Venner, 2024; Stoneham et al., 2001). Levels ≥ 9 g/L in neonatal foals are considered predictive for osteomyelitis or physisitis (Hildebrandt & Venner, 2024). In horses with systemic inflammation, non-survivors have been shown to have significantly higher fibrinogen concentrations, suggesting that this parameter may be associated with mortality risk (Corradini et al., 2014; Taylor, 2015). Taylor (2015) also reported that elevated fibrinogen levels were associated with intrauterine infections and may indicate infection in the fetus or neonate. However, fibrinogen is a non-specific

marker of inflammation and may also increase in a variety of non-infectious conditions. Popelka (2015) suggested that weekly monitoring of fibrinogen might assist in the early diagnosis of *Rhodococcus equi* infections. Nonetheless, the author emphasized that reference intervals in foals vary with age and therefore results must be interpreted cautiously. The sensitivity of fibrinogen for detecting systemic inflammation has been reported as 82%, and persistent elevation during hospitalization has been associated with poor prognosis (Borges et al., 2007). De Cozar et al. (2020) further demonstrated that high preoperative fibrinogen levels in horses undergoing emergency surgery increased the risk of postoperative complications, a finding that may reflect underlying chronic inflammation or a predisposition to hypercoagulability.

3.3.2 Advantages and Limitations

In equine medicine, fibrinogen is one of the most frequently used positive acute phase proteins due to its simplicity and rapidity of measurement (Hildebrandt & Venner, 2024). Corradini et al. (2014) reported that fibrinogen alone demonstrated moderate accuracy (66.7%) and low sensitivity (54.2%) for detecting systemic inflammation; however, its diagnostic performance increased markedly when interpreted together with serum iron concentrations. Due to its slow kinetics, fibrinogen is a limited marker in the early stages of acute inflammation but is highly valuable in prolonged and chronic conditions (Crisman et al., 2008; Hildebrandt & Venner, 2024). Nonetheless, certain bacteria—such as *Staphylococcus aureus*—can exploit fibrinogen as a virulence factor to manipulate host defense mechanisms (Ko & Flick, 2016). In foals, fibrinogen is considered a complementary marker for understanding the kinetics of the acute phase response, but it is not sufficient as a standalone indicator for early diagnosis (Hildebrandt & Venner, 2024; Crisman, 2008). Its sensitivity is limited in some conditions, and fibrinogen does not respond as rapidly as SAA or haptoglobin during the early inflammatory phase (Crisman, 2008). Fibrinogen concentrations are influenced by numerous factors, including the location of infection, the severity of inflammation, changes in coagulation, and the overall condition of the horse. In severe sepsis, fibrinogen levels may be reduced due to consumption (Taylor, 2015). Age, breed, and assay differences can also complicate interpretation in foals (Popelka, 2015). Therefore, fibrinogen monitoring alone is insufficient, and more reliable diagnosis is achieved through combined assessment with clinical examination, ultrasonography, and other biochemical parameters (Corradini et al., 2014; Popelka, 2015; Hildebrandt & Venner, 2024). Because fibrinogen levels change more slowly than clinical signs, it remains limited for early detection (Thurston et al., 2022). This delayed response has been attributed to consumption of fibrinogen during coagulation (Daniel et al., 2016). Additionally, variability among measurement methods and clinically insignificant increases restrict its reliability for postoperative monitoring (Daniel et al., 2016). Given the presence of different molecular fractions of fibrinogen, measurement accuracy may be negatively affected—particularly in samples collected using EDTA—potentially leading to heterogeneity in interpretation (Russell et al., 2021). Moreover, individual factors such as breed and physiological status may

influence reference intervals, thereby reducing the clinical reliability of fibrinogen (Fontequé et al., 2015).

3.4 Haptoglobin

Haptoglobin is classified as a moderate acute phase protein (APP) in horses and may increase up to 1- to 10-fold above the reference interval (reference range: 2–10 g/L) during the acute phase response (APR) (Crisman et al., 2008). Haptoglobin (Hp) is a glycoprotein synthesized in the liver and is included among the positive acute phase proteins (Cray et al., 2009). Its primary function is to bind free hemoglobin, thereby preventing the oxidative toxicity of hemoglobin and reducing iron loss. Through this mechanism, haptoglobin acts as both an antioxidant and an immunomodulatory molecule (Cray, 2009). In horses, Hp concentrations rise markedly in association with bacterial infections, tissue injury, inflammation, and trauma (Crisman et al., 2008).

3.4.1 Use in Infectious Conditions

Haptoglobin typically begins to increase 24–48 hours after the onset of infection and may remain elevated during the chronic stages of the inflammatory process. Therefore, haptoglobin measurement is particularly useful for monitoring chronic infections and assessing response to treatment (Jakobsen, 2024). In a study by Cray and Belgrave (2014), serum Hp concentrations in clinically abnormal horses (showing signs of infection or inflammation) were reported to be, on average, 3.3 times higher than in healthy horses. This increase demonstrates the clinical value of Hp in evaluating the presence and severity of inflammatory processes. Increases in Hp concentrations are observed in bacterial infections, tissue injury, trauma, and postoperative inflammation; however, Hp elevation is generally limited in acute and short-duration infections (Cray & Belgrave, 2014).

3.4.2 Advantages and Limitations

Because Hp responds more slowly but more persistently than serum amyloid A, it is particularly useful for monitoring residual inflammation or prolonged infectious processes following treatment. Owing to these characteristics, Hp is considered a complementary biomarker for both diagnosis and prognosis. For this reason, Hp is recommended as a more suitable parameter for monitoring chronic or subacute inflammatory conditions and for evaluating treatment response (Jakobsen et al., 2024).

3.5 Leukocyte Count

Leukocytes (white blood cells, WBCs) are cells that protect the body against foreign invaders and abnormal cells (Chmielewski & Strzelec, 2018). Through their ability to exit blood vessels (diapedesis) and to engulf foreign substances (phagocytosis), they defend the host against numerous pathogens including bacteria, viruses, fungi, parasites, and helminths. They also play roles in recognizing and eliminating tumor cells or other foreign materials (Chmielewski & Strzelec, 2018).

In horses, changes in leukocyte count and in the distribution of leukocyte subpopulations (neutrophils, lymphocytes, monocytes, eosinophils, basophils) in the presence of systemic or local infection provide valuable information regarding the stage, type, and severity of disease (Overmann, 2017; Burkat et al., 2024). An increase in leukocyte count (leukocytosis) is generally associated with bacterial infections,

inflammatory conditions, or stress responses (Moore & Vandenplas, 2014). In lymphoid neoplasms such as lymphoma, extreme elevations in blood leukocyte counts may occur. These increases are not merely a simple rise in normal lymphocytes but may consist of atypical or abnormally differentiated cell types (Meichner et al., 2017).

3.5.1 Neutrophils

Neutrophils are the most abundant nucleated cells in the blood, comprising approximately 60–70% of all circulating leukocytes (Chmielewski & Strzelec, 2018). They represent a fundamental component of the innate immune defense mechanisms in horses (Donovan et al., 2007; Ryan et al., 2010). Also referred to as polymorphonuclear leukocytes (PMNLs), neutrophils are the first immune cells activated in response to infection (Ulgen et al., 2014). During inflammation, large numbers of neutrophils migrate rapidly to the affected site (Chmielewski & Strzelec, 2018). The primary function of neutrophils is to eliminate microorganisms through phagocytosis (Satué et al., 2014). These cells are specialized in the production of proteolytic enzymes—such as elastase, cathepsins, and matrix metalloproteinases (Salciccia et al., 2013)—and reactive oxygen species (ROS) (Faleiros & Belknap, 2017). In addition, they can produce pro-inflammatory cytokines (IFN- γ , TNF- α , IL-12, IL-6, IL-8, and IL-23p19) when stimulated by pathogens such as *Rhodococcus equi* (Ryan et al., 2010). Myeloperoxidase (MPO), released during neutrophil degranulation, plays a critical role in innate immune defense. MPO catalyzes the reaction between hydrogen peroxide (H₂O₂) and chloride ions to form hypochlorous acid, a potent microbicidal agent (Ulgen et al., 2014). The circulating half-life of neutrophils is approximately 10.5 hours, and once they migrate into tissues, they remain functional for 1–2 days (Satué et al., 2014). Before returning to peripheral circulation, neutrophils are eliminated through apoptosis (programmed cell death) or, in certain conditions, necrosis (Donovan et al., 2007; Chmielewski & Strzelec, 2018).

Neutropenia, Neutrophilia, and Morphological Changes

Neutropenia (Decrease)

Because mature neutrophil storage pools are limited in horses, neutrophil counts can decline rapidly during severe inflammation (Lester et al., 2015). Neutropenia is typically associated with severe bacterial processes, particularly septicemia in neonatal foals and gastrointestinal disorders in adults such as endotoxemia, strangulating obstructions, peritonitis, and salmonellosis (Satué et al., 2014).

Neutrophilia (Increase)

Neutrophilia may occur under physiological conditions (stress response, splenic contraction) or pathological conditions (inflammation, infection, neoplasia). Following the initial decline during acute inflammation, neutrophil numbers increase once the bone marrow response begins—typically within 4–5 days (Lester et al., 2015).

Morphological Changes (Toxic Change)

Accelerated bone marrow production can lead to toxic changes in neutrophils. These alterations are commonly associated with systemic bacterial infections and severe acute inflammatory lesions (Satué et al., 2014). Toxic changes include Döhle bodies,

increased cytoplasmic basophilia, and cytoplasmic vacuolization (Lester et al., 2015; Chmielewski & Strzelec, 2018).

Left Shift

Left shift refers to the release of less mature neutrophil forms into circulation due to increased tissue demand (Lester et al., 2015). The presence of band neutrophils and toxic neutrophil changes has been found to be significantly associated with SIRS (Systemic Inflammatory Response Syndrome) and with poor prognosis (higher mortality risk) (Lambert et al., 2016). Therefore, evaluating neutrophil count alone is insufficient; assessment of morphological quality is also essential (Chmielewski & Strzelec, 2018). During infection, large numbers of neutrophils are required to eliminate microorganisms. Thus, changes in the ratio of non-segmented (immature) to segmented (mature) neutrophils provide a more accurate indication of infection severity than relying solely on total granulocyte count (Honda & Littman, 2016).

3.5.2 Lymphocytes

Lymphocytes constitute 20–40% of all white blood cells. B lymphocytes produce antibodies, T lymphocytes regulate and coordinate the immune response, and natural killer (NK) cells directly destroy pathogens and abnormal/infected cells through cytotoxic mechanisms (Chmielewski & Strzelec, 2018). After neutrophils, lymphocytes (LYM) are the second largest WBC population in circulation and represent a major component of the immune system. Their average transit time through the bloodstream is approximately 30 hours, and they possess the ability to recirculate between blood, lymphatic channels, and peripheral tissues (Satué et al., 2014). Viral infections (e.g., EHV-1) and certain systemic infections often present with lymphopenia. Lymphopenia may be associated with suppression of the immune response or migration of lymphocytes into tissues. Although lymphocyte count can provide prognostic information in SIRS/sepsis cases, it is not decisive on its own. Lymphocytes serve as the principal regulators of cellular and humoral immune responses. Lymphopenia is commonly observed during acute inflammation and in cortisol-mediated stress responses (Overmann, 2017). Conversely, viral infections, immunodeficiency syndromes, and certain chronic diseases may present with lymphocytosis. Clinical observations in horses indicate that the combination of neutrophilia and lymphopenia during acute bacterial infections is one of the early indicators of SIRS (Bonelli et al., 2015).

Lymphopenia, Lymphocytosis, and Hematologic Ratios

Lymphopenia (Decrease in Lymphocytes)

Lymphopenia is the most frequently observed alteration in acute bacterial infections. This occurs due to redistribution of lymphocytes into lymphoid tissues and apoptosis of a subset of cells, driven by increased cortisol and catecholamines during the systemic inflammatory response (Chmielewski & Strzelec, 2018). Lymphopenia is commonly observed during acute inflammation and cortisol-mediated stress responses (Overmann, 2017). In addition, in endotoxemic shock or sepsis, lymphopenia often occurs concurrently with neutrophilia, a combination that has been proposed as an indicator of severe systemic infection (Bonelli et al., 2015).

Lymphocytosis (Increase in Lymphocytes)

Lymphocytosis may be observed in chronic infections or lymphoproliferative diseases (e.g., lymphosarcoma). It may also occur due to physiological stress (adrenaline release), viral diseases (e.g., EHV-1, EIA), immune stimulation, chronic antigenic exposure, and, more rarely, in lymphoid neoplasms (Satué et al., 2014).

Hematologic Ratios (NLR, MLR, Leukocyte Stress Index)

Recent studies have shown that parameters such as the neutrophil-to-lymphocyte ratio (N/L), monocyte-to-lymphocyte ratio (M/L), and leukocyte stress index may help assess the degree of systemic inflammation in horses (Burkat et al., 2024). In a study by Migliorisi et al. (2025), NLR and TNCC (total nucleated cell count) measured at admission in adult horses with non-infectious gastrointestinal colic were evaluated for their association with the need for surgery and survival outcomes. TNCC did not show significant differences between groups; however, NLR was significantly higher in cases requiring surgical intervention, particularly in horses with small intestinal lesions. Furthermore, horses that did not survive had significantly higher admission NLR values compared with survivors. These findings suggest that NLR may serve as a prognostic biomarker in colic cases, although overlapping values indicate that it should not be used as a sole decision-making parameter (Migliorisi et al., 2025).

3.5.3 Monocytes

Monocytes are cells that differentiate into macrophages within tissues, undergoing ultrastructural, metabolic, and receptor-mediated changes during this transformation. The half-life of macrophages varies from several days to several months (Satué et al., 2014). As precursors to tissue macrophages, monocytes play important roles in both innate and adaptive immune responses (Lester et al., 2015).

Monocytosis (Increase in Monocytes)

An increase in peripheral blood monocytes may occur during intense phagocytic activity such as in cases of tissue necrosis, intravascular hemolysis, or chronic suppurative diseases. Monocytosis frequently occurs alongside neutrophilia due to cytokine stimulation (Satué et al., 2014; Lester et al., 2015). It may also appear during the post-acute or recovery phase of viral infections. Persistent monocytosis suggests that the inflammatory process may be becoming chronic (Lester et al., 2015).

Monocytopenia (Decrease in Monocytes)

A decrease in circulating monocyte count is not considered clinically significant. Because the reference interval includes zero, monocytopenia generally carries no diagnostic value (Lester et al., 2015).

3.5.4 Eosinophils and Basophils

Eosinophils are associated with parasitic infections and allergic reactions. In horses, eosinophilia is particularly common in gastrointestinal parasitic infestations and hypersensitivity disorders. Basophil elevation is less frequent but may hold diagnostic value in cases of systemic allergic reactions and immune dysregulation (Moore & Vandenplas, 2014).

3.5.5 Advantages and Limitations

Leukocyte count and differential analysis provide a rapid, economical, and clinically valuable method for the early diagnosis and monitoring of infections in horses. These measurements can be performed within minutes using routine hematology analyzers, making leukocyte assessment a first-line diagnostic tool when infection is suspected (Moore & Vandenplas, 2014). However, because of its low specificity and susceptibility to physiological influences, leukocyte data should be interpreted alongside other biomarkers (Jacobsen & Andersen, 2007; Bonelli et al., 2015). In addition, severe infections may present with neutropenia or even normal leukocyte counts, which reduces the diagnostic sensitivity of total leukocyte measurements alone (Lester et al., 2015). In conclusion, although leukocyte count is a fast, cost-effective, and useful method for detecting inflammation, accurate interpretation requires simultaneous evaluation of the differential cell distribution, clinical findings, and other laboratory parameters.

3.6 C-Reactive Protein (CRP)

C-reactive protein (CRP) is an acute phase protein synthesized in the liver during inflammatory conditions and belongs to the pentraxin family (Biondi et al., 2022). In human medicine, CRP is well-established as a biomarker of infection and inflammation. In humans, CRP can increase up to 1,000-fold within hours during the acute phase of sepsis (Zabrecky et al., 2015; Jacobsen, 2023). In horses, however, CRP is considered a moderate acute phase protein because its concentrations rise more slowly—typically within 3 to 5 days after an inflammatory event—and increase to a lesser extent compared with many other species (Hildebrandt et al., 2025). During inflammation, CRP concentrations in horses increase approximately 3- to 6-fold above baseline values (Biondi et al., 2022). This contrasts with major acute phase responders such as dogs, in which CRP can increase more than 100-fold (Hildebrandt et al., 2025). Because CRP has a short half-life (19 hours) and the timing of sample collection may be insufficient to detect acute changes, it is thought that more frequent measurements may be required to determine its diagnostic or prognostic value in horses (Hildebrandt et al., 2025).

3.6.1 Reasons for Limited Use in Horses

In horses, CRP has been considered an acute phase protein (APP) of limited value because baseline concentrations tend to be relatively high, and increases during inflammatory or infectious conditions are minimal or altogether absent (Jacobsen, 2023). Current literature indicates that the clinical utility of CRP in horses remains limited and inconsistent. Hildebrandt et al. (2025), in a study conducted on foals, reported that CRP concentrations were not significantly affected by respiratory disease (subclinical or clinical bronchopneumonia) at any age. Therefore, in this study, CRP concentrations were not regarded as suitable predictors for subclinical or clinical bronchopneumonia in foals (Hildebrandt et al., 2025). Zabrecky et al. (2015), in a study on critically ill neonatal foals, found that CRP increased in the presence of inflammation; however, it did not specifically indicate the presence of sepsis. Moreover, a single CRP measurement did not prove to be a useful biomarker for predicting survival in critically ill foals. CRP was positively associated with age and

was found to be lower in premature foals or foals born after dystocia (Zabrecky et al., 2015). In healthy horses vaccinated against EHV-1, mean CRP values were elevated above baseline on day 7 post-vaccination (D1); however, no statistically significant differences were detected across different sampling time points (Biondi et al., 2022). CRP has been shown to increase in association with toxic changes in neutrophils, enterocolitis, colic, rib fractures, and septic arthritis in foals (Zabrecky et al., 2015). Measurement of CRP concentrations has not been found useful for aiding in the diagnosis of equine protozoal myeloencephalitis (EPM), as affected horses exhibit low or undetectable CRP concentrations in both serum and cerebrospinal fluid (CSF) samples (Mittelman et al., 2018).

3.7 Neutrophil Gelatinase–Associated Lipocalin (NGAL)

Neutrophil gelatinase–associated lipocalin (NGAL) is a protein identified within activated neutrophil granulocytes (Winther et al., 2023). NGAL is secreted by various cell types, including neutrophil granulocytes, renal tubular epithelial cells, hepatocytes, adipocytes, and tissues exposed to microbial agents (Jacobsen et al., 2022). The protein exists in monomeric, dimeric, or metalloproteinase-9–bound complex forms (Frydendal et al., 2021). Circulating NGAL consists of a dimer released by neutrophils and a monomer secreted by the tubular epithelial cells of the distal nephron (Lo et al., 2022). NGAL is involved in multiple physiological and pathological processes, including apoptosis, fatty acid transport, metabolic homeostasis, and modulation of inflammation (Jacobsen et al., 2022).

3.7.1 Clinical Applications

NGAL is widely used in both human and veterinary medicine primarily as a biomarker of acute kidney injury (AKI) (Winther et al., 2023). It has been demonstrated that NGAL serves as a novel biomarker for renal injury and inflammation in horses (Frydendal et al., 2021). In horses with AKI, serum and urinary NGAL concentrations are significantly higher than in healthy controls (Siwińska et al., 2021). In a study by Lo et al. (2022), serum and urinary NGAL concentrations were found to be significantly elevated in horses with dehydration (mild, moderate, and severe) compared with controls. NGAL remains necessary as a marker for the early detection of renal injury. Urine NGAL and urinary cystatin C concentrations are higher in horses with colic that are at risk of AKI compared with healthy horses, suggesting that these parameters may be suitable for identifying subclinical renal dysfunction (Siwińska et al., 2021; Lo et al., 2022). Because NGAL is expressed not only in renal tubules but also in other organs, concurrent diseases may influence NGAL concentrations. Horses with both renal and inflammatory disease exhibit higher serum NGAL levels than those with renal disease alone (Winther et al., 2023). This may render serum NGAL less sensitive as a stand-alone biomarker for detecting renal pathology (Siwińska et al., 2021). In contrast, urinary NGAL appears to be more specific for predicting AKI when systemic inflammation is present (Lo et al., 2022). Winther et al. (2023) reported significantly higher serum and peritoneal fluid NGAL concentrations in horses with inflammatory abdominal disease and non-strangulating intestinal infarction compared with horses with simple or strangulating intestinal obstruction. Peritoneal fluid NGAL

concentrations were highest in horses with non-strangulating intestinal infarction, suggesting that NGAL may be useful for identifying this condition, which is otherwise difficult to distinguish from other forms of peritonitis. Frydendal et al. (2021) demonstrated that NGAL concentrations increase in synovial fluid (and to a lesser extent in serum) in response to experimentally induced and naturally occurring joint inflammation. These findings suggest that NGAL may serve as a useful biomarker for joint inflammation and infection in horses (Frydendal et al., 2021). Jacobsen et al. (2022) reported that NGAL demonstrates excellent diagnostic accuracy for distinguishing synovial fluid from horses with septic synovitis from that of non-septic cases. NGAL displays a rapid rise-and-fall pattern; synovial fluid (SF) NGAL concentrations peaked 8 hours after experimental LPS injection. This rapid response may make NGAL particularly suitable for the early diagnosis and monitoring of joint inflammation (Frydendal et al., 2021). In accordance with this, SF NGAL concentrations decreased over time in response to treatment (Jacobsen et al., 2022). Hansen et al. (2024) investigated whether NGAL could serve as a potential biomarker in equine asthma (EA). Bronchoalveolar lavage (BAL) fluid NGAL concentrations were significantly higher in horses with EA compared with controls, and BAL NGAL concentrations increased proportionally with disease severity. Furthermore, BAL NGAL concentrations differed significantly between controls and horses with mild-moderate EA (MEA), and between MEA and severe EA (SEA). BAL NGAL concentration was significantly positively correlated with BAL neutrophil counts. No differences in serum NGAL concentrations were identified among EA groups, and serum NGAL showed no correlation with BAL NGAL concentrations or BAL neutrophil counts. Thus, measurement of NGAL concentrations in BAL fluid may serve as a meaningful biomarker for diagnosing EA and assessing disease severity (Hansen et al., 2024). Laurberg et al. (2023) suggested that serum NGAL concentrations may serve as a potential adjunct marker for diagnosing sepsis and predicting outcome in neonatal foals. In their study, serum NGAL concentrations were significantly higher in septic foals compared with non-septic foals, with a reported sensitivity of 71.4% and specificity of 100%. Serum NGAL concentrations were also significantly lower in surviving foals compared with non-survivors. For predicting non-survival, a sensitivity of 39.3% and specificity of 95.2% were determined. Due to its high specificity, serum NGAL may be useful as a *rule-out* biomarker for sepsis or for excluding non-survival in critically ill foals. Serum NGAL showed a statistically significant correlation with Serum Amyloid A (SAA), but not with creatinine. This finding supports the hypothesis that NGAL functions as a marker of inflammation independent of renal disease (Laurberg et al., 2023).

3.7.2 Advantages and Limitations

NGAL has been reported to possess excellent diagnostic accuracy for distinguishing synovial fluid from horses with septic synovitis from that of non-septic cases (Jacobsen et al., 2022). NGAL exhibits a rapid rise-and-fall pattern in response to inflammation. This fast kinetic profile may make NGAL suitable for the early detection and monitoring of inflammatory processes, representing a potential advantage over

traditional biomarkers that respond more slowly (Frydendal et al., 2021). However, due to its rapid kinetics, more frequent sampling may be required to detect acute changes. Because NGAL concentrations can change substantially within a few hours during an inflammatory response, accurate interpretation requires a thorough understanding of its kinetic behavior (Winther et al., 2023). Serum and urinary NGAL concentrations have shown potential for detecting early renal injury in dehydrated horses, outperforming conventional renal biomarkers such as creatinine and BUN (Lo et al., 2022). Nevertheless, NGAL is expressed in multiple tissues—including neutrophils and renal tubular cells—meaning that concurrent diseases may influence NGAL concentrations (Siwińska et al., 2021). NGAL also increases in systemic inflammatory conditions independent of renal injury. For example, dehydrated horses meeting SIRS criteria showed significantly higher serum NGAL concentrations than horses without SIRS. This suggests that serum NGAL may be a less sensitive standalone biomarker for identifying renal disease (Siwińska et al., 2021). The ELISA formats commonly used in NGAL studies are not designed for rapid single-sample analysis and are more suited to research settings requiring batch processing. In situations requiring immediate clinical decision-making—such as equine colic—the usefulness of NGAL would depend on the availability of an assay capable of fast individual-sample processing (Winther et al., 2023). Additionally, the absence of established reference intervals for NGAL in horses remains a limiting factor in its clinical application (Winther et al., 2023).

4. Conclusion

Early and accurate identification of inflammatory processes in horses is crucial for determining appropriate treatment strategies and predicting prognosis. The biomarkers reviewed in this article are complementary, as they reflect different stages and pathophysiological aspects of the inflammatory response. The studies evaluated consistently indicate that no single biomarker provides absolute diagnostic accuracy; however, appropriate combinations can significantly strengthen clinical decision-making.

Serum Amyloid A (SAA) is the major acute phase protein in horses, showing the fastest and most sensitive response to inflammation. Its rapid increase within the first hours after the onset of inflammation, followed by a quick decline as inflammation resolves, makes SAA one of the most valuable biomarkers for the early diagnosis of acute infections. Its rapid kinetics offer a major advantage in clinical conditions such as colic, pneumonia, and synovial infections. However, despite its high sensitivity, its limited etiological specificity restricts its standalone use for differentiating bacterial from viral infections.

Moderate acute phase proteins such as fibrinogen and haptoglobin (Hp) provide valuable information in more slowly developing or chronic forms of inflammation. The fact that fibrinogen increases typically 48–72 hours after the onset of inflammation makes it useful for monitoring subacute and chronic infectious processes. Hp, on the other hand, often remains elevated even after inflammation has resolved, offering a clinical advantage for evaluating residual inflammation. In contrast, C-reactive protein

(CRP) holds limited clinical value in horses due to physiologically high baseline concentrations and a relatively low response to inflammation.

Serum iron, a biochemical parameter exhibiting a negative acute phase response, is notable for its marked decline in systemic inflammatory conditions. Its low cost and ease of measurement make it a practical complementary biomarker; however, its diagnostic specificity is limited by physiological influences such as age, nutrition, and hemolysis. Neutrophil gelatinase-associated lipocalin (NGAL), a more recently investigated biomarker in equine medicine, is considered promising for detecting localized infections because it reflects neutrophil activation.

Hematological indicators—particularly total leukocyte count, neutrophilia, lymphopenia, and the neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR)—are among the fastest and most economical measures of inflammation. However, their diagnostic specificity is limited because they are easily influenced by non-infectious factors such as stress, exercise, and cortisol release. Therefore, interpreting hematologic findings alongside acute phase proteins provides more accurate results both for early diagnosis and for monitoring the clinical course of disease.

Overall, SAA stand out as early-phase biomarkers providing high sensitivity while fibrinogen and Hp serve as valuable complementary indicators for understanding the duration and severity of inflammation. The limited clinical utility of CRP, the low specificity of serum iron despite its affordability, and the still-investigational nature of NGAL indicate that these biomarkers function best as supportive tools. The leukocyte profile, meanwhile, provides the fundamental hematologic framework within which all biomarker results must be interpreted.

In light of these findings, the most accurate diagnostic approach to inflammation in horses is not reliance on a single parameter, but rather the use of integrated biomarker panels that combine acute phase proteins (SAA, Hp, fibrinogen), hematologic indicators (WBC count, NLR), negative APPs (iron), and, when necessary, pro-inflammatory cytokines. Future studies should focus on refining species-specific reference intervals, developing rapid and economical point-of-care assays, and validating the diagnostic performance of biomarker combinations. Such advances will substantially strengthen the management of inflammatory diseases in equine medicine.

References

1. Afsar, I., & Sener, A. G. (2015). Is procalcitonin a diagnostic and/or prognostic marker in sepsis?. *Infectious Diseases in Clinical Practice*, 23(1), 3-6.
2. Aitken, M. R., Stefanovski, D., & Southwood, L. L. (2019). Serum amyloid A concentration in postoperative colic horses and its association with postoperative complications. *Veterinary Surgery*, 48(2), 143-151.
3. Aldred, A. R., & Schreiber, G. (2020). The negative acute phase proteins. In *Acute Phase Proteins Molecular Biology, Biochemistry, and Clinical Applications* (pp. 21-37). CRC Press.
4. Allen, B. V., & Kold, S. E. (1988). Fibrinogen response to surgical tissue trauma in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 20(6), 441-443.
5. Andreassen, S. M., Vinther, A. M. L., Nielsen, S. S., Andersen, P. H., Tnibar, A., Kristensen, A. T., & Jacobsen, S. (2017). Changes in concentrations of haemostatic and inflammatory biomarkers in synovial fluid after intra-articular injection of lipopolysaccharide in horses. *BMC veterinary research*, 13, 1-17.
6. Badolato, R., Wang, J. M., Stornello, S. L., Ponzi, A. N., Duse, M., & Musso, T. (2000). Serum amyloid A is an activator of PMN antimicrobial functions: induction of degranulation, phagocytosis, and enhancement of anti-Candida activity. *Journal of leukocyte biology*, 67(3), 381-386.
7. Bassim, C. W., Redman, R. S., DeNucci, D. J., Becker, K. L., & Nysten, E. S. (2008). Salivary procalcitonin and periodontitis in diabetes. *Journal of dental research*, 87(7), 630-634.
8. Belgrave, R. L., Dickey, M. M., Arheart, K. L., & Cray, C. (2013). Assessment of serum amyloid A testing of horses and its clinical application in a specialized equine practice. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 243(1), 113-119.
9. Biondi, V., Landi, A., Pugliese, M., Merola, G., & Passantino, A. (2022). Inflammatory response and electrocardiographic examination in horses vaccinated against equine herpesvirus (EHV-1). *Animals*, 12(6), 778.
10. Blangy-Letheule, A., Vergnaud, A., Dupas, T., Rozec, B., Lauzier, B., & Leroux, A. A. (2023). Spontaneous sepsis in adult horses: from veterinary to human medicine perspectives. *Cells*, 12(7), 1052.
11. Boakari, Y. L., Esteller-Vico, A., Loux, S., Ali, H. E. S., Fernandes, C. B., Dini, P., ... & Ball, B. A. (2021). Serum amyloid A, Serum Amyloid A1 and Haptoglobin in pregnant mares and their fetuses after experimental induction of placentitis. *Animal reproduction science*, 229, 106766.
12. Bonelli, F., Meucci, V., Divers, T., Radcliffe, R., Jose-Cunilleras, E., Corazza, M., ... & Sgorbini, M. (2015). Evaluation of plasma procalcitonin concentrations in healthy foals and foals affected by septic systemic inflammatory response syndrome. *Journal of Equine Veterinary Science*, 35(8), 645-649.

13. Borba, L. D. A., Nogueira, C. E. W., Bruhn, F. R. P., Da Silva, G. C., Feijó, L. S., Canisso, I. F., & Curcio, B. D. R. (2020). Peripheral blood markers of sepsis in foals born from mares with experimentally induced ascending placentitis. *Veterinary Record*, 187(1), 29-29.
14. Borges, A. S., Divers, T. J., Stokol, T., & Mohammed, O. H. (2007). Serum iron and plasma fibrinogen concentrations as indicators of systemic inflammatory diseases in horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 21(3), 489-494.
15. Brosnahan, M. M., Erb, H. N., Perkins, G. A., Divers, T. J., Borges, A. S., & Osterrieder, N. (2012). Serum iron parameters and acute experimental EHV-1 infection in horses. *Journal of veterinary internal medicine*, 26(5), 1232-1235.
16. Canola, P. A., de Salles, R. F., Daneze, E. R., Sobreira, M. F. R., de Oliveira, B. E., Favero, M. L., & Antonioli, M. L. (2024). Iron-related markers of inflammation in horses with colic. *Journal of Equine Veterinary Science*, 134, 105010.
17. Ceciliani, F., Ceron, J. J., Eckersall, P. D., & Sauerwein, H. (2012). Acute phase proteins in ruminants. *Journal of proteomics*, 75(14), 4207-4231.
18. Chesney, R. W., McCarron, D. M., Haddad, J. G., Hawker, C. D., DiBella, F. P., Chesney, P. J., & Davis, J. P. (1983). Pathogenic mechanisms of the hypocalcemia of the staphylococcal toxic-shock syndrome. *The Journal of laboratory and clinical medicine*, 101(4), 576-585.
19. Chmielewski, P. P., & Strzelec, B. J. F. M. (2018). Elevated leukocyte count as a harbinger of systemic inflammation, disease progression, and poor prognosis: a review. *Folia morphologica*, 77(2), 171-178.
20. Christ-Crain, M., & Müller, B. (2007). Biomarkers in respiratory tract infections: diagnostic guides to antibiotic prescription, prognostic markers and mediators. *European Respiratory Journal*, 30(3), 556-573.
21. Corradini, I., Armengou, L., Viu, J., Rodríguez-Pozo, M. L., Cesarini, C., & Jose-Cunilleras, E. (2014). Parallel testing of plasma iron and fibrinogen concentrations to detect systemic inflammation in hospitalized horses. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 24(4), 414-420.
22. Corradini, I., Armengou, L., Viu, J., Rodríguez-Pozo, M. L., Cesarini, C., & Jose-Cunilleras, E. (2014). Parallel testing of plasma iron and fibrinogen concentrations to detect systemic inflammation in hospitalized horses. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 24(4), 414-420.
23. Corradini, I., Armengou, L., Viu, J., Rodríguez-Pozo, M. L., Cesarini, C., & Jose-Cunilleras, E. (2014). Parallel testing of plasma iron and fibrinogen concentrations to detect systemic inflammation in hospitalized horses. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 24(4), 414-420.
24. Cray, C., & Belgrave, R. L. (2014). Haptoglobin quantitation in serum samples from clinically normal and clinically abnormal horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 34(2), 337-340.
25. Cray, C., Zaias, J., & Altman, N. H. (2009). Acute phase response in animals: a review. *Comparative medicine*, 59(6), 517-526.

26. Crisman, M. V., Scarratt, W. K., & Zimmerman, K. L. (2008). Blood proteins and inflammation in the horse. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 24(2), 285-297.
27. Cywinska, A., Gorecka, R., Szarska, E., Witkowski, L., Dziekan, P., & Schollenberger, A. (2010). Serum amyloid A level as a potential indicator of the status of endurance horses. *Equine Veterinary Journal*, 42, 23-27.
28. Daniel, A. J., Leise, B. S., Burgess, B. A., Morley, P. S., Cloninger, M., & Hassel, D. M. (2016). Concentrations of serum amyloid A and plasma fibrinogen in horses undergoing emergency abdominal surgery. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 26(3), 344-351.
29. Davies, J. (2015). Procalcitonin. *Journal of clinical pathology*.
30. De Cozar, M., Sherlock, C., Knowles, E., & Mair, T. (2020). Serum amyloid A and plasma fibrinogen concentrations in horses following emergency exploratory celiotomy. *Equine Veterinary Journal*, 52(1), 59–66
31. Dellinger, R. P., Levy, M. M., Rhodes, A., Annane, D., Gerlach, H., Opal, S. M., ... & Surviving Sepsis Campaign Guidelines Committee including The Pediatric Subgroup*. (2013). Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock, 2012. *Intensive care medicine*, 39, 165-228.
32. Dondi, F., Lukacs, R. M., Gentilini, F., Rinnovati, R., Spadari, A., & Romagnoli, N. (2015). Serum amyloid A, haptoglobin, and ferritin in horses with colic: association with common clinicopathological variables and short-term outcome. *The Veterinary Journal*, 205(1), 50-55.
33. Donovan, D. C., Jackson, C. A., Colahan, P. T., Norton, N. N., Clapper, J. L., Moore, J. N., & Hurley, D. J. (2007). Assessment of exercise-induced alterations in neutrophil function in horses. *American journal of veterinary research*, 68(11), 1198-1204.
34. 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*, 15(10), 1485.
35. Duggan, V. E., Holyoak, G. R., MacAllister, C. G., & Confer, A. W. (2007). Influence of induction of parturition on the neonatal acute phase response in foals. *Theriogenology*, 67(2), 372-381.
36. Duggan, V. E., Holyoak, G. R., MacAllister, C. G., Cooper, S. R., & Confer, A. W. (2008). Amyloid A in equine colostrum and early milk. *Veterinary immunology and immunopathology*, 121(1-2), 150-155.
37. Eckersall, P. D. (2000). Recent advances and future prospects for the use of acute phase proteins as markers of disease in animals. *Revue de medecine veterinaire*, 151(7), 577-584.
38. Eckersall, P. D., & Bell, R. (2010). Acute phase proteins: Biomarkers of infection and inflammation in veterinary medicine. *The veterinary journal*, 185(1), 23-27.

39. Elsawaf, M. H., El-Mashad, N. E., Salib, F. A., Jaheen, A. H., & El-Sherif, M. A. (2025). Variations of Serum Amyloid A, Haptoglobin, Coagulation Profile, and Venous Blood Gases in Arabian Horses in Different Colic Cases. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 1-13.
40. Faleiros, R., & Belknap, J. (2017). Leukocytes and Inflammatory signaling in laminitis. *Equine Laminitis. 1ed. Hoboken, NJ: Wiley, vp*, 401-436.
41. Fonteque, J. H., Ceccatto, M. L., Bagio, R. M., Schade, J., Saito, M. E., Martins, V. V., ... & Costa, D. (2015). Hematological profile, total plasma protein and fibrinogen concentrations of clinically healthy adult Campeiro horses. *Ciência Rural*, 46(1), 144-149.
42. Frydendal, C., Nielsen, K. B., Berg, L. C., van Galen, G., Adler, D. M., Andreassen, S. M., & Jacobsen, S. (2021). Influence of clinical and experimental intra-articular inflammation on neutrophil gelatinase-associated lipocalin concentrations in horses. *Veterinary Surgery*, 50(3), 641-649.
43. Gatt, M. E., Urieli-Shoval, S., Preciado-Patt, L., Fridkin, M., Calco, S., Azar, Y., & Matzner, Y. (1998). Effect of serum amyloid A on selected in vitro functions of isolated human neutrophils. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 132(5), 414-420.
44. Gonnerman, W. A., Lima, M., Sipe, J. D., Hayes, K. C., & Cathcart, E. S. (1996). The acute phase response in Syrian hamsters elevates apolipoprotein serum amyloid A (apoSAA) and disrupts lipoprotein metabolism. *Amyloid*, 3(4), 261-269.
45. Hansen, S., Otten, N. D., Spang-Hanssen, L., Bendorff, C., & Jacobsen, S. (2024). Neutrophil gelatinase-associated lipocalin as a potential biomarker for equine asthma. *Equine Veterinary Journal*, 56(1), 44-50.
46. Haralambus, R., Florczyk, A., Sigl, E., Gültekin, S., Vogl, C., Brandt, S., ... & Jenner, F. (2022). Detection of synovial sepsis in horses using enzymes as biomarkers. *Equine veterinary journal*, 54(3), 513-522.
47. Harvey, J. W., Asquith, R. L., Sussman, W. A., & Kivipelto, J. (1987). Serum ferritin, serum iron, and erythrocyte values in foals. *Am J Vet Res*, 48(9), 1348-52.
48. Hassanpour, A., & Moghaddam, S. (2023). Evaluation of serum concentration of acute-phase proteins (haptoglobin and serum amyloid A) in the affected Arabian foals with rhodococcosis. *Veterinary Medicine and Science*, 9(1), 144-149.
49. Henriquez-Camacho, C., & Losa, J. *Biomarkers for Sepsis. BioMed research international. 2014; 2014: 547818*. Epub 2014/05/07. PubMed Central PMCID: PMC3985161. doi: 10.1155/2014/547818 PMID: 24800240.
50. Hepworth-Warren, K. L., Estell, K., Cowles, B., Amodie, D., & Crisman, M. (2023). Utility of serum amyloid A in monitoring clinical response to antimicrobial treatment in horses with bacterial pneumonia. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 37(5), 1917-1922.
51. Hildebrandt, D., Venner, M., Hart, K. A., & Berghaus, L. (2025). Plasma C-reactive protein and interleukin-6 concentrations in foals during health and respiratory disease. *Equine Veterinary Journal*.

- 52.Hildebrandt, D.,& Venner, M. (2024). Kinetic of acute-phase proteins in foals—a review. *Pferdeheilkunde—Equine Medicine*, 40(5).
- 53.Hobo, S., Niwa, H., & Anzai, T. (2007). Evaluation of serum amyloid A and surfactant protein D in sera for identification of the clinical condition of horses with bacterial pneumonia. *Journal of Veterinary Medical Science*, 69(8), 827-830.
- 54.Honda, K., & Littman, D. R. (2016). The microbiota in adaptive immune homeostasis and disease. *Nature*, 535(7610), 75-84.
- 55.Hulten, C., Sandgren, B., Skiöldebrand, E., Klingeborn, B., Marhaug, G., & Forsberg, M. (1999). The acute phase protein serum amyloid A (SAA) as an inflammatory marker in equine influenza virus infection. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 40(4), 323.
- 56.Hulten, C., Sletten, K., Bruun, C. F., & Marhaug, G. (1997). The acute phase serum amyloid A protein (SAA) in the horse: isolation and characterization of three isoforms. *Veterinary immunology and immunopathology*, 57(3-4), 215-227.
- 57.Hulten, C.,& Demmers, S. (2002). Serum amyloid A (SAA) as an aid in the management of infectious disease in the foal: comparison with total leucocyte count, neutrophil count and fibrinogen. *Equine Veterinary Journal*, 34(7), 693-698.
- 58.Husebekk, A., Husby, G., Sletten, K., Marhaug, G., & Nordstoga, K. (1986). Characterization of amyloid protein AA and its serum precursor SAA in the horse. *Scandinavian Journal of Immunology*, 23(6), 703-709.
- 59.Jacobsen, S. (2007, January). Review of equine acute-phase proteins. In *Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners* (Vol. 53, pp. 230-235).
- 60.Jacobsen, S. (2023). Use of serum amyloid A in equine medicine and surgery. *Veterinary clinical pathology*, 52, 8-18.
- 61.Jacobsen, S., Adler, D. M. T., Bundgaard, L., Sørensen, M. A., Andersen, P. H., & Bendixen, E. (2014). The use of liquid chromatography tandem mass spectrometry to detect proteins in saliva from horses with and without systemic inflammation. *The Veterinary Journal*, 202(3), 483-488.
- 62.Jacobsen, S., Mortensen, C. D., Høj, E. A., Vinther, A. M., Berg, L. C., Adler, D. M. T., ... & van Galen, G. (2022). Neutrophil gelatinase-associated lipocalin in synovial fluid from horses with and without septic arthritis. *Animals*, 13(1), 29.
- 63.Jacobsen, S., Niewold, T. A., Halling-Thomsen, M., Nanni, S., Olsen, E., Lindegaard, C., & Andersen, P. H. (2006). Serum amyloid A isoforms in serum and synovial fluid in horses with lipopolysaccharide-induced arthritis. *Veterinary immunology and immunopathology*, 110(3-4), 325-330.

64. Jacobsen, S., Vinther, A. M., Kjelgaard-Hansen, M., & Nielsen, L. N. (2019). Validation of an equine serum amyloid A assay with an unusually broad working range. *BMC veterinary research*, 15(1), 1-9.
65. Jacobsen, S., & Andersen, P. H. (2007). The acute phase protein serum amyloid A (SAA) as a marker of inflammation in horses. *Equine Veterinary Education*, 19(1), 38-46.
66. Ko, Y. P., & Flick, M. J. (2016, June). Fibrinogen is at the interface of host defense and pathogen virulence in *Staphylococcus aureus* infection. In *Seminars in thrombosis and hemostasis* (Vol. 42, No. 04, pp. 408-421). Thieme Medical Publishers.
67. Koziy, R. V. (2024). *Biomarkers for the Eradication of Infection in Equine Septic Arthritis* (Doctoral dissertation).
68. Kushner, I., & Mackiewicz, A. (2020). The acute phase response: an overview. In *Acute Phase Proteins Molecular Biology, Biochemistry, and Clinical Applications* (pp. 3-19). CRC Press.
69. Labelle, A. L., Hamor, R. E., Macneill, A. L., Lascola, K. M., Breaux, C. B., & Tolar, E. L. (2011). Effects of ophthalmic disease on concentrations of plasma fibrinogen and serum amyloid A in the horse. *Equine veterinary journal*, 43(4), 460-465.
70. Lambert, J. L., Fernandez, N. J., & Roy, M. F. (2016). Association of presence of band cells and toxic neutrophils with systemic inflammatory response syndrome and outcome in horses with acute disease. *Journal of veterinary internal medicine*, 30(4), 1284-1292.
71. Laurberg, M., Saegerman, C., Jacobsen, S., Berg, L. C., Laursen, S. H., Hoeberg, E., ... & van Galen, G. (2023). Use of admission serum neutrophil gelatinase-associated lipocalin (NGAL) concentrations as a marker of sepsis and outcome in neonatal foals. *PLoS One*, 18(5), e0285819.
72. Lawson, A. L., Malalana, F., & Mair, T. S. (2023). Larval cyathostomiasis: Clinicopathological data and treatment outcomes of 38 hospitalised horses (2009–2020). *Equine Veterinary Education*.
73. Lester, S. J., Mollat, W. H., & Bryant, J. E. (2015). Overview of clinical pathology and the horse. *Veterinary Clinics: Equine Practice*, 31(2), 247-268.
74. Lilliehöök, I., Bröjer, J., Nostell, K., Kindahl, H., Tvedten, H. W., Edner, A., & Hagman, R. (2020). Hematologic, prostaglandin F₂ α -metabolite, serum amyloid A, and serum iron changes in horses with experimentally induced endotoxemia. *Veterinary clinical pathology*, 49(2), 319-325.
75. Lindhorst, E., Young, D., Bagshaw, W., Hyland, M., & Kisilevsky, R. (1997). Acute inflammation, acute phase serum amyloid A and cholesterol metabolism in the mouse. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Protein Structure and Molecular Enzymology*, 1339(1), 143-154.
76. Lo, H. C., Winter, J. C., Merle, R., & Gehlen, H. (2022). Neutrophil gelatinase-associated lipocalin in dehydrated horses: A prospective case-control study.

- 77.Lobanov, V. A., Peckle, M., Massard, C. L., Brad Scandrett, W., & Gajadhar, A. A. (2018). Development and validation of a duplex real-time PCR assay for the diagnosis of equine piroplasmiasis. *Parasites & vectors*, 11(1), 125.
- 78.Ludwig, E. K., Hobbs, K. J., McKinney-Aguirre, C. A., & Gonzalez, L. M. (2023). Biomarkers of intestinal injury in colic. *Animals*, 13(2), 227.
- 79.Luyendyk, J. P., Schoenecker, J. G., & Flick, M. J. (2019). The multifaceted role of fibrinogen in tissue injury and inflammation. *Blood, The Journal of the American Society of Hematology*, 133(6), 511-520.
- 80.Malle, E., Bollmann, A., Steinmetz, A., Gemsa, D., Leis, H.-J. and Sattler, W. (1997) Serum amyloid A (SAA) protein enhances formation of cyclooxygenase metabolites of activated human monocytes. *FEBS Lett.* 419, 215-219.
- 81.Martín-Cuervo, M., Gracia-Calvo, L. A., Macías-García, B., Ezquerro, L. J., & Barrera, R. (2022). Evaluation of Eosinopenia as a SIRS Biomarker in Critically Ill Horses. *Animals*, 12(24), 3547.
- 82.McDonald, T. L., Larson, M. A., Mack, D. R., & Weber, A. (2001). Elevated extrahepatic expression and secretion of mammary-associated serum amyloid A 3 (M-SAA3) into colostrum. *Veterinary immunology and immunopathology*, 83(3-4), 203-211.
- 83.Meichner, K., Kraszeski, B. H., Durrant, J. R., Grindem, C. B., Breuhaus, B. A., Moore, P. F., ... & Tarigo, J. L. (2017). Extreme lymphocytosis with myelomonocytic morphology in a horse with diffuse large B-cell lymphoma. *Veterinary clinical pathology*, 46(1), 64-71.
- 84.Migliorisi, A., Nottle, B., Smanik, L. E., Nout-Lomas, Y. S., & Hassel, D. M. (2025). Retrospective Evaluation of Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio in Horses That Required Emergency Laparotomy: 341 Cases of Noninfectious Causes of Gastrointestinal Colic (2019–2024). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 35(4), 378-385.
- 85.Mittelman, N. S., Stefanovski, D., & Johnson, A. L. (2018). Utility of C-reactive protein and serum amyloid A in the diagnosis of equine protozoal myeloencephalitis. *Journal of veterinary internal medicine*, 32(5), 1726-1730.
- 86.Moore, J. N., & Vandenplas, M. L. (2014). Is it the systemic inflammatory response syndrome or endotoxemia in horses with colic?. *Veterinary Clinics: Equine Practice*, 30(2), 337-351.
- 87.Motta, R. G., Martins, L. D. S. A., Silva, R. C. D., Portilho, F. V. R., Guerra, S. T., Mota, A. D. R., ... & Ribeiro, M. G. (2020). Etiology, multidrug resistance, and acute-phase proteins biomarkers as in equine septic arthritis. *Ciência Rural*, 50(12), e20200386.
- 88.Moya, F, Nieto, A. & R-Candela, J. L. (1975) Calcitonin biosynthesis: evidence for a precursor. *European Journal of Biochemistry*, 55(2), 407-413. DOI: 10.1111/j.1432-1033.1975.tb02176.x

89. Müller, B., White, J. C., Nylén, E. S., Snider, R. H., Becker, K. L., & Habener, J. F. (2001). Ubiquitous expression of the calcitonin-i gene in multiple tissues in response to sepsis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(1), 396-404.
90. Nieman, N. M., & Chan, D. S. (2022). Comparison of the diagnostic predictability of serum amyloid A, white blood cell count and immunoglobulin G tests as indicators of early-onset, acute-phase morbidities in newborn foals. *Equine Veterinary Education*, 34(12), e533-e539.
91. Oertly, M., Gerber, V., Anhold, H., Chan, D. S., & Pusterla, N. (2021). The accuracy of serum amyloid A in determining early inflammation in horses after long-distance transportation by air. *Journal of equine veterinary science*, 97, 103337.
92. Onyiche, T. E., Sukanuma, K., Igarashi, I., Yokoyama, N., Xuan, X., & Thekiso, O. (2019). A review on equine piroplasmiasis: epidemiology, vector ecology, risk factors, host immunity, diagnosis and control. *International journal of environmental research and public health*, 16(10), 1736.
93. Ortolani, F., Nannarone, S., Scilimati, N., & Gialletti, R. (2021). Successful surgical and medical management of a pararectal abscess in a horse. *Journal of Equine Veterinary Science*, 99, 103387.
94. Otsuka, M., Murakami, Y., Hirata, H., Okamoto, M., & Suzuki, K. (2025). The diagnostic ability of serum Fe concentrations as a marker of inflammation in horses.
95. Özdek, U., Oğuz, B., Kömüröğlü, A. U., & Değer, Y. (2020). Determination of the levels of serum oxidative indicator, cytokine and some biochemical parameters in horses naturally infected with *Theileria equi*. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 67(3), 257-263.
96. Paltrinieri, S., Giordano, A., Villani, M., Manfrin, M., Panzani, S., & Veronesi, M. C. (2008). Influence of age and foaling on plasma protein electrophoresis and serum amyloid A and their possible role as markers of equine neonatal septicaemia. *The Veterinary Journal*, 176(3), 393-396.
97. Paltrinieri, S., Giordano, A., Villani, M., Manfrin, M., Panzani, S., & Veronesi, M. C. (2008). Influence of age and foaling on plasma protein electrophoresis and serum amyloid A and their possible role as markers of equine neonatal septicaemia. *The Veterinary Journal*, 176(3), 393-396.
98. Passamonti, F., Vardi, D. M., Stefanetti, V., Marenzoni, M. L., Prato, S., Cévese, P., ... & Olea-
99. Pihl, T. H., Andersen, P. H., Kjelgaard-Hansen, M., Mørck, N. B., & Jacobsen, S. (2013). Serum amyloid A and haptoglobin concentrations in serum and peritoneal fluid of healthy horses and horses with acute abdominal pain. *Veterinary Clinical Pathology*, 42(2), 177-183.
100. Pihl, T. H., Scheepers, E., Sanz, M., Goddard, A., Page, P., Toft, N., ... & Jacobsen, S. (2016). Acute-phase proteins as diagnostic markers in horses with colic. *Journal of veterinary emergency and critical care*, 26(5), 664-674.

101. Pilati, N., Corsalini, J., Beccati, F., Nannarone, S., & Gialletti, R. (2017). Surgical treatment of an abdominal abscess caused by a migrating iron wire from the ventral colon, a case report. *Journal of Equine Veterinary Science*, 54, 103-106.
102. Popelka, F. (2015). Rhodococcus equi pneumonia in foals: an assessment of the early diagnostic value of serum amyloid A and plasma fibrinogen concentrations in equine clinical practice. *The Veterinary Journal*, 203(2), 211-218.
103. Rhodes, D. M., & Madrigal, R. (2021). Management of Colic in the Field. *Veterinary Clinics: Equine Practice*, 37(2), 421-439.
104. Ricciotti, E., & FitzGerald, G. A. (2011). Prostaglandins and inflammation. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 31(5), 986-1000.
105. Ruggerone, B., Paltrinieri, S., Giordano, A., Scavone, D., Nocera, I., Rinnovati, R., ... & Sgorbini, M. (2020). Paraoxonase-1 activity evaluation as a diagnostic and prognostic marker in horses and foals. *Journal of veterinary internal medicine*, 34(2), 949-954.
106. Runge, K. E., Bak, M., Vestergaard, A., Stærk-Østergaard, J., Jacobsen, S., & Pihl, T. H. (2023). Serum amyloid A does not predict non-survival in hospitalised adult horses with acute colitis. *Veterinary Record*, 192(7), no-no.
107. Russell, E. B., Courtman, N. F., Santos, L. L., & Tennent-Brown, B. S. (2021). Fibrinogen heterogeneity in horses. *Journal of veterinary internal medicine*, 35(2), 1131-1139.
108. Ryan, C., Giguère, S., Fultz, L., Long, M. T., & Crawford, P. C. (2010). Effects of two commercially available immunostimulants on leukocyte function of foals following ex vivo exposure to Rhodococcus equi. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 138(3), 198-205.
109. Salciccia, A., Sandersen, C., Grulke, S., de la Rebière de Pouyade, G., Caudron, I., SerTEYN, D., & Detilleux, J. (2013). Sensitivity and specificity of blood leukocyte counts as an indicator of mortality in horses after colic surgery. *Veterinary Record*, 173(11), 267-267.
110. Sanmartí, J., Armengou, L., Viu, J., Alguacil, E., Civit, S., Ríos, J., & Jose-Cunilleras, E. (2020). Plasma iron concentrations and systemic inflammatory response syndrome in neonatal foals. *Journal of veterinary internal medicine*, 34(3), 1325-1331.
111. Satué, K., Muñoz, A., & Gardón, J. C. (2014). Interpretation of the equine leukogram. *Journal of Hematology Research*, 1(1), 27-35.
112. Sevgisunar, N. S., & Şahinduran, Ş. (2014). Acute phase proteins in animals: their uses and clinical significance. Mehmet Akif Ersoy University Journal of Health Sciences Institute, 2(1), 50-72.
113. Siwińska, N., Żak, A., & Paśławska, U. (2021). Evaluation of serum and urine neutrophil gelatinase-associated lipocalin and cystatin C as biomarkers of acute kidney injury in horses. *Journal of veterinary research*, 65(2), 245.

114. Stoneham, S. J., Palmer, L., Cash, R., & Rosedale, P. D. (2001). Measurement of serum amyloid A in the neonatal foal using a latex agglutination immunoturbidimetric assay: determination of the normal range, variation with age and response to disease. *Equine Veterinary Journal*, 33(6), 599-603.
115. Strimbu, K., & Tavel, J. A. (2010). What are biomarkers?. *Current Opinion in HIV and AIDS*, 5(6), 463.
116. Taylor, S. (2015). A review of equine sepsis. *Equine Veterinary Education*, 27(2), 99-109.
117. Thurston, C. C., Stefanovski, D., MacKinnon, M. C., Chapman, H. S., Richardson, D. W., & Levine, D. G. (2022). Serum amyloid A and fibrinogen as markers for early detection of surgical site infection associated with internal fixation in the horse. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 960865.
118. Tothova, C. S., Nagy, O., & Kovac, G. A. B. R. I. E. L. (2014). Acute phase proteins and their use in the diagnosis of diseases in ruminants: a review. *Veterinárni medicína*, 59(4), 163-180.
119. Uhlar, C. M., & Whitehead, A. S. (1999). Serum amyloid A, the major vertebrate acute-phase reactant. *European journal of biochemistry*, 265(2), 501-523.
120. Ulgen, S., Yaramis, C. P., Rayaman, E., Gurer, U. S., Or, M. E., & Sehirli, A. O. (2014). Effects of inactivated Parapoxvirus ovis on polymorphonuclear leukocyte function and myeloperoxidase activity in horses. *Veterinárni medicína*, 59(12).
121. Vallon, R., Freuler, F., Desta-Tsedu, N., Robeva, A., Dawson, J., Wenner, P., ... & Baumann, G. (2001). Serum amyloid A (apoSAA) expression is up-regulated in rheumatoid arthritis and induces transcription of matrix metalloproteinases. *The Journal of Immunology*, 166(4), 2801-2807.
122. Vandenplas, M. L., Moore, J. N., Barton, M. H., Roussel, A. J., & Cohen, N. D. (2005). Concentrations of serum amyloid A and lipopolysaccharide-binding protein in horses with colic. *American journal of veterinary research*, 66(9), 1509-1516.
123. Viner, M., Mazan, M., Bedenice, D., Mapes, S., & Pusterla, N. (2017). Comparison of serum amyloid A in horses with infectious and noninfectious respiratory diseases. *Journal of Equine Veterinary Science*, 49, 11-13.
124. Vreugdenhil, A. C., Dentener, M. A., Snoek, A. M., Greve, J. W. M., & Buurman, W. A. (1999). Lipopolysaccharide binding protein and serum amyloid A secretion by human intestinal epithelial cells during the acute phase response. *The Journal of Immunology*, 163(5), 2792-2798.
125. Wagner, K. E., Martinez, J. M., Vath, S. D., Snider, R. H., Nylén, E. S., Becker, K. L., ... & White, J. C. (2002). Early immunoneutralization of calcitonin precursors attenuates the adverse physiologic response to sepsis in pigs. *Critical care medicine*, 30(10), 2313-2321.

126. Wiedermann, F. J., Kaneider, N., Egger, P., Tiefenthaler, W., Wiedermann, C. J., Lindner, K. H., & Schobersberger, W. (2002). Migration of human monocytes in response to procalcitonin. *Critical care medicine*, 30(5), 1112-1117.
127. Winther, M. F., Haugaard, S. L., Pihl, T. H., & Jacobsen, S. (2023). Concentrations of neutrophil gelatinase-associated lipocalin are increased in serum and peritoneal fluid from horses with inflammatory abdominal disease and non-strangulating intestinal infarctions. *Equine veterinary journal*, 55(3), 426-434.
128. Witkowska-Piłaszewicz, O. D., Żmigrodzka, M., Winnicka, A., Miśkiewicz, A., Strzelec, K., & Cywińska, A. (2019). Serum amyloid A in equine health and disease. *Equine veterinary journal*, 51(3), 293-298.
129. Zabrecky, K. A., Slovis, N. M., Constable, P. D., & Taylor, S. D. (2015). Plasma C-reactive protein and haptoglobin concentrations in critically ill neonatal foals. *Journal of veterinary internal medicine*, 29(2), 673-677.

Стаття надійшла до редакції 21 січня 2026 року

Стаття пройшла рецензування 24 лютого 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.11

УДК 619:616.5-006:611.77:636.7

Каміла Рустамова,

ЗВО 5 курсу навчання,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет,

м. Дніпро, Україна

ORCID ID: 0009-0003-3292-8065

e-mail: rustamova.k.vet@gmail.com

Віта Логвінова,

кандидатка ветеринарних наук, доцентка,

доцентка кафедри анатомії, гістології і патоморфології тварин,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет,

м. Дніпро, Україна

ORCID ID: 0000-0002-2084-6850

e-mail: lohvinova.v.v@dsau.dp.ua

ТРИХОЕПТЕЛІОМА У СОБАКИ (КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК)

Анотація.

У статті наведено клінічний випадок трихоепітеліоми у кобеля Барона породи бернський зіненхунд віком 8 років. Показано, що встановлення остаточного діагнозу новоутворень шкіри у собак потребує комплексного клінічного, інструментального та морфологічного обстеження. Після збору анамнезу та проведення клінічного огляду у тварини виявлено солітарне вузлове утворення шкіри щільної консистенції, без ознак болючості, з повільним прогресуючим ростом. Загальний стан тварини оцінено як задовільний. Метою нашого дослідження було вивчити клінічні, морфологічні та гістологічні особливості трихоепітеліоми в конкретному клінічному випадку та оцінити ефективність комплексного підходу до діагностики і лікування новоутворень шкіри. З діагностичною метою було проведено загальний та біохімічний аналізи крові, цитологічне дослідження пунктату новоутворення, рентген та КТ дослідження. Остаточний діагноз встановлено на підставі результатів гістологічного дослідження після хірургічного видалення пухлини, яке підтвердило її походження з епітелію волосяних фолікулів, характерне для трихоепітеліоми. В даному випадку важливим моментом є те, що доброякісна пухлина (трихоепітеліома) має інвазивний ріст, що негативно впливало на стан здоров'я тварини. Основним методом лікування обрано хірургічне видалення новоутворення в межах здорових тканин. У післяопераційний період тварині призначено антибактеріальну та протизапальну терапію, а також анальгетики з урахуванням маси тіла та загального стану. Особливу увагу приділено контролю загоєння операційної рани та профілактиці післяопераційних ускладнень. Проведене лікування забезпечило повне клінічне одужання тварини. Післяопераційний період перебігав без ускладнень. Собаку виписали у задовільному стані. Власникам надано рекомендації щодо регулярного клінічного моніторингу з метою своєчасного виявлення можливих рецидивів новоутворень шкіри. Дані наших досліджень мають практичну цінність, показують позитивні результати при проведенні комплексної діагностики і лікуванні трихоепітеліоми.

Ключові слова: трихоепітеліома; шкірна пухлина; волосяний фолікул; гістологія; лікування; собака.

Вступ. Новоутворення шкіри у собак зустрічаються все частіше в останні роки у ветеринарній дерматологічній практиці, саме тому їх відносять до групи малопоширених пухлин [4]. Фолікулярні пухлини та пухлиноподібні зміни склали 10,4 % усіх шкірних пухлин у собак і 8,1 % — у котів [1]. Причини збільшення частоти даної патології є різноманітними: це можуть бути як місцеві травми шкіри, а також порушення роботи ендокринної та імунної систем, так і більш масштабні процеси, підвищення рівня сонячної радіації, погіршення екологічної ситуації в регіоні.

Трихоепітеліома є доброякісним новоутворенням, що виникає з епітелію волосяного фолікула і характеризується частковим або атипичним процесом трихогенезу, з тенденцією до формування волосяних структур та чіткими межами [3]. У ветеринарній практиці ця пухлина частіше діагностується у собак і значно рідше — у кішок. У собак трихоепітеліома може виникати у будь-якому віці від 1 до 15 років, проте найбільше випадків реєструють у тварин віком 5–9 років. Породи, що схильні до розвитку трихоепітеліоми, включають ірландського сетера, таксу, бульмастіфа, шотландського сетера, німецького догу та бассет-хаунда. Серед кішок порода схильність відзначена переважно у персидських. Клінічно трихоепітеліома у собак зазвичай малопомітна, проте в окремих випадках може проявлятися у вигляді вузлів або бляшок на шкірі, що супроводжуються змінами епідермісу та дерми. Незважаючи на доброякісний характер пухлини, її гістологічні ознаки іноді нагадують базальноклітинну карциному, що ускладнює диференційну діагностику.

Диференційна діагностика злоякісних і доброякісних пухлин шкіри, не дивлячись на стрімкий розвиток ветеринарної онкоморфології, залишає багато запитань. Досить часто практикуючі ветеринарні лікарі не достатньо уваги приділяють доброякісним пухлинам шкіри, так як вони не несуть значної небезпеки для здоров'я тварин, і можуть спричинити незначні пошкодження, що мало впливає на самопочуття пацієнта [3]. Діагностика шкірних новоутворень ускладнюється через їх різноманітність клінічних проявів та гістологічних типів [7]. Кожна пухлина має індивідуальний склад і специфічні патофізіологічні властивості, що обумовлюють велику кількість нозологічних форм. Надійною класифікацією новоутворень шкіри вважають ту, яка базується на цитогенетичних принципах з урахуванням морфологічної будови, локалізації та структурних особливостей. Водночас, причини та механізми розвитку більшості шкірних пухлин залишаються до кінця невивченими [6]. Вважають, що класифікація пухлин шкіри ускладнена через складну морфологію шарів шкіри, наявність ектодермальних і мезодермальних компонентів, а також специфічні структурні й фізіологічні особливості шкіри різних видів та порід тварин [3]. На сьогодні для систематизації використовують гістологічну класифікацію пухлин шкіри, запропоновану ВООЗ, а для підтвердження діагнозу застосовують комплекс гістологічних та гістохімічних методів дослідження.

Найбільш інформативними методами діагностики ТЕ є гістологічне дослідження та імуногістохімія, які дозволяють оцінити структуру пухлини, характер фолікулярної диференціації та стромально-паренхімальні взаємодії [3]. Своєчасна діагностика є ключем до правильного вибору тактики лікування: зазвичай застосовують хірургічне видалення пухлини, при цьому консервативні методи обмежуються випадками дрібних безсимптомних утворень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Трихоепітеліома частіше діагностується у собак, значно рідше — у котів [3]. Частота виявлення трихоепітеліом у собак складає приблизно 3%, у котів — менше 0,5% [6]. У Японії перші випадки трихоепітеліоми у котів були зареєстровані нещодавно, що відображає рідкісність пухлини та обмежену кількість публікацій [8]. Гістологічно трихоепітеліоми складаються з розширених кіст, що нагадують нормальні волосяні фолікули. У стінках і просвітах кіст спостерігається розмноження базалоїдних і «примарних» клітин, що характерно для цього типу пухлини [4]. Базалоїдні клітини утворюють щільні групи, а примарні клітини формують без'ядерні або частково кератинізовані елементи, відображаючи різні стадії диференціації клітин фолікула [2]. Цитологічно трихоепітеліоми проявляють два основні варіанти: один із переважанням базалоїдних клітин з ознаками кератинізації, інший — із домінуванням кератинізованих без'ядерних і ядерних плоских клітин у структурі кіст [2,9]. Ці ознаки дозволяють попередньо диференціювати їх від інших доброякісних фолікулярних пухлин, таких як трихобластоми або інфундибулярні акантоми [3,6].

Клінічно трихоепітеліоми зазвичай не агресивні, локалізуються на шкірі тулуба, голови або кінцівок, можуть бути поодинокими або множинними і переважно зустрічаються у дорослих тварин середнього та старшого віку [7]. У собак пухлини частіше спостерігаються у певних породах, що свідчить про генетичну схильність. У котів точна епідеміологія залишається невизначеною через обмежену кількість повідомлень [1].

Вивчення морфологічних і цитологічних ознак трихоепітеліоми (таб.1) дозволяє диференціювати її від інших фолікулярних пухлин і кіст ще на етапі цитологічного дослідження, що підвищує точність діагностики та покращує прогноз для власників тварин [10].

Табл. 1.

Порівняльна характеристика фолікулярних пухлин

Пухлина/кіста	Цитологічні ознаки	Гістологічні ознаки
Трихоепітеліома	Базалоїдні клітини ± кератинізація, примарні клітини, без'ядерні плоскі клітини	Розширені кістоподібні структури, базалоїдні і примарні клітини, що формують стінки кіст
Трихобластома	Рожевий матрикс з веретеноподібними клітинами, компактні кластери базалоїдних клітин	Кістоподібні та тубулярні структури, щільний базалоїдний компонент
Фолікулярна кіста	Кератинізовані без'ядерні та ядерні плоскі клітини, рідко базалоїдні клітини	Одношарова або багат шарова стінка фолікулярного походження, порожнина заповнена кератином

Метою нашого дослідження було вивчення клінічних проявів, морфологічних та гістологічних особливостей трихоепітеліоми у собак, а також оцінка ефективності комплексного підходу до її діагностики та лікування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Досліджували кобеля кличка Барон, породи бернський зіненхунд, 8 річного віку, не кастрованого. Діагностичні та терапевтичні заходи проводилися на базі ветеринарного центру LAPAVET міста Дніпро (Україна). Патоморфологічні дослідження матеріалу виконувалося на кафедрі анатомії, гістології та патоморфології тварин Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Діагностика трихоепітеліоми проводилася комплексно з урахуванням анамнезу, попередніх клінічних спостережень, результатів цитологічного дослідження та додаткових методів, включно з КТ діагностикою. Після хірургічного видалення пухлини проводилося патоморфологічне дослідження матеріалу.

Під час клінічного огляду приділялася увага локалізації, розміру, консистенції пухлини та стану навколишніх тканин. Комп'ютерна томографія (КТ) проводилася з метою оцінки локального та системного поширення патологічного процесу. Для дослідження використовувався багат шаровий томограф Siemens SOMATOM Definition AS. Сканування виконувалося у стандартних та контрастних режимах із внутрішньовенним введенням контрастної речовини для підвищення візуалізації пухлинних утворень, судин та регіональних лімфатичних вузлів. КТ-дослідження включало обстеження первинної пухлини, прилеглих тканин, регіональних лімфатичних вузлів, а також органів грудної, черевної та тазової порожнин з метою виявлення віддалених метастазів та оцінки локальної інвазії.

Оцінку метастатичного ураження кісток та поширеності пухлини проводили за допомогою цифрової рентгенографічної системи Siemens Multix Fusion у стандартних прямій та бічній проєкціях. Аналізували цілісність кісток, щільність тканини, наявність остеолітичних змін, переломів чи деформацій та ознаки інвазії пухлини. Результати використовували для оцінки локалізованого або агресивного характеру процесу.

Гематологічні та біохімічні дослідження крові проводили в лабораторії на базі ветеринарного центру «LAPAVET» на гематологічному ветеринарному аналізаторі ABAXIS Vetscan HM5 (гематологія) та ABAXIS Vetscan VS2 (біохімія).

Цитологічне дослідження проводили методикою тонкогілкової безаспіраційної біопсії та фарбували швидким барвником LeucoDiff (модифікований барвник Райта).

Після хірургічного видалення з патологічного матеріалу були виготовлені мікропрепарати: фіксація тканин: 10% формалін. Зневоднення, ущільнення, виготовлення парафінових блоків (заливка Paraplast Bulk / Leica Biosystems). Мікротомування (леза Patho Cutter-II); товщина гістологічних зрізів: 3-5 мкм. Синтетичний бальзам (Histofluid). Забарвлення зрізів: гематоксилін та еозин, толуїдиновий синій.

Аналіз отриманих результатів проводили під світловим мікроскопом Micromed ХС-3330 (×40, ×100, ×400, ×1000). Мікрофотографії отримували за допомогою цифрової камери Micromed MDS 500 та програмного забезпечення для обробки зображень.

Під час загального огляду тварини в проекції лівого колінного суглобу було виявлено об'ємне екзофітне новоутворення з вираженою деструкцією поверхневих тканин.

Макроскопічно пухлина має неправильну, частково лобулярну форму з нерівною, виразковою поверхнею. Орієнтовні розміри утворення становлять близько 10,0–12,0 см у довжину, 7,0–8,0 см у ширину та до 4,5–5,0 см у висоту над рівнем навколишньої шкіри. Основа широка, з ознаками інфільтрації прилеглих тканин.

Поверхня пухлини волога, з множинними ерозіями та ділянками некрозу. Спостерігається постійна капілярна кровоточивість; наявні свіжі кров'яні виділення. Відзначається значна кількість густого, серозно-гнійного ексудату з різким зловонним запахом, що свідчить про вторинну бактеріальну контамінацію та некротично-запальний процес.

Шкіра навколо новоутворення алопеційна, гіперемована, місцями мацерована ексудатом. Пальпаторно пухлина має щільно-еластичну консистенцію з окремими м'якими ділянками (ймовірні зони некрозу). Локально визначається підвищення температури тканин порівняно з контралатеральною ділянкою, що корелює з активним запальним компонентом та інтенсивною васкуляризацією.

На огляді тварина пригнічена, зі слів власників — має поганий апетит, апатична. Температура тіла тварини на момент первинного огляду становить 41,0°C.



А

Б

Рис. 1. Макроскопічний вигляд новоутворення на первинному огляді в декількох проєкціях.

Для уточнення діагнозу та призначення лікування тварині рекомендовано провести додаткові обстеження: цитологічне дослідження аспірату з ураженої ділянки, загальний та біохімічний аналіз крові, аналіз сечі, рентген та КТ-діагностику.

Було проведено цитологічне дослідження для планування подальшого алгоритму діагностики хірургічного лікування (ширина резекції та радикальність хірургії).

У досліджуваному аспіраті виявили: характер фону в'язкий, з включеннями деградованого детриту, нейтрофільним запальним компонентом, некротичними змінами, еритроцитами. Аморфні включення: відсутні. Клітинний склад: чисельні епітеліальні клітини різного ступеню зрілості, як зібрані в пласти, так і поодинокі (рис.2). Поодинокі багатоядерні клітини. Велика кількість клітин запалення (нейтрофіли сегментоядерні, поодинокі лімфоцити). Морфологія атипичних клітин: клітини епітелію помірно збільшені, виражений поліморфізм, цитоплазма базофільна, місцями вакуолізована. Міжклітинні контакти щільні.

Результати цитологічного дослідження виявились неоднозначними. Основними диференціалами стали: трихобластома, базально-клітинна карцинома, трихоепітеліома, піломатриксама, плоскоклітинна карцинома. Не виключеною також була і преаналітична помилка.

З урахуванням клінічної динаміки, обмеженого часу та постійного ризику сепсису було прийняте рішення відмовитись від інцизійної біопсії для встановлення точного діагнозу та одразу перейти до планування хірургічного втручання з подальшим гістологічним дослідженням патологічного матеріалу.

Фолікулярні пухлини та кісти є одними з найбільш поширених шкірних уражень у собак і різняться за клітинним походженням (матричні, перешийкові або інфундибулярні клітини) та типом синтезованого кератину. Для їх точної диференціації зазвичай необхідне гістопатологічне дослідження, оскільки ці утворення часто мають схожі цитологічні характеристики [2,11].

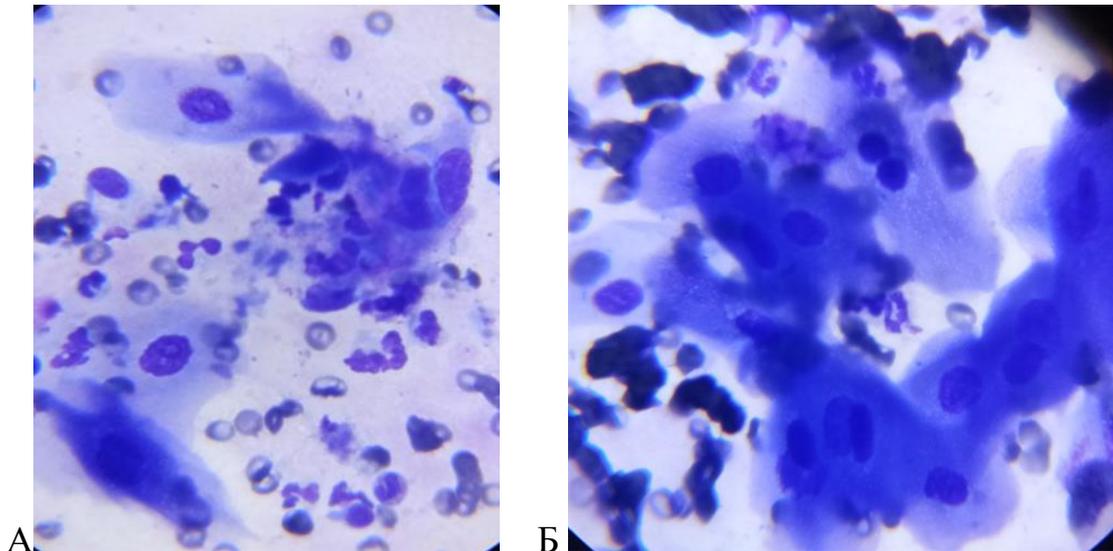


Рис. 2. Скупчення епітеліальних клітин різного ступеня зрілості з розрідженою цитоплазмою. Забарвлення за Романовським–Гімзою, А×100; Б×400.

Перед проведенням оперативного втручання обов'язковими є лабораторні дослідження крові. За результатами біохімічного аналізу крові було виявлено помірну гіпоальбумінемію, що вірогідніше за все пов'язана з постійною ексудацією з вогнища запалення, створеного пухлиною (таб.2). Також можна зазначити, що всі інші системи та органи тварини функціонують в межах фізіологічних норм.

Табл. 2

Результати біохімічного дослідження крові

Показник	Одиниці виміру	Референтні значення	Результат
ALB (Albumin)	г/л	23–44	20
ALP (Alkaline phosphatase)	Од/л	20–150	47
ALT (Alanine aminotransferase)	Од/л	10–118	16
AMY (Amylase)	Од/л	200–1200	947
TBIL (Total bilirubin)	мкмоль/л	2–10	7
BUN (Blood urea nitrogen)	ммоль/л	2.5–8.9	3.8
CA (Calcium)	ммоль/л	2.15–2.95	2.44
PHOS (Phosphorus)	ммоль/л	0.94–2.13	1.85
CRE (Creatinine)	мкмоль/л	27–124	62
GLU (Glucose)	ммоль/л	3.3–6.1	6.6
Na ⁺ (Sodium)	ммоль/л	138–160	147
K ⁺ (Potassium)	ммоль/л	3.7–5.8	4.5
TP (Total protein)	г/л	54–82	72
GLOB (Globulins)	г/л	23–52	52

Як показали результати гематологічних досліджень крові в тварини було виявлено анемію легкого ступеню та лейкоцитоз з вираженим нейтрофільним компонентом, що є свідченням вторинного септичного ураження новоутворення та хронічної крововтрати (таб. 3)

Табл. 3

Результати гематологічного дослідження крові

Показник	Результат	Одиниці	Референсний діапазон	Статус
RBC (Red Blood Cell Count)	5.47	10 ¹² /л	5.50 – 8.50	LOW
HGB (Hemoglobin)	11.2	г/дл	12.0 – 18.0	LOW
HCT (Hematocrit)	35.19	%	37.00 – 55.00	LOW
MCV	64	фл	60 – 77	Норма
MCH	20.5	пг	19.5 – 24.5	Норма
MCHC	31.8	г/дл	31.0 – 39.0	Норма
RDW-CV	18.0	%	14.0 – 20.0	Норма
RDW-SD	40.6	фл	—	—
WBC (White Blood Cells)	22.56	10 ⁹ /л	6.00 – 17.00	HIGH
NEU (Neutrophils)	19.52	10 ⁹ /л	3.00 – 12.00	HIGH
EOS (Eosinophils)	0.02	10 ⁹ /л	0.00 – 0.80	Норма
BAS (Basophils)	0.01	10 ⁹ /л	0.00 – 0.40	Норма
LYM (Lymphocytes)	2.06	10 ⁹ /л	1.00 – 4.80	Норма
MON (Monocytes)	0.94	10 ⁹ /л	0.20 – 1.50	Норма
NEU %	86.5	%	0 – 100	—

Показник	Результат	Одиниці	Референсний діапазон	Статус
EOS %	0.1	%	0 – 100	—
BAS %	0.0	%	0 – 100	—
LYM %	9.2	%	0 – 100	—
MON %	—	%	0 – 100	—
PLT (Platelets)	425	10 ⁹ /л	165 – 500	Норма
MPV	8.8	фл	3.9 – 11.1	Норма
PCT	0.37	%	—	—
PDW-CV	36.2	%	—	—
PDW-SD	12.6	фл	—	—

Рентгенологічними дослідженнями метастатичних уражень кісток не виявлено, що свідчить про відсутність віддаленого поширення пухлинного процесу. У ході огляду кісткової системи збережено цілісність кісток, не спостерігається структурних деформацій, патологічних переломів чи руйнувань кісткової тканини. Також не зафіксовано ознак інвазії пухлини в кісткову тканину, що дозволяє зробити висновок про локалізований характер процесу і відсутність агресивного поширення на кісткові структури (рис. 3).

Дослідження свідчать про стабільний стан кісткової системи і відсутність клінічно значущих уражень, що може бути важливим для планування подальшого лікування та прогнозу для пацієнта. Рентгенологічна оцінка підтверджує, що пухлинний процес обмежений м'якими тканинами або первинним вогнищем, а кістки не залучені до патологічного процесу.

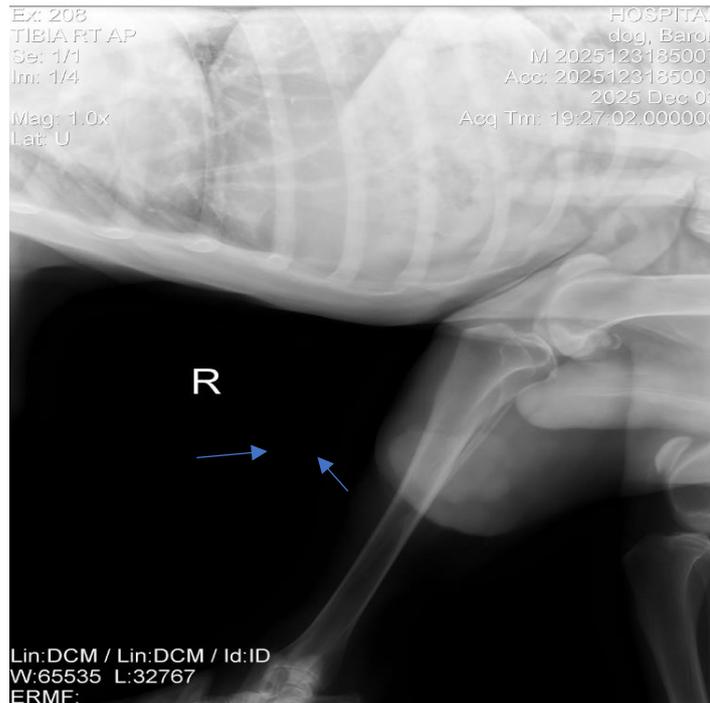


Рис. 3. Оглядова рентгенограма ураженої кінцівки (рисунок авторів).

Комп'ютерна томографія з контрастуванням показала, що пухлинний процес характеризується інвазивним ростом у прилеглі м'язові структури стегна та гомілки (рис. 4 Б). Завдяки внутрішньовенному контрастуванню виявили чітко окреслені межі пухлини та визначили ступінь її проникнення у м'язову тканину, що свідчить про локально агресивний характер росту та значну інвазію в м'які тканини.

За допомогою КТ виявили інвазію пухлини в капсулу колінного суглоба (рис. 4 А), що порушувало функцію суглоба та створювало ризик розвитку ускладнень, таких як запальні зміни, обмеження рухливості а також дегенеративні процеси. Завдяки контрастному дослідженню диференціювали пухлинну тканину від навколишніх структур, визначили точну межу ураження.

Отримані дані вказують на локально агресивний характер пухлини, що вимагає комплексного підходу до лікування, включаючи можливість хірургічного втручання та контроль м'якотканинного компоненту ураження. Дані КТ є ключовими для планування як терапевтичних заходів так і прогнозування перебігу захворювання, оскільки дозволяють оцінити обсяг інвазії та ступінь залучення критичних анатомічних структур.

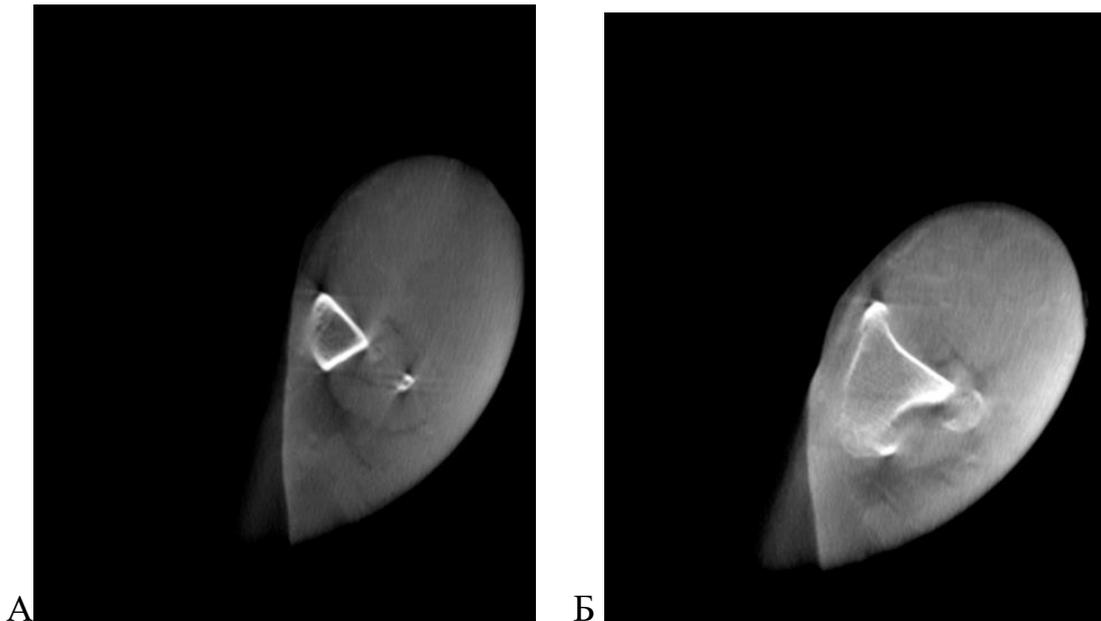


Рис. 4. Інвазивний ріст пухлини в різні тканини. А- капсула колінного суглоба; Б- м'язи стегна та гомілки (рисунок авторів)

Після проведення комплексного дослідження: клінічного огляду, рентгену, КТ-діагностики та лабораторних досліджень було прийняте рішення першочергово стабілізувати стан тварини та частково зняти запальний процес з уражених тканин для визначення чіткіших меж новоутворення та покращення інформативності інвазивної діагностики. Тварині було призначено антибіотик широкого спектру дії Амоксицилін + клавуланова кислота в дозуванні 15 мг/кг 2 рази на добу, загальний курс якого склав 21 день та нестероїдний протизапальний препарат Фірококсиб в дозуванні 5 мг/кг, загальний курс якого склав 10 днів та щоденна санація поверхні новоутворення та норицевих ходів 2% розчином Хлоргексидину.

Лікування проводили за схемою. На п'ятий день терапії (рис.5.) відмітили позитивну динаміку ураженої ділянки: ексудація та кровотеча помітно зменшились, в зонах некрозу з'явилась грануляційна тканина. В товщі м'язів, що були залучені в пухлинний процес почали з'являтися нові нориці та флуктуючі порожнини з ексудатом.



Рис. 5. Вигляд кінцівки в процесі терапії (рисунок авторів)

Через тривалу хронічну крововтрату та наявність системного запалення було проведено додаткове дослідження гемостазу – коагулограму крові з метою оцінки ризику розвитку коагулопатій. Дослідження дозволяє оцінити як ефективність системи згортання крові, так і наявність потенційних порушень, здатних призвести до кровотеч або до формування тромбів.

Результати коагулограми (табл. 4) виявили ознаки активного запального процесу, зокрема, підвищений рівень фібриногену, що є характерним маркером системної запальної реакції.

Табл. 4.

Показник	Коагулограма крові собаки		
	Норма	Результат	Оцінка
Протромбіновий час (РТ)	11–15.5 с	8.8 с	↓ Скорочений
Тромбіновий час (ТТ)	15–20 с	14.5 с	↓ Незначно скорочений
АЧТЧ (аРТТ)	11–17 с	27.7 с	↑ Подовжений
Фібриноген	0.76–2.7 г/л*	4.79 г/л	↑ Підвищений
МНО (INR)	0.8–1.3	0.63	↓ Знижений

Дані зміни можуть свідчити про підвищену активність коагуляційних механізмів, що, за відсутності контролю запалення, може сприяти формуванню тромбів та розвитку небезпечних для життя тварини ускладнень. Ці результати підкреслюють значення комплексного підходу, що включає контроль запального процесу, корекцію гемостазу та профілактику можливих ускладнень.

У підсумку проведених діагностичних досліджень та терапевтичних заходів було прийнято рішення щодо тотальної ампутації лівої тазової кінцівки.

Це рішення було обґрунтоване необхідністю запобігання потенційному рецидиву злоякісного пухлинного процесу, а також видалення постійного осередку септичного запального процесу з організму. Такий підхід забезпечує одночасно онкологічну безпеку та контроль за системним запальним станом, що має критичне значення для попередження ускладнень і забезпечення стабільного стану пацієнта.

Хірургічна операція була виконана під загальною анестезією в комбінації з епідуральною блокадою з використанням 0,5% розчину Бупівакаїну в об'ємі 0,2 мл/кг маси тіла. Через анемію та гіпоальбумінемію протокол ведення анестезії пацієнта було скориговано, ми намагались уникати болюсів рідин, агресивних інфузій, передчасно підготували потенційних донорів крові. Проте операція пройшла без ускладнень, переливання крові не знадобилось через відсутність об'єктивних показань.

Післяопераційне знеболення включало в себе мультимодальну схему анальгезії з використанням інфузій лідокаїну, ін'єкцій Нефопаму 1 мг/кг кожні 8 годин, Буторфанолу 0,2 мг/кг кожні 12 годин. Використання НПЗП було відстрочене до повноцінної стабілізації пацієнта в післяопераційний період.

Тварина була виписана зі стаціонару інтенсивної терапії через 24 години після втручання, мала гарний апетит, відсутність больового синдрому та швидко адаптацію до пересування на трьох кінцівках.

Домашня схема анальгезії включала в себе Фірококсиб 5 мг/кг кожні 24 години курсом 5 днів, препарат на основі CBD-олії «Evechia» кожні 24 години курсом 14 днів та препарат Габапентин 300 мг кожні 12 годин курсом 14 днів як ад'ювантний анальгетик та для попередження появи нейропатичного болю. Антибіотикотерапія була продовжена ще на 10 днів та повністю відмінена за результатами повторного післяопераційного огляду.

З метою підтвердження встановленого діагнозу, визначення ступеня диференціації пухлини як важливого прогностичного критерію та обґрунтування подальшої тактики лікування було проведено патогістологічне дослідження матеріалу, отриманого під час післяопераційного втручання.

Патоморфологічний аналіз дослідженого зразка виявив кісти волосяних фолікулів, заповнені кератином. Епітелій у цих структурах характеризується високим ступенем зрілості, що свідчить про формування зрілих епітеліальних клітин без ознак атипії. Мікроскопічна картина представлена фрагментами рогової речовини та утворенням кератинізованих структур (рис. 6. А,Г), що є характерним для активного абортивний або спотвореного тріхогенезу.

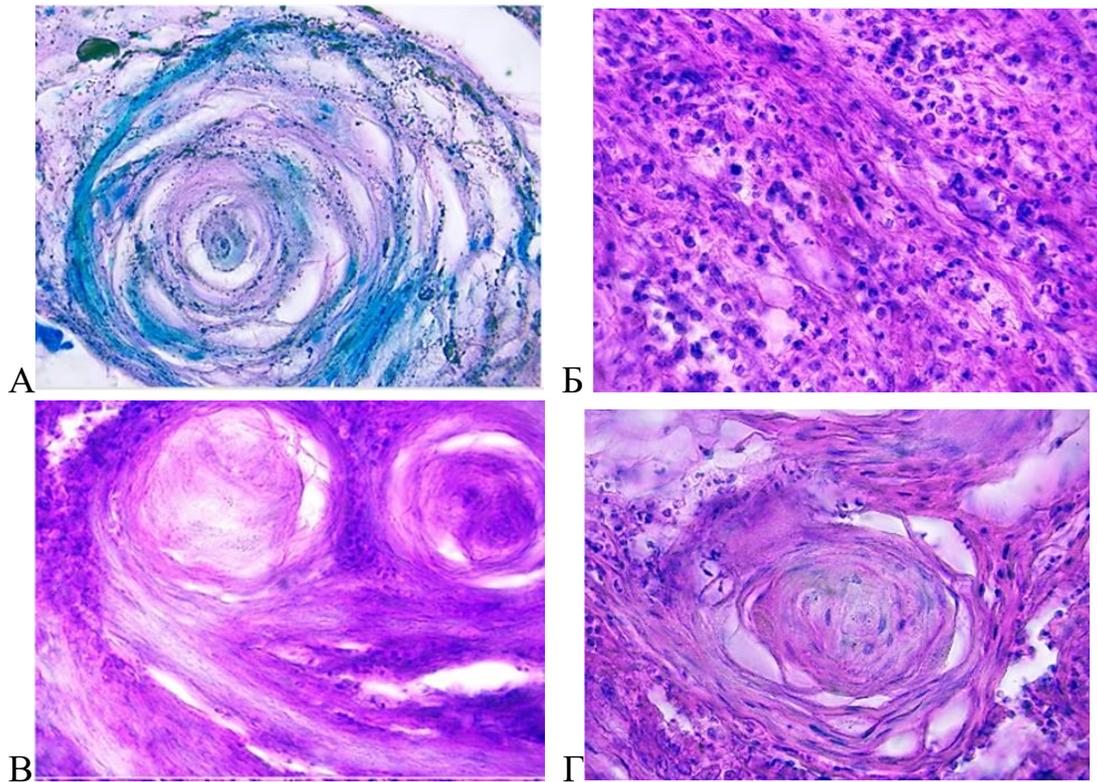


Рис. 6. Результати патоморфологічного дослідження. А, Г, В-кератинові кісти (порожнина кісти заповнена кератином); Б-багаторядність базалоїдних клітин (рисунок авторів)

Гістопатологічне дослідження показало, що новоутворення склалися із значно розширених кіст, які нагадували волосяні фолікули. У стінках фолікулів та їх просвітах спостерігалось розмноження базофільних пухлинних клітин та «примарних» клітин відповідно [10]. Керуючись результатами досліджень наших колег було встановлено правильний діагноз [1,2]. На основі цих ознак пухлини були класифіковані як трихоепітеліоми.

Стромальні компоненти пухлини складаються переважно з фіброblastів, при цьому мітози клітин не виявляються, що свідчить про низьку проліферативну активність і доброякісність процесу.

Ділянки запальних інфільтратів представлені сегментоядерними нейтрофілами, плазматичними клітинами, лімфоцитами та еозинофілами, що відображає місцеву реакцію організму на запалення або інфекційний процес. У тканинах також спостерігаються застійна гіперемія та крововиливи, що свідчить про реактивні судинні зміни та підвищену локальну кровотечу у відповідь на запалення.

На основі всіх морфологічних ознак було встановлено заключний діагноз: трихоепітеліома шкіри з ознаками гнійного запалення. Патологічні характеристики включають детальне оцінювання зрілості епітелію, структури кератинізованих утворень, особливостей стромального компоненту та складу запальних інфільтратів, що дозволяє чітко відокремити доброякісне

новоутворення від потенційно агресивних пухлин та визначити подальшу тактику лікування.

Оскільки питань залишається ще забагато, тому необхідно особливу увагу приділити визначенню ключових діагностичних ознак фолікулярних пухлин та кісти у собак, що дозволить більш точно відрізнити їх від інших шкірних новоутворень [13].

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Морфологічно трихоепітеліома представлена гексагональними базалоїдними клітинами, що формують концентричні гнізда, острівці та кістозні структури, розділені пучками колагенових волокон та фібробластами строми. Кератинізація базалоїдних клітин відбувається у два етапи: помірна — поступовий перехід у плоскі клітини, та різка — формування щільно прилягаючих без'ядерних зроговілих клітин. Центральні клітини гнізд багаті на глікоген, периферійні містять його мінімально.

2. Визначені морфологічні ознаки дозволяють достовірно відрізнити доброякісну пухлину від потенційно агресивних новоутворень, оцінити диференціацію епітелію та структуру строми, що є важливим для вибору тактики лікування, включно з хірургічним видаленням та контролем запального процесу.

3. Комплексне морфологічне та цитологічне дослідження забезпечує точну ідентифікацію трихоепітеліоми, підтверджує етіологію та тип пухлини, що дозволяє обґрунтовано встановити діагноз і оптимізувати терапевтичну стратегію.

Список використаних джерел

1. Abramo F., et al. Survey of canine and feline follicular tumours and tumour-like lesions in central Italy // *Journal of Small Animal Practice*. 1999. Vol. 40. P. 479–481.
2. Adedeji A.O., Affolter V.K., Christopher M.M. Cytologic features of cutaneous follicular tumors and cysts in dogs // *Veterinary Clinical Pathology*. 2017. Vol. 46, № 1. P. 143–150. DOI: 10.1111/vcp.12458.
3. Campos A.G., Cogliati B., Guerra J.M., Matera J.M. Multiple trichoblastomas in a dog // *Veterinary Dermatology*. 2014. Vol. 25, № 1. P. 48–e19. DOI: 10.1111/vde.12100.
4. Ho J., Bhawan J. Folliculosebaceous neoplasms: A review of clinical and histological features // *Journal of Dermatology*. 2017. Vol. 44, № 3. P. 259–278. DOI: 10.1111/1346-8138.13773.
5. Goldschmidt M.H., et al. Epithelial and melanocytic tumors of the skin // *Tumors in Domestic Animals* / ed. by D.J. Meuten. 5th ed. Wiley Blackwell, 2017. P. 88–141.
6. Graf R., et al. Cutaneous tumors in Swiss dogs: retrospective data from the Swiss Canine Cancer Registry, 2008–2013 // *Veterinary Pathology*. 2018. Vol. 55. P. 809–820.

7. Kok M.K., et al. Retrospective study of canine cutaneous tumors in Japan, 2008–2017 // *Journal of Veterinary Medical Science*. 2019. Vol. 81. P. 1133–1143.
8. Leblanc A. Neoplastic and nonneoplastic tumors // *Small Animal Dermatology: A Color Atlas and Therapeutic Guide* / ed. by K.A. Hnilica, A.P. Patterson. 4th ed. Elsevier, 2017. P. 448–507.
9. Mauldin E.A., et al. Neoplastic and reactive diseases of the skin // *Jubb, Kennedy, & Palmer's Pathology of Domestic Animals*. Vol. 1 / ed. by M.G. Maxie. 6th ed. Elsevier, 2016. P. 703–736.
10. Mineshige T., Yasuno K., Sugahara G., Tomishita Y., Shimokawa N., Kamiie J., Nishifuji K., Shirota K. Trichoblastoma with abundant plump stromal cells in a dog // *Journal of Veterinary Medical Science*. 2014. Vol. 76, № 5. P. 735–739. DOI: 10.1292/jvms.13-0516.
11. Sławińska M., Płaszczyńska A., Lakomy J., Pastuszek K., Biernat W., Sikorska M., Nowicki R.J., Sobjanek M. Significance of Dermoscopy in Association with Clinical Features in Differentiation of Basal Cell Carcinoma and Benign Trichoblastic Tumours // *Cancers (Basel)*. 2022. Vol. 14, № 16. Article 3964. DOI: 10.3390/cancers14163964.
12. Yu D.K., Joo Y.H., Cho K.H. Trichoblastoma with apocrine and sebaceous differentiation // *American Journal of Dermatopathology*. 2005. Vol. 27, № 1. P. 6–8. DOI: 10.1097/01.dad.0000120392.95193.4b.
13. Wiener D.J. Histologic features of hair follicle neoplasms and cysts in dogs and cats: a diagnostic guide // *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2021. Vol. 33, № 3. P. 479–497. DOI: 10.1177/1040638721993565.

Kamila Rustamova, 5th year Dnipro State Agrarian and Economic University,
Dnipro, Ukraine
ORCID 0009-0003-3292-8065
e-mail: rustamova.k.vet@gmail.com

Vita Logvinova PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate
Professor of the Department of Anatomy, Histology and Pathomorphology of
Animals, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID 0000-0002-2084-6850
e-mail: lohvinova.v.v@dsau.dp.ua

TRICHOEPITHELIOMA IN A DOG (CLINICAL CASE)

Abstract.

The article presents a clinical case of trichoepithelioma in a male Baron of the Bernese Zinnehund breed aged 8 years. It has been shown that the establishment of a definitive diagnosis of skin neoplasms in dogs requires a comprehensive clinical, instrumental and morphological examination. After taking an anamnesis and conducting a clinical examination, the animal was found to have a solitary nodular formation of the skin of a dense consistency, without signs of pain, with slow progressive growth. The general condition of the animal was assessed as satisfactory. The

purpose of our study was to study the clinical, morphological and histological features of trichoepithelioma in a specific clinical case and to assess the effectiveness of an integrated approach to the diagnosis and treatment of skin neoplasms. For diagnostic purposes, general and biochemical blood tests, cytological examination of the punctate of the neoplasm, X-ray and CT examinations were performed. The final diagnosis was established on the basis of the results of histological examination after surgical removal of the tumor, which confirmed its origin from the epithelium of hair follicles, characteristic of trichoepithelioma. In this case, an important point is that a benign tumor (trichoepithelioma) has an invasive growth, which negatively affected the health of the animal. The main method of treatment is surgical removal of the neoplasm within healthy tissues. In the postoperative period, the animal is prescribed antibiotic and anti-inflammatory therapy, as well as analgesics, taking into account body weight and general condition. Particular attention is paid to the control of surgical wound healing and the prevention of postoperative complications. The treatment provided a complete clinical recovery of the animal. The postoperative period proceeded without complications. The dog was discharged in satisfactory condition. Owners are provided with recommendations for regular clinical monitoring in order to timely identify possible recurrences of skin neoplasms. The data of our research are of practical value, show positive results in the comprehensive diagnosis and treatment of trichoepithelioma.

Key words: trichoepithelioma; skin tumor; hair follicle; histology; treatment; dog.

Reference

1. Abramo F., et al. Survey of canine and feline follicular tumours and tumour-like lesions in central Italy // *Journal of Small Animal Practice*. 1999. Vol. 40. P. 479–481.
2. Adedeji A.O., Affolter V.K., Christopher M.M. Cytologic features of cutaneous follicular tumors and cysts in dogs // *Veterinary Clinical Pathology*. 2017. Vol. 46, № 1. P. 143–150. DOI: 10.1111/vcp.12458.
3. Campos A.G., Cogliati B., Guerra J.M., Matera J.M. Multiple trichoblastomas in a dog // *Veterinary Dermatology*. 2014. Vol. 25, № 1. P. 48–e19. DOI: 10.1111/vde.12100.
4. Ho J., Bhawan J. Folliculosebaceous neoplasms: A review of clinical and histological features // *Journal of Dermatology*. 2017. Vol. 44, № 3. P. 259–278. DOI: 10.1111/1346-8138.13773.
5. Goldschmidt M.H., et al. Epithelial and melanocytic tumors of the skin // *Tumors in Domestic Animals* / ed. by D.J. Meuten. 5th ed. Wiley Blackwell, 2017. P. 88–141.
6. Graf R., et al. Cutaneous tumors in Swiss dogs: retrospective data from the Swiss Canine Cancer Registry, 2008–2013 // *Veterinary Pathology*. 2018. Vol. 55. P. 809–820.
7. Kok M.K., et al. Retrospective study of canine cutaneous tumors in Japan, 2008–2017 // *Journal of Veterinary Medical Science*. 2019. Vol. 81. P. 1133–1143.
8. Leblanc A. Neoplastic and nonneoplastic tumors // *Small Animal Dermatology: A Color Atlas and Therapeutic Guide* / ed. by K.A. Hnilica, A.P. Patterson. 4th ed. Elsevier, 2017. P. 448–507.
9. Mauldin E.A., et al. Neoplastic and reactive diseases of the skin // *Jubb, Kennedy, & Palmer's Pathology of Domestic Animals*. Vol. 1 / ed. by M.G. Maxie. 6th ed. Elsevier, 2016. P. 703–736.
10. Mineshige T., Yasuno K., Sugahara G., Tomishita Y., Shimokawa N., Kamiie J., Nishifuji K., Shiota K. Trichoblastoma with abundant plump stromal cells in a dog //

Journal of Veterinary Medical Science. 2014. Vol. 76, № 5. P. 735–739. DOI: 10.1292/jvms.13-0516.

11. Sławińska M., Płaszczyńska A., Lakomy J., Pastuszek K., Biernat W., Sikorska M., Nowicki R.J., Sobjanek M. Significance of Dermoscopy in Association with Clinical Features in Differentiation of Basal Cell Carcinoma and Benign Trichoblastic Tumours // *Cancers (Basel)*. 2022. Vol. 14, № 16. Article 3964. DOI: 10.3390/cancers14163964.

12. Yu D.K., Joo Y.H., Cho K.H. Trichoblastoma with apocrine and sebaceous differentiation // *American Journal of Dermatopathology*. 2005. Vol. 27, № 1. P. 6–8. DOI: 10.1097/01.dad.0000120392.95193.4b.

13. Wiener D.J. Histologic features of hair follicle neoplasms and cysts in dogs and cats: a diagnostic guide // *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2021. Vol. 33, № 3. P. 479–497. DOI: 10.1177/1040638721993565.

Стаття надійшла до редакції 05 січня 2026 року

Стаття пройшла рецензування 23 лютого 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.12

УДК 636.09:615.015.3

Володимир Кушнір,

кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри внутрішніх хвороб тварин
та клінічної діагностики,
Одеський державний аграрний університет,
м. Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0001-9947-0050
e-mail: Kushnir3000@gmail.com

СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРАХУНКУ ДОЗ ВЕТЕРИНАРНИХ ПРЕПАРАТІВ

Анотація

Дозування ветеринарних препаратів - важлива та досить відповідальна частина будь-яких лікувальних чи профілактичних заходів. Саме тому комітет з лікарських засобів для ветеринарного використання (CVMP) створив рефлексивний документ щодо перегляду дози та коригування усталених ветеринарних антибіотиків. Усталені ветеринарні антибіотики не завжди застосовуються у дозволений дозі. Дози, можливо, доведеться переглянути та скоригувати для збереження ефективності та обмеження вибору стійких мутантних цільових патогенів. Однак зміна дози може мати наслідки для безпеки цільових тварин (TAS), періодів вилучення (WP), оцінки екологічного ризику (ERA) і, якщо застосовно, для оцінки безпеки користувачів (URA). Це означає необхідність багатьох досліджень, але власники маркетингових дозволів можуть не мати ресурсів для їх проведення. Помилки у призначенні медикаментів є серйозною проблемою безпеки пацієнтів можуть призводити до летальних наслідків. Значна частина помилок у призначенні ліків спричинені неправильним розрахунком дози. Причиною цьому є недостатній рівень впровадження сучасних технологій в процес. Більшість розробок базуються лише на математичних моделях і формулах, в яких лікарі часто плутаються. Критично важливо визначити елементи, які сприяють здатності лікарів виконувати розрахунки дозування та ввести зазначені розробки до курсу «Ветеринарна фармакологія» в закладах вищої освіти. Основою зазначених розробок мають бути коди автоматизованого обчислення з визначеним алгоритмом дій. В такому випадку лікар лише ввівши вихідні данні – отримує обчислення дози. Це полегшить обчислення та забезпечить точність обчислення. Фахівець повинен мати уяву не лише про формули обчислення, а й про програмні коди, які забезпечать точний підрахунок, про можливість застосування існуючих програм для створення електронних таблиць. Наші розробки, які описані в даній статті, націлені саме на допомогу та вдосконалення точності підрахунку доз препаратів.

Ключові слова: дозування препаратів, формули, код, програма, точність, ефективність.

Вступ. Ветеринарна фармацевтика відіграє важливу роль у здоров'ї людей і тварин. Хоча деякі форми дозування спеціально розроблені для використання у тварин (наприклад, навушні бирки, нашійники та дротики), більшість систем доставки ліків (включаючи наноносії та контрольовані системи доставки) є поширеними серед тварин і людей. Успішний процес розробки ліків (для використання на людях або тваринах) від початкового відкриття. Ринок вимагає навичок і знань у різних галузях науки, деякі дисципліни (наприклад, фармацевтика) охоплюються виключно в бакалаврських або магістерських програмах з фармації. Фармацевтика — це мистецтво, наука і технології проектування, виробництва та контролю систем доставки ліків, що включає дослідження до формулювання, розробку лікарської форми, фармацевтичну обробку, контроль якості, контроль якості біофармацевтика тощо. Тому, як і в гуманній медицині, фармацевти повинні розробляти, виробляти та контролювати системи доставки ветеринарних препаратів на обох рівнях фармацевтичних компаній або компаундувати в аптеці. У більшості ветеринарних фармацевтичних компаній і майже всіх ветеринарних аптеках тут, де професії виконують ветеринарні лікарі (доктор ветеринарної медицини, DVM) [2]. Освітня програма з ветеринарної медицини (DVM) є клінічно орієнтованою і зосереджена на профілактиці, діагностиці та лікуванні хвороб тварин, з тією ж перспективою, що й для лікарів (MD). У фармацевтичних системах, орієнтованих на людину, немає такого дозволу лікарям діяти так само. З іншого боку, формулювання багатьох ліків для людського використання рідко підходить для введення тварин. Проектування та підготовка систем дозування ветеринарних ліків потребують інших аспектів і стикаються з більшою кількістю викликів, ніж людські формули, і не можуть бути реалізовані лише на основі людських даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні ветеринарна фармакологія та токсикологія слід розглядати як дисципліни, що сприяють парадигмі «Єдине здоров'я», знижуючи ризики в екосистемі тварин і людей. Використання антибіотиків відіграє ключову роль у підтримці безпеки, здоров'я та швидкого розвитку тваринницької галузі. За останні 30 років галузі ветеринарної фармакології та токсикології зазнали швидкого розвитку та досягли низки важливих результатів. Наприклад, у 2015 році китайські вчені з галузей ветеринарної фармакології та токсикології вперше відкрили ген резистентності до колістину MCR-1. Наразі розробка нових ветеринарних препаратів та раціональне використання існуючих антибактеріальних препаратів є гарячими темами в цій галузі, і за останні роки було досягнуто певного прогресу. Тому для науковців у цій галузі є важливим подавати свої найновіші дослідження, включаючи, але не обмежуючись, стійкістю бактерій, комбінованою терапією, лікарською токсикологією та молекулярними механізмами, а також розробкою нових ліків [4-6].

Дозування препаратів є важливим для будь-якої групи ліків [3-7]. Від цього залежить результат лікування: чи настане фармакологічний ефект, чи

проявляться побічні ефекти, який рівень небезпеки препарату буде для тварини. Особливо це проявляється в дозуванні антибактеріальних препаратів. Антимікробні препарати на основі цефалоспоринової групи можуть використовуватися для лікування сепсису у неонатальних лошах, особливо якщо аміноглікозид протипоказаний. Деякі цефалоспоринової групи, однак, не використовуються через вартість, нерегулярну доступність або невизначеність щодо ефективності. Плазмове розташування цефтазидиму, цефалоспоринової групи третього покоління з широким спектром активності проти широкого спектра грамнегативних бактерій та мінімальними нирковими побічними ефектами, не було зафіксовано у неонатальних лошах [7-10]. У цьому дослідженні було визначено плазменне розташування одноразових внутрішньовенних (IV) та внутрішньом'язових (IM) доз цефтазидиму у новонароджених. Шість здорових лошах віком від одного до двох днів отримали 25 мг/кг цефтазидиму внутрішньовенно та внутрішньовенно-внутрішньовенно у кросоверному дизайні, з періодом промивання 48 годин між дозами. Для оцінки плазмових фармакокінетичних параметрів застосовували некомпартментальний аналіз. Медіана $t_{1/2}$ становила 2 години, а медіана AUC_{0-остання} — 364 мкг год/мл для внутрішньовенного та внутрішньовнутрішньовенного введення. Медіана C_{max} після введення внутрішньомозкової рідини становила 101 мкг/мл, з медіаною T_{max} 0,7 год. Відносна біодоступність внутрішньовнутрішньовенної ін'єкції становила 90%. Статистично значущих відмінностей між оціненими фармакокінетичними параметрами внутрішньовенної та внутрішньовенної внутрішньовенної та внутрішньовенної внутрішньовенної інфекційної системи не було виявлено. Концентрації в плазмі залишалися понад людську CLSI-чутливу точку перериву для Enterobacteriaceae понад 8 годин після внутрішньовенного та внутрішньовнутрішньовенного введення.

Схожі дослідження проводилися і з амоксициліном. У цьому дослідженні використовували проспективне клінічне дослідження на нормальних і критично хворих собаках. Дванадцять собак, що належали клієнтам, які перебували у відділенні інтенсивної терапії (ICU), отримували внутрішньовенну дозу АМС 20 мг/кг кожні 8 годин (інфузія на 0,5 години) щонайменше протягом 48 годин. Було взято вісім зразків крові у заздалегідь визначений час, включаючи чотири проміжні зразки перед наступним введенням. Були зафіксовані клінічні коваріати та результати, включно з виживанням до виписки та бактеріологічною клінічною невдачністю. Супутникові дані РК були отримані de novo від групи з 12 здорових дослідницьких собак, яким ввели одну дозу АМС 20 мг/кг внутрішньовенно. Для оцінки параметрів РК (та впливу здоров'я на них) використовувалася нелінійна модель змішаних ефектів разом із варіативністю всередині та між учасниками. Симуляції Монте-Карло проводилися з сімома схемами дозування (стандартні та збільшені дози). Кореляція між впливом ліків, отриманих на моделі, та клінічними коваріатами була перевірена за допомогою непараметричного кореляційного аналізу Спірмана. Було зафіксовано результати, включаючи виживання до виділення та бактеріологічну клінічну

невдалість. Результати вказували на те, що загалом у плазмі було доступно 218 концентрацій амоксициліну для здорових і хворих собак. Трикомпаратментальна модель найкраще описує ці дані. Кліренс амоксициліну знизився на 56% у хворих собак (0,147 л/кг/год) порівняно зі здоровими собаками (0,336 л/кг/год); міжкомпаратментальний кліренс також зменшився ($p < 0,01$). Жоден із коваріатів клінічних даних не був суттєво корелюваний з індивідуальним впливом. Симуляції Монте-Карло показали, що вищі граничні значення РК/PD — 8 мг/л — у хворих собак можна досягти шляхом подовження інфузії до 3 годин або подвоєння дози.

Не менш важливими є дозування і вітамінно-мінеральних препаратів. Препарати цієї групи здобули чималу популярність як в гуманній так і в ветеринарній медицині. Але це перш за все лікарський засіб, а не цукерка чи ласощі. Як і будь який лікарський засіб – препарати груп вітамінів та мікроелементів мають свої побічні ефекти та протипоказання. Тому саме від дози залежить сила впливу на організм, рівень корекції функції організму та стимулювання тих чи інших процесів [1,2].

Не слід забувати і про такі групи препаратів, як ферменти та гормони. Дозування і застосування цих препаратів розраховується з високою точністю. Будь-яка незначна похибка може призвести до значного дисбалансу організму, корекція якого буде майже неможливою.

Враховуючи вище викладене, можна підсумувати, що дозування лікарських засобів є важливим розділом фармакології. Саме дозою регулюється дія лікарських засобів. Саме тому розробка електронних ресурсів, які допоможуть лікарю здійснити вірне дозування, є дуже важливою.

Виклад основного матеріалу досліджень. Робота проводилась на базі Microsoft Excel. Основне завдання – перенести розрахунки на цифровий простір, де лікар легко може розрахувати дозу і при цьому ризик помилки буде мінімальний.

Було створено дві сторінки: для препаратів, де доза розраховується на тварину і для препаратів, де доза розраховується на кг маси тіла (рисунок 1).



Рис. 1. Сторінки для електронних таблиць залежно від специфіки препарату (рисунок автора)

На сторінці доза на тварину була створена таблиця, яка включає наступні стовбці: вид тварини, назва препарату, мінімальна доза, максимальна доза, необхідна доза і розрахункова доза. Перші чотири колонки передбачають заповнення лікарем (лікар вносить дані по видам тварин та препаратам). Колонка «Необхідна доза» передбачає вибір дози для конкретної тварини. В нашій розробці передбачаються наступні опції: мінімальна, середня, підвищена і

максимальна. Остання колонка – розрахункова доза. Тут висвітлюється фінальний результат підрахунку (рисунок 2).

	A	B	C	D	E	F
1	Вид тварини	Препарат	Мінімальна доза на тварину	Максимальна доза на тварину	Необхідна доза	Розрахована доза
2	Кіт	Івермектин (мл)	0,05	0,1	Підвищена	0,07725
3	ВРХ	Кальфостар (мл)	80	150	Середня	115
4	Собака	Катовіл (мл)	0,5	5	Максимальна	5
5	Свиня	Катовіл (мл)	1	2,5	Мінімальна	1

Рис. 2. Електронна таблиця для розрахунку препарату при дозуванні на тварину (рисунок автора)

Підрахунок в стовбці «Розрахункова доза» відбувається за допомогою логічної функції ЯКЩО (IF). Формула виглядає так (на прикладі 2 рядка):

$IF(E2="мінімальна";C2;IF(E2="середня";(C2+D2)/2;IF(E2="Підвищена";(((C2+D2)/2)+(CPЗНАЧ(C2;D2))*0,03);IF(E2="максимальна";D2))))$

Таким чином лікар може скласти для себе автоматизований довідник, в якому будуть виключно ті препарати, які він використовує. Слід зазначити, що таблиця не має обмежень. Фахівець може вдосконалювати її: видаляти препарати чи додавати нові, змінити рівень підвищення у опції підвищена доза (шляхом зміни цифри в формулі).

На 2 сторінці нами була розроблена таблиця, де доза розраховується залежно від маси тіла. Сюди входять наступні стовбці: Вид тварини, препарат, Доза (на кг), Маса тварини, Максимальна доза, Розрахункова доза. Усі графи, за винятком розрахункової дози, заповнюються фахівцем вручну. Графа максимальна доза призначена для препаратів, у яких не можна перевищувати певну межу. Якщо у препарата немає принципової граничної межі – можна поставити випадкове велике число (рисунок 3).

	A	B	C	D	E	F
1	Вид тварини	Препарат	Доза (на кг)	Маса тварини (кг)	Максимальна доза	Розрахована доза
2	Собака	Дронтал+	10	60	100000	600

Рис. 3. Розрахунок дози препаратів на кг маси тіла (рисунок автора)

Розрахунок іде за формулою:

$IF(D2*C2>E2; E2; D2*C2)$

Слід зазначити, що дана модель може використовуватись як для одного лікаря, так і для мережі клінік. Адже завантаживши файл у хмарне сховище, ми можемо надати віддалений доступ. До того ж, віддаленим доступом можна керувати: ми можемо обирати: кому давати можливість вносити препарати, а хто може лише переглядати, завантажувати і користуватись локально.

З метою інтеграції калькулятора в службовий інтерфейс можна створити аналогічний проект мовою програмування. Яскравим прикладом тут є python. Код в python передбачає створення бази даних препаратів (накшталт такої, що була вище в excel) і подальшої взаємодії з користувачем. Код програми виглядає наступним чином:

```
# -*- coding: utf-8 -*-
```

```
# База даних препаратів.
```

```
# Фахівець може змінювати або доповнювати словник.
```

```
# Формат:
```

```
# "Назва препарату": {
```

```
#     "type": "per_kg" або "per_animal",
```

```
#     "dose": числове значення дози
```

```
# }
```

```
drugs = {
```

```
    "Івермектин": {"type": "per_kg", "dose": 0.2},    # мг/кг
```

```
    "Вітамін В12": {"type": "per_animal", "dose": 1.0}, # мл на тварину
```

```
    "Кетопрофен": {"type": "per_kg", "dose": 3.0},    # мг/кг
```

```
    "Фос-Бевіт": {"type": "per_animal", "dose": 5.0} # мл на тварину
```

```
}
```

```
# Список видів тварин (можна розширювати)
```

```
animals = ["Кіт", "Собака", "Кролик", "Корова", "Кінь"]
```

```
def choose_animal():
```

```
    print("Оберіть вид тварини:")
```

```
    for i, animal in enumerate(animals, start=1):
```

```
        print(f"{i}. {animal}")
```

```
while True:
```

```
    try:
```

```
        choice = int(input("Ваш вибір: "))
```

```
        if 1 <= choice <= len(animals):
```

```
            return animals[choice - 1]
```

```
        else:
```

```
            print("Невірний вибір, спробуйте ще.")
```

```
    except ValueError:
```

```
        print("Введіть число.")
```

```
def choose_drug():
```

```
print("\nОберіть препарат:")
drug_names = list(drugs.keys())

for i, name in enumerate(drug_names, start=1):
    print(f"{i}. {name}")

while True:
    try:
        choice = int(input("Ваш вибір: "))
        if 1 <= choice <= len(drug_names):
            return drug_names[choice - 1]
        else:
            print("Невірний вибір, спробуйте ще.")
    except ValueError:
        print("Введіть число.")

def calculate_dose(drug_name):
    drug = drugs[drug_name]

    if drug["type"] == "per_kg":
        while True:
            try:
                weight = float(input("Введіть масу тварини (кг): "))
                if weight > 0:
                    dose = weight * drug["dose"]
                    return dose
                else:
                    print("Маса має бути більшою за 0.")
            except ValueError:
                print("Введіть число.")
    else:
        return drug["dose"]

def main():
    print("=== Програма розрахунку дози препарату ===\n")

    animal = choose_animal()
    drug = choose_drug()

    print(f"\nОбрана тварина: {animal}")
    print(f"Обраний препарат: {drug}")
```

```
dose = calculate_dose(drug)

print(f"\nРозрахована доза: {dose} одиниць")

if __name__ == "__main__":
    main()
```

В даній програмі передбачається наступне:

1. Фахівець вводить в базу лікарські засоби (база даних може бути як локальна так і зовнішня)
2. Користувач обирає тварину, препарат і вводить вагу тварини (якщо це необхідно)
3. Програма обчислює і вказує дозу.

Структурні переваги цієї програми

Розділення логіки:

- вибір тварини — окрема функція;
- вибір препарату — окрема функція;
- розрахунок дози — окрема функція;
- загальний сценарій — у main().

Легко розширювати:

- можна додати:
- різні дози для різних видів тварин;
- різні одиниці вимірювання;
- перевірку максимальної дози;
- логіку заборони препарату для певних видів.

Зручність для фахівця:

- всі налаштування (препарати, дози, тип дозування) — в одному словнику drugs.
- список тварин — у animals.

Дану програму можна прив'язати до будь-якої графічної оболонки, використовувати в будь-яких службових інтерфейсах. Також такі програми легко прив'язати у вигляді скрипта на веб-сайті і використовувати для тих препаратів, які сьогодні є особливо популярними серед населення.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Дозування препаратів відіграє ключову роль в діагностиці та терапії тварин. Невірний розрахунок дози призводить до того, що препарат стає отрутою і може бути небезпечним для тварини. Через людський фактор помилки в дозуванні трапляються досить часто. Застосування сучасних технологій, зокрема наших розробок, дозволяє запобігти таким помилкам. Кожен лікар створює власну базу препаратів або використовує зовнішню. Також ці розробки можна

використовувати на веб ресурсах. Перспективами подальших досліджень є вдосконалення розробок та їх краща адаптація для веб-сторінок.

Список використаної літератури

1. Bergström, H., Nilsson, P., & Andersen, T. (2021). Dose optimization of florfenicol in calves using PK/PD modeling. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 44(3), 412–421. <https://doi.org/10.1111/jvp.12345>
2. European Medicines Agency. (2025). *CVMP dosage review of veterinary antimicrobials*. EMA Regulatory Document. <https://doi.org/10.2809/ema.2025.001> (doi.org in Bing)
3. García, M., Rossi, L., & Fernández, P. (2021). Pharmacokinetic–pharmacodynamic integration of tulathromycin in sheep. *Animals*, 11(4), 1023. <https://doi.org/10.3390/ani11041023> (doi.org in Bing)
4. Hughes, P., McCarthy, J., & Wilson, R. (2020). Evaluation of long-acting ivermectin formulations and dosing intervals in cattle. *Veterinary Parasitology*, 288, 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109118> (doi.org in Bing)
5. Johnson, K., Miller, D., & Chen, L. (2020). Population pharmacokinetics of meloxicam in dogs for improved dosing accuracy. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 455. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00455> (doi.org in Bing)
6. Kramer, S., van Dijk, J., & Hoffmann, T. (2022). Dose refinement of enrofloxacin in poultry using Monte Carlo simulation. *Poultry Science*, 101(9), 101–112. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101112> (doi.org in Bing)
7. Lopez, A., Martin, S., & Dupont, C. (2022). Pharmacokinetics and dosage assessment of marbofloxacin in pigs. *Research in Veterinary Science*, 150, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.05.004> (doi.org in Bing)
8. Rossi, F., Delgado, M., & Weber, K. (2023). Re-evaluation of oxytetracycline dosage in cattle under modern AMR constraints. *Veterinary Microbiology*, 278, 109–125. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2023.109125> (doi.org in Bing)
9. Smith, J., Turner, A., & Collins, R. (2021). Revised dosage recommendations for ketoprofen in horses based on PK/PD data. *Equine Veterinary Journal*, 53(6), 1123–1132. <https://doi.org/10.1111/evj.13456>
10. Yilmaz, E., Navarro, M., & Ortega, R. (2023). Pharmacokinetics of cefquinome in goats and implications for dosage adjustment. *BMC Veterinary Research*, 19, 221. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03421-7>

Volodymyr Kushnir,

Associate Professor of the Department of Internal Diseases of
Animals and clinical diagnostics.

Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-9947-0050

e-mail: Kushnir3000@gmail.com

MODERN APPROACH TO CALCULATING DOSES OF VETERINARY MEDICATIONS

Abstract

The dosage of veterinary drugs is an important and rather responsible part of any therapeutic or preventive measures. That is why the Committee on Medicinal Products for Veterinary Use (CVMP) has created a reflective document on dose revision and adjustment of established veterinary antibiotics. Established veterinary antibiotics are not always used in the approved dose. Doses may need to be reviewed and adjusted to maintain efficacy and limit the selection of resistant mutant target pathogens. However, a dose change can have implications for target animal safety (TAS), withdrawal periods (WP), environmental risk assessment (ERA) and, if applicable, user safety assessment (URA). This means that a lot of research is needed, but marketing permit holders may not have the resources to conduct them. Errors in prescribing medications are a serious problem for patient safety, can be fatal. A significant part of errors in prescribing drugs are caused by incorrect dose calculation. The reason for this is the insufficient level of introduction of modern technologies into the process. Most of the developments are based only on mathematical models and formulas, in which doctors are often confused. It is critically important to identify the elements that contribute to the ability of doctors to perform dosage calculations and to introduce these developments into the course "Veterinary Pharmacology" in higher education institutions. The basis of these developments should be automated calculation codes with a defined algorithm of actions. In this case, the doctor receives the dose calculation only after entering the initial data. This will make the calculation easier and ensure the accuracy of the calculation. A specialist should have an idea not only about calculation formulas, but also about program codes that will provide accurate calculation, about the possibilities of using existing programs for creating spreadsheets. Our developments, which are described in this article, are aimed specifically at helping and improving the accuracy of drug dose counting.

Key words: dosage of drugs, formulas, code, program, accuracy, effectiveness.

Reference

1. Bergström, H., Nilsson, P., & Andersen, T. (2021). Dose optimization of florfenicol in calves using PK/PD modeling. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 44(3), 412–421. <https://doi.org/10.1111/jvp.12345>
2. European Medicines Agency. (2025). CVMP dosage review of veterinary antimicrobials. EMA Regulatory Document. <https://doi.org/10.2809/ema.2025.001> (doi.org in Bing)

3. García, M., Rossi, L., & Fernández, P. (2021). Pharmacokinetic–pharmacodynamic integration of tulathromycin in sheep. *Animals*, 11(4), 1023. <https://doi.org/10.3390/ani11041023> (doi.org in Bing)
4. Hughes, P., McCarthy, J., & Wilson, R. (2020). Evaluation of long acting ivermectin formulations and dosing intervals in cattle. *Veterinary Parasitology*, 288, 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109118> (doi.org in Bing)
5. Johnson, K., Miller, D., & Chen, L. (2020). Population pharmacokinetics of meloxicam in dogs for improved dosing accuracy. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 455. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00455> (doi.org in Bing)
6. Kramer, S., van Dijk, J., & Hoffmann, T. (2022). Dose refinement of enrofloxacin in poultry using Monte Carlo simulation. *Poultry Science*, 101(9), 101–112. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101112> (doi.org in Bing)
7. Lopez, A., Martin, S., & Dupont, C. (2022). Pharmacokinetics and dosage assessment of marbofloxacin in pigs. *Research in Veterinary Science*, 150, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.05.004> (doi.org in Bing)
8. Rossi, F., Delgado, M., & Weber, K. (2023). Re evaluation of oxytetracycline dosage in cattle under modern AMR constraints. *Veterinary Microbiology*, 278, 109–125. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2023.109125> (doi.org in Bing)
9. Smith, J., Turner, A., & Collins, R. (2021). Revised dosage recommendations for ketoprofen in horses based on PK/PD data. *Equine Veterinary Journal*, 53(6), 1123–1132. <https://doi.org/10.1111/evj.13456>
10. Yilmaz, E., Navarro, M., & Ortega, R. (2023). Pharmacokinetics of cefquinome in goats and implications for dosage adjustment. *BMC Veterinary Research*, 19, 221. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03421-7>

Стаття надійшла до редакції 21 січня 2026 року

Стаття пройшла рецензування 24 лютого 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.13

УДК 619.33:612.33–036.24

Казанцев Роман,

доктор філософії з ветеринарної медицини, в. о. старшого дослідника,
Національний науковий центр «Інститут експериментальної і клінічної
ветеринарної медицини», м. Харків Україна

ORCID ID: 0000-0002-4479-1516

e-mail: trilobite@ukr.net

Слюсаренко Дмитро,

доктор ветеринарних наук, професор, завідувач кафедри ветеринарної хірургії та
репродуктології,

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

ORCID ID: 0000-0001-8214-0637

e-mail: slusarenkodmitriy@gmail.com

Заїка Петро,

кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри ветеринарної хірургії та
репродуктології,

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

ORCID ID: 0000-0003-0321-4795

e-mail: peter.zaika34@gmail.com

Синяговська Катерина,

кандидатка ветеринарних наук, доцентка, доцентка кафедри ветеринарної
хірургії та репродуктології,

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

ORCID ID: 0000-0003-4482-4813

e-mail: max_milos@ukr.net

Криворученко Денис,

доктор філософії з ветеринарної медицини, асистент, асистент кафедри
ветеринарної хірургії та репродуктології,

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

ORCID ID: 0000-0002-2044-8019

e-mail: denys.kryvoruchenko@gmail.com

**ХІРУРГІЧНА СТРАТЕГІЯ ЗА СОЛІДНИХ РАНОВИХ ДЕФЕКТІВ
ШКІРИ АПЕНДИКУЛЯРНОГО СКЕЛЕТА СОБАК ТА КОТІВ:
СИСТЕМАТИЧНИЙ ОГЛЯД**

Анотація.

Дослідження присвячене систематичному аналізу сучасних хірургічних доробок у аспекті лікування солідних ранових дефектів шкіри апендикулярного скелета у собак і котів. Огляд проведено на основі релевантних англомовних публікацій, відібраних з наукометричних баз даних. У роботі проаналізовано показання, переваги та обмеження різних методів закриття ран, включаючи первинне, відстрочене та вторинне закриття, а також загоєння вторинним натягом. Особливу увагу акцентовано на проблемі натягу тканин і його впливу на перебіг та результат загоєння ран дистальних відділів кінцівок. Узагальнено дані щодо застосування методів зняття натягу шкіри в ранах малого та середнього розміру. Розглянуто можливості використання місцевих, віддалених і аксіальних шкірних клаптів у реконструкції великих дефектів. Проаналізовано показання до застосування шкірних трансплантатів залежно від стану реципієнтного ложа та рівня васкуляризації. Окремо висвітлено роль м'язових і міокутанних клаптів при лікуванні глибоких ран з оголенням кісток, сухожилів або суглобів. Показано, що оптимальний вибір хірургічної тактики має ґрунтуватися на принципах «реконструктивних сходів». Встановлено, що добре васкуляризовані клапті забезпечують вищу виживаність тканин і кращі клінічні результати.

Ключові слова: *травматичні ушкодження, гострі предмети, дефіцит шкіри, рубці, кінцівки, реконструктивна хірургія, розтягування шкіри, шкірні клапті, дрібні тварини.*

Вступ. Дефекти шкіри дистальних відділів кінцівок у собак і котів зустрічаються дуже часто і зазвичай спричинені автомобільними аваріями (травми від тертя об дорогу), укусами, рваними ранами від гострих предметів, термічними ушкодженнями, вогнепальними пораненнями, тиском від гіпсових і фіксуєючих пов'язок, хірургічним видаленням новоутворень тощо [27]. Часто вони супроводжуються супутніми травмами або ураженнями підшкірних і підлеглих тканин (м'язів, сухожилків і зв'язок), ортопедичними проблемами (наприклад, переломами, вивихами) та пошкодженнями периферичних нервів [33].

Лікування ран на кінцівках є складною та актуальною проблемою для ветеринарних хірургів. Дефекти шкіри, особливо на дистальних ділянках кінцівок, важче закрити через брак еластичної шкіри, відсутність підшкірного м'яза (рапіскулус), постійний рух у цій зоні, що легко призводить до розходження швів, та велику відстань від потенційних донорських ділянок [19]. При складних ранах або коли втрата шкіри наближається до 50% окружності кінцівки, для закриття дефекту стає необхідним застосування певних форм шкірних, м'язових або шкірно-м'язових клаптів чи технік трансплантації [1]. Основною проблемою при лікуванні ран на кінцівках є натяг. Надмірний натяг може спричинити розходження швів, порушення кровообігу, некроз шкіри, уповільнення загоєння рани або повну відсутність загоєння [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дефекти невеликого розміру (втрата шкіри менше 30% окружності кінцівки) або втрата лише верхніх шарів шкіри можуть бути залишені для загоєння вторинним натягом [3]. Навпаки, загоєння вторинним натягом не рекомендується для дефектів середнього та великого розміру, оскільки епітелізації недостатньо для покриття дефіциту, процес загоєння може затягнутися або не відбутися через те, що контракція не

може утримувати краї шкіри в контактi, а хронiчна грануляцiйна тканина в центрі рани може мати недостатнє кровопостачання для пiдтримки епiтелiзацiї [4]. Таким чином, пiдлеглi тканини залишаються вiдкритими, а формування обмежувальної рубцевої тканини може призвести до зменшення амплiтуди рухів у суглобах та обмеження функцiї кiнцiвки [5]. Крім того, загоєння вторинним натягом має гiрший косметичний результат, а сформована рубцева тканина складається з крихкого епiтелiю, що робить її поверхню легко вразливою до травм або схильною до утворення хронiчних виразок [6].

Деякi дослідники вважають, що пiд час планування лiкування повинно бути враховано як характеристики травмованої тварини, так й характеристики рани [7]. Фактори, що впливають на вибiр методiв або реконструктивних технiк, включають наступне: час, що минув з моменту травми, розмiр рани, ступiнь забруднення, ступiнь пошкодження тканин, обсяг необхідного дебридменту (очищення), васкуляризацiя рани, стан здоров'я тварини, наявнiсть натягу або мертвого простору та локалiзацiя рани. З урахуванням цих факторiв вибiр вiдповiдної реконструктивної технiки закриття повинен вiдповiдати принципам «реконструктивних сходiв» [8]. Таким чином, якщо первинне закриття неможливе, можна застосувати вiдстрочене первинне закриття, вторинне закриття або загоєння вторинним натягом. За наявностi натягу можна застосувати простi методи зняття натягу. Клаптi на основi субдермального сплетення та аксiальнi клаптi, трансплантати, м'язовi або шкiрно-м'язовi клаптi та мiкроваскулярне вiльне перенесення тканин є альтернативними варiантами, особливо для великих ран на кiнцiвках.

Мета дослідження – аналіз фахових лiтературних джерел з питання сучасних хiрургiчних стратегiй лiкування солiдних ранових дефектiв шкiри апендикулярного скелета у собак та котiв.

Виклад основного матерiалу дослідження. Пошук наукових публiкацiй проводили в електронних базах даних PubMed, Scopus та Web of Science за перiод з 1990 по 2025 рiк. Для цього використовували комбiнацiї ключових слiв та термiнiв: *traumatic injuries, sharp objects, skin deficit, scars, limbs, reconstructive surgery, skin stretching, skin flaps, small animals*. Пошук обмежували публiкацiями лише англiйською мовою вiдповiдно до рекомендацiй PRISMA [25].

До аналізу включали оригiнальнi експериментальнi та клiнiчнi дослідження. Повнотекстову оцiнку публiкацiй проводили вiдповiдно до визначених критерiїв включення та виключення. Критерiї включення: чiткий опис локалiзацiї дефекту в межах апендикулярного скелета, застосування хiрургiчних методiв закриття ран (первинне, вiдстрочене або реконструктивне закриття), а також наявнiсть оцiнки клiнiчних результатiв лiкування. Критерiї виключення: клiнiчнi випадки без аналітичної оцiнки, експериментальнi дослідження *in vitro*, неповнотекстовi публiкацiї та тези, не пов'язанi з дрiбними домашнiми тваринами. Первинний вiдбiр лiтературних джерел здiйснювали шляхом аналізу ключових слiв, назв i анотацiй. Остаточний перелiк статей формували пiсля детального аналізу повних текстiв.

З відібраних публікацій вилучали дані щодо виду тварин, локалізації та розміру ранового дефекту, обраної хірургічної стратегії (використання місцевих або осьових шкірних клаптів, методів дермотензії, вторинного натягу тощо), тривалості загоєння, післяопераційних ускладнень та кінцевих клінічних результатів.

На прикінцевому етапі, аналіз отриманих даних проводили описовим методом з відповідними узагальненнями найбільш ефективних підходів до лікування, які відображали у вигляді таблиць. Оцінку якості включених досліджень здійснювали з урахуванням дизайну дослідження, повноти опису методів лікування та об'єктивності оцінки результатів.

Існує багато методів зняття натягу шкіри в ранах малого та середнього розміру, завдяки чому можна досягти просування шкіри, а рани можна лікувати шляхом первинного або відстроченого первинного закриття. Різноманітність складніших реконструктивних технік забезпечує варіанти покриття дефектів шкіри великого розміру. У цьому огляді деталізовані існуючі методики та техніки для лікування найбільш розповсюджених видів ушкоджень шкіри.

На кінцівках первинне закриття може застосовуватися при ранах, нанесених гострими предметами, у випадках коли краї шкіри знаходяться близько один до одного, при дефектах невеликого розміру, у яких немає надмірного натягу, а також за дефектів середнього розміру у поєднанні з методами зняття натягу [10].

Отже, критеріями рани, що розглядаються для лікування методом первинного закриття, є: нещодавно виниклі рани, чисті рани з мінімальною травмою тканин, забруднені рани, які були перетворені на чисті за допомогою очищення та промивання, дефекти після повного висічення невеликих забруднених або інфікованих ділянок, а також випадки, коли закриття рани може бути досягнуто без надмірного натягу. Для цього можуть використовуватися шви, шкірні степлери, тканинні клеї та фібринові герметики. У таблиці 1 подано зведену інформацію щодо типу та розміру рани залежно від техніки хірургічної реконструкції.

Табл. 1

Техніка реконструкції дефектів шкіри залежно від характеристики рани

Розмір рани	Класифікація / інфекція	Тип рани	Метод / Техніка
Будь-який розмір	Чиста	Розрізна (операційна)	Первинне закриття
Мала	Умовно-чиста (забруднена)	Пункційна (проколена)	Первинне закриття
Середня	Умовно-чиста (забруднена)	Пункційна (проколена)	Відстрочене закриття
Велика	Умовно-чиста (забруднена)	Пункційна (проколена)	Відстрочене закриття

Середня	Умовно-чиста (забруднена)	Абразії (садна)	Відстрочене закриття, клапті/трансплантати
Велика	Умовно-чиста (забруднена)	Абразії (садна)	Відстрочене закриття, клапті/трансплантати
Будь-який розмір	Забруднена	Абразії (садна)	Відстрочене закриття, клапті/трансплантати
Середня/Велика	Забруднена	Скальпована/рвано-забита	Відстрочене закриття, клапті/трансплантати
Середня/Велика	Брудна/інфікована	Скальпована/рвано-забита	Відстрочене закриття, клапті/трансплантати
Будь-який розмір	Забруднена	Авульсії (відриви тканин)	Відстрочене закриття
Будь-який розмір	Брудна/інфікована	Авульсії (відриви тканин)	Відстрочене закриття, клапті/трансплантати

За відстроченого первинного закриття дефекту шкіри проводиться щоденне лікування відкритої рани до першої появи грануляційної тканини, таким чином закриття рани відкладається на 3-5 днів після травми [9]. Відстрочене первинне закриття використовується при умовно-чистих або забруднених ранах, при ранах із значним набряком, при сумнівній життєздатності тканин, помірному ступені травматизації тканин, а також при брудних ранах, з необхідністю поетапного дебридменту. Відстрочене первинне закриття забезпечує рані адекватний дренаж, покращує кровообіг і гарантує стихання запалення перед закриттям. Показаннями для відстроченого закриття дефектів кінцівок є проникаючі рани або відриви шкіри, дефекти невеликого розміру без надмірного натягу та дефекти середнього розміру в поєднанні з методами зняття натягу [12].

Закриття рани за вторинним натягом доцільно між 5-ю і 10-ю добою. Протягом цього періоду відкритого лікування рани формується грануляційна тканина, яка вкриває ранове ложе. Вторинне закриття використовується при забруднених або брудних ранах, а також коли потрібне серійне очищення та промивання рани тривалістю понад 5 діб. Закриття досягається шляхом прямого зближення країв рани поверх раніше сформованої грануляційної тканини (загоєння третім натягом) або після висічення грануляційної тканини та первинного закриття [20]. Показаннями до вторинного закриття дефектів шкіри. Загоєння вторинним натягом краще підходить для брудних ран із вираженим запаленням, наявністю некротичних тканин та великою травмою м'яких тканин.

Такі рани непридатні для первинного або відстроченого первинного закриття [21]. Загоєння вторинним натягом рекомендоване для ран, розташованих у зонах із достатньою кількістю шкіри, а, отже, навпаки, протипоказане за дефектів, розташованих у місцях із дефіцитом шкіри, таких як середні та нижні сегменти кінцівок. Зокрема, у великих ранах на кінцівках натяг країв рани може стати рівним силам скорочення міофібробластів, що призведе до неповного загоєння [13]. Іншими протипоказаннями є дефекти із супутніми ушкодженнями м'язів, або оголення кісток, суглобів чи нервів. Потенційні ускладнення включають тривале загоєння та догляд за раною, формування епітеліальної поверхні, яка більш схильна до травм, незадовільний косметичний вигляд, затримку або неповне загоєння, надмірне рубцювання та контракцію (стягування) рани. Контракція на поверхні суглоба може обмежити амплітуду рухів, а рубцева тканина поруч із анатомічним отвором може призвести до його стенозу або деформації.

Рани малого та середнього розміру на дистальних відділах кінцівок можна закрити первинно за допомогою різних методів зняття натягу. Шкіру на кінцівках можна мобілізувати обмеженою мірою в краніокаудальній площині (спереду назад), тоді як у проксимально-дистальному напрямку (вгору-вниз) шкіра майже не зміщується [14].

Підривання – це простий та ефективний спосіб зменшити натяг шкіри. Воно виконується шляхом тупого або гострого розсічення під підшкірним м'язом, щоб зберегти цілісність прямих шкірних судин, хоча гостре розсічення є більш ефективним на кінцівках [15]. Підривання на середній та дистальній частині кінцівок слід проводити в пухкій сполучній тканині над фасцією підлеглого м'яза (наприклад, у ділянці передпліччя або гомілки) або включаючи поверхневий листок фасції (наприклад, на латеральній поверхні стегна), щоб зберегти субдермальне сплетення [16]. Необхідно, щоб шкіра поруч із раною була здоровою, аби витримати підривання. Тільки за допомогою підривання можна закрити лише невеликі дефекти на кінцівках, тоді як для великих дефектів воно неефективне [17].

Шви для зняття натягу: розподіляють на більшу площу і повинні використовуватися, коли є рух у зоні шва (над суглобами або подушечками лап). Міцні підшкірні шви (простий вузловий, хрестоподібний, «далеко-близько-близько-далеко» та «далеко-далеко-близько-близько»), внутрішньошкірні натяжні шви, прості вузлові шви («крокуючі» шви, горизонтальні або вертикальні матрачні шви), шви «далеко-близько-близько-далеко» та «далеко-далеко-близько-близько», а також шви з валиками (stent sutures) використовуються для полегшення просування шкіри, зменшення натягу та забезпечення цілісності шкірних швів [18]. Міцні підшкірні та внутрішньошкірні натяжні шви-розрізи: дозволяють зблизити краї шкіри та показані при дефектах середнього розміру на дистальних відділах кінцівок або при ранах із оголенням сухожиль, зв'язок, судин і нервів. Простий послаблюючий розріз, довжиною рівною довжині дефекту, робиться на відстані 3-10 см від краю рани, шкіра

підривається і створюється біпедукулярний (двоніжковий) клапоть. Альтернативно, по обидва боки від дефекту роблять множинні послаблюючі розрізи довжиною 1 см паралельно краям рани на відстані 1-2 см від них. Розрізи повинні бути на відстані не менше 1 см один від одного. Шкіра підривається, і досягається закриття дефекту. Множинні послаблюючі розрізи можуть бути створені по всьому колу для закриття дефектів на кінцівках [41]. Новостворені дефекти залишають гоїтися вторинним натягом [40]. описують модифікацію простого послаблюючого розрізу, який виконується до дерми через гіподерму. Ця техніка усуває необхідність у повторному накладенні швів та відкритому лікуванні рани.

Методи, які забезпечують помірно зниження натягу: V-У пластика, Z-пластика, М-пластика. У цих техніках додаткові хірургічні розрізи робляться за певною схемою, шкіра підривається і формуються невеликі місцеві субдермальні клапті. Вони використовуються для зміни напрямку натягу та збільшення амплітуди рухів [39]. Вони корисні при проблемних ранах у зоні суглобів, у яких лінійні рубці обмежують рухливість та еластичність, або для невеликих дефектів на кінцівках, проте за умови, що прилегла шкіра є вільно-рухливою.

Шкірний клапоть – це сегмент шкіри та підшкірної клітковини, частково відпрепарований та піднятий з донорської і перенесений в реципієнтну ділянку для закриття дефекту шкіри [22]. Основа клаптя залишається прикріпленою до донорської ділянки та містить судини, які забезпечують кровопостачання відокремленого сегмента [38]. Класифікація клаптів залежить від їхнього кровопостачання (рандомні клапті або клапті субдермального сплетення та аксіальні клапті), від відстані між донорською та реципієнтною ділянками (місцеві та віддалені клапті), а також від методу та часу перенесення (прямі та непрямі клапті) [37]. Розмір і локалізація дефекту є важливими факторами при виборі відповідної техніки клаптя. Доречно обирати донорську ділянку з великою кількістю еластичної шкіри, що оцінюється передопераційно шляхом захоплення шкіри донорської ділянки між великим і вказівним пальцями, для визначення наявності надлишку шкіри [36]. Рекомендовано провести точні передопераційні вимірювання дефекту та окреслити кордони клаптя маркером [35].

Реципієнтна ділянка має бути очищена від некротичних або забруднених тканин і вкрита здоровою червоною грануляційною тканиною. Хронічну грануляційну тканину або епітелій слід видалити. Необхідно суворо дотримуватися асептики та атравматичного поводження з тканинами, щоб мінімізувати інфекцію та зберегти кровопостачання. Для забезпечення останнього підривання доцільно проводити нижче підшкірного м'яза, уникаючи натягу як у донорському, так і в реципієнтному ложі. Положення тварини може покращити мобілізацію шкіри і таким чином зменшити натяг. Клапті, які потенційно використовуються на кінцівках: а) для грудних кінцівок – клапті субдермального сплетення, клапті зі шкірних складок та аксіальні клапті; б) для тазових кінцівок – прямі віддалені клапті, непрямі (трубчасті) клапті та аксіальні

клатті [34]. Клатті на основі субдермального сплетення – це місцеві клатті, кровопостачання яких залежить від субдермального сплетення. Тому важливо піднімати їх шляхом підривання тканин глибше рівня сплетення.

Ці клатті далі класифікуються відповідно до напрямку їх переміщення до зони дефекту на: клатті просування, ротаційні, транспозиційні та інтерполяційні [32]. Так, клатоть просування створюється шляхом переміщення шкіри по прямій лінії для закриття прилеглого дефекту. Якщо для формування клаття роблять два паралельні розрізи однакового розміру, створюється одноніжковий клатоть. Одноніжковий клатоть має таку ж ширину, як і дефект рани, а його основа прикріплена до донорської ділянки. Двоніжковий (біпедукулярний) клатоть формується після одного розрізу, а довжина клаття дорівнює довжині дефекту. Ротаційні клатті переміщуються в іншому напрямку для наближення до реципієнтної ділянки; вони поділяються на ротаційні, транспозиційні та інтерполяційні. Ротаційний клатоть створюється після вигнутого хірургічного розрізу та підривання шкіри. Цей клатоть повертається для закриття прилеглого трикутного дефекту, при цьому вторинний дефект не створюється. Транспозиційний клатоть – це прямокутний клатоть, який повертається на 45°-90° для закриття прилеглого дефекту. Зі збільшенням градуса повороту довжина клаття зменшується. Ширина клаття дорівнює ширині дефекту, тоді як довжина визначається вимірюванням від точки повороту клаття до найвіддаленішої точки дефекту [26]. Транспозиційні клатті можна використовувати при дефектах кінцівок середнього розміру, формуючи клатоть паралельно поздовжній осі кінцівки, щоб використати наявну надлишковість шкіри по колу. Інтерполяційний клатоть є різновидом транспозиційного, який не має спільної межі з дефектом. Після формування клатоть повертається і поміщається на місце дефіциту тканин, перетинаючи ділянку з нормальною шкірою.

Клатті зі шкірних складок також вважаються клаттями субдермального сплетення. Рухлива і вільна шкіра пахової та пахової складок має чотири точки таких клаттів на кінцівках мають бути точними, оскільки навіть невелика помилка може зробити первинне зшивання донорської ділянки неможливим прикріплення: латеральну і медіальну на грудній кінцівці та дорсальну і вентральну на тулубі. Ці трикутні складки надзвичайно універсальні залежно від того, які прикріплення будуть розділені. Для з'єднання дефекту з клаттем може знадобитися з'єднувальний розріз. Натяг на донорській ділянці мінімальний, але ширина залишеного прикріплення має бути достатньою для виживання клаття. Клатті зі шкірних складок переносять для закриття ран на латеральній і медіальній частинах плеча та стегна, лікті, латеральній грудній ділянці, фланку, паховій та грудній зонах, а також у ділянках колінного суглоба [31].

Розміри місцевого клаття та наявність натягу є важливими факторами запобігання післяопераційним ускладненням. Натяг може спричинити розходження швів на донорській або реципієнтній ділянці або надмірне розтягнення клаття. Під час формування клаття розрізи в ідеалі повинні бути паралельні лініям натягу, а пацієнт має бути правильно розміщений. Клатті

субдермального сплетення повинні мати широку основу та довжину, достатню для покриття дефекту. При зменшенні ширини основи кровообіг погіршується; навпаки, при збільшенні ширини можуть бути включені прямі шкірні судини, що покращує кровопостачання. Рекомендується тримати довжину клаптя невеликою, щоб уникнути некрозу вільних країв та розходження рани. Коли є потреба в довших клаптях, кращим варіантом є двоніжкові або аксіальні клапті [30].

Ускладнення при використанні місцевих шкірних клаптів включають утворення сером, розходження швів та некроз дистальної частини клаптя. У великих ранах, де присутній мертвий простір, профілактика утворення сером досягається встановленням закритого вакуумного дренажу або накладанням пов'язки. Розходження швів зазвичай є результатом натягу, якого можна уникнути за допомогою ретельної техніки. Некроз дистальної частини клаптя виникає через зниження або припинення кровопостачання і стає очевидним через 2-5 днів після операції [29]. Профілактика некрозу потребує належного планування розмірів клаптя.

Віддалені шкіряні клапті створюються далеко від дефекту та використовуються для реконструкції ран нижніх відділів кінцівок. Латеральна грудна або черевна ділянки використовуються як донорські зони, залежно від локалізації дефекту (грудна або тазова кінцівка відповідно). Віддалені клапті потребують багатоетапних хірургічних процедур. Вони використовуються рідко, адже техніки трансплантатів з аксіальних клаптів є простішими та менш вимогливими.

Віддалені клапті поділяються на прямі та непрямі [28]. Прямі клапті можуть бути одоніжковими (шарнірними) або двоніжковими (кишеньковими). Клапоть формується, а кінцівку (реципієнтну ділянку) переміщують і фіксують до донорської ділянки так, щоб ложе рани було закрито клаптем [1]. Перенесення завершується через 3 тижні, і протягом цього періоду кінцівка суворо іммобілізується. Непрямі клапті – це відстрочені трубчасті клапті. Після ретельного планування шкіру розрізають, створюють двоніжковий клапоть і згортають його в трубку. Донорську ділянку закривають, а через 2-3 тижні дистальний кінець трубки відокремлюють і пришивають до зони дефекту. Непрямі клапті можна повертати на понад 180°, тому їх можна застосовувати при віддалених дефектах, залежно від їхньої довжини [3]. Аксіальні шкірні клапті мають кровопостачання, що базується щонайменше на одній прямій шкірній артерії та вені [4]. Порівняно з клаптями субдермального сплетення таких самих розмірів, вони мають на 50% більше шансів на виживання [5]. Дизайн аксіальних клаптів вимагає ґрунтовного знання всіх місцевих анатомічних структур, особливо походження та напрямку судин, а також ангіосом (тривимірних ділянок тканин, що кровопостачаються однією великою артерією). Їхня життєздатність залежить від прямих шкірних судин, які повинні залишатися неушкодженими [6].

Аксіальні клапті класифікуються на півострівні або острівцеві. Півострівні клапті залишаються прикріпленими своєю основою до донорської ділянки, тоді як острівцеві клапті з'єднані з донорською ділянкою лише прямими шкірними судинами [7]. Тому острівцеві клапті мають кращу мобільність (їх можна повертати до 180°), ніж півострівні. Аксіальні клапті мають прямокутну або L-подібну форму, тому вони можуть закривати більш асиметричні дефіцити шкіри [8]. Зазвичай вони служать віддаленими клаптями і можуть закривати шкірні дефекти середнього та великого розміру. Проте їх можна використовувати як місцеві, а у випадках дефіциту шкіри для створення субдермального клаптя, результат виживання є сумнівним [11]. Косметичний результат може бути не таким досконалим, як у місцевих клаптів, оскільки колір, довжина та напрямок росту шерсті можуть відрізнятися від регіональних. Залози та товщина гіподерми також можуть відрізнятися. Процедура реконструкції ран аксіальними клаптями виконується одноетапно, проте їх формування потребують ретельного планування з урахуванням джерела васкуляризації (табл. 2).

Табл. 2

Топографія дефекту шкіри кінцівок собак та котів
залежно від джерела васкуляризації

Джерело васкуляризації	Топографічна локалізація дефекту
<i>a. thoracodorsalis</i>	Грудна клітка, плече, передня кінцівка, лікоть, пахвова западина, здухвинні ділянки, передпліччя, зап'ястя (лише у котів).
<i>a. brachialis superficialis</i>	Передпліччя, лікоть.
<i>a. epigastrica caudalis superficialis</i>	Каудальна частина живота, пахова область, препуціальна область, промежина, стегно, колінний суглоб, гомілка, заплюсна (залежить від конформації у собак), плесно та фаланги (лише у котів).
<i>a. genus</i>	Медіальна частина колінного суглоба, великогомілкова область, заплюсна (залежить від конформації у собак).

Ширина та довжина аксіальних клаптів базуються на специфічних анатомічних орієнтирах, визначених дизайном клаптя. Ширина повинна дорівнювати ширині дефекту, а у випадках, коли останній ширший, слід розглянути можливість створення L-подібного клаптя. Використання найдовшого варіанту клаптя може спричинити некроз його кінчика [10]. Некроз може бути частковим або на всю товщу шкіри. При повній втраті шкіри показаний дебридмент та реоперація, тоді як при частковому некрозі зі збереженням дерми клапоть лікують як відкриту рану. Здатність аксіальних клаптів досягати дефекту та закривати його залежить від виду тварини, конституції тіла та еластичності шкіри. Порівняно з трансплантатами, аксіальні

клапті можуть виживати навіть на тканинах з ішемією, таких як забруднені рани або дефекти з оголеними кістками, хрящами чи сухожиллями, адже вони не залежать від васкуляризації реципієнтної ділянки. Поверхневий плечовий та колінний (генікулярний) аксіальні клапті мають обмежене використання, оскільки їхня перфузія залежить від артерій малого діаметра, і некроз шкіри є частим ускладненням [12].

Шкірний трансплантат – це сегмент епідерміса та дерми різної товщини, який повністю видаляється з донорської ділянки та переноситься на реципієнтну ділянку. Виживання шкірного трансплантата залежить виключно від реваскуляризації з боку реципієнтної ділянки, що має бути неінфікованою та добре васкуляризованою [13]. Таким чином, рани зі здоровою грануляційною тканиною, фасцією, м'язом та окістям можуть стати відповідним ложем [21]. Успішне загоєння трансплантата залежить від належного прикріплення та живлення з боку реципієнтної ділянки. Прикріплення починається через 8 годин після пересадки, коли утворення фібрину в ложі рани з'єднує трансплантат із підлеглими тканинами. Через тиждень фібрин замінюється сполучною тканиною. На 2-3-ю добу трансплантат отримує еритроцити та сироваткові білки з реципієнтної ділянки. На цій стадії клапоть виглядає набряклим і темним. На 3-ю добу відбуваються анастомози судин між судинами реципієнтної ділянки та судинами трансплантата для підтримки перфузії. Нарешті, на 4-5-у добу встановлюється реваскуляризація з утворенням нових капілярів та лімфатичних судин [14].

У ветеринарній хірургії в основному використовуються автотрансплантати. За товщиною вони поділяються на повношарові (складаються з епідермісу та всієї дерми) та розщеплені (складаються з епідермісу та частини дерми). Шкірні трансплантати невеликого розміру забезпечують часткове покриття дефекту і, залежно від форми, підрозділяються на щипкові, пунш-трансплантати, смужкові та маркові трансплантати [18].

Сітчасті трансплантати – це повношарові або розщеплені трансплантати, які можуть покривати великі дефекти шкіри. Вони мають розрізи-отвори на своїй поверхні або повністю перфоровані спеціальними інструментами, що забезпечує дренаж, робить їх більш розтяжними та полегшує процес приживлення трансплантата [39]. На відміну від повношарових трансплантатів, відбір розщеплених трансплантатів потребує спеціального інструментарію (дерматоми, пристрої для розширення). Як донорські ділянки зазвичай використовують латеральну грудну або черевну стінку.

Реципієнтна ділянка має бути добре васкуляризованою, вільною від інфекції та вкритою здоровою грануляційною тканиною [23]. Пересадка шкіри вимагає суворого дотримання асептики, іммобілізації трансплантата та мінімального накопичення рідини між трансплантатом і реципієнтним ложем [24]. Трансплантати використовують при ранах на кінцівках, у разі неможливості застосування інших технік [35].

М'язові клапті складаються зі скелетного м'яза, тоді як міокутанні клапті складаються зі скелетного м'яза та шкіри [34]. Останні відбираються одночасно зі збереженням їхнього кровопостачання та іннервації. М'язові та міокутанні клапті класифікують на п'ять типів відповідно до особливостей їхнього судинного малюнка. Незважаючи на те, що такі клапті популярні в медицині, у дрібних домашніх тварин вони використовуються рідко, адже місцеві, аксіальні клапті та вільні трансплантати оптимізують закриття різних дефектів. Переваги лікування великих або складних дефектів дистальних відділів кінцівок за допомогою м'язових та міокутанних клаптів полягають у тому, що вони забезпечують швидше загоєння ран, нижчий рівень інфікування, закриття оголених тканин, включаючи зламані кістки, та посилену перфузію [36]. М'язові та міокутанні клапті, що потенційно можуть бути використані за дефектів дистальних відділів кінцівок, наведені у таблиці 3.

Табл. 3

Топографія дефекту шкіри кінцівок собак та котів
залежно від джерела клаптя

М'язовий / міокутанний клапоть	Топографічна локалізація дефекту
<i>m. flexor carpi ulnaris</i>	Дистальна частина передпліччя, зап'ястя, п'ясткові дефекти.
<i>m. ulnaris lateralis</i>	З проксимальною основою: дефекти проксимальної та середньої частини передпліччя. З дистальною основою: дефекти дистального відділу кінцівки.
<i>m. sartorius</i>	Дистальна частина гомілки, заплюсно-плеснювальні дефекти.
<i>m. rectus femoris</i>	Стегно, дефекти в ділянці великого вертлуга.
<i>m. semitendinosus</i>	З дистальною основою: дефекти гомілки.
<i>m. gastrocnemius</i>	Гомілка, дефекти колінного суглоба.
<i>m. cranialis tibialis</i>	Дефекти середньої та дистальної частини гомілки.
<i>m. latissimus dorsi</i>	Середня частина передпліччя (залежно від конституції тварини).

Мікросудинна вільна пересадка тканин дозволяє провести одноетапну реконструкцію шляхом ревазуляризації тканини через мікросудинний анастомоз основної артерії та вени трансплантата з артерією та веною реципієнтної ділянки [35]. Мікросудинні вільні клапті можуть включати будь-яку тканину або комбінацію тканин [34]. Вони дозволяють проводити одноетапну реконструкцію складних ран дистальних відділів кінцівок. Проте необхідність спеціальної підготовки, наявність спеціального обладнання, тривалий час операції та висока вартість обмежують їх використання [32].

Отже, лікування ран дистальних відділів кінцівок ускладнюється дефіцитом місцевих тканин, наявністю супутніх ушкоджень та патологією васкуляризації. Невеликі поверхневі рани з адекватною кількістю шкіри можна закривати первинно. У випадках, неможливості первинного закриття рани, можна застосувати відстрочене первинне закриття, вторинне закриття або загоєння вторинним натягом як окремо, так й у поєднанні з методами зняття натягу. Навпаки, великі за розміром поверхневі рани потребують реконструкції з використанням клаптів субдермального сплетення або трансплантатів. Великі глибокі рани з оголеними опорно-руховими структурами та зниженою перфузією потребують закриття добре васкуляризованими тканинами.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Дефекти шкіри на дистальних відділах кінцівок є частим явищем у дрібних домашніх тварин і найчастіше спричинені травмами від ДТП, укусами або рваними ранами. Вони часто супроводжуються пошкодженням м'язів, сухожиль, зв'язок, кісток та периферичних нервів. Така комбінація травм ускладнює процес лікування і вимагає комплексного підходу. Первинне закриття ускладнене через обмежену еластичність шкіри, відсутність підшкірного м'яза та постійний рух у цій зоні. Надмірний натяг шкіри може призвести до розходження швів, некрозу та уповільнення загоєння. Тому для великих або середніх дефектів необхідне застосування методів зняття натягу або реконструктивних клаптів. Для ран малого та середнього розміру ефективними є підривання шкіри, шви для зняття натягу, V-Y, Z- та M-пластика. Локальні шкірні клапті субдермального сплетення, ротаційні, транспозиційні та інтерполяційні дозволяють закривати дефекти без надмірного натягу. Правильне планування та оцінка еластичності шкіри є ключовими для успішного результату. Аксиальні клапті забезпечують надійне кровопостачання та можуть використовуватися для закриття середніх і великих дефектів на кінцівках. Віддалені клапті застосовуються рідше через багатоступеневу техніку та складність операцій, але є альтернативою при великих або складних ранах. Некроз кінчика клаптя та ускладнення кровопостачання залишаються основними ризиками. Шкірні трансплантати приживляються через реваскуляризацію та використовуються для закриття дефектів у разі відсутності інших варіантів. М'язові та міокутанні клапті забезпечують швидке загоєння, покращене кровопостачання та закриття оголених тканин. Мікросудинна вільна пересадка створює умови для одноетапної реконструкції складних ран, проте потребує висококваліфікованої підготовки та спеціального обладнання.

Отримані узагальнення можуть слугувати практичними рекомендаціями для ветеринарних хірургів у лікуванні складних ран кінцівок у дрібних домашніх тварин.

Список використаної літератури

1. Albernaz, V. G. P., Oblak, M. L., & Quitzan, J. G. (2021). Angularis oris axial pattern flap as a reliable and versatile option for rostral facial reconstruction in cats. *Veterinary Surgery*, 50(8), 1688–1695. <https://doi.org/10.1111/vsu.13686>
2. Alexopoulos, C., Papadopoulos, E., Charalambous, C., & Karayannopoulou, M. (2022). Locally injected autologous platelet-rich plasma improves cutaneous wound healing in cats. *Animals*, 12(15), 1993. <https://doi.org/10.3390/ani12151993>
3. Amsellem, P. (2011). Complications of reconstructive surgery in companion animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 41(5), 995–1006. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.05.005>
4. Baines, S. J., Field, E. J., & Demetriou, J. (2017). Short term and long term outcomes of axial pattern skin flaps in dogs and cats: 65 cases. *Journal of Small Animal Practice*, 58(4), 223–232. <https://doi.org/10.1111/jsap.12687>
5. Barnes, K., Lanz, O., Barry, S., & Aulakh, K. (2019). Use of cancellous bone grafting to promote granulation tissue in a distal limb wound in a dog. *Journal of Small Animal Practice*, 60(7), 450–453. <https://doi.org/10.1111/jsap.12855>
6. Bonaventura, N. C., & Ganjei, J. B. (2021). Comparison of outcomes for single-session and delayed full-thickness applications of meshed skin grafts used to close skin defects after excision of tumors on the distal aspects of the limbs in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 258(4), 387–394. <https://doi.org/10.2460/javma.258.4.387>
7. Bristow, P. C., Halfacree, Z. J., & Baines, S. J. (2015). A retrospective study of the use of active suction wound drains in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 56(5), 325–330. <https://doi.org/10.1111/jsap.12339>
8. Crowley, J. D., Hosgood, G., & Appelgrein, C. (2020). Seed skin grafts for reconstruction of distal limb defects in 15 dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 61(9), 561–567. <https://doi.org/10.1111/jsap.13187>
9. de la Puerta, B., Martinez, A., & Buracco, P. (2021). Superficial temporal axial pattern flap for facial reconstruction of skin defects in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 62(10), 832–839. <https://doi.org/10.1111/jsap.13384>
10. Field, E. J., Kelly, G., Pleuvry, D., Demetriou, J., & Baines, S. J. (2015). Indications, outcome and complications with axial pattern skin flaps in dogs and cats: 73 cases. *Journal of Small Animal Practice*, 56(8), 698–706. <https://doi.org/10.1111/jsap.12400>
11. Furneaux, R. W. (2010). Management of distal limb shearing injuries in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 12(1), 56. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2009.12.010>
12. Gaudio, E., Aertsens, A., Field, E., Hattersley, R., & Baines, S. (2023). Short-term outcome and complications following cutaneous reconstruction using cranial superficial epigastric axial pattern flaps in dogs: Six cases (2008–2022). *Journal of Small Animal Practice*, 64(11), 704–709. <https://doi.org/10.1111/jsap.13657>
13. Guzu, M., Rossetti, D., & Hennet, P. R. (2021). Locoregional flap reconstruction following oromaxillofacial oncologic surgery in dogs and cats: Review and

- decisional algorithm. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 685036. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.685036>
14. Hansen, L. A., Hazenfield, K. M., Olea-Popelka, F., & Smeak, D. D. (2015). Distribution, complications, and outcome of footpad injuries in pet and military working dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 51(4), 222–230. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-6193>
15. Hunt, G. B. (1995). Skin fold advancement flaps for closing large sternal and inguinal wounds in cats and dogs. *Veterinary Surgery*, 24(2), 172–175. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950x.1995.tb01312.x>
16. Hunt, G. B., Tisdall, P. L., Liptak, J. M., Beck, J. A., Swinney, G. R., & Malik, R. (2001). Skin-fold advancement flaps for closing large proximal limb and trunk defects in dogs and cats. *Veterinary Surgery*, 30(5), 440–448. <https://doi.org/10.1053/jvet.2001.25868>
17. Jones, C. A., & Lipscomb, V. J. (2019). Indications, complications, and outcomes associated with subdermal plexus skin flap procedures in dogs and cats: 92 cases (2000–2017). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 255(8), 933–938. <https://doi.org/10.2460/javma.255.8.933>
18. Kodie, D. O., Oyetayo, N. S., Aina, O. O., & Eyarefe, O. D. (2022). Nigeria bee honey enhanced adherence, neovascularisation and epithelisation of full-thickness skin autografts on distal extremities of dogs. *BMC Veterinary Research*, 18(1), 94. <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03192-w>
19. Lemarié, R. J., Hosgood, G., Read, R. A., Lewis, D. D., Bellah, R., Salisbury, S. K., & Goldsmid, S. (1995). Distant abdominal and thoracic pedicle skin flaps for treatment of distal limb skin defects. *Journal of Small Animal Practice*, 36(6), 255–261. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1995.tb02910.x>
20. Liptak, J. M., & Dernell, W. S. (2017). Axial pattern flap reconstruction following excision of mast cell tumors in dogs: 24 cases. *Veterinary Surgery*, 46(7), 876–885. <https://doi.org/10.1111/vsu.12691>
21. Liptak, J. M., Dernell, W. S., & Withrow, S. J. (2017). Locoregional flap reconstruction following oromaxillofacial tumor excision in dogs and cats. *Veterinary Surgery*, 46(5), 543–552. <https://doi.org/10.1111/vsu.12712>
22. Magidenko, S. R., Peterson, N. W., Pisano, G., & Buote, N. J. (2022). Analysis of patient outcome and owner satisfaction with double limb amputations: 14 dogs and four cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260(8), 884–891. <https://doi.org/10.2460/javma.21.04.0199>
23. Mauer, E. S., Maxwell, E. A., Cocca, C. J., Ganjei, J., & Spector, D. (2021). Acellular fish skin grafts for the management of wounds in dogs and cats: 17 cases (2019–2021). *American Journal of Veterinary Research*, 83(2), 188–192. <https://doi.org/10.2460/ajvr.21.09.0140>
24. Miller, A. J., Cashmore, R. G., Marchevsky, A. M., Havlicek, M., Brown, P. M., & Fearnside, S. M. (2016). Negative pressure wound therapy using a portable single-use device for free skin grafts on the distal extremity in seven dogs. *Australian Veterinary Journal*, 94(9), 309–316. <https://doi.org/10.1111/avj.12474>

25. Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8(5), 336–341. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2010.02.007>
26. Pavletic, M. M. (2000). Use of an external skin-stretching device for wound closure in dogs and cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 217(3), 350–354. <https://doi.org/10.2460/javma.2000.217.350>
27. Pope, E. R. (1990). Mesh skin grafting. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 20(1), 177–187. [https://doi.org/10.1016/s0195-5616\(90\)50009-1](https://doi.org/10.1016/s0195-5616(90)50009-1)
28. Proot, J. L. J., Jeffery, N., Culp, W. T. N., Buracco, P., de la Puerta, B., Williams, J. M., Ladlow, J. F., Field, E. J., Nelissen, P., Ragni, R. A., Pope, J. F. A., Baines, S. J., Liptak, J. M., & Nicholson, I. (2019). Is the caudal auricular axial pattern flap robust? A multi-centre cohort study of 16 dogs and 12 cats (2005 to 2016). *Journal of Small Animal Practice*, 60(2), 102–106. <https://doi.org/10.1111/jsap.12946>
29. Prpich, C. Y., Santamaria, A. C., Simcock, J. O., Wong, H. K., Nimmo, J. S., & Kuntz, C. A. (2014). Second intention healing after wide local excision of soft tissue sarcomas in the distal aspects of the limbs in dogs: 31 cases (2005–2012). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 244(2), 187–194. <https://doi.org/10.2460/javma.244.2.187>
30. Raske, M., McClaran, J. K., & Mariano, A. (2015). Short-term wound complications and predictive variables for complication after limb amputation in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 56(4), 247–252. <https://doi.org/10.1111/jsap.12330>
31. Riggs, J., Jennings, J. L., Friend, E. J., Halfacree, Z., Nelissen, P., Holmes, M. A., & Demetriou, J. L. (2015). Outcome of full-thickness skin grafts used to close skin defects involving the distal aspects of the limbs in cats and dogs: 52 cases (2005–2012). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 247(9), 1042–1047. <https://doi.org/10.2460/javma.247.9.1042>
32. Sesana, A., Bietzk, E., & Rossanese, M. (2025). Outcome of lip to lid subdermal plexus flaps to reconstruct defects of the lower eyelid in dogs and cats: 46 cases (2005–2022). *Journal of Small Animal Practice*, 66(12), 918–924. <https://doi.org/10.1111/jsap.13914>
33. Shahar, R., Shamir, M. H., Brehm, D. M., & Johnston, D. E. (1999). Free skin grafting for treatment of distal limb skin defects in cats. *Journal of Small Animal Practice*, 40(8), 378–382. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1999.tb03104.x>
34. Siefert, T., & Kessler, M. (2020). Outcomes of axial pattern flaps used in distal limb reconstruction in dogs: 28 cases. *Veterinary Surgery*, 49(4), 643–652. <https://doi.org/10.1111/vsu.13398>
35. Siegelmayr, D., & Gradner, G. (2023). Reading man flap in four dogs: A case series. *BMC Veterinary Research*, 19, 159. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03723-z>

36. Siegelmayr, D., Gradner, G., & Martens, A. (2022). Use of subdermal plexus flaps for reconstruction of large facial defects in cats: 9 cases. *BMC Veterinary Research*, 18, 412. <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03457-9>
37. Smith, B. J., Ballard, J. B., & Boon, C. (2016). Versatility and outcome of the angularis oris axial pattern flap for facial reconstruction in dogs: 18 cases. *Veterinary Surgery*, 45(3), 321–329. <https://doi.org/10.1111/vsu.12408>
38. Tong, T., & Simpson, D. J. (2012). Free skin grafts for immediate wound coverage following tumour resection from the canine distal limb. *Journal of Small Animal Practice*, 53(9), 520–525. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2012.01250.x>
39. Vallefucio, R., Ritson, K., Taylor, F., Fina, C., & Bello, A. M. (2023). A rotation alar fold flap for cosmetic nasal plane reconstruction: Description of the technique and outcome in three dogs. *Veterinary Sciences*, 10(11), 647. <https://doi.org/10.3390/vetsci10110647>
40. Wallin-Håkansson, N., & Berggren, K. (2017). Orbital reconstruction in the dog, cat, and horse. *Veterinary Ophthalmology*, 20(4), 316–328. <https://doi.org/10.1111/vop.12420>
41. White, R. N., & Boon, C. (2019). Reconstruction of large cutaneous defects using single pedicle rotation flaps in dogs. *Veterinary Surgery*, 48(1), 142–150. <https://doi.org/10.1111/vsu.13141>

Kazantsev Roman,

PhD in Veterinary Medicine, Acting Senior Researcher
National Scientific Center “Institute of Experimental and Clinical Veterinary
Medicine”, Kharkiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-4479-1516
E-mail: trilobite@ukr.net

Sliusarenko Dmytro,

Doctor of Veterinary Sciences, Professor,
Head of the Department of Veterinary Surgery and Reproductology
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-8214-0637
E-mail: slusarenkodmitriy@gmail.com

Zaika Petro,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Veterinary Surgery and Reproductology
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-0321-4795
E-mail: peter.zaika34@gmail.com

Syniahivska Kateryna,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,

Associate Professor of the Department of Veterinary Surgery and Reproductology
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-4482-4813
E-mail: max_milos@ukr.net

Denys Kryvoruchenko,
PhD in Veterinary Medicine, Assistant

Assistant Professor of the Department of Veterinary Surgery and Reproductology,
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-2044-8019
E-mail: denys.kryvoruchenko@gmail.com

SURGICAL STRATEGY FOR EXTENSIVE SKIN WOUND DEFECTS OF THE APPENDICULAR SKELETON IN DOGS AND CATS: A SYSTEMATIC REVIEW

Abstract.

The study is devoted to a systematic analysis of modern surgical approaches for the management of substantial skin defects of the appendicular skeleton in dogs and cats. The review was conducted based on relevant English-language publications selected from scientometric databases. The paper analyzes the indications, advantages, and limitations of various wound closure methods, including primary, delayed, and secondary closure, as well as healing by secondary intention. Special attention is paid to the issue of tissue stretching and its impact on the course and outcome of wound healing in the distal parts of the limbs. Data on the use of skin tension-relief techniques for small and medium-sized wounds are summarized. The possibilities of using local, distant, and axial skin flaps in the reconstruction of large defects are discussed. Indications for the use of skin grafts are analyzed depending on the condition of the recipient bed and the level of vascularization. The role of muscle and myocutaneous flaps in the treatment of deep wounds with exposure of bones, tendons, or joints is highlighted separately. It is shown that the optimal choice of surgical strategy should be based on the principles of “reconstructive ladders.” Well-vascularized flaps provide higher tissue survival and better clinical outcomes.

Keywords: *traumatic injuries, sharp objects, skin deficit, scars, limbs, reconstructive surgery, skin stretching, skin flaps, small animals.*

References

1. Albernaz, V. G. P., Oblak, M. L., & Quitzan, J. G. (2021). Angularis oris axial pattern flap as a reliable and versatile option for rostral facial reconstruction in cats. *Veterinary Surgery*, 50(8), 1688–1695. <https://doi.org/10.1111/vsu.13686>
2. Alexopoulos, C., Papadopoulos, E., Charalambous, C., & Karayannopoulou, M. (2022). Locally injected autologous platelet-rich plasma improves cutaneous wound healing in cats. *Animals*, 12(15), 1993. <https://doi.org/10.3390/ani12151993>

3. Amsellem, P. (2011). Complications of reconstructive surgery in companion animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 41(5), 995–1006. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.05.005>
4. Baines, S. J., Field, E. J., & Demetriou, J. (2017). Short term and long term outcomes of axial pattern skin flaps in dogs and cats: 65 cases. *Journal of Small Animal Practice*, 58(4), 223–232. <https://doi.org/10.1111/jsap.12687>
5. Barnes, K., Lanz, O., Barry, S., & Aulakh, K. (2019). Use of cancellous bone grafting to promote granulation tissue in a distal limb wound in a dog. *Journal of Small Animal Practice*, 60(7), 450–453. <https://doi.org/10.1111/jsap.12855>
6. Bonaventura, N. C., & Ganjei, J. B. (2021). Comparison of outcomes for single-session and delayed full-thickness applications of meshed skin grafts used to close skin defects after excision of tumors on the distal aspects of the limbs in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 258(4), 387–394. <https://doi.org/10.2460/javma.258.4.387>
7. Bristow, P. C., Halfacree, Z. J., & Baines, S. J. (2015). A retrospective study of the use of active suction wound drains in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 56(5), 325–330. <https://doi.org/10.1111/jsap.12339>
8. Crowley, J. D., Hosgood, G., & Appelgrein, C. (2020). Seed skin grafts for reconstruction of distal limb defects in 15 dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 61(9), 561–567. <https://doi.org/10.1111/jsap.13187>
9. de la Puerta, B., Martinez, A., & Buracco, P. (2021). Superficial temporal axial pattern flap for facial reconstruction of skin defects in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 62(10), 832–839. <https://doi.org/10.1111/jsap.13384>
10. Field, E. J., Kelly, G., Pleuvry, D., Demetriou, J., & Baines, S. J. (2015). Indications, outcome and complications with axial pattern skin flaps in dogs and cats: 73 cases. *Journal of Small Animal Practice*, 56(8), 698–706. <https://doi.org/10.1111/jsap.12400>
11. Furneaux, R. W. (2010). Management of distal limb shearing injuries in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 12(1), 56. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2009.12.010>
12. Gaudio, E., Aertsens, A., Field, E., Hattersley, R., & Baines, S. (2023). Short-term outcome and complications following cutaneous reconstruction using cranial superficial epigastric axial pattern flaps in dogs: Six cases (2008–2022). *Journal of Small Animal Practice*, 64(11), 704–709. <https://doi.org/10.1111/jsap.13657>
13. Guzu, M., Rossetti, D., & Hennes, P. R. (2021). Locoregional flap reconstruction following oromaxillofacial oncologic surgery in dogs and cats: Review and decisional algorithm. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 685036. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.685036>
14. Hansen, L. A., Hazenfield, K. M., Olea-Popelka, F., & Smeak, D. D. (2015). Distribution, complications, and outcome of footpad injuries in pet and military working dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 51(4), 222–230. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-6193>

15. Hunt, G. B. (1995). Skin fold advancement flaps for closing large sternal and inguinal wounds in cats and dogs. *Veterinary Surgery*, 24(2), 172–175. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950x.1995.tb01312.x>
16. Hunt, G. B., Tisdall, P. L., Liptak, J. M., Beck, J. A., Swinney, G. R., & Malik, R. (2001). Skin-fold advancement flaps for closing large proximal limb and trunk defects in dogs and cats. *Veterinary Surgery*, 30(5), 440–448. <https://doi.org/10.1053/jvet.2001.25868>
17. Jones, C. A., & Lipscomb, V. J. (2019). Indications, complications, and outcomes associated with subdermal plexus skin flap procedures in dogs and cats: 92 cases (2000–2017). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 255(8), 933–938. <https://doi.org/10.2460/javma.255.8.933>
18. Kodie, D. O., Oyetayo, N. S., Aina, O. O., & Eyarefe, O. D. (2022). Nigeria bee honey enhanced adherence, neovascularisation and epithelisation of full-thickness skin autografts on distal extremities of dogs. *BMC Veterinary Research*, 18(1), 94. <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03192-w>
19. Lemarié, R. J., Hosgood, G., Read, R. A., Lewis, D. D., Bellah, R., Salisbury, S. K., & Goldsmid, S. (1995). Distant abdominal and thoracic pedicle skin flaps for treatment of distal limb skin defects. *Journal of Small Animal Practice*, 36(6), 255–261. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1995.tb02910.x>
20. Liptak, J. M., & Dernell, W. S. (2017). Axial pattern flap reconstruction following excision of mast cell tumors in dogs: 24 cases. *Veterinary Surgery*, 46(7), 876–885. <https://doi.org/10.1111/vsu.12691>
21. Liptak, J. M., Dernell, W. S., & Withrow, S. J. (2017). Locoregional flap reconstruction following oromaxillofacial tumor excision in dogs and cats. *Veterinary Surgery*, 46(5), 543–552. <https://doi.org/10.1111/vsu.12712>
22. Magidenko, S. R., Peterson, N. W., Pisano, G., & Buote, N. J. (2022). Analysis of patient outcome and owner satisfaction with double limb amputations: 14 dogs and four cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260(8), 884–891. <https://doi.org/10.2460/javma.21.04.0199>
23. Mauer, E. S., Maxwell, E. A., Cocca, C. J., Ganjei, J., & Spector, D. (2021). Acellular fish skin grafts for the management of wounds in dogs and cats: 17 cases (2019–2021). *American Journal of Veterinary Research*, 83(2), 188–192. <https://doi.org/10.2460/ajvr.21.09.0140>
24. Miller, A. J., Cashmore, R. G., Marchevsky, A. M., Havlicek, M., Brown, P. M., & Fearnside, S. M. (2016). Negative pressure wound therapy using a portable single-use device for free skin grafts on the distal extremity in seven dogs. *Australian Veterinary Journal*, 94(9), 309–316. <https://doi.org/10.1111/avj.12474>
25. Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8(5), 336–341. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2010.02.007>

26. Pavletic, M. M. (2000). Use of an external skin-stretching device for wound closure in dogs and cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 217(3), 350–354. <https://doi.org/10.2460/javma.2000.217.350>
27. Pope, E. R. (1990). Mesh skin grafting. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 20(1), 177–187. [https://doi.org/10.1016/s0195-5616\(90\)50009-1](https://doi.org/10.1016/s0195-5616(90)50009-1)
28. Proot, J. L. J., Jeffery, N., Culp, W. T. N., Buracco, P., de la Puerta, B., Williams, J. M., Ladlow, J. F., Field, E. J., Nelissen, P., Ragni, R. A., Pope, J. F. A., Baines, S. J., Liptak, J. M., & Nicholson, I. (2019). Is the caudal auricular axial pattern flap robust? A multi-centre cohort study of 16 dogs and 12 cats (2005 to 2016). *Journal of Small Animal Practice*, 60(2), 102–106. <https://doi.org/10.1111/jsap.12946>
29. Prpich, C. Y., Santamaria, A. C., Simcock, J. O., Wong, H. K., Nimmo, J. S., & Kuntz, C. A. (2014). Second intention healing after wide local excision of soft tissue sarcomas in the distal aspects of the limbs in dogs: 31 cases (2005–2012). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 244(2), 187–194. <https://doi.org/10.2460/javma.244.2.187>
30. Raske, M., McClaran, J. K., & Mariano, A. (2015). Short-term wound complications and predictive variables for complication after limb amputation in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 56(4), 247–252. <https://doi.org/10.1111/jsap.12330>
31. Riggs, J., Jennings, J. L., Friend, E. J., Halfacree, Z., Nelissen, P., Holmes, M. A., & Demetriou, J. L. (2015). Outcome of full-thickness skin grafts used to close skin defects involving the distal aspects of the limbs in cats and dogs: 52 cases (2005–2012). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 247(9), 1042–1047. <https://doi.org/10.2460/javma.247.9.1042>
32. Sesana, A., Bietzk, E., & Rossanese, M. (2025). Outcome of lip to lid subdermal plexus flaps to reconstruct defects of the lower eyelid in dogs and cats: 46 cases (2005–2022). *Journal of Small Animal Practice*, 66(12), 918–924. <https://doi.org/10.1111/jsap.13914>
33. Shahr, R., Shamir, M. H., Brehm, D. M., & Johnston, D. E. (1999). Free skin grafting for treatment of distal limb skin defects in cats. *Journal of Small Animal Practice*, 40(8), 378–382. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1999.tb03104.x>
34. Siefert, T., & Kessler, M. (2020). Outcomes of axial pattern flaps used in distal limb reconstruction in dogs: 28 cases. *Veterinary Surgery*, 49(4), 643–652. <https://doi.org/10.1111/vsu.13398>
35. Siegelmayr, D., & Gradner, G. (2023). Reading man flap in four dogs: A case series. *BMC Veterinary Research*, 19, 159. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03723-z>
36. Siegelmayr, D., Gradner, G., & Martens, A. (2022). Use of subdermal plexus flaps for reconstruction of large facial defects in cats: 9 cases. *BMC Veterinary Research*, 18, 412. <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03457-9>
37. Smith, B. J., Ballard, J. B., & Boon, C. (2016). Versatility and outcome of the angularis oris axial pattern flap for facial reconstruction in dogs: 18 cases. *Veterinary Surgery*, 45(3), 321–329. <https://doi.org/10.1111/vsu.12408>

38. Tong, T., & Simpson, D. J. (2012). Free skin grafts for immediate wound coverage following tumour resection from the canine distal limb. *Journal of Small Animal Practice*, 53(9), 520–525. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2012.01250.x>
39. Vallefucio, R., Ritson, K., Taylor, F., Fina, C., & Bello, A. M. (2023). A rotation alar fold flap for cosmetic nasal plane reconstruction: Description of the technique and outcome in three dogs. *Veterinary Sciences*, 10(11), 647. <https://doi.org/10.3390/vetsci10110647>
40. Wallin-Håkansson, N., & Berggren, K. (2017). Orbital reconstruction in the dog, cat, and horse. *Veterinary Ophthalmology*, 20(4), 316–328. <https://doi.org/10.1111/vop.12420>
41. White, R. N., & Boon, C. (2019). Reconstruction of large cutaneous defects using single pedicle rotation flaps in dogs. *Veterinary Surgery*, 48(1), 142–150. <https://doi.org/10.1111/vsu.13141>

Стаття надійшла до редакції 02 лютого 2026 року

Стаття пройшла рецензування 1 березня 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

РОЗДІЛ 2. СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.14

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

e-mail: 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

e-mail: 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

e-mail: inna4406@ukr.net

Serhiy Zhitkov,

Associate Professor, Department of Agricultural Engineering,

Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0003-0598-9906

e-mail: sergejzhitkov1983@gmail.com

GRANULOMETRIC PARAMETERS OF COMBINED FEED

Abstract

The recommended storage methodologies require further refinement, as the amount of losses of individual components in feed mixtures is not economically justified. In this regard, it is important to study the interrelated processes of mixing and storage. The task is to establish the patterns of changes in the quality of compound feed while ensuring the minimum total cost. In this context, it is important to scientifically substantiate the influence of the level of homogeneity of the mixture on the results of storing bulk feed, which is a significant engineering and technological challenge. The scientific novelty of the research lies in the following: patterns of changes in the quality indicators of compound feed with different compositions, physical properties, and homogeneity coefficients during storage have been established; a key indicator for assessing the homogeneity of feed mixtures has been determined. Principles for forming homogeneous mixtures have been developed depending on the

properties of the components, technological parameters of mixing, and composition of raw materials, depending on the design features of the grinding machines used. In addition, important aspects of compound feed production are the development of diets that ensure maximum efficiency of animal feeding using grinding machines of various designs. The particle size when using equipment for grinding feed components significantly affects.

Keywords: *compound feed, grinding, size, mixing, evaluation.*

Introduction. Mixed feeds are specialized mixtures formed from various components, such as cereal crops, protein sources, and vitamin and mineral supplements. Such diets are formulated taking into account the physiological characteristics of the organism and the age-specific features of animals of a particular species. The main requirement for ensuring high-quality compound feed is the uniform distribution of nutrients in each portion intended for consumption, which guarantees that the animals' needs for essential components are optimally met. The main direction of development of the compound feed industry is to solve pressing problems related to the improvement of production technologies and equipment. The priorities are to increase the efficiency of raw material use, improve product quality, expand the range of ready-made feed mixtures, and ensure long-term storage of products. Further growth in livestock productivity is based on the use of balanced feed rations that take into account the content of nutrients, vitamins, minerals, trace elements, fatty acids, as well as additional components such as antibiotics, antioxidants, and biologically active substances. Compliance of such diets with modern zootechnical requirements is a priority task for the industry. With regard to grain grinding, numerous studies have confirmed improved nutrient absorption and overall efficiency of livestock technologies when using fine grinding compared to coarser particle sizes. It is recommended to aim for an average particle size in the range of 600–700 μm , particularly for grain crops such as corn, barley, or sorghum. When processing wheat, it is important to exercise caution, especially when its content in feed is high. With this in mind, the optimal choice in pig farming is to maintain an average particle size between 600 and 700 μm . For better feed digestibility, it is necessary to carefully determine and adjust the grinding parameters. Although fine grinding can improve particle quality, typical mistakes such as incomplete grinding of already floury raw materials, such as soybeans, should be avoided. At first glance, such grinding may seem sufficient, but it turns out to be unacceptable. For example, the graph shows the particle size distribution curve of excessively coarse soybean meal. Analysis of feed grain size allows the size of its constituent particles to be assessed, which is closely related to the degree of grinding of the raw material. In the production of pig feed, grain crops are the main source of energy. Therefore, it is necessary to take into account not only their nutritional properties, but also the processing methods to which they are subjected. Even a properly balanced diet can lose its effectiveness due to insufficient attention to production technologies [1, 2].

Problem statement, analysis of current research. The problem of raw material preparation, namely the degree of grinding by machines of various designs to the optimal particle size for mixing components in order to achieve high-quality mixing, is relevant for solution.

Insufficient grinding of individual components, whether insufficient or excessive, negatively affects the technological properties of the mixture. This leads to increased energy costs and reduced efficiency of nutrient absorption. To objectively determine the quality of mixing in the production of compound feed, the coefficient of variation is actively used, which makes it possible to quantitatively assess the degree of homogeneity of the mixture. Studies [3, 4, 5] indicate the importance of the process of grinding and reducing the size of feed particles using hammer or roller mills, which perform a number of key tasks:

- 1) increasing the contact area with digestive secretions, improving the digestibility of proteins and other nutrients, since smaller particles have a larger surface area for interaction with digestive enzymes;
- 2) improving feed efficiency;
- 3) ensuring greater homogeneity of the feed mixture, which simplifies the work of personnel.

However, grinding feed too finely can result in economic losses for the farm. The negative aspects of excessively fine grinding include:

- 1) more frequent occurrence of stomach ulcers; As is known, when the average particle size reaches 4-500 μm or less, this creates favorable conditions for the development of stomach ulcers in pigs: fine flour increases the mechanical mixing of stomach contents, causing prolonged contact of the material with the low pH of the esophageal part (pars eosophagea). The second correlation is the acceleration of gastric emptying caused by fine grinding: this contributes to the rise of bile acids to the mucous membrane of the esophageal section, where they cause erosive processes;
- 2) a decrease in the volume of feed consumed;
- 3) increased dust levels, leading to impaired respiratory health in both humans and animals. Fine dust, particularly $< 24 \mu\text{m}$ in size (respirable fraction), irritates the mucous membrane of the tracheobronchial tree, causing functional and structural disorders of the epithelium -it loses its ability to effectively cleanse itself with cilia and produces excess mucus.

In addition, these particles serve as the main route for infectious agents to penetrate deeper into the respiratory system, acting as an organic carrier that protects pathogens. The concentration of dust in the external environment is about 0.1 mg/m³: in piggeries, it varies from 1 to 10 mg/m³, which is 10-100 times higher [1, 3, 5, 6]. This is influenced by stocking density, ambient temperature, relative humidity, ventilation intensity, as well as the composition and methods of feed preparation and distribution;

- 4) increase in feed production costs.

In conclusion, it is important to consider the size of the pellets, which should not be too small, especially when it comes to the problem of salmonellosis. This disease remains one of the main zoonotic diseases. A well-designed diet can significantly contribute to the control of this infection, while reducing the need for medication. Scientific studies, whether conducted in the laboratory or during analysis of disease prevalence, show a clear link between larger feed particle sizes and a reduction in the incidence and spread of salmonellosis in pig farms [2, 4, 8, 11]. However, the question of the effectiveness of

production processes remains open, as larger feed particles can lead to reduced productivity, particularly in terms of animal weight gain and feed conversion [3, 7, 9]. The recommended average particle size of pig feed should range from 500 to 800 micrometers and gradually increase as the animals age. At the same time, the proportion of very fine fractions (less than 150 micrometers) should be limited to a maximum of 2.5% [7, 9, 11].

Purpose of the study: The grinding level determines the particle size of the feed base after mechanical processing. It is assessed by the average particle size and their numerical representation in different size groups. The grinding process is a mandatory stage in the preparation of raw materials, as it ensures better absorption of vital elements and promotes uniform mixing of components. At the same time, it is important to determine the optimal particle sizes that guarantee effective mixing, taking into account their tendency to stratify.

Presentation of the main material. The main goal of preparing complete feed for use in the manufacture of piglet feed is to achieve maximum uniformity of the final product. The geometric parameters and physical characteristics of the particles play a key role in ensuring the effective movement of the constituent elements in the mixing equipment. Components with similar sizes and physical properties are much easier to distribute evenly throughout the mixture. If there are significant differences in particle size, stratification may occur, with denser or larger fractions accumulating in certain areas. This negatively affects the quality of the finished feed and leads to an uneven supply of nutrients to the animals. Optimizing the grinding process of feed components significantly contributes to increasing the efficiency of compound feed production. It reduces energy costs, shortens the time required for mixing, and ensures the desired level of homogeneity of the final product.

Table 1

Indicators of the effectiveness of mixing ingredients of compound feed using a hammer-type grinding machine with a particle size of 0.6-1 mm and a moisture content of 12-14.5%

No. , item	Time required to mix feed components (τ), s	Coefficient of variation (V_c), %	Segregation index depending on size difference
1	0	40	0,01
2	50	25	0.05
3	100	14	0.11
4	150	9	0,14
5	200	7	0,15
6	250	6	0,17
7	300	8	0,40

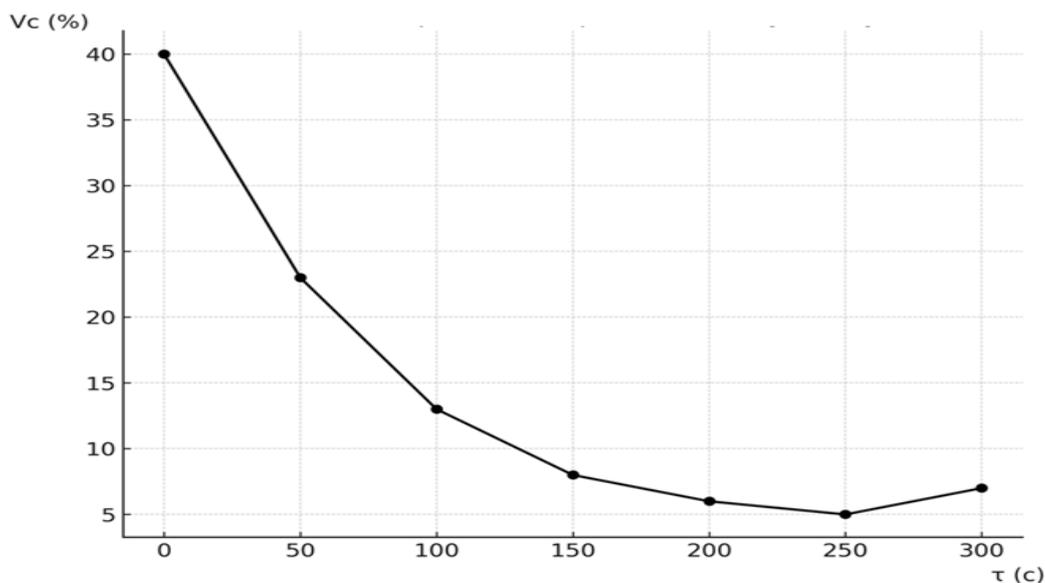


Fig. 1. Dynamics of the formation of a mixture of feed components using a hammer-type grinding machine, particle size 0.6-1 mm).

Table 2

Indicators of the effectiveness of mixing ingredients of compound feed using a hammer-type grinding machine with a particle size of 0.5 mm and a moisture content of 12-14.5%.

No. , item	Time required to mix feed components (τ), s	Coefficient of variation (Vc), %	Segregation index depending on size difference
1	0	40	0,01
2	50	24	0.03
3	100	13	0.10
4	150	8	0,12
5	200	7	0,13
6	250	5	0,16
7	300	7	0,39

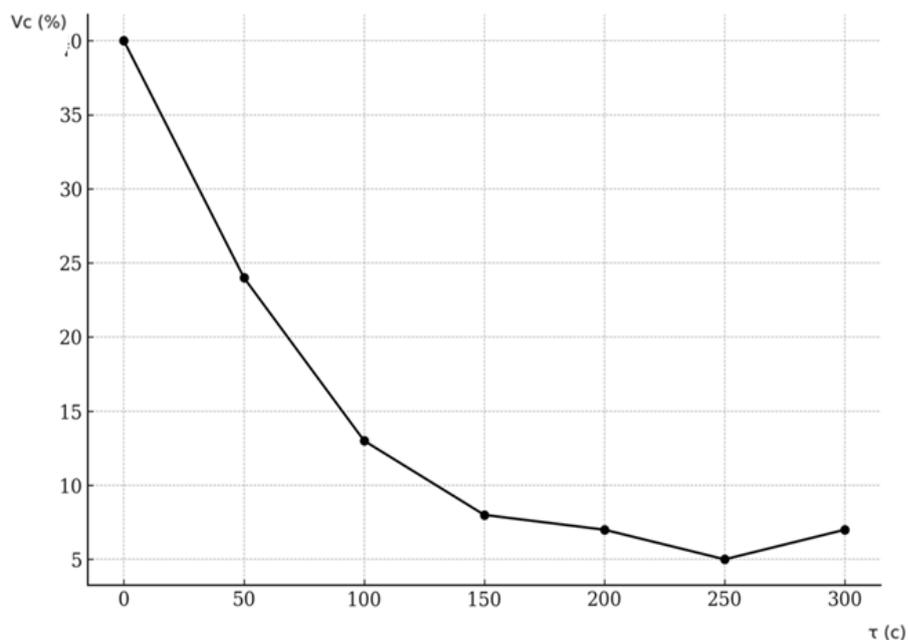


Fig. 2. Dynamics of the formation of a mixture of feed components using a hammer-type grinding machine, particle size 0.5 mm.

Table 3

Indicators of the effectiveness of mixing feed ingredients using a roller-type grinding machine with a particle size of 0.6-1 mm and feed moisture content of 12-14.5%.

No. , item	Time required to mix feed components (τ), s	Coefficient of variation (Vc), %	Segregation index depending on size difference
1	0	40	0,01
2	50	23	0.05
3	100	13	0.11
4	150	8	0,14
5	200	6	0,15
6	250	5	0,17
7	300	7	0,40

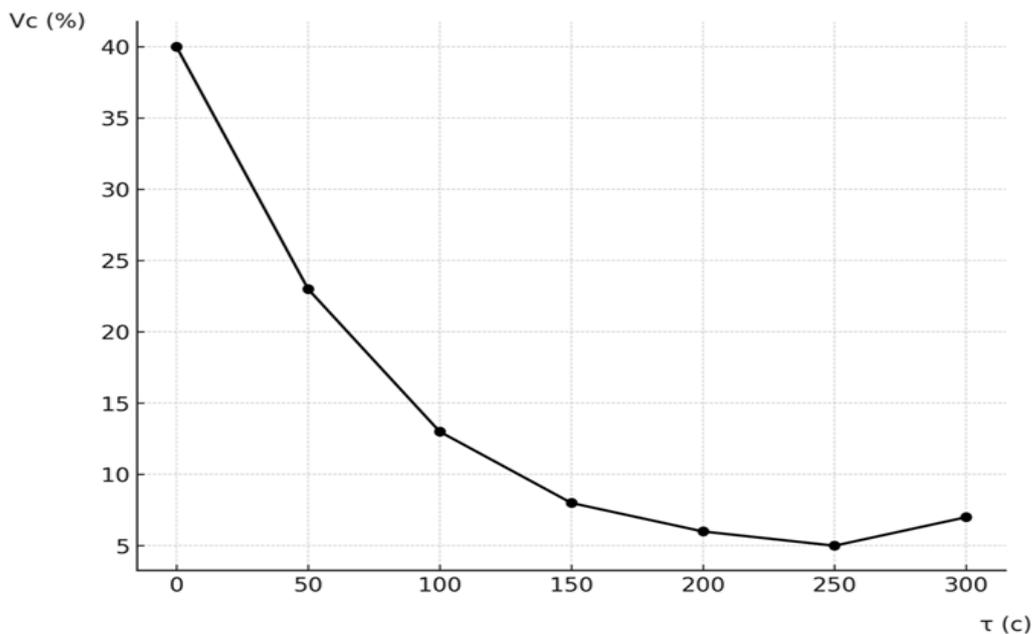


Fig. 3. Dynamics of the formation of a mixture of feed components using a roller-type grinding machine, particle size 0.6-1 mm.

Table 4

Indicators of the effectiveness of mixing ingredients of compound feed using a roller-type grinding machine with a particle size of 0.5 mm and a moisture content of 12-14.5%.

No. , item	Time required to mix feed components (τ), s	Coefficient of variation (V_c), %	Segregation index depending on size difference
1	0	40	0,01
2	50	22	0.02
3	100	11	0.09
4	150	5	0,10
5	200	4	0,11
6	250	3	0,15
7	300	5	0,35

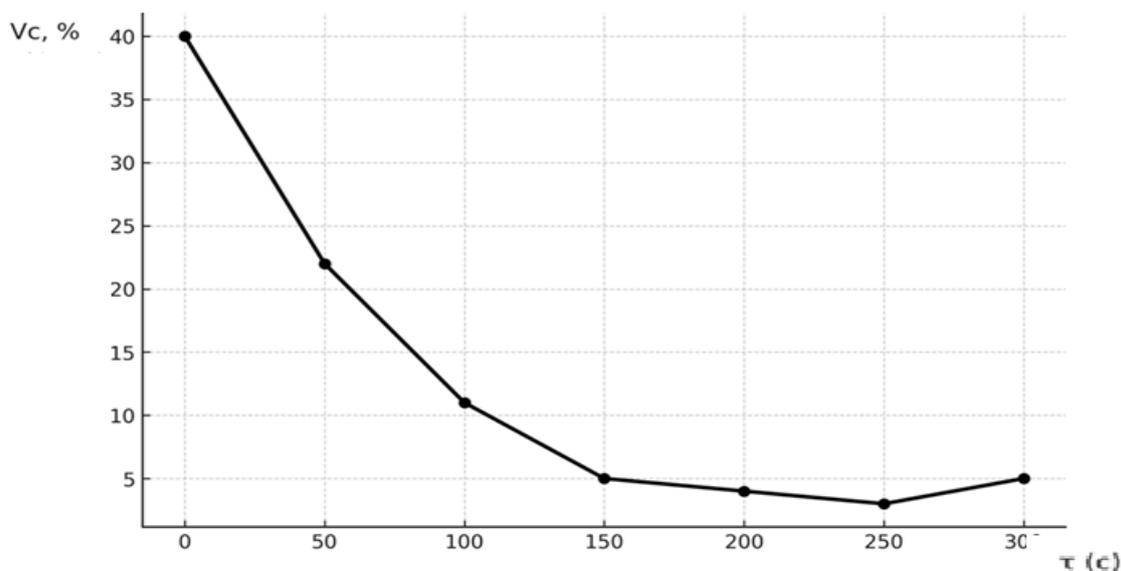


Fig.4. Dynamics of the formation of a mixture of feed components using a roller-type grinding machine, particle size 0.5 mm.

Conclusions and prospects for further research. During the operation of a roller mill, under similar technical parameters compared to a hammer mill, there is an improvement in the segregation coefficient and coefficient of variation. Roller mills provide more uniform grinding while retaining a larger proportion of 0.5 mm particles, while hammer mills produce a significant proportion of fine dust.

The simulation results indicate that an increase in particle size difference significantly slows down the process of achieving mixture homogeneity. The study revealed a linear dependence of the segregation index on the increase in particle size dispersion, which indicates an increased risk of material stratification during transportation. The authors consider the need for research on different feed recipes to be a promising area of 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 rizznymi 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]
10. Lisovenka O.T. (2000). Technological equipment of bakery and pasta industries. Ed. Academician Kyiv: Scientific opinion, 181 p. . [in Ukrainian]

Ігор Дударев,

кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0001-9509-6970
e-mail: 247531@ukr.net

Сергій Уминський,

кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0002-7767-8405
e-mail: ymoshi@ukr.net

Інна Москалюк

кандидат технічних наук,
доцент кафедри інформаційних технологій, м. Одеса, Україна
Одеський державний аграрний університет
ORCID ID: 0000-0002-3421-4029
e-mail: inna4406@ukr.net

Сергій Житков

доцент кафедри агроінженерії,
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0003-0598-9906
e-mail: sergejzitikov1983@gmail.com

ГРАНУЛОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ КОМБІКОРМУ

Анотація

Рекомендовані методології зберігання потребують подальшого уточнення, оскільки величина втрат окремих компонентів у кормових сумішах економічно недостатньо обґрунтована. У зв'язку з цим актуальним є дослідження взаємопов'язаних процесів змішування та зберігання. Завданням є встановлення закономірностей змін якості комбікормів при забезпеченні мінімальної загальної вартості. У контексті цього важливо науково обґрунтувати вплив рівня однорідності суміші на результати збереження сипучих кормів, що становить значну інженерно-технологічну задачу. Наукова новизна досліджень полягає у наступному: встановлено закономірності зміни якісних показників комбікормів із різним складом, фізичними властивостями та коефіцієнтом однорідності під час зберігання; визначено ключовий показник для оцінювання однорідності суміші кормів. Розроблено принципи формування однорідних сумішей залежно від властивостей компонентів, технологічних параметрів змішування та складу сировини, залежно від конструктивних особливостей використовуваних подрібнювальних машин. Крім того, важливими аспектами виробництва комбікормів є розроблення раціонів, які забезпечують максимальну ефективність годівлі тварин з використанням машин подрібнення різних конструкцій. Розмір частинок, при використанні обладнання для подрібнення компонентів комбікормів значною мірою впливає на засвоюваність поживних речовин та ефективність травлення. Зменшення розміру частинок збільшує площу поверхні корму, доступну для дії ферментів травної системи, що сприяє кращому засвоєнню білків і поживних елементів. Це особливо актуально для білкової сировини, такої як шрот сої, соняшнику та ріпаку, де дослідження демонструють підвищення засвоєння амінокислот і енергії завдяки ретельнішому подрібненню. Надмірне подрібнення може спричинити збільшення клейкості корму, що, у свою чергу, знижує добровільне споживання їжі тваринами. У той же час, занадто дрібний помел (менше 500 мкм) може значно підвищити частоту виникнення шлункових виразок, особливо у поросят і дорослих свиноматок.

Ключові слова: комбікорм, подрібнення, розмір, змішування, оцінка.

Стаття надійшла до редакції 05 січня 2026 року.

Стаття пройшла рецензування 13 лютого 2026 року.

Стаття опублікована 30 березня 2026 року.

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.15

UDC: 636.2.085.3:591.133

Dmytro Chabanenko,

PhD student, Dnipro State Agrarian and Economic University,

S. Efremov Str., 25, Dnipro, 49600, Ukraine

ORCID ID: 0009-0000-1898-5010

e-mail: 11590948@student.dsau.dp.ua

Roman Shynkarenko,

PhD student, Dnipro State Agrarian and Economic University,

S. Efremov Str., 25, Dnipro, 49600, Ukraine

ORCID ID: 0009-0003-3819-6539

e-mail: 12286177@student.dsau.dp.ua

CORRELATION BETWEEN KEY BLOOD BIOMARKERS (BETA-HYDROXYBUTYRATE, GLUCOSE, LIPOPROTEINS) AND HAEMATOLOGICAL PARAMETERS IN BROWN SWISS COWS HOUSED IN A NATURALLY VENTILATED BARN

Abstract

This study examined the correlations between key biomarkers of energy and lipid metabolism (beta-hydroxybutyrate, glucose, lipoproteins) and haematological and biochemical blood parameters in Brown Swiss cows kept under year-round housing in a naturally ventilated barn. The relevance of this research is due to the increasing frequency of metabolic disorders and heat stress in high-yielding dairy cattle, which is exacerbated by seasonal fluctuations in microclimatic conditions. The investigation of the diagnostic value of blood biomarkers is considered promising for the early detection of metabolic stress and for improving the effectiveness of animal welfare monitoring. The study involved second-lactation cows ($n = 50$) at one of the largest Brown Swiss dairy complexes in central Ukraine. Representative groups of cows were randomly formed for each season, ensuring similar productivity and stage of lactation. Protein, lipid, carbohydrate and mineral metabolism, as well as haematopoietic indices, were investigated. Environmental conditions (temperature, humidity, temperature–humidity index) were assessed using data from the nearest meteorological station. Correlations between blood parameters were determined using Spearman's correlation coefficient. Data processing and statistical analysis were performed using Statistica 12 (StatSoft Inc., USA), with significance accepted at $p \leq 0.05$. The results showed that beta-hydroxybutyrate was significantly negatively correlated with liver enzyme activity (ALT, $r = -0.465$, $p < 0.05$; AST, $r = -0.321$, $p < 0.05$). Glucose was negatively correlated with total calcium ($r = -0.742$, $p < 0.05$), Ca/P ratio ($r = -0.561$, $p < 0.05$), haematocrit ($r = -0.472$, $p < 0.05$), total lipoproteins ($r = -0.512$, $p < 0.05$) and albumins ($r = -0.283$, $p < 0.05$), but positively correlated with inorganic phosphorus ($r = 0.309$, $p < 0.05$), MCH ($r = 0.333$, $p < 0.05$) and MCHC ($r = 0.385$, $p < 0.05$). Lipoproteins showed positive correlations with total calcium ($r = 0.532$, $p < 0.05$), carotene ($r = 0.399$, $p < 0.05$), haematocrit ($r = 0.417$, $p < 0.05$), Ca/P ratio ($r = 0.294$, $p < 0.05$) and negative correlations with AST ($r = -0.302$, $p < 0.05$) and MCHC ($r = -0.306$, $p < 0.05$). The identified significant correlations between the

principal biomarkers and haematological parameters reflect the integrated regulatory mechanisms of homeostasis. The findings confirm the utility of simultaneous monitoring of beta-hydroxybutyrate, glucose and lipoproteins in blood for assessing metabolic adaptation and the risk of disorders in contemporary dairy cow management systems.

Keywords: *Brown Swiss cows, biomarkers, haematological and biochemical blood parameters, correlation, adaptation, microclimate.*

Introduction. Under modern conditions of industrial milk production, there is a continuous increase in the functional load on the bodies of high-yielding cows, which raises their vulnerability to the impact of environmental and technological stress factors [1, 2]. The introduction of year-round housing of animals in naturally ventilated barns further strengthens the dependence of the microclimate on fluctuations in external weather conditions. This issue is particularly relevant in the context of global climate change, which leads to an increase in the frequency and duration of heat waves, in turn causing a deterioration in health, a decline in milk yield, disruption of reproductive functions and a higher incidence of disease in dairy cows [3–5].

In these circumstances, there is a growing need for accurate assessment of the physiological state of animals to enable timely identification of stressors and prevention of economic losses. One of the promising directions is the search for and use of reliable biomarkers capable of reflecting both acute and chronic changes in the bodies of cows in response to meteorological fluctuations [6–8]. Among the various physiological parameters, blood indicators are traditionally regarded as the most informative markers of the clinical status of animals and their response to stress and technological factors [9–11].

The biochemical profile of blood makes it possible not only to monitor adaptation to housing conditions but also to identify early signs of metabolic disturbances, which are of key importance for maintaining welfare and productivity [1, 12]. Under conditions of persistent load on organs and systems, and an increased risk of heat stress and its negative consequences, the issue of identifying reliable biomarkers for evaluating the physiological state and adaptation of animals becomes particularly relevant [13]. Further elucidation of the problem allows for the detailing of current understanding of the mechanisms of biochemical changes in blood indices, with an emphasis on the informativeness of such biomarkers as beta-hydroxybutyrate, glucose and lipoproteins for assessing physiological adaptation in cows under modern milk production systems.

Review of recent studies and publications. Подібно до багатьох паразитарних інфекцій, еймеріоз вражає в основному молодняк, що пов'язано з розвитком у курчат імунітету в постнатальний період. На думку багатьох

дослідників, на кокцидіоз хворіють курчата з 10-добового до 3-місячного віку [15, 23].

The functioning of the bodies of high-yielding dairy cows under conditions of intensive production is determined by the balance between energy intake, its redistribution for the maintenance of homeostasis, and productive output. Under year-round loose housing, seasonal fluctuations in the microclimate and photoperiod manifest as behavioural and metabolic changes [14]. In these circumstances, key blood biomarkers may serve as integral indicators of animal adaptation, reflecting the synergy of energetic, immune, and oxidative shifts in the maintenance of homeostasis [15–17].

Beta-hydroxybutyrate (BHB) is considered a principal marker of changes in energy status, allowing for the identification of negative energy balance at early stages and serving as a predictor of metabolic disturbances in high-producing cows. Its elevation is observed both under conditions of intensive lactation and in response to heat stress, when the need for mobilisation of alternative energy sources increases. In the case of heat stress (HS), such a response is regarded as a universal adaptive mechanism aimed at temporarily maintaining energy homeostasis by mobilising alternative energy reserves [18–21]. In dairy cows, reduced feed intake and enhanced lipolysis during periods of heat are accompanied by a rise in BHB, which is regarded as an early marker of metabolic strain and the risk of ketosis [1]. These changes are especially pronounced in the postpartum period, when the combination of high productive load and physiological limitations of energy intake are most acute; in the summer season, an increase in BHB in cows is associated with a higher risk of negative energy balance and requires constant monitoring [22]. The diagnostic significance of this indicator is also confirmed by its prognostic role: increased BHB levels at the early stages of lactation are associated with a reduction in milk yield, increased morbidity and reduced fertility [23].

At the same time, seasonal factors may shape the ketogenic response even outside classic HS conditions. For example, in cold, high-altitude environments during winter, increased BHB has been associated with energy deficiency and low feed availability, also reflecting the adaptive nature of ketogenesis [24]. However, there are reports of alternative scenarios of energy metabolism reorganisation. For example, a transition from thermoneutral conditions to moderate–severe HS has been described to result in a reduction in BHB levels, which researchers interpreted as a change in the priorities of energy supply and redistribution between glucose and lipid substrates [10]. This highlights the necessity of interpreting BHB in the context of other metabolic indicators. Recent studies have demonstrated that in both acute and chronic HS, BHB levels in cows rise in parallel with disturbances in carbohydrate metabolism and

hormonal regulation, which allows it to be considered an early marker of metabolic strain and a predictor of subclinical disorders [8, 25, 26].

Glucose is a component of energy metabolism in cows, supplying tissues with high demands and serving as the main precursor of lactose, which directly links it to milk productivity [27]. As a biological marker, it is sensitive to changes in feeding and temperature regime. In particular, a decrease in glucose level during HS reflects the increased use of the body's energy reserves and may be accompanied by the activation of catabolic processes and enhanced ketogenesis. Under the influence of HS, hormonal regulation of glycaemia is disturbed, glucose use by peripheral tissues is altered and energy flows are redistributed, which lowers metabolic efficiency [27]. An increase in environmental temperature is accompanied by reduced appetite and feed intake, which leads to a drop in glucose concentration and activation of compensatory energy pathways [6]. In dairy cows, depending on their level of heat tolerance, the decrease in glucose is more pronounced in heat-sensitive animals and is regarded as a stable systemic indicator of maladaptation to thermal load [7]. In general, hypoglycaemia during heat is seen as the result of reduced energy intake combined with increased expenditure on thermoregulation, and has been confirmed in numerous studies in cows and ruminants of various breeds [21, 28–31]. However, seasonal glucose dynamics are also observed in the cold period, when its decrease is associated with increased energy expenditure for thermoregulation, which confirms the universality of glucose as a marker of energy status [24, 32]. High-yielding cows often demonstrate lower glycaemia due to intensive use of glucose for lactose synthesis, which simultaneously reflects adaptation to metabolic load and the risk of metabolic disorders [33]. It has also been shown that HS in dairy cows is accompanied by a reduction in glucose, enhanced ketogenesis, and alterations in lipid metabolism, with the magnitude of these changes depending on the duration and intensity of stress [29, 34].

Lipoproteins reflect the state of lipid transport and hepatic metabolism and are sensitive to seasonal and stress-induced shifts in energy balance. Increases in environmental temperature are associated with changes in the plasma lipid profile, in particular a reduction in total lipoproteins, reflecting the redistribution of energy resources and enhanced fat catabolism [35]. Similar changes have been described under HS in cows and bulls, where the decline in lipoproteins has been associated with disturbances in hepatic lipid synthesis and transport, and overall metabolic reorganisation [21, 28, 36]. Researchers have also noted that HS leads to a reduction in total lipoproteins, a shift in the balance of free fatty acids towards mobilisation of energy substrates and the activation of lipid oxidation processes, which is accompanied by an increased risk of oxidative stress [12, 34]. Given that lipoproteins are the transport form for fat-soluble antioxidants such as β -carotene and vitamin E, their

reduction under stress conditions may also reflect a weakening of the antioxidant defence of the body [37]. Changes in lipoproteins are closely linked to the mineral and general metabolic status of animals, which confirms the value of comprehensive blood assessment during periods of high metabolic load [38–40]. Under metabolic stress and endotoxaemia, a reduction in lipoproteins occurred in parallel with a decrease in antioxidant potential, which further highlights the importance of lipid metabolism markers in the assessment of the adaptive response [41].

Taken together, the data suggest that BHB, glucose and lipoproteins form a functionally related set of biomarkers, reflecting energy status, the intensity of reserve mobilisation, and the efficiency of transport systems in the blood. In most studies, HS and seasonal temperature fluctuations are associated with increased BHB and decreased glucose and lipoproteins, which is consistent with a state of negative energy balance with activation of ketogenesis and restructuring of lipid metabolism [29, 42]. Our previous studies [9, 43] have shown that such blood indicators as BHB, glucose, and total lipoproteins exhibited significant seasonal variation, supporting the rationale for their monitoring and investigation of their relationships with other blood metabolites for assessing the metabolic status of cows under modern housing systems [5, 11, 44].

The **aim** was to determine the correlations between key biomarkers of energy and lipid metabolism (beta-hydroxybutyrate, glucose, total lipoproteins) and morpho-biochemical blood parameters in Brown Swiss cows under year-round loose housing.

Presentation of the main research findings. The research was conducted in 2025 at the “Yekaterynoslavsky” Dairy Production Complex LLC, which is the largest facility in Europe for the breeding of Brown Swiss cattle. All experimental procedures complied with the requirements of the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes (Strasbourg, France, 1986) and the Law of Ukraine “On the Protection of Animals from Cruelty” (Kyiv, 2006). Morphological and biochemical blood analyses were carried out at the “Biosafety Center” Research Facility of Dnipro State Agrarian and Economic University within the framework of approved research topics (state registration numbers 0123U101593 and 0124U001457).

In each season, four groups of second-lactation Brown Swiss cows were randomly formed (winter, n = 10; spring, n = 10; summer, n = 15; autumn, n = 15) based on the principle of analogues (physiological state, lactation stage and number, average daily milk yield). The cows were housed loose in cubicles in a naturally ventilated building. Throughout the year, all cows received a total mixed ration (TMR) based on maize silage (silage 60%, soybean meal 22%, wheat bran 13.5%, sodium

chloride 1%, sodium bicarbonate 1%, vitamin-mineral supplement up to 1%), balanced according to the recommendations of the National Research Council (NRC, 2001).

Data on air temperature (°C) and relative humidity (%) were obtained from the nearest meteorological station, freely available on the official website of the Ukrainian Hydrometeorological Centre. For each parameter, data were recorded every three hours throughout the year (2920 records). Meteorological data were systematised and the temperature-humidity index (THI) was calculated using the method described by Mylostyvyi and Izhboldina [45]. The housing included feed alleys and group drinkers with free access. Housing and husbandry conditions were assessed using standard zoohygienic methods [46].

Blood samples were collected from the jugular vein in the early morning (06:00–07:00) before feeding, using vacuum tubes without anticoagulant for biochemical tests and with EDTA for haematological analysis. Immediately after sampling, the blood was transported to the laboratory in refrigerated containers (+4 °C). Serum was separated by centrifugation at 3000 rpm for 10 minutes. Analyses were conducted on fresh blood samples within two hours of collection.

Haematological studies were carried out according to standard veterinary practice [47]. Biochemical parameters (total protein, urea, blood urea nitrogen, creatinine, aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), alkaline phosphatase, glucose, total calcium, inorganic phosphorus, carotene, total lipoproteins, and beta-hydroxybutyrate) were determined using a BioSystem A25 automatic analyser (Spain) with certified diagnostic reagent kits produced by Filisit-Diagnostika (Ukraine), Cormay (Poland), and Spinreact (Spain). Protein fractions (albumin, α -, β -, and γ -globulins) were determined by agarose gel electrophoresis. Red blood cell indices were analysed using a Sysmex XS-1000i haematology analyser (Japan) according to the manufacturer's instructions and standard laboratory practice, as previously described [9].

Statistical processing of the results was performed in Statistica 12 (StatSoft Inc., USA). Data are presented as the median and 25th and 75th percentiles. Spearman's correlation coefficient was used to determine associations between parameters, with statistical significance set at 0.05. The coefficient of variation (CV, %) was used to assess the variability of indicators.

Since the cows were fed a total mixed ration (TMR) throughout the year, this ensured the stability of feeding and minimised the influence of nutritional factors on the studied biochemical and haematological parameters. Under such conditions, the main factor determining the physiological state of the animals was the weather, which varied by season and created a differentiated background of adaptation.

It was found that during the winter period, the mean ambient temperature was $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ranging from -10.0 to $+7.1\text{ }^{\circ}\text{C}$), the relative humidity was 80.4% (50.4–97.9%), and the maximum temperature-humidity index (THI max) averaged 38.8 (25.6–50.4). At the time of blood sampling, the ambient temperature was $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, humidity was 89%, and THI max was 31.9, which characterised conditions of minimal thermal load. The low THI values during this period created near-thermoneutral conditions, where physiological systems functioned without additional thermal stress, and the blood parameters could be considered a baseline reference for assessing seasonal adaptation shifts.

In spring, the average temperature increased to $+10.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (from -1.4 to $+21.1\text{ }^{\circ}\text{C}$), relative humidity decreased to 62.0% (32.3–96.3%), and THI max reached an average of 58.5 (37.6–70.9). At blood sampling, the temperature was $+12.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, humidity was 51%, and THI max was 54.6, corresponding to a transition to moderate thermal load. Under such conditions, gradual activation of thermoregulatory mechanisms and metabolic adaptation occurred, which, according to the literature [17, 35], is mainly reflected in changes in carbohydrate and lipid metabolism parameters.

During the summer season, the highest temperatures prevailed, with an average of $+20.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (14.5–26.9 $^{\circ}\text{C}$), relative humidity was 62.8% (26.0–96.9%), and the maximum THI max reached 71.5 (61.5–79.8). At the time of blood sampling, the temperature was $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$, humidity was 40%, and THI max was 68.3, which indicated the presence of stress-related heat load on the cows. Under such conditions, heat stress acted as a key trigger for metabolic rearrangements, in particular for liver function, energy balance and haematopoiesis, and could alter the relationships between major blood biochemical markers [4, 48].

In autumn, the average temperature decreased to $+10.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (from -0.3 to $+25.3\text{ }^{\circ}\text{C}$), while humidity increased to 78.5% (51.3–99.1%), and the average THI max was 56.1 (36.7–76.8). At the time of blood sampling, the air temperature was $+11\text{ }^{\circ}\text{C}$, humidity was 94%, and THI max was 52.0, meaning moderate climatic conditions prevailed. The combination of lower temperatures and high humidity could maintain adaptive tension in the body after the summer heat stress and contribute to the persistence of certain metabolic shifts.

In general, during the year, the mean daily ambient temperature ranged from $-10.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+26.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, humidity from 26% to 99%, and THI max varied from 25.6 to 79.8 (annual average 56.3). Thus, blood sampling was conducted against the background of various seasonal weather scenarios, which allows the observed changes in biochemical and haematological parameters to be considered as a reflection of the integrated physiological adaptation of cows to seasonally varying climatic pressure under year-round loose housing [6, 49].

The morpho-biochemical blood parameters provided a comprehensive reflection of the physiological status of the animals under year-round housing in a naturally ventilated barn. The obtained indicators made it possible to assess the coherence of protein, energy, mineral and enzymatic metabolism in the context of adaptation of the cows to variable seasonal microclimatic loads.

The protein metabolism in the cows studied was generally characterised by parameters within the physiological norm (Table 1), which indicates the maintenance of basic protein homeostasis under conditions of standardised feeding.

Table 1

Morpho-biochemical blood parameters of Brown Swiss cows, Median (25th–75th percentile); n = 50

Parameter	Median	25th–75th percentile	CV, %	Reference range
Protein metabolism				
Total protein, g/L	73	70 – 76	5.5	55–75
Urea, mmol/L	5.15	4.4 – 5.6	23.9	2.8–5.8
Urea nitrogen, mg%	9.8	8.4 – 10.7	23.9	8–14
Albumins, %	38.06	31.72 – 40.29	22.4	38–50
α -globulins, %	19.37	14.82 – 28.61	42.1	12–20
β -globulins, %	20.43	14.95 – 24.58	35.4	10–16
γ -globulins, %	20.21	15.02 – 26.86	34.7	25–40
Lipid metabolism				
Total lipoproteins, mg%	1258	1165 – 1421	16.8	400–800
Beta-hydroxybutyrate, mmol/L	0.43	0.34 – 0.56	35.5	up to 1.2
Carotene, mcg%	774.5	648 – 906	25.6	275–965
Carbohydrate metabolism				
Glucose, mmol/L	2.7	2.3 – 3.4	19.0	2.5–4.16
Mineral metabolism				
Total calcium, mmol/L	2.3	2.1 – 2.4	7.5	2.43–3.10
Inorganic phosphorus, mmol/L	1.8	1.6 – 1.9	11.5	1.45–1.94

Ca/P ratio, units	1.2	1.1 – 1.4	15.4	1.2–1.6
Enzyme activity				
AST, U/L	96	82 – 107	22.0	10–50
ALT, U/L	41.5	37 – 49	26.9	10–40
Alkaline phosphatase, U/L	84.5	68 – 99	35.2	20–150
De Ritis ratio (AST/ALT)	2.2	2.0 – 2.7	39.4	1.0–3.4
Functional liver tests				
Thymol turbidity test, units S-H	4.7	3.9 – 6.7	40.8	0–4
Blood cell indices				
Haemoglobin, g/L	108.5	102 – 117	10.1	80–150
Haematocrit, %	30.15	28.9 – 32.9	10.2	34–46
Erythrocytes, T/L	6.08	5.62 – 6.50	10.3	5.0–7.5
MCV, fL	51.38	48.47 – 53.11	7.5	40–60
MCH, pg	18.27	17.33 – 18.98	7.0	17–24
MCHC, ×10 g/L	35.63	34.28 – 37.01	5.5	30–36
Colour index, units	0.995	0.940 – 1.030	7.0	0.56–1.05
ESR, mm/h	1.0	1.0 – 1.0	34.4	up to 13
Platelets, G/L	350.5	249 – 389	31.8	100–750
Leukocytes, G/L	10.9	9.7 – 12.8	21.0	4–12

Note: MCV – mean corpuscular volume; MCH – mean corpuscular haemoglobin;

MCHC – mean corpuscular haemoglobin concentration; ESR – erythrocyte sedimentation rate. Data in the table represent the results of the authors' investigations.

A relatively low coefficient of variation in total protein content throughout the year indicates a generally homogeneous protein status of the herd, whereas much greater variability in urea and globulin fractions (notably, a decrease in γ -globulins by 9.5% below the lower reference limit) may reflect individual differences in protein metabolism and immune system tension in response to seasonal microclimate changes. Such dissociation between the stability of total protein and the variability of its fractions is considered a characteristic sign of adaptive processes under chronic or repeated climatic stressors [1, 49].

A reduction in the proportion of albumin to the lower reference range in some animals may indicate functional stress on the liver's protein-synthetic capacity. According to the literature, albumin is sensitive to changes in energy balance and heat load, which allows it to be regarded as an early marker of metabolic adaptation under stress conditions [36, 48].

The parameters of lipid metabolism were characterised by a trend towards elevated total lipoprotein levels compared to the physiological norm (by 1.4 to 1.7 times), probably due to dietary features and adaptation of lipid transport. The low coefficient of variation for this parameter indicates a generally homogeneous lipid metabolism in the herd. Meanwhile, a high variability in beta-hydroxybutyrate reflects different degrees of activation of ketogenesis, which may be associated both with individual features of energy metabolism and with the response to heat stress [19, 23].

Blood glucose levels in most cows remained within the physiological range, and the moderate coefficient of variation indicates overall stability in the herd's energy supply under uniform feeding. At the same time, individual deviations may reflect different sensitivities to seasonal temperature fluctuations and the realisation of alternative energy supply pathways, which is consistent with the concept of glucose as a central regulator of metabolic adaptation under heat stress [27, 33].

The mineral metabolism indicators, in particular total calcium, inorganic phosphorus, the Ca/P ratio, and carotene, were generally within reference values. Low variability in calcium and phosphorus suggests effective control of mineral homeostasis under standardised feeding, whereas higher variability in carotene may be due to individual differences in absorption of fat-soluble vitamins and feed components, which is often exacerbated under heat stress [37, 38].

Analysis of blood enzyme activity revealed that, in some animals, there was a tendency towards exceeding the reference values for AST (by 1.6 to 2.1 times) and ALT (by 1.2 times), which may be considered as a marker of metabolic load on the liver. High coefficients of variation for these enzymatic parameters indicate considerable individual variation in hepatocyte responses to microclimatic and other stress factors, which is typical for adaptation processes under abrupt temperature fluctuations [4, 10]. An increase in the thymol test in some cows (by 1.6 times above the reference value) additionally indicates possible disturbances in hepatic protein synthesis or a latent course of hepatopathies, and the significant variability of this parameter reflects different levels of functional liver adaptation in the herd.

Most erythrocyte indices remained within physiological ranges, and low coefficients of variation indicate stability in haematopoiesis processes under uniform housing conditions. However, moderate variability in platelets and ESR may reflect

individual features of haemopoiesis and immune reactivity, which becomes particularly important under seasonal stress [11, 44].

Correlation analysis (Table 2) revealed both certain trends and significant associations between the key biomarkers (beta-hydroxybutyrate, glucose, lipoproteins) and other haematological and biochemical parameters. The identified relationships reflect the integrated nature of metabolic regulation in cows under year-round loose housing and seasonal variability in climatic load, which is in line with current views on the systemic adaptation of the organism to heat stress.

Table 2.

Correlation coefficients (r) between blood parameters

Parameter	Beta-hydroxybutyrate, mmol/L	Glucose, mmol/L	Total lipoproteins, mg%
Total protein, g/L	0.099	-0.026	0.162
Urea, mmol/L	-0.161	-0.092	-0.141
Urea nitrogen, mg%	-0.163	-0.093	-0.142
Creatinine, μ mol/L	-0.106	-0.438*	0.243
AST, U/L	-0.321*	0.207	-0.302*
ALT, U/L	-0.465*	0.132	-0.215
De Ritis index (AST/ALT)	0.292*	-0.095	-0.003
Alkaline phosphatase, U/L	0.013	0.040	-0.051
Glucose, mmol/L	-0.062	—	-0.512*
Total calcium, mmol/L	0.129	-0.742*	0.532*
Inorganic phosphorus, mmol/L	-0.010	0.309*	-0.054
Ca/P, ratio	0.103	-0.561*	0.294*
Carotene, μ g%	0.058	-0.218	0.399*
Total lipoproteins, mg%	-0.044	-0.512*	—
Thymol test, S-H units	-0.125	0.167	0.051
Beta-hydroxybutyrate, mmol/L	—	-0.062	-0.044
Albumin, %	0.079	-0.283*	0.098

α -globulins, %	-0.051	0.109	-0.219
β -globulins, %	-0.269	0.112	-0.001
γ -globulins, %	0.238	0.077	0.162
Haemoglobin, g/L	0.264	-0.242	0.251
Haematocrit, %	0.124	-0.472*	0.417*
MCH, pg	0.379*	0.333*	-0.192
MCHC, $\times 10$ g/L	0.335*	0.385*	-0.306*
Platelets, G/L	0.244	-0.250	0.101
Leukocytes, G/L	0.044	-0.076	0.143

*Note: * indicates $p < 0.05$. Data are results of the authors' study.*

Among the main biochemical blood parameters, beta-hydroxybutyrate demonstrated a number of significant associations, reflecting its role in the systemic adaptation of cows to year-round loose housing in naturally ventilated facilities. Statistically significant negative correlations were recorded with the activity of liver enzymes AST ($r = -0.321$; $p = 0.0226$) and ALT ($r = -0.465$; $p = 0.0006$), indicating an inverse relationship between the intensity of ketogenesis and hepatocytic activity. A similar mechanism has been described in studies in which an increase in ketone bodies was associated with a decrease in the activity of hepatic enzymes against the background of seasonal metabolic shifts in the organism [43, 50]. A significant positive correlation with the De Ritis ratio ($r = 0.292$; $p = 0.0397$) confirms that an increase in the AST/ALT ratio is accompanied by more intensive ketogenesis, which can be interpreted as an adaptive response to changes in the microclimate and energy balance.

A significant association was found between the concentration of beta-hydroxybutyrate and the erythrocyte indices MCH ($r = 0.379$; $p = 0.0065$) and MCHC ($r = 0.335$; $p = 0.0175$), reflecting a possible role of ketone bodies in the regulation of oxygen transport and erythrocyte metabolism as part of compensatory responses under increasing hypoxia [44, 51]. Among the observed trends, negative correlations of this biomarker with beta-globulins ($r = -0.269$; $p = 0.0582$) and haemoglobin ($r = 0.264$; $p = 0.0641$) are also noteworthy, which, although not statistically significant, may indicate general mechanisms of interaction between ketone and protein metabolism. Similar trends have been associated with changes in the blood protein profile during periods of adaptation to heat stress, underlining the multifunctionality of ketone bodies in metabolism [35, 36].

Blood glucose also demonstrated both statistically significant and trending associations with metabolic and mineral markers. Significant negative correlations with creatinine ($r = -0.438$; $p = 0.0014$), total calcium ($r = -0.742$; $p < 0.0001$), Ca/P ratio ($r = -0.561$; $p < 0.0001$), total lipoproteins ($r = -0.512$; $p = 0.00014$), albumin ($r = -0.283$; $p = 0.0456$) and haematocrit ($r = -0.472$; $p = 0.0005$) indicate the complex influence of energy metabolism on protein, lipid and mineral homeostasis, which is consistent with other studies in cows and goats under heat stress [18, 27, 33]. A significant positive association was identified between glucose and inorganic phosphorus ($r = 0.309$; $p = 0.0287$), as well as with the erythrocyte indices MCH ($r = 0.333$; $p = 0.0179$) and MCHC ($r = 0.385$; $p = 0.0057$), suggesting the influence of glucose on haematopoiesis and oxygen transport. Similar associations and the role of glucose in maintaining erythropoiesis and erythrocyte function have also been confirmed in cattle under both stall and pasture conditions [6, 17].

Trends were observed in the relationships with carotene, beta-globulins and platelets, where the correlation coefficients suggested a possible influence of glucose on the vitamin and cellular composition of the blood, but statistical significance was not achieved. Weak associations between carbohydrate metabolism indicators, fat-soluble vitamin content and immune response of animals under seasonal changes have also been described in the literature [21, 37].

For total lipoproteins, multi-vector associations with metabolic and haematological parameters were identified. Significant positive correlations with total calcium ($r = 0.532$; $p = 0.00007$), carotene ($r = 0.399$; $p = 0.0041$), haematocrit ($r = 0.417$; $p = 0.0025$) and Ca/P ratio ($r = 0.294$; $p = 0.0385$) highlight the integrated role of lipid metabolism in the regulation of mineral homeostasis and haematopoiesis. Several authors emphasise that lipoproteins serve as central integrators between the mineral, vitamin and haematopoietic components of adaptation under various models of heat or oxidative stress [38, 52, 53]. Significant negative correlations with AST activity ($r = -0.302$; $p = 0.0329$), MCHC ($r = -0.306$; $p = 0.0303$) and glucose ($r = -0.512$; $p = 0.00014$) reflect complex interactions between lipid, energy and hepatic metabolism. Similar results have been reported in studies with models of summer stress and comparisons of blood lipoprotein and enzyme levels at different times of the year [12, 36].

Trends were also observed for associations with beta-globulins, haemoglobin and platelets, which require further analysis to elucidate their biological significance. At the same time, variability in these parameters has repeatedly been recorded during transitional periods, which may be related to individual animal responses and the impact of seasonal microclimate [22, 43].

Thus, the results obtained indicate that beta-hydroxybutyrate, glucose and lipoproteins are not only biological markers of individual metabolic pathways but also reflect the status of protein, mineral, enzymatic and haematological profiles in a comprehensive manner. The identified significant associations confirm the integration of homeostatic regulatory mechanisms, which is consistent with modern concepts of animal adaptation physiology to climatic and technological factors [8, 54, 55].

Conclusions and prospects for further research. It was established that in Brown Swiss cows kept year-round in a naturally ventilated loose housing system, beta-hydroxybutyrate, glucose and total lipoproteins exhibit close correlations with the main morpho-biochemical blood parameters. These biomarkers were found to be the most sensitive indicators reflecting changes in energy, protein and mineral metabolism, as well as adaptive processes in the animals throughout the year. Further research should focus on assessing the prognostic value of these biomarkers for different dairy cattle breeds, as well as on developing integrated biological indices for systematic monitoring of adaptation and welfare in cattle under industrial conditions with year-round housing in naturally ventilated barns.

References

1. Gao, S. T., Guo, J., Quan, S. Y., Nan, X. M., Fernandez, M. V. S., Baumgard, L. H., & Bu, D. P. (2017). The effects of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 5040–5049. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11913>
2. Mylostyvyi, R., Lesnovskay, O., Karlova, L., Khmeleva, O., Kalinichenko, O., Orishchuk, O., Tsap, S., Begma, N., Cherniy, N., Gutyj, B., & Izhboldina, O. (2021). Brown Swiss cows are more heat resistant than Holstein cows under hot summer conditions of the continental climate of Ukraine. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 9(4), 1–8. <https://doi.org/10.31893/jabb.21034>
3. Vasilenko, T., Milostiviy, R., Kalinichenko, A., & Milostiva, D. (2018). Heat stress in dairy cows in the central part of Ukraine and its economic consequences. Social and economic aspects of sustainable development of regions: monograph. Publishing House WSZiA, Opole. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/457>
4. Dahl, G. E., Tao, S., & Laporta, J. (2020). Heat Stress Impacts Immune Status in Cows Across the Life Cycle. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00116>
5. Zeng, J., Cai, J., Wang, D., Liu, H., Sun, H., & Liu, J. (2023). Heat stress affects dairy cow health status through blood oxygen availability. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 14(1), 112. <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00915-3>

6. Aggarwal, A., Dar, M. R., Vats, P., Singh, M., Kumar, P., Choudhary, R., & Rawal, V. (2019). Physiological changes and blood flow in different breeds of dairy cows during different seasons. *Biological Rhythm Research*, 52(9), 1322–1333. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1627642>
7. Chen, X., Shu, H., Sun, F., Yao, J., & Gu, X. (2023). Impact of Heat Stress on Blood, Production, and Physiological Indicators in Heat-Tolerant and Heat-Sensitive Dairy Cows. *Animals*, 13(16), 2562. <https://doi.org/10.3390/ani13162562>
8. Mylostyvyi, R. (2025). Impact of acute heat stress on hematological and biochemical profiles in Brown Swiss cows. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 8(1), 8–13. <https://doi.org/10.32718/ujvas8-1.02>
9. Chabanenko, D. V., & Shynkarenko, R. V. (2025). Seasonal variations in haematological parameters as markers of physiological adaptation in Brown Swiss dairy cows under intensive production. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 27(120), 242-247. <https://doi.org/10.32718/nvlvet12029>
10. Blond, B., Majkić, M., Spasojević, J., Hristov, S., Radinović, M., Nikolić, S., Anđušić, L., Čukić, A., Došenović Marinković, M., Vujanović, B. D., Obradović, N., & Cincović, M. (2024). Influence of Heat Stress on Body Surface Temperature and Blood Metabolic, Endocrine, and Inflammatory Parameters and Their Correlation in Cows. *Metabolites*, 14(2), 104. <https://doi.org/10.3390/metabo14020104>
11. Mekroud, M., Arzour-Lakehal, N., Ouchene-Khelifi, N. A., Ouchene, N., Titi, A., & Mekroud, A. (2021). Seasonal variations in hematological profile of Holstein dairy cows as an indicator for physiological status assessment. *Agricultural Science and Technology*, Volume 13, Issue 1, 28–33. <https://doi.org/10.15547/ast.2021.01.005>
12. Mylostyvyi, R., Sejian, V., Izhboldina, O., Kalinichenko, O., Karlova, L., Lesnovskaya, O., Begma, N., Marenkov, O., Lykhach, V., Midyk, S., Cherniy, N., Gutyj, B., & Hoffmann, G. (2021). Changes in the Spectrum of Free Fatty Acids in Blood Serum of Dairy Cows during a Prolonged Summer Heat Wave. *Animals*, 11(12), 3391. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11123391>
13. Hoffmann, G., Silpa, M. V., Mylostyvyi, R., & Sejian, V. (2021). Non-Invasive Methods to Quantify the Heat Stress Response in Dairy Cattle. *Climate Change and Livestock Production: Recent Advances and Future Perspectives*, 85–98. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9836-1_8
14. Hussein, H. A., Thurmann, J.-P., & Staufenbiel, R. (2020). 24-h variations of blood serum metabolites in high yielding dairy cows and calves. *BMC Veterinary Research*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02551-9>
15. Rashid, M., Hossain, M., Azad, M., & Hashem, M. (2013). Long term cyclic heat stress influences physiological responses and blood characteristics in indigenous

- sheep. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 42(2), 96–100.
<https://doi.org/10.3329/bjas.v42i2.18486>
16. Rathwa, S. D., Vasava, A. A., Pathan, M. M., Madhira, S. P., Patel, Y. G., & Pande, A. M. (2017). Effect of season on physiological, biochemical, hormonal, and oxidative stress parameters of indigenous sheep. *Veterinary World*, 10(6), 650–654.
<https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.650-654>
17. Tejaswi, V., Bosco, J., Verma, V., Anjali, Pathak, M. C., Samad, H. A., Tiwari, A. K., Chouhan, V. S., Maurya, V. P., Sarkar, M., & Singh, G. (2022). Seasonal alterations in blood biochemical parameters among zebu and crossbred cattle. *Biological Rhythm Research*, 53(12), 1941–1949.
<https://doi.org/10.1080/09291016.2022.2098619>
18. Aleena, J., Sejian, V., Krishnan, G., Bagath, M., Pragna, P., & Bhatta, R. (2020). Heat stress impact on blood biochemical response and plasma aldosterone level in three different indigenous goat breeds. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 8(4), 266–275. <https://doi.org/10.31893/jabb.20034>
19. Thammacharoen, S., Semsirboon, S., Chanpongsang, S., Chaiyabutr, N., Panyasomboonying, P., Khundamrongkul, P., Puchongmart, P., & Wichachai, W. (2021). Seasonal effect of milk yield and blood metabolites in relation to ketosis of dairy cows fed under a high ambient temperature. *Veterinary World*, 2392–2396.
<https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2392-2396>
20. Wang, L., Zhang, P., Du, Y., Wang, C., Zhang, L., Yin, L., Zuo, F., & Huang, W. (2024). Effect of heat stress on blood biochemistry and energy metabolite of the Dazu black goats. *Frontiers in Veterinary Science*, 11.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1338643>
21. Nabi, B., Gupta, S. K., Rasool, M., Rasool, S., Najar, A. A., & Umar, S. I. U. (2022). Hemato-biochemical, Antioxidant Alteration in Thermal Stressed Cross-bred Cows and Mitigation using Micronutrients in Sub-tropical Zone of India. *Indian Journal of Animal Research*, 1–9. <https://doi.org/10.18805/ijar.b-4846>
22. Hadžimusić, N., & Hadžijunuzović-Alagić, D. (2024). Effects of season on metabolic profile of Holstein Friesian cows in postpartum period. *Online Journal of Animal and Feed Research*. LOCKSS. <https://doi.org/10.51227/ojafr.2024.34>
23. Melendez, P., McDaniel, K., Chacon, C., Poock, S., Bartolome, J., & Pinedo, P. (2020). Association between blood β -hydroxybutyrate at 7 days postpartum and milk yield, disease occurrence and fertility in grazing dairy cattle with seasonal calving: a case study. *Animal Production Science*, 60(14), 1737–1744.
<https://doi.org/10.1071/an19414>
24. Giri, A., Bharti, V. K., Kalia, S., Ravindran, V., Ranjan, P., Kundan, T. R., & Kumar, B. (2017). Seasonal changes in haematological and biochemical profile of dairy cows in high altitude cold desert. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 87(6).
<https://doi.org/10.56093/ijans.v87i6.71080>

25. Mylostyvyi, R. V., Wrzecińska, M., Samardžija, M., Gutyj, B. V., Yefimov, V. H., Skliarov, P. M., & Lieshchova, M. O. (2024). Impact of heat stress on blood serum cortisol level in dairy cows. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 12(4), 3–8. <https://doi.org/10.32819/2024.12016>
26. Mylostyvyi, R., Lacetera, N., Amadori, M., Sejian, V., Souza-Junior, J. B. F., & Hoffmann, G. (2023). The autumn low milk yield syndrome in Brown Swiss cows in continental climates: hypotheses and facts. *Veterinary Research Communications*, 48(1), 203–213. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10203-0>
27. Abbas, Z., Sammad, A., Hu, L., Fang, H., Xu, Q., & Wang, Y. (2020). Glucose Metabolism and Dynamics of Facilitative Glucose Transporters (GLUTs) under the Influence of Heat Stress in Dairy Cattle. *Metabolites*, 10(8), 312. <https://doi.org/10.3390/metabo10080312>
28. Lora, I., Calderone, C., Prussiani, L., Contiero, B., Malagoli, S., Lotto, A., & Cozzi, G. (2024). Reference limits for blood gas analysis performed from coccygeal vessels of multiparous Holstein dairy cows: Effects of stage of lactation and season of sampling. *Journal of Dairy Science*, 107(11), 9839–9846. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24859>
29. Kim, W.-S., Nejad, J. G., Park, K.-K., & Lee, H.-G. (2023). Heat Stress Effects on Physiological and Blood Parameters, and Behavior in Early Fattening Stage of Beef Steers. *Animals*, 13(7), 1130. <https://doi.org/10.3390/ani13071130>
30. Sukandi, S., Rahardja, D. P., Sonjaya, H., Hasbi, H., Baco, S., Gustina, S., & Adiputra, K. D. D. (2023). Effect of Heat Stress on the Physiological and Hematological Profiles of Horned and Polled Bali Cattle. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 11(6). <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2023/11.6.893.902>
31. Syafiq, N. N., Zulkifli, I., Zuki, A. B. Md., Meng Goh, Y., & Kaka, U. (2023). Physiological, haematological and electroencephalographic responses to heat stress in Katjang and Boer goats. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(11), 103836. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103836>
32. Santos, F. C. R. dos, Santarosa, B. P., Dal Más, F. E., Silva, K. N. da, Guirro, É. C. B. do P., & Gomes, V. (2024). Effects of dam metabolic profile and seasonality (Spring vs. Winter) on their offspring' metabolism, health, and immunity: maternal factors in dairy calves' analytes. *Frontiers in Veterinary Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1424960>
33. Pawliński, B., Gołębiewski, M., Trela, M., & Witkowska-Piłaszewicz, O. (2023). Comparison of blood gas parameters, ions, and glucose concentration in polish Holstein-Friesian Dairy cows at different milk production levels. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28644-7>
34. Mylostyva, D., Prudnikov, V., Kolisnyk, O., Lykhach, A., Begma, N., Kalinichenko, O., Khmeleva, O., Sanzhara, R., Izhboldina, O., & Mylostyvyi, R. (2022).

- Biochemical changes during heat stress in productive animals with an emphasis on the antioxidant defense system. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.31893/jabb.22009>
35. Baccouri, W., Wanjala, G., Tóth, V., Komlósi, I., Földesi, I., Diána, K., & Mikó, E. (2025). The effect of seasonal changing temperature on blood metabolic indicators in Holstein Friesian cows. *Cogent Food & Agriculture*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2550498>
36. Joo, S. S., Lee, S. J., Park, D. S., Kim, D. H., Gu, B.-H., Park, Y. J., Rim, C. Y., Kim, M., & Kim, E. T. (2021). Changes in Blood Metabolites and Immune Cells in Holstein and Jersey Dairy Cows by Heat Stress. *Animals*, 11(4), 974. <https://doi.org/10.3390/ani11040974>
37. Mary, A. E. P., Artavia Mora, J. I., Ronda Borzone, P. A., Richards, S. E., & Kies, A. K. (2021). Vitamin E and beta-carotene status of dairy cows: a survey of plasma levels and supplementation practices. *Animal*, 15(8), 100303. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100303>
38. Bahrami-Yekdangi, M., Ghorbani, G. R., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Mahnani, A., Drackley, J. K., & Ghaffari, M. H. (2022). Identification of cow-level risk factors and associations of selected blood macro-minerals at parturition with dystocia and stillbirth in Holstein dairy cows. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09928-w>
39. Kozyr, V. S., Antonenko, P. P., Mylostyvyi, R. V., Suslova, N. I., Skliarov, P. M., Reshetnychenko, O. P., Pushkar, T. D., Saponova, V. O., & Pokhyl, O. M. (2019). Effect of herbal feed additives on the quality of colostrum, immunological indicators of newborn calves blood and growth energy of young animals. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7(3), 137–142. <https://doi.org/10.32819/2019.71024>
40. Farafonov, S., Yaremko, O., Verkholiuk, M., Muzyka, L., Gutyj, B., Marenkov, O., Lykhach, V., Nemova, T., Khmelova, O., & Mylostyvyi, R. (2024). Determining Trace Elements in the Hair of Beef Cattle as a Non-Invasive Method for Assessing Mineral Metabolism. *Journal of Animal Health and Production*, 12(s1). <https://doi.org/10.17582/journal.jahp/2024/12.s1.332.337>
41. Gutyj, B. V., Goralskyi, L. P., Mylostyvyi, R. V., Sokulskyi, I. M., Stadnytska, O. I., Vus, U. M., Khariv, I. I., Martyshuk, T. V., Leskiv, Kh. Ya., Vozna, O. Ye., Adamiv, S. S., & Petrychka, V. V. (2024). The influence of “Butaselmevit” on the antioxidant status of the cows’ organisms during the development of endotoxemia. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 26(114), 210–216. <https://doi.org/10.32718/nvvet11431>
42. Hu, L., Brito, L. F., Luo, H., Chen, S., Johnson, J. S., Sammad, A., Guo, G., Xu, Q., & Wang, Y. (2023). Differential Responses of Physiological Parameters, Production Traits, and Blood Metabolic Profiling between First- and Second-Parity Holstein

- Cows in the Comparison of Spring versus Summer Seasons. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(31), 11902–11920. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c00043>
43. Chabanenko, D. V., & Shynkarenko, R. V. (2025). Biochemical indicators of adaptation and stress across seasons in Brown Swiss dairy cows. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 8(3), 79–83. <https://doi.org/10.32718/ujvas8-3.10>
44. Zachut, M., Kra, G., Nemes-Navon, N., Ben-Aharon, N., Moallem, U., Lavon, Y., & Jacoby, S. (2020). Seasonal heat load is more potent than the degree of body weight loss in dysregulating immune function by reducing white blood cell populations and increasing inflammation in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 10809–10822. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18547>
45. Mylostyvyi, R., & Izhboldina, O. (2025). An Integrated Approach Using Temperature–Humidity Index, Productivity, and Welfare Indicators for Herd-Level Heat Stress Assessment in Dairy Cows. *Animals*, 15(22), 3341. <https://doi.org/10.3390/ani15223341>
46. Antonenko, P. P., Dorovskych, A. V., Vysokos, M. P., Mylostyvyi, R. V., Kalinichenko, O. O., & Vasilenko, T. O. (2018). Methodological bases and methods of scientific research in veterinary hygiene, sanitary and expertise. Dnipro, “Svidler A.L.”
47. Kaneko, J. J., Harvey, J. W., & Bruss, M. L. (Eds.). (2008). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals* (6th ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370491-7.X0001-3>
48. O’Brien, M. D., Rhoads, R. P., Sanders, S. R., Duff, G. C., & Baumgard, L. H. (2010). Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. *Domestic Animal Endocrinology*, 38(2), 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2009.08.005>
49. Belhadj Slimen, I., Najar, T., Ghram, A., & Abdrrabba, M. (2015). Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(3), 401–412. <https://doi.org/10.1111/jpn.12379>
50. Duda, Y. V., Prus, M. P., & Shevchik, R. S. (2020). Seasonal influence on biochemical blood parameters in males of Californian rabbit breed. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (4), 262–268. https://doi.org/10.15421/2020_197
51. Mylostyvyi, R. (2025). The effect of prolonged heat stress on haematological parameters of Holstein cows. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 16(1), 59–69. <https://doi.org/10.31548/veterinary1.2025.59>
52. Sklyarov, P., Fedorenko, S., & Naumenko, S. (2020). Oxidant/Antioxidant Balance in Cows and Sheep in Antenatal Pathology. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(5), 26–28. https://doi.org/10.15421/2020_201

53. Valencia, R., Kim, S. H., Berdos, J., Kim, M. H., Lee, S. S., & Lee, S. S. (2024). Metabolic and Metataxonomic Changes in Lactating Holstein Dairy Cows During the Transition from Heat Stress to the Recovery Period. *Journal of Animal Science and Technology*. <https://doi.org/10.5187/jast.2024.e97>
54. Važić, B., Drinić, M., Kasagić, D., Popadić, S., & Rogić, B. (2020). Metabolic profile of the blood of Simmental cows during a production cycle. *Veterinarski Arhiv*, 90(1), 11–18. <https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.0371>
55. Alrhoun, M., Gauly, M., & Pouloupoulou, I. (2025). Seasonal prevalence and geographical distribution of claw health in dairy cows: Investigation of the causal relationship with breed. *Journal of Dairy Science*, 108(1), 980–995. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25204>

Дмитро Чабаненко,

аспірант, Дніпровський державний аграрно-економічний
університет, м. Дніпро, Україна
ORCID ID: 0009-0000-1898-5010
e-mail: 11590948@student.dsau.dp.ua

Роман Шинкаренко,

аспірант, Дніпровський державний аграрно-економічний
університет, м. Дніпро, Україна
ORCID ID: 0009-0003-3819-6539
e-mail: 12286177@student.dsau.dp.ua

КОРЕЛЯЦІЯ МІЖ КЛЮЧОВИМИ БІОМАРКЕРАМИ (БЕТА-ГІДРОКСИБУТИРАТ, ГЛЮКОЗА, ЛІПОПРОТЕЇДИ) ТА ПОКАЗНИКАМИ КРОВІ У ШВИЦЬКИХ КОРІВ ЗА УТРИМАННЯ У ПРИРОДНО ВЕНТИЛЬОВАНОМУ ПРИМІЩЕННІ

Анотація

У роботі досліджено особливості взаємозв'язків між ключовими біомаркерами енергетичного та ліпідного обміну (бета-гідроксибутират, глюкоза, ліпопротеїди) і морфо-біохімічними показниками крові у корів бурої швицької породи за умов цілорічного утримання у природно-вентильованому приміщенні. Актуальність проблеми зумовлена зростанням частоти метаболічних порушень і прояву теплового стресу у високопродуктивних тварин, що посилюється за впливу сезонних коливань мікроклімату. Вивчення інформативності кров'яних біомаркерів є перспективним для ранньої діагностики метаболічного напруження та підвищення ефективності контролю за станом добробуту тварин. Дослідження проведено на коровах другої лактації ($n=50$) на одному з найбільших молочних комплексів із розведення бурої швицької породи в центральній частині України. За кожним сезоном року випадковим чином були сформовані репрезентативні групи молочних корів з однаковою продуктивністю і періодом лактації. Досліджували білковий, ліпідний, вуглеводний і мінеральний обмін, а також показники кровотворення. Погодні умови (температура, вологість, розрахунок температурно-вологісного індексу) оцінювали за даними найближчої метеостанції. Взаємозв'язок між показниками крові визначали за коефіцієнтом кореляції Спірмена. Представлення даних і статистична обробка проведені із використанням програмного забезпечення Statistica 12 (StatSoft Inc., USA). Достовірними вважали результати при $P \leq 0,05$. Результати показали, що бета-гідроксибутират мав достовірні негативні зв'язки з активністю печінкових ферментів (АЛТ, $r = -0,465$; АСТ, $r = -0,321$; $p < 0,05$). Глюкоза негативно корелювала із загальним кальцієм ($r = -0,742$; $p < 0,05$), співвідношенням Ca/P ($r = -0,561$; $p < 0,05$), гематокритом ($r = -0,472$; $p < 0,05$), загальними ліпопротеїдами ($r = -0,512$; $p < 0,05$) та альбумінами ($r = -0,283$; $p < 0,05$), а позитивно – з неорганічним фосфором ($r = 0,309$; $p < 0,05$), МСН ($r = 0,333$; $p < 0,05$) і МСНС ($r = 0,385$; $p < 0,05$). Для ліпопротеїдів виявився характерним позитивний зв'язок із загальним кальцієм ($r = 0,532$; $p < 0,05$), каротином ($r = 0,399$; $p < 0,05$), гематокритом ($r = 0,417$; $p < 0,05$), Ca/P ($r = 0,294$; $p < 0,05$) та негативний – з АСТ ($r = -0,302$; $p < 0,05$) та МСНС ($r = -0,306$; $p < 0,05$). Виявлені достовірні кореляції між ключовими біомаркерами і гематологічними показниками відображають комплексність регуляторних механізмів гомеостазу. Отримані дані підтверджують доцільність одночасного моніторингу бета-гідроксибутират, глюкоза, ліпопротеїди в крові для оцінки метаболічної адаптації та ризиків розвитку порушень за сучасних систем утримання молочних корів.

Ключові слова: корови швицької породи, біомаркери, морфологічні і біохімічні показники крові, кореляція, адаптація, мікроклімат.

Стаття надійшла до редакції 20 січня 2026 року
Стаття пройшла рецензування 23 лютого 2026 року
Стаття опублікована 30 березня 2026 року.

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.16

УДК: 636.083:614.9

Zoia YEMETS,

Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of the Department of Genetics,
Breeding and Feeding of Farm Animals,
ORCID ID: 0009-0007-1507-9734
e-mail: zoyaemets@gmail.com

Igor NIKOLENKO,

Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Genetics,
Breeding and Feeding of Farm Animals,
ORCID ID: 0000-0002-8581-4569
e-mail: igor.nikolenko.87@ukr.net

Iryna HONCHAROVA,

Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Genetics,
Breeding and Feeding of Farm Animals,
ORCID ID: 0000-0003-0190-7803
e-mail: irina.i.goncharova@gmail.com

Oksana SHEVCHENKO,

Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Genetics, Breeding and
Feeding of Farm Animals,
Odesa State Agrarian University, Odessa, Ukraine
ORCID ID: 0000-0002-6747-5487
e-mail: sksena76@gmail.com

APPLICATION OF MODERN GENETIC SELECTION METHODS IN LIVESTOCK PRODUCTION

Abstract

The article is descriptive and review-based and is devoted to the analysis of the use of modern breeding methods in animal husbandry. The breeding process is highlighted as an important component of the agricultural sector, since it contributes to the improvement of the genetic

characteristics of animals. The most effective breeding methods in animal husbandry and the agricultural sector are also described. It is emphasized that the theoretical basis of breeding is genetics and only a deep knowledge of the laws of variability and inheritance of traits will allow the breeder to competently plan and conduct breeding work. It is indicated that in addition to genetics, the breeder must have thorough knowledge of the biology of the selected object of study, the laws of its reproduction, growth and development of its individuals, their resistance to infectious diseases and other adverse environmental factors. Thus, the article highlights that breeding programs for the creation of new plant varieties and animal breeds, first of all, are firmly based on genetic principles, relying on the laws of genetics. The article also describes how genetic and breeding research on farm animals is key to increasing the productivity and quality of agricultural products. It also considers how modern animal husbandry, using the achievements of basic biological sciences, including DNA technologies, leads to increased economic efficiency in the agro-industrial complex. It is emphasized that quantitative traits in animals are particularly important, including milk production, milk composition, meat and carcass quality, fertility, as well as resistance or susceptibility to infections. It is also described that these traits are mainly polygenic, which is the result of the interaction of several genes. As a result, it is emphasized that the development of economically useful traits is also of crucial importance, and chromosome maps of farm animals are necessary, which increases the likelihood of detecting polygenic quantitative traits and the effectiveness of breeding efforts using genetic markers.

Keywords: *Keywords: DNA, selection, animal husbandry, variability, inheritance, methods, breeding, farm animals, innovations, genetics, chromosome maps, genetic markers.*

Relevance of the problem. Today, with intensive selection in livestock breeding, the introduction of advanced technologies, and the requirements for the productive qualities of animals have increased significantly. For farm animals, an important and determining criterion is a specialized direction of productivity and its high level, the duration of productive life, stress resistance and resistance.

The selection process is an important component of the agricultural sector, as it contributes to improving the genetic characteristics of animals. It can also affect the quality of products, health and resistance to diseases. There are various progressive selection methods, such as genetic engineering, marker selection and breeding methods, such as artificial insemination and embryo transplantation [1, 2].

Genetic and selection research of farm animals is the key to improving the productivity and quality of agricultural products. Modern livestock breeding using the achievements of fundamental biological sciences, including DNA technologies, results in increasing the economic efficiency of the agricultural industry. Quantitative traits of animals, namely: milk yield, milk composition, meat and carcass quality, fertility, resistance or susceptibility to infections, are mostly polygenic traits that are the result of the interaction of many genes. The development of economically useful traits is based on the identification of polygenic systems for marking and mapping the main genes of breeding traits. The more complete the chromosome maps of farm animals

are, the higher the probability of marking polygenic quantitative traits and the higher the efficiency of breeding work using genetic markers [3].

Molecular genetic markers, the polymorphism of which is closely related to the variability of polygenic quantitative traits, allow us to detect the influence of environmental factors that modify the phenotypic value of a given trait, and this significantly simplifies breeding work with it, as well as the forecast of its development. Artificial insemination of livestock on a large scale has created conditions for the targeted transfer to the offspring of gene complexes that underlie the development of economically useful traits. The technology of superovulation and embryo transplantation significantly and dramatically increases the possibility of obtaining numerous offspring from animals with desired productivity characteristics and with certain gene combinations useful for the population.

The persistent work of livestock breeders, breeders, and scientists should be continued, because breeding work requires appropriate training and knowledge, especially in the field of applied genetics, without which their successful and effective application is impossible [4, 5].

Research results. In animal husbandry, genetics methods are used to increase the economically useful traits of animals, namely:

- when creating new lines and breeds of animals that exceed existing ones in productivity, differ in specific marker traits (for example, resistance to diseases, product quality, autosex - sex marking in poultry farming);
- when using the phenomenon of heterosis to obtain hybrid animals and poultry from specialized related forms characterized by high combining ability;
- when using related breeding (inbreeding) in the breed-forming process and establishing inbred lines;
- to assess the genetic potential of animal productivity, which is controlled by the genotype, its preservation in a number of generations;
- to develop methods for assessing the genotype of individual animals and their groups by the quality of offspring;
- to preserve the gene pool of rare species, breeds and reserve lines, herds;
- for the diagnosis and treatment of viral, bacterial and other infections of farm animals (using monoclonal antibodies and enzyme-linked immunosorbent assays);
- in the study of genetic changes in organisms associated with increased radiation pollution;
- in controlling the origin of animals (genetic examination).

In the modern world, doctors fight with hereditary diseases using genetic methods. Genetic methods are used to assess the ecological state, the manifestation of undesirable mutations.

Selection in human production.

The term selection (from the Latin *selectio* - selection) means - a science that develops the theory and methods of creating new and improving existing forms of plants, animals and microorganisms. Selection as a science consists of the following sections: the study of the species and breed composition of domestic animals; analysis of the patterns of hereditary variability of animals; research into the role of the environment in the development of animal traits and properties; development of artificial selection and selection systems that contribute to the consolidation and strengthening of desired traits and properties of organisms.

The theoretical foundations of selection, which are most closely related to genetics, include: hereditary variability of traits and characteristics of animals during purebred breeding and crossing, methods of selection and selection [6].

The theoretical basis of selection is genetics. Only deep knowledge of the laws of variability and inheritance of traits will allow the breeder to competently plan and conduct selection work. Of course, in addition to genetics, the breeder must have a thorough knowledge of the biology of the selected object of research, the laws of its reproduction, growth and development of its individuals, their resistance to infectious diseases and other adverse environmental factors. However, selection programs for the creation of new varieties of plants and breeds of animals are primarily firmly based on genetic principles, relying on the laws of genetics.

Like any science, selection has its own subject and methods of research. The subject of selection in general is the study of the laws of change, the process of development and transformation of plants, animals and microorganisms in man-made conditions.

In animal husbandry, the subject of selection is breeds, that is, populations of farm animals that are artificially created by man and have certain hereditary characteristics. In a breed, all individuals have similar hereditarily fixed signs and properties: productivity, a complex of physiological and morphological properties, as well as a certain reaction to environmental factors. The methods of selection are genetic methods of induced forms of variability of traits and artificial selection. Actually, the latter is leading in any programs of breeding work.

Agricultural production is the leading branch of the economy of any society. In turn, breeding provides agricultural production with high-yielding varieties of cultivated plants and highly productive breeds of animals. Due to this, labor productivity in agriculture increases. From this point of view, breeding acquires great importance in human production activities [7, 8].

The concept of breed. Already in ancient times, man noticed that due to variability within each population of plant and animal organisms, individuals with

different levels of resistance to adverse environmental conditions, with unequal fertility and viability, with various other characteristics are born. Even then, it turned out that the vast majority of descendants of highly fertile individuals inherit the trait of high fertility, and the trait of high viability of parents is inherited by the majority of their descendants, etc. Therefore, already in ancient times, man selected seeds from the best plants and descendants from the best animals for reproduction. These, at first glance, primitive methods of artificial selection, which were used for several millennia, gave good results, a huge number of varieties of cultivated plants and breeds of domestic animals were created. At the same time, it turned out that most of them, combining such features as resistance to diseases and harmful insects, as well as resistance to other adverse environmental conditions, are highly productive and highly productive. Some of these plant varieties and animal breeds turned out to be so perfect that even with the use of modern breeding methods they cannot be significantly improved [1, 2, 9].

Cultivated plants and domestic animals originate from their own wild ancestors. In the process of cultivation and domestication, they all acquired economically valuable features, the formation of which was facilitated by artificial selection. For example, high meat and milk productivity of animals or high 110 protein or high sugar productivity of plants are of no importance in the evolution of a plant or animal organism. But with the help of artificial selection, man formed alternative features in animals and plants in such a way that they would ensure maximum productivity. Therefore, domestic animals and cultivated plants are not adapted to independent existence.

No domestic animal or cultivated plant, left alone with natural environmental conditions, that is, in the wild, will survive.

Based on the phenotypic and genetic properties of animal breeds and plant varieties, these concepts can be defined as follows: a variety or breed is a population of organisms that is created by artificial selection and is characterized by hereditarily fixed signs of high economic productivity. Thus, the best varieties of wheat created by Ukrainian breeders, in combination with modern cultivation methods, allow obtaining yields of 60-80 centners/hectare of grain. Or, for example, in Denmark, annual milk yields from the best Jersey cows are over 7200 kg with a fat content of more than 6-7%, and in England, the best potato varieties provide a harvest of high-quality tubers of 700-800 centners/hectare [2, 10].

The influence of selection, natural or artificial, will be the more effective, the higher the variability of the traits that fall under the action of this selection. It is the variability of the source material that is the fundamental basis necessary for the creation of new animal breeds and plant varieties. In this case, all forms of hereditary variability, including mutational and combinational, play the most important role. As for

modifications, since this form of variability is not inherited, it significantly complicates the implementation of artificial selection.

Forms of artificial selection.

The doctrine of artificial selection was developed by C. Darwin. In his works "The Origin of Species..." and "Variability of Animals and Plants under Domestication" (1868), he distinguished three forms of selection that operate in the process of forming new animal breeds and new plant varieties, namely: natural selection, unconscious selection and methodical selection (artificial).

Natural selection. It was under its influence that the characteristics were formed in the populations of various species of animals and plants, by which man isolated the corresponding organisms from the wild and introduced them into culture.

In addition, in the process of domestication of animals and cultivation of plants, as well as in the process of creating new breeds and varieties, natural selection continues to act regardless of the will of man. This is due to the incessant processes of mutational variability. The processes of spontaneous mutagenesis can be strengthened or weakened, but cannot be stopped [11].

Mutational variability under the influence of natural selection is capable of introducing into the genotypes of breeds or varieties modifications of some characteristics, the formation of which was not foreseen by the breeder.

In both wild and domestic animals, natural selection contributes to the destruction of harmful mutant genes and the survival of those most adapted to environmental conditions. It should be noted that natural selection in populations of domestic animals is aimed at the survival of those individuals that are more adapted to the environmental conditions provided by man.

Unconscious selection. This is a form of artificial selection that was carried out by man unconsciously, without any desire to breed a new breed. This form of selection developed spontaneously, because man always left the best animals for the tribe, and for sowing - good seeds, and for food or other needs he was the first to use animals and fruits of plants that were inferior in terms of the development of traits to the best specimens. Unconscious selection has been occurring continuously for many millennia. Therefore, it has led to the creation of populations of animals and plants with traits inherent only to a certain natural and climatic zone or a certain geographical region. Such populations are called local breeds, varieties or populations. Note, however, that over the past two to three centuries, the formation of local breeds or varieties has been influenced by the genotypes of breeds and varieties that are occasionally imported from other areas.

Methodical selection. This is a form of conscious artificial selection. It is used by man in case of desire or necessity to make changes in the formation of the

characteristics of a breed or variety towards a certain ideal. Man consciously selects and uses for reproduction only those individuals whose phenotypic characteristics in their manifestation more closely correspond to the expected ideal. Methodical selection over several or many generations allows to achieve the desired results [12].

Thus, artificial selection is carried out by man and is aimed at increasing the frequency of desired genes by allocating the most productive individuals to the tribe by the breeder. And natural selection eliminates those individuals that are not adapted to the environmental conditions. Therefore, often in practice, natural and artificial selection act in opposite directions.

Selection does not create new genes. It is carried out with the aim of increasing the frequency of desirable genes in the population and reducing the frequency of harmful genes.

Suppose that A is desirable, and a is undesirable.

♀ AA × ♂ aa

F1 Aa (frequency is 0.5)

F2 1 AA, 2Aa, 1 aa (frequency is 0.5)

Therefore, the proportion of gene A in F2 is still 0.5. But if all individuals with the genotype aa are eliminated, then among the individuals that remain there will be 4A and 2a. As a result, the proportion of gene A will be increased to 0.67, and the proportion of gene a will be reduced to 0.33, etc.

If selection is effective, then its genetic consequence is expressed in an increase in the proportion of the gene for which selection is carried out. If the proportion of the desirable gene increases, then the proportion of individuals homozygous (AA) for the desirable gene also increases.

Depending on the breeding program and the biological characteristics of the breeding object, various types of selection are used in practice, determined by the nature of the action of genes: selection for a dominant gene, selection against a dominant gene, selection for a recessive gene, selection against a recessive gene, selection for genes with an epistatic effect, selection for genes with an additive effect, etc.

Selection methods based on Mendel's laws.

With the understanding of the rediscovered Mendel's laws, the concept of the combining ability of genotypes of lines, varieties of breeds and even individual organisms was formed.

Combining ability is the relative level of viability and productivity of offspring from crossing partners belonging to different lines, varieties (breeds) or species. A distinction is made between general combining ability and specific combining ability.

The total combining ability is the average level of heterosis in the offspring from crossing lines, plant varieties or animal breeds with any of the partners under study. In breeding work, diallel, topcross, polycross and free crosses are used to identify the total combining ability.

Diallel or polyallel crosses are understood as crossing individuals of a separate line or a separate family with individuals of other lines or families in all possible direct and reciprocal combinations in order to study their combining ability.

The number of possible combinations between different lines in direct crosses will be $[(n^2)]^n - n^2$

where n is the number of lines involved in the crosses.

Specific combining ability is the ability of any line or variety (breed) from crossing with its partner to produce offspring with a certain burst of heterosis.

Often, hybrid F2 offspring are split by phenotypic traits into groups in such proportions that there is doubt about the regularities to which this splitting should be subject according to Mendel's law. Then the researcher, relying on the genetic laws of heredity, can put forward a working hypothesis to explain the data obtained. If, using the working hypothesis, the theoretically expected frequencies are calculated and compared with the frequencies obtained in the experiment, the degree of correspondence between the distribution of the actually obtained and theoretically calculated frequencies will show how much these distributions correspond to each other.

In statistics, the working hypothesis is also called the null hypothesis. This means that if the working hypothesis is confirmed, the difference between the experimentally obtained and theoretically calculated distributions is zero. The degree of correspondence of the actual data to the expected is calculated using the correspondence criterion, which is called the χ^2 criterion (Chi square).

When comparing the empirical value of the chi-square calculated using this formula with the theoretically expected, that is, with the standard value, two situations may arise. The first situation is $\chi^2_{\text{empir}} > [\chi^2]_{\text{stand}}$ at a certain number of degrees of freedom - γ . This means that the distribution of empirical frequencies is significantly different from the distribution of theoretically expected frequencies. Therefore, we can say that the two frequency distributions being compared - the experimental and theoretically expected - are incompatible. They belong to different populations. Therefore, the working hypothesis is not confirmed.

Assessment of specific combining ability. Animal breeding based on the assessment of specific combining ability means that with a significant effect of non-additive genes, selection can be aimed at using the effect of heterosis. This is achieved,

as a rule, by crossing lines or breeds in poultry and pig farming for traits that are poorly inherited and are controlled mainly by non-additive genes [2, 4, 13].

The first stage of such work is the creation of several inbred lines by inbreeding.

The next stage is checking the created lines for compatibility, that is, identifying combinations of cross lines that produce the most productive offspring. Inbred lines, from which the most productive offspring are obtained when crossed with each other, have opposite homozygosity for many pairs of genes, which provides higher heterozygosity of the offspring and the manifestation of the heterosis effect.

An example of such a breeding scheme is reciprocal recurrent selection, aimed at increasing the combining ability of two or more lines or breeds that have been found in previous crosses.

Selection by quantitative factors.

The vast majority of traits in certain organisms differ in the quantitative manifestation of their variability in the process of reproduction. Quantitative variability is referred to as such variability, in which the numerical value of a trait in a set of organisms of the same type forms a continuous series of classes, which make up the variation series. Recall that in Mendel's studies on different varieties of peas, each gene differed from its allelic partner with high discontinuity. It was thanks to this effect that Mendel discovered units of heredity - genes. However, such traits as the mass of the organism, its linear and volumetric dimensions, growth rates, the capacity of certain substances in various components of this organism, and others are characterized by the continuity of the transition from one size of the trait to another.

For example, pea seeds can be smooth or wrinkled in shape, but the protein content in individual pea seeds in different populations can vary from 22 to 34% with continuous transitions in their ranking from seed to seed. Numerous studies have shown that quantitative traits are formed under the influence of many non-allelic genes of unambiguous action. Therefore, unlike qualitative traits, which are inherited alternatively, quantitative traits are inherited polygenically. Hence, polygenic inheritance can be imagined as a function of a whole system of genes, the interaction of which during the formation of the organism determines the quantitative effects of various traits and serves as the genetic basis of quantitative variability. An important feature of polymeric genes is that from the crossing of individuals that differ from each other in a quantitative trait, offspring with an intermediate inheritance of this trait are always reproduced. Therefore, the ability of dominance in this case is not manifested [4, 13].

However, due to the complexity of the genetic systems that determine the development of quantitative traits, selection for these traits in the process of selection work is significantly complicated. Therefore, methods of statistical analysis come to

the aid of breeders. The simplest of them is the method of comparing the average values of an economically useful trait that manifests itself in the compared populations (confidence level t_d).

Determining the level of probability of the difference between the averages of the compared populations does not provide information about the dependence of the nature of the manifestation of a quantitative trait on certain genes. At the same time, in the practice of selection work, it is often necessary to determine what determines the variability of a quantitative trait in a particular population of organisms. After all, it is known that the variability of traits can be caused by both the heterozygous state of the genotype and the modifying influence of environmental conditions. But since the formation of quantitative traits is determined by several (or even many) non-allelic genes of unambiguous action, in order to find out their number for a certain trait in a certain species of organisms, it is necessary to conduct rather laborious studies over dozens of generations.

To avoid the above difficulties, breeders use the heritability coefficient. This coefficient determines the size of the share of the genetic component in the phenotypic variability of a quantitative trait, which is due to the function of the corresponding system of polymeric genes of unambiguous action. Therefore, the heritability coefficient makes it possible to judge only the specific weight of the genotypic variability of a trait in a certain set of organisms.

Selection for one quantitative trait [7, 11].

Quantitative indicators include numerous economically useful traits that have economic value. This is the milk yield from a cow, the content of nutrients in it, the meat yield in pigs, the number of piglets born by a sow, the laying ability of chickens, the shearing of wool in sheep, and the like. These traits are formed under the influence of numerous pairs of genes, each of which has a low, individual phenotypic effect. The formation of such traits occurs under the influence of both additive and non-additive genes.

Unlike qualitative traits, quantitative traits are largely influenced by environmental conditions. The concept of "environment" includes such factors as the body's supply of nutrients, diseases, temperature, air humidity, and others that accompany an individual throughout the entire ontogenesis period.

Phenotypic variability, which has a number of features, is caused by environmental factors. It is not transmitted from parents to offspring, it covers genotypic variability, which makes it difficult to detect. In order to reveal the genetic potential of an individual, appropriate environmental conditions are necessary. By creating optimal environmental conditions, it is possible to achieve a rapid increase in the production of livestock products.

The magnitude of genetic progress per generation (SE) achieved by selection for a quantitative trait depends on the magnitude of the selection differential (Sd) and the heritability coefficient of the trait (h^2):

$$SE = Sd \cdot h^2$$

The selection differential is the difference between the average value of the trait in animals selected as the group of parents of the next generation (P), and the average value of the same trait in the herd or population (P):

$$Sd = (P - P)$$

For example, if in a herd of cows with an average milk yield of 4000 kg (P) of milk, the breeding nucleus will be selected

That is, over several generations, as a result of targeted selection of cows for milk yield, the average level of herd productivity increases. As already noted, this is a consequence of an increase in the concentration of genes that determine the level of animal productivity.

It is necessary to highlight one of the most important provisions of the theoretical foundations of selection, that the growth of animal productivity as a result of selection will occur under the condition of adequate improvement of environmental conditions, since the realization of the genetic potential of highly productive animals requires a high level of feeding and maintenance. Without the creation of appropriate conditions, a breeding animal with a high level of genetic potential, especially imported specialized breeds, will not meet the standard in terms of its exterior and productivity.

It is also necessary to note the second regularity - the interaction of the genotype of animals with the environment. As an example, we can cite the crossing of dairy breeds of cattle in Ukraine with Holstein breeders. Practice has shown that with an increase in bloodline of the Holstein breed in crossbred animals, the genetic potential for milk yield increased. However, in commercial herds with a low level of feeding and maintenance, the absolute milk yield of crossbred animals did not increase. In such herds, the best genotypes show worse results. The reason for this is that crossbred animals with high bloodline to the Holstein breed are characterized by increased energy metabolism, require a higher level of feeding, react sharply to unbalanced diets and low-quality feed, reduce fatness and live weight, and are more susceptible to diseases in adverse environmental conditions. Since such shortcomings are constantly observed in commercial farms, the duration of productive use of such animals is significantly reduced. The level of their milk productivity and reproductive ability decreases [12, 13].

Selection of animals by a complex of traits.

In breeding activities, animals are selected more often by a complex of economically useful traits that have different economic significance, different degrees

of inheritance and genetic correlations between them. Theory and practice demonstrate that increasing the number of selection traits in a breeding program leads to a decrease in the genetic progress of each of them. If the traits are independent of each other and have the same degree of inheritance, then with simultaneous selection of animals for n traits, the genetic progress for each of them will be $\frac{1}{\sqrt{n}}$. That is, the more traits are included in the breeding program, the lower the effect of selection for each of them.

There are several methods of selecting animals for a complex of traits: the method of sequential (tandem) selection, the method of independent levels of culling and selection indices.

The method of sequential (tandem) selection involves selecting animals for one trait for several generations until the desired improvement is achieved. Subsequently, the selection pressure for this trait decreases, and efforts are directed to improving the second trait, then the third, etc. If there is a positive relationship between the breeding traits, then this selection method is quite effective. However, there is mostly a negative correlation between the main breeding traits, especially between the quantity of production and its quality. In such a case, this selection method will be ineffective. For example, a negative genetic correlation between milk yield and milk fat content will actually nullify the effectiveness of sequential selection, since genetic improvement of one trait will lead to genetic deterioration of the second.

When selecting animals by independent levels, a minimum grade is established for each trait, the requirements of which must be met by breeding animals. If the requirements for one of the traits are not met, the animal is removed from breeding. The disadvantage of this selection is that animals with a high development of traits have to be culled, because they do not meet the standard for one of them. For example, with a selection standard of egg production of chicken lines of 250 eggs, egg weight of 60 g and hatchability of 80%, one laying hen had 270 eggs, an average egg weight of 60 g and hatchability of 88%. Another laying hen had the following indicators: 280 eggs, 65 g and 70%. Despite the fact that the other laying hen has high egg productivity, she will be culled, because her fertility does not meet the standard [11].

However, this method is widely used in breeding practice, for example, in the sequential selection of bulls for breeding associations. It is also used in the creation of specialized homozygous lines in poultry and pig farming, in the selection of animals for exhibitions, auctions, and test stations.

The most effective is the method of breeding indices, since it makes it possible to select highly valuable animals for a breeding group, even if they do not meet the standard for one trait. The measure of the value of an animal is an index or a total value for all breeding traits, compiled taking into account the economic and genetic significance of each trait. If the index is compiled correctly, taking into account all

factors (relative economic value of the trait, heritability, genetic correlations, etc.) and taking into account genetic and mathematical methods and computers, then this method allows you to obtain the greatest breeding effect for a certain period of time and per unit of funds spent.

In addition to selection, the effectiveness of selection is based on breeding and selection methods.

The effectiveness of selection depends on breeding methods.

Breeding methods include - a system of selection and selection of farm animals, taking into account their species, breed and line affiliation.

Selection (selection) is a process that determines the relative proportion of descendants of a genetic group (structure) of a population (herd, line, family), which remains for reproduction in subsequent generations.

Selection is a system of measures for mating individuals (males and females) in order to obtain offspring with high productive and breeding qualities from them.

In the system of breeding methods, there is purebred breeding and various forms of crossing.

Purebred breeding is the mating of animals belonging to the same breed. The offspring obtained from such mating is called purebred.

Purebred breeding, especially of dairy breeds of cattle, is the main method. The most highly productive are animals obtained through purebred breeding. The main methods of purebred breeding are outbreeding, inbreeding, and breeding by lines and families [12].

Crossbreeding is the mating of animals belonging to different breeds and species, as well as the mating of crossbreeds with each other. The offspring obtained through crossbreeding are called crossbreeds or hybrids. Most often, hybrids are called offspring obtained through interspecific crossing. When crossing, the heterozygosity of animals increases, which often leads to heterosis. Therefore, crossbreeding, especially in poultry and pig farming, is the main method of obtaining highly productive commercial animals.

The method of outbreeding should be distinguished from crossbreeding. Outbreeding is the mating of individuals of a breed that are not related to each other by kinship, which is used to obtain purebred animals.

The genetic consequences of crossing and outbreeding are directly opposite to inbreeding. While inbreeding promotes homozygosity for most gene pairs, crossing and outbreeding lead to an increase in heterozygosity.

For example, if one breed is homozygous for the dominant gene (AA) and the other is recessive (aa), then all offspring obtained from crossing these breeds in the first generation (F1) will be heterozygous (Aa). In subsequent generations, heterozygosity

decreases, since 120 gene splitting occurs. Thus, in F₂, the number of heterozygous individuals will be only 50%: 1 AA, 2 Aa, 1 aa. This situation is also true for traits affected by more than one pair of alleles.

Animals obtained from crossing or unrelated mating are less constant than inbred ones. Heterozygous animals transmit different genes to their offspring.

When crossing, in some cases and for some traits, heterosis is manifested in F₁. Heterosis or hybrid vigor is an increase in the viability of crossbred offspring compared to the parents of the original breeds, which is manifested in improving reproductive function, growth rate, and increasing productivity.

The phenomenon of heterosis has been known since ancient times. One of its examples is the mule - an F₁ hybrid obtained from interspecific crossing of a donkey with a mare. As has long been known, the mule has good adaptability to a hot climate, enduring to hard work. In recent years heterosis is obtained in poultry farming, pig farming, and beef cattle breeding. In poultry farming, by crossing, for example, white Plymouth Rock laying hens with white Cornish roosters, synthetic lines of highly productive broiler crosses have been created based on the breeding of specialized combined inbred lines. Egg-producing crosses are created based on the crossing of inbred lines of the Leghorn breed. The effect of heterosis can be determined by comparing the level of productivity of crossbred and purebred animals. Some breeders believe that the most objective assessment of the effect of heterosis is the excess of the average productivity of the offspring in F₁ over the productivity of the best of the parental forms of the original breeds. However from a genetic point of view, a more reasonable method of assessing the effect of heterosis is to compare the average productivity of the offspring F₁ with the average productivity of the parents. If the trait is significantly affected by the non-additive effect of genes, then the average F₂ does not coincide with the average of the parents, but turns out to be higher or lower than it. In some cases, it may be higher than the highest, or lower than the lowest value in the parents. Heterosis is due to the heterozygosity of genes that exhibit a non-additive effect (dominance, overdominance, epistasis). The influence of dominance on the manifestation of heterosis can be traced on the example of American beef cattle breeding. J. F. Leslie (1982) believes that most of the breeds of animals in the United States were bred on the basis of a relatively small number of animals imported from Western Europe. Therefore, it is likely that they are homozygous for many genes or that the frequency of one allele in some breeds may be higher than in other breeds. Thus, more than half of the American Shorthorn population comes from a single bull. When crossing such breeds with each other, heterosis was obtained in terms of average daily gain [13].

The cause of heterosis can also be overdominance, that is, when several pairs of genes act on the same trait, and the strength of their action is not the same. With this type of gene action, it is impossible to fix the desired combinations of genes in one line, because the gene action depends entirely on heterozygosity. In this case, the only way to take advantage of this type of gene action is to form inbred homozygous lines. Then the lines must be tested in crosses in order to identify those that are well-matched, which show the greatest heterosis in the offspring. This is exactly what is done in poultry farming when creating highly productive crosses. In farm animals, the effect of heterosis is manifested in traits with a low degree of heritability, that is, in traits that are more susceptible to the influence of adverse environmental conditions and inbreeding. Practice has shown that the effect of heterosis depends on the magnitude of the genetic difference between the individuals being crossed. Therefore, a greater effect of heterosis is obtained when crossing breeds with each other, rather than lines within a breed. A higher effect of heterosis is obtained when crossing breeds with a more pronounced genetic difference than when crossing breeds with a similar genetic structure. From a theoretical point of view, this should be understood as meaning that unrelated parents have less chance of being homozygous for the same pair of genes than related ones. In recent years, interbreeding has been widely used to breed new highly productive breeds by mating dams of local breeds with breeds of specialized productivity. In Ukraine, a meat breed of pigs was bred by crossing dams of the Large White breed of pigs and other local breeds with sires of imported meat breeds. The red-and-white dairy breed was created by crossing Simmental cows with Holstein bulls, the Ukrainian beef breed was bred by crossing Simmental cows with sires of imported beef breeds [12, 13].

Inbreeding is a selection system for obtaining offspring from mating related animals.

The genetic consequences of inbreeding are to increase homozygosity in the population for most gene pairs.

Inbreeding, combined with targeted selection and selection, contributes to the consolidation of desired traits in the population. Offspring from related parents often receive the same genes as

a common ancestor. Therefore, there will be a certain similarity between parents and offspring, which will increase with increasing homozygosity. Using special terminology, it can be argued that inbred parents are more prepotent than non-inbred ones. Therefore, in dairy cattle breeding, they try to complete breeding associations with inbred bulls as fertile animals in order to use them on outbred cows, and in poultry farming, they try to breed inbred specialized lines to obtain the effect of heterosis in crosses.

At the same time, in the process of inbreeding, mutant genes pass into a homozygous state, which causes depression (reduction in the viability of organisms or lethal outcome). However, mutations can be those that reduce viability and those that increase it. Therefore, depression does not always occur with inbreeding.

Inbred depression is a decrease in the viability and productivity of animals as a result of inbreeding. Inbreeding depression is most susceptible to traits with a low degree of heritability (hope, egg production, growth rate, reproductive ability, disease resistance, adaptive ability), that is, traits that characterize the viability of individual animals and populations as a whole. In industrial animal husbandry, the breeding system should avoid inbreeding and be based on obtaining heterozygous individuals, which are more viable and therefore more productive. One form of inbreeding is considered to be line breeding, the goal of which is to concentrate the heritability of one representative or one ancestral line in the offspring of several generations.

Line – a breed or interbreed group of farm animals that originate from one or more outstanding sires. In cattle breeding, lines refer to a breed group of animals that originate from one sire. In poultry farming, a line is understood as both a breed and an interbreed group of animals that originate from several sires, specialized in one or more economically useful traits.

The genetic consequences of breeding by lines are the same as inbreeding. Breeding by lines leads to homozygosity of pairs of genes that are in the ancestors in the heterozygous state. The probability that the line offspring will have the same genes as the ancestor of the line also increases. If the ancestor had a large number of desirable genes, this will contribute to the fact that the descendants will also have the same desirable genes. If the ancestor had harmful genes in the heterozygous state, then the offspring may also have them, and in some animals in the homozygous state. That is why it is necessary to carefully choose the ancestor of the line. It should be evaluated by the quality of the offspring not only by economically useful traits, but also by the presence of recessive harmful genes in their genotype.

Breeding by lines is used only in purebred breeding. The use of inbred lines of bulls-sprouting on unrelated cows (outbreeding) has become widespread in dairy cattle breeding, which contributes to the genetic improvement of breeds by economically useful traits. In addition, linear-rotational selection in commercial herds makes it possible to exclude spontaneous related mating of cows during artificial insemination [11, 12, 13].

Lines are divided into:

- genealogical line - a group of animals that have a common ancestor in the direct paternal pedigree, obtained without a specific plan, without directed selection and

selection. Genealogical lines make up the structure of the breed and are a means of rotational selection in commercial herds in order to prevent spontaneous inbreeding.

- hybrid line - a group of animals obtained from crossing two or more lines of the same breed or lines of different breeds. This breeding method is used in poultry farming, it is aimed at obtaining heterosis.

- factory line - a group of animals that originate from an outstanding breeder, obtained by targeted selection and selection, differs from other lines in characteristic breeding and productive qualities.

- inbred line - a group of animals that are obtained by close related mating in several generations. They are bred in poultry farming, less often - in pig farming in order to obtain [12].

a heterosis effect when crossing such lines. In inbreeding, it is necessary to cull animals, therefore, in low-fertility livestock (cattle, horse breeding and sheep breeding) inbred lines are not bred.

- combined lines - lines, when crossed, the effect of heterosis is manifested in the offspring. The phenomenon of linear combination (combining ability) is widely used in poultry farming.

Conclusions. The introduction of progressive technologies, selection and breeding methods in livestock farming, the development and implementation of methods for breeding and selection of farm animals that take into account the specifics of all branches of livestock farming are the key to increasing the production of high-quality food products, in particular milk and dairy products, for consumers and raw materials for industry.

References

1. Admina N. G., Admin O. Ye., T. L. Osypenko, Yemets Z. V. INFLUENCE OF PARATYPIC FACTORS ON THE FERTILITY OF DAIRY COWS AND REPLACEMENT HEIFERS. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science NAAS of Ukraine / - The Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science NAAS of Ukraine / Kharkiv, No. 131- 2024/8/27 | Journal article DOI: 10.32900/2312-8402-2024-131-4-18 <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2024-131-4-18>
2. Z. Yemets, PROGRESSIVE TECHNOLOGIES, METHODS OF SELECTION AND BREEDING OF AGRICULTURAL ANIMALS: Agrarian Bulletin of the Black Sea Region. Odesa, 2024. Issue 110.- p.149; DOI: <https://doi.org/10.37000/abbsl.2024.110.23>
3. Barkar E.V. Genetic resources of farm animals: a course of lectures. – Mykolaiv: MNAU, 2016. – 84 p.
4. Pidpala T.V. Breeding of farm animals: a textbook. - Mykolaiv: Publishing Department of MNAU, 2006. – 277 p.

5. State book of breeding animals of cattle of the Ukrainian black-and-white dairy breed / Shablya V.P., Admin O.E., Khramtsova O.M., Osypenko T.L., Yemets Z.V., Trotsenko Z.G., Ivanchenko M.I. - K.: PC "Foliant", 2008. - 496 p.
6. Yemets Z.V. Dependence between the average fat content for the lifetime milk productivity of cows-mothers and daughters // Scientific and technical bulletin / IT UAAN. – Kharkiv, 2006. No. 93. P. 29-31.
7. Yemets Z.V. Fat content in cow's milk and milk fat yield depending on the breed // Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy, 2005. No. 2. P. 127-128.
8. Yemets Z.V. Development of models for the selection assessment of fat content in milk and milk fat yield of cows: author's abstract. dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences: 06.02.01 - animal breeding and selection. Kherson, 2009. p. 19.
9. Genetic Fundamentals of Breeding. website. URL: https://osau.edu.ua/wp-content/uploads/2020/05/1.2.4.1.-K_lektsij_Genetychni-osnovy-selektsiyi.pdf.
10. Yemets Z.V.,1 Miroshnikova O.S.2 ECOLOGICAL INNOVATIONS IN ANIMAL BREEDING AND GENETICS. Modern challenges and ways to improve the technology of livestock production: materials of the III International Scientific and Practical Conference of NPP and Young Scientists (Odesa, June 6-7, 2024) / Odessa State Agrarian University. Educational and Scientific Institute of Biotechnology and Aquaculture. Odesa, 2024. P. 17-19
11. Course of lectures on the discipline "Genetics in Veterinary Medicine. website. URL:
https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/%D0%9A%D1%83%D1%80%D1%81_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9_%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D1%83_%D0%B2%D0%B5%D1%82_%D0%BC%D0%B5%D0%B4_2.pdf
12. Genetic foundations of animal breeding. website. URL:
https://fileview.ukr.net/?url=https%3A%2F%2Fmail.ukr.net%2Fapi%2Fpublic%2Ffile_view%2Flist%3Ftoken%3DHDjLtW8MvItwynPBFFaxZ6E-oTisxTY8X9e2mrzLx_nALXp6xCEluuM4zSMYbO-Y0LBXKvuDNMY58OzXAATFFfdBFGWbq7tuLb4lyc0%3AmpuLfmE5Zs5D0ZzL%26r%3D1742297337173&default_mode=view&lang=uk&mlid=0#start=0
13. Scientific Bulletin of Veterinary Medicine. website. URL:
https://fileview.ukr.net/?url=https%3A%2F%2Fmail.ukr.net%2Fapi%2Fpublic%2Ffile_view%2Flist%3Ftoken%3DHDjLtW8MvItwynPBFFaxZ6E-oTisxTY8X9e2mrzLx_nALXp6xCEluuM4zSMYbO-Y0LBXKvuDNMY58OzXAATFFfdBFGWbq7tuLb4lyc0%3AmpuLfmE5Zs5D0ZzL%26r%3D1742297337173&default_mode=view&lang=uk&mlid=0#start=2

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ГЕНЕТИЧНОЇ СЕЛЕКЦІЇ У ТВАРИННИЦТВІ

Зоя Ємець,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
кафедри генетики, розведення та годівлі тварин,
Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна
ORCID ID: 0009-0007-1507-9734
e-mail: : zoyaemets@gmail.com

Ігор Ніколенко,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
кафедри генетики, розведення та годівлі тварин,
Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0002-8581-4569
e-mail: igor.nikolenko.87@ukr.nete-mail

Ірина Гончарова,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
кафедри генетики, розведення та годівлі тварин,
Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0003-0190-7803
e-mail: irina.i.goncharova@gmail.com

Оксана Шевченко,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
кафедри генетики, розведення та годівлі тварин,
Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0002-6747-5487
e-mail: sksena76@gmail.com

Анотація

Стаття має описовий та оглядовий характер і присвячена аналізу використання сучасних методів селекції у тваринництві. Висвітлено процес селекції, як важливої складової аграрного сектору, оскільки він сприяє покращенню генетичних характеристик тварин. Також описано найефективніші методи селекції у тваринництві, аграрному секторі. Наголошено, що теоретичною основою селекції є генетика і тільки глибоке знання законів мінливості та успадкування ознак дозволить селекціонеру грамотно планувати та проводити селекційну роботу. Вказано, що крім генетики, селекціонер повинен мати ґрунтовні знання біології обраного об'єкта дослідження, законів його розмноження, росту та розвитку його особин, їх стійкості до інфекційних захворювань та інших несприятливих факторів навколишнього середовища. Отже висвітлено у статті, що, селекційні програми зі створення нових сортів рослин і порід тварин, перш за все, міцно базуються на генетичних принципах, спираючись на закони генетики. У статті також описано, як генетичні та селекційні дослідження сільськогосподарських тварин є ключовими для підвищення продуктивності та якості сільськогосподарської продукції. Також розглядається, як сучасне тваринництво, використовуючи досягнення фундаментальних біологічних наук, включаючи ДНК-технології, призводить до підвищення економічної ефективності в агропромисловому комплексі. Наголошено, що кількісні ознаки у тварин є особливо важливими, включаючи виробництво молока, склад молока, якість м'яса та туші, плодючість, а також стійкість або сприйнятливність до інфекцій. Також описано ці ознаки, як переважно полігенні, що є результатом взаємодії кількох генів. В результаті наголошено, що розвиток економічно корисних ознак також має вирішальне значення, і хромосомні карти сільськогосподарських тварин є необхідними, що це підвищує ймовірність виявлення полігенних кількісних ознак та ефективність селекційних зусиль за допомогою генетичних маркерів.

Ключові слова: ДНК, селекція, тваринництво, мінливість, успадкування, методи, розведення, сільськогосподарські тварини, інновації, генетика, хромосомні карти, генетичні маркери.

Список використаної літератури

1. Admina N. G., Admin O. Ye., T. L. Osypenko, Yemets Z. V. INFLUENCE OF PARATYPIC FACTORS ON THE FERTILITY OF DAIRY COWS AND REPLACEMENT HEIFERS. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science NAAS of Ukraine / - The Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science NAAS of Ukraine / Kharkiv, No. 131- 2024/8/27 | Journal article DOI: 10.32900/2312-8402-2024-131-4-18 <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2024-131-4-18>

2. Z. Yemets, PROGRESSIVE TECHNOLOGIES, METHODS OF SELECTION AND BREEDING OF AGRICULTURAL ANIMALS: Agrarian Bulletin of the Black Sea Region. Odesa, 2024. Issue 110.- p.149; DOI: <https://doi.org/10.37000/abbsl.2024.110.23>
3. Barkar E.V. Genetic resources of farm animals: a course of lectures. – Mykolaiv: MNAU, 2016. – 84 p.
4. Pidpala T.V. Breeding of farm animals: a textbook. - Mykolaiv: Publishing Department of MNAU, 2006. – 277 p.
5. State book of breeding animals of cattle of the Ukrainian black-and-white dairy breed / Shablya V.P., Admin O.E., Khramtsova O.M., Osypenko T.L., Yemets Z.V., Trotsenko Z.G., Ivanchenko M.I. - K.: PC “Foliant”, 2008. - 496 p.
6. Yemets Z.V. Dependence between the average fat content for the lifetime milk productivity of cows-mothers and daughters // Scientific and technical bulletin / IT UAAN. – Kharkiv, 2006. No. 93. P. 29-31.
7. Yemets Z.V. Fat content in cow's milk and milk fat yield depending on the breed // Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy, 2005. No. 2. P. 127-128.
8. Yemets Z.V. Development of models for the selection assessment of fat content in milk and milk fat yield of cows: author's abstract. dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences: 06.02.01 - animal breeding and selection. Kherson, 2009. p. 19.
9. Genetic Fundamentals of Breeding. website. URL: https://osau.edu.ua/wp-content/uploads/2020/05/1.2.4.1.-K_lektsij_Genetychni-osnovy-selektsiyi.pdf.
10. Yemets Z.V.,1 Mirosnikova O.S.2 ECOLOGICAL INNOVATIONS IN ANIMAL BREEDING AND GENETICS. Modern challenges and ways to improve the technology of livestock production: materials of the III International Scientific and Practical Conference of NPP and Young Scientists (Odesa, June 6-7, 2024) / Odessa State Agrarian University. Educational and Scientific Institute of Biotechnology and Aquaculture. Odesa, 2024. P. 17-19
11. Course of lectures on the discipline "Genetics in Veterinary Medicine. website. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/%D0%9A%D1%83%D1%80%D1%81_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9_%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D1%83_%D0%B2%D0%B5%D1%82_%D0%BC%D0%B5%D0%B4_2.pdf

12. Genetic foundations of animal breeding. website. URL:
https://fileview.ukr.net/?url=https%3A%2F%2Fmail.ukr.net%2Fapi%2Fpublic%2Ffile_view%2Flist%3Ftoken%3DHDjLtW8MvItwynPBFFaxZ6E-oTisxTY8X9e2mrzLx_nALXp6xCEluuM4zSMYbO-Y0LBXKvuDNMY58OzXAATFFdBFGWbq7tuLb4lyc0%3AmpuLfmE5Zs5D0ZzL%26r%3D1742297337173&default_mode=view&lang=uk&mlid=0#start=0
13. Scientific Bulletin of Veterinary Medicine. website. URL:
https://fileview.ukr.net/?url=https%3A%2F%2Fmail.ukr.net%2Fapi%2Fpublic%2Ffile_view%2Flist%3Ftoken%3DHDjLtW8MvItwynPBFFaxZ6E-oTisxTY8X9e2mrzLx_nALXp6xCEluuM4zSMYbO-Y0LBXKvuDNMY58OzXAATFFdBFGWbq7tuLb4lyc0%3AmpuLfmE5Zs5D0ZzL%26r%3D1742297337173&default_mode=view&lang=uk&mlid=0#start=2

Стаття надійшла до редакції 20 січня 2026 року
Стаття пройшла рецензування 23 лютого 2026 року
Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.17

УДК 636.4:575.1:631.22

Володимир Іванов,

доктор сільськогосподарських наук, професор, головний науковий співробітник лабораторії інноваційних технологій та експериментальних тваринницьких об'єктів,

Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН, м. Полтава, Україна

ORCID ID: 0000-0001-8653-7092

e-mail: vl-iva9008@ukr.net

Олександр Церенюк,

доктор сільськогосподарських наук, професор, директор Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН,

Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН, м. Полтава, Україна

ORCID ID: 0000-0003-4797-9685

e-mail: tserenyuk@gmail.com

Анатолій Соловійов,

аспірант кафедри товарознавства, біотехнології, експертизи та митної служби, Полтавський університет економіки і торгівлі, м. Полтава, Україна

ORCID ID: 0009-0007-5274-975X

e-mail: anatoliy.agrotrade@googlemail.com

ПЕРСПЕКТИВИ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ СВИНЕЙ ВІТЧИЗНЯНИХ ПОРІД ЗА РАХУНОК СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ

Анотація

У статті розглядаються шляхи покращення свиней вітчизняних порід на основі селекційно-генетичних і технологічних факторів. Зокрема, оцінку материнських властивостей підсисних свиноматок визначають за характером опускання тулуба на підлогу, тому для покращення якості відбору свиноматок на протязі першого тижня лактації доцільно оцінювати швидкість і характер опускання тулуба на підлогу. Свиноматок, які повільно (за 10 і більше сек.) опускають тулуб на підлогу відносять до плавного типу (I). Свиноматок, які швидко (за 6 і менше сек.) опускають тулуб на підлогу, відносять до різкого типу (II). Свиноматок, які опускають тулуб на підлогу – то повільно, то швидко, відносять до змішаного типу (III). Найменше було задавлено поросят свиноматками I, а найбільше – II і III типів. Спадковість характеру опускання тулуба на підлогу за Фехнером – $0,36 \pm 0,025$ ($p < 0,001$), а повторюваність – $0,20 \pm 0,08$ ($p < 0,05$). Для відтворення племінного стада відбираються свиноматки, які мають плавний тип опускання тулубу на підлогу, а тварин

різкого і змішаного типу з низькими відтворними ознаками – вибраковують. Розроблено спосіб оцінки стресостійкості молодняку свиней за рахунок контролю їх етологічних і імунологічних реакцій, останні визначають за розміром припухлої плями вушної раковини через одну добу після відлучення молодняку; до стресстійкого, стрессхильного і стрессумнівного відносять молодняк, у якого розмір припухлої плями коливається відповідно в межах 1,1-1,5 см; 2,1-2,5 см, 1,6-2,0 см, а етологічну реакцію визначають за індексом агресивної поведінки за першу добу після відлучення. До стресстійкого, стрессхильного і стрессумнівного відносять молодняк індекс агресивної активності якого має значення відповідно 0,04; 0,07 і 0,05.

Розроблено спосіб оцінки адаптаційних властивостей поросят в кризовий період (відлучення, перегрупування). За допомогою пробіт-методу на десятій день після та переведення поросят на дорощування визначали нормоване відхилення живої маси, виражене в частках сігми, по кожній особині. Встановлено, що особини з великим значенням нормованого відхилення живої маси характеризуються високим соціальним рангом і більш досконалим гомеостатичним апаратом, що позитивно вплинуло на відгодівельну і м'ясну продуктивність. Найвища енергія росту в кризовий період була у тварин, значення нормованого відхилення живої маси яких було +1,0 і вище ($p < 0,001$). Розроблено спосіб оцінки та відбору свиноматок за стрессхильністю нащадків. З метою точності і ефективності оцінки маточного поголів'я за стрессхильністю нащадків доцільно для селекції відбирати свиноматок, у гнізді яких налічується 80-100 % стресстійких поросят, що належать до класу М+. Розроблено спосіб відбору кнурів за стрессхильністю їхніх нащадків, за яким на першому етапі після відлучення поросят кнурів оцінюють за якістю потомства отриманого від покритих маток згідно діючої Інструкції з бонітування свиней (2003 р.) і визначають їх клас; на другому – визначають індивідуальну стрессхильність поросят у гнізді кожної свиноматки за коефіцієнтом зміни живої маси поросят на 10-й день після дії технологічних стресів; на третьому – встановлюють відсоток нащадків у їхніх гніздах з різною стресстійкістю); на четвертому – у 6 місяців визначають клас кнурів за власною продуктивністю нащадків згідно інструкції з бонітування; на п'ятому – відбирають кнурів класу еліта згідно діючої Інструкції з бонітування свиней (2003 р.), які мають 60-100 % стресстійких нащадків у гніздах, отриманих від покритих ними свиноматок.

Ключові слова: порода, селекція, технологія, свині, кнури, свиноматки, поросята, молодняк, продуктивність, збереженість.

Вступ. Однією з умов успішного нарощування виробництва свинини в Україні, є проведення інтенсифікації галузі на інноваційній основі. Перш за все, стан галузі свинарства, залежить від реалізації комплексу факторів: повноцінної годівлі, оптимальних умов утримання, ефективною селекційно-племінної роботи, яка спрямована на удосконалення існуючих і створення нових спеціалізованих ліній, типів, порід та їх кросів з метою збільшення виробництва високоякісної свинини на основі методів схрещування, породно-лінійної та міжлінійної гібридизації [1, 2].

На ринку України за даними [3] поголів'я спеціалізованих порід свиней вітчизняного походження (червона білопояса, полтавська м'ясна, українська м'ясна) становило біля 2 %.

Дані локальні порода м'ясного напрямку продуктивності, за низкою господарсько корисних ознак не можуть повноцінно конкурувати із зарубіжними високопродуктивними сучасними породами космополітами в умовах промислового виробництва.

Враховуючи те, що свині спеціалізованих м'ясних порід вітчизняного походження мають певну селекційну пластичність, досить актуальним і перспективним є визначення впливу генотипових і паратипових факторів на біологічні особливості з метою їх покращення, виявлення бажаного рівня ключових ознак продуктивності та маркетингового уподобання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що успішне породоутворення свиней залежить від впливу технологічних і селекційно-генетичних факторів [2]. Для прискорення селекційних процесів сьогодні активно розробляють і застосовують генетичні методи. У перспективі планується застосування цих методів для отримання у найближчому майбутньому популяцій «елітних» свиней із новими продуктивними характеристиками [6].

Одною важливою проблемою у розведенні свиней є підвищення якості м'яса та підвищення відтворювальних ознак [7, 8]. Наприклад, дослідження показало, що кілька генів кандидатів, включаючи *MC4R*, *IGF2*, *ADRB3* та *ATP1A2*, сильно впливали на якість м'яса [8, 9, 10, 11, 19].

Шляхом оптимізації годівлі, методів утримання, способу експлуатації і використання тварин створюються відповідні умови для прискорення селекційного процесу та, інколи, навіть створення порід. Для підвищення відтворювальних ознак свиней в умовах сьогодення необхідно «розробити та впровадити нові технології, інструменти та методи, які допоможуть збільшити багатоплідність, підвищити збереженість потомства та подальшу його інтенсивність росту й покращити репродуктивні якості свиней в цілому [11].

На даному етапі в селекції свиней для оцінки їх генетичної цінності найбільш поширеним методом є використання досить великої кількості ДНК-маркерів, що пов'язані із генами.

Дослідженнями проведеними у лабораторії генетики Інституту свинарства і АПВ НААН встановлено, що застосування молекулярно-генетичних маркерів у селекції м'ясних свиней забезпечує підвищення точності відбору тварин за продуктивними та відтворювальними ознаками. Особливу увагу доцільно зосередити на маркерах генів *RYR1*, *MC4R*, *IGF2* та *LEP*, асоційованих із м'ясною продуктивністю, інтенсивністю росту та ефективністю використання корму. Використання маркер-асоційованої селекції сприяє збереженню породної специфічності за одночасного генетичного поліпшення популяції. Це створює науково обґрунтовані передумови для підвищення конкурентоспроможності породи в умовах сучасних промислових технологіях галузі свинарства [12].

Метою досліджень було визначення перспектив покращення свиней вітчизняної селекції шляхом використання селекційних і технологічних методів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У дослідженнях використовували аналітичні, зоотехнічні і статистичні методи. В основу результатів досліджень лягли розроблені науковцями Інституту свинарства і АПВ НААН авторські свідоцтва і патенти на винахід співавторів даної статті.

Дослідження були проведені протягом останніх 15 років у ТОВ «Агропрайм Холдин» Одеської області, де розводять породу велика біла і ландрас французького походження. Дослідження проводили у три етапи. На першому етапі визначали материнські якості свиноматок великої білої за характером опускання тулубу на підлогу ($n=180$ свиноматок). Свиноматок, які повільно (за 10 і більше сек.) опускають тулуб на підлогу відносили до плавного типу (I). Свиноматок, які швидко (за 6 і менше сек.) опускали тулуб на підлогу, відносили до різкого типу (II). Свиноматок, які опускали тулуб на підлогу – то повільно, то швидко, відносили до змішаного типу (III).

На другому етапі ($n=490$ голів молодняку великої білої породи) визначали стресостійкість молодняку свиней за етологічною і імунологічною реакцією. Останню визначають за розміром припухлої плями вушної раковини через одну добу після відлучення молодняку; до стресостійкого, стресосхильного і стресосумнівного відносили молодняк, у якого розмір припухлої плями коливався відповідно в межах 1,1-1,5 см; 2,1-2,5 см, 1,6-2,0 см, а етологічна реакція визначалася за індексом агресивної поведінки за першу добу після відлучення. До стресостійкого, стресосхильного і стресосумнівного відносять молодняк індекс агресивної активності якого мав значення відповідно 0,04; 0,07 і 0,05.

Індекс агресивності визначали за формулою:

$$IA = \Delta t / t \quad (1),$$

де, IA – індекс агресивності, Δt – фактичні витрати часу на проявлення активності; t – загальний час спостережень, в наших дослідженнях $t = 24$ години.

На третьому етапі ($n= 444$ голів молодняку великої білої породи) для досліджень нами було визначено коефіцієнт зміни живої маси поросят (Кзжм) за період 10-денної дії технологічного стресу :

$$Кзжм = A - M / \delta \quad (2),$$

де A – перетворене значення кожної дати варіаційного ряду;

M – середнє арифметичне значення; δ - середнє квадратичне відхилення.

Для визначення (Кзжм) поросят індивідуально зважували перед початком стрес-фактора і через 10 днів після закінчення його дії і визначали різницю живої маси за період тестування. Аналогічно можна проводити тестування і після закінчення дорощування і переведення поросят на вирощування.

На четвертому етапі після відлучення поросят свиноматок оцінювали за відтворювальними якостями згідно діючої Інструкції з бонітування свиней (2003 р.) і визначали їхній клас. Усі свиноматки за відтворними якостями належали до класу еліта. Далі визначали індивідуальну стресосхильність поросят у гнізді кожної свиноматки за коефіцієнтом зміни живої маси (КЗЖМ) поросят на 10-й день після дії технологічних стресів (відлучення і перегрупування). За цим показником поросят поділяли на три класи: M+ – стресостійкі, M- – стресочутливі і Mo – стресосумнівні особини.

На п'ятому етапі (n=1139 голів молодняку) розробляли спосіб відбору кнурів за стресосхильністю їх нащадків, за яким у першу чергу після відлучення поросят кнурів оцінювали за якістю потомства отриманого від покритих маток згідно Інструкції з бонітування свиней (2003 р.) і визначають їхній клас; у другу чергу – визначали індивідуальну стресосхильність поросят у гнізді кожної свиноматки за коефіцієнтом зміни живої маси (КЗЖМ) поросят на 10-й день після дії технологічних стресів; у третю чергу – встановлювали відсоток нащадків у їхніх гніздах з різною стресостійкістю); на четвертому – у 6 місяців визначають клас кнурів за власною продуктивністю нащадків згідно Інструкції з бонітування; на п'ятому – відбирали кнурів класу еліта які мають 60-100 % стресостійких нащадків у гніздах, отриманих від покритих ними свиноматок.

Поведінку, продуктивність тварин та економічну ефективність результатів досліджень визначали за [13, 14]. Результати досліджень оброблені за допомогою методів варіаційної статистики [15].

Загальновідомо, що на прискорення генетичного прогресу впливають технологічні і селекційні процеси. Задача технології в породоутворенні є створення добробуту для тварин шляхом удосконалення умов утримання, годівлі і відтворення, також запровадження штучного осіменіння, перенесення ембріонів, клонування.

Задача селекційних процесів є розробка нових способів оцінки і відбору тварин на базі генетики та біоінформатики для отримання більш продуктивних та стійких до хвороб генотипів. Генетичний аналіз та результати селекційних експериментів показують можливість включення ознак пристосованості у селекційний процес.

На наш погляд, для покращення вітчизняних м'ясних порід необхідно впроваджувати інтенсивні промислові та органічні технології, які розроблені, перевірені та впроваджені Інститутом свинарства і АПВ НААН [16, 17], а також застосовувати вирощування племінних свиней в станках обладнаних електронними кормовими станціями, які дають точну інформацію про ріст живої маси, споживання кормів, групову, харчову, статеву поведінку, показники здоров'я, забезпечують сортування тварин. Для підсисних свиноматок доцільно застосовувати SowMAX, EasySlider, для відлучених поросят, ремонтного племінного молодняку Nedap Veero, для холостих і поросних свиноматок Skiold, Intellitek, Freda.

У селекційно-племінній роботі важливе місце відводиться материнським властивостям свиноматок, від яких залежить ріст, розвиток та збереженість поросят. Під материнськими властивостями розуміють не тільки кількість і якість молока, стан молочної залози, вихід приплоду, а й обережне ставлення до потомства. Тому для покращення якості відбору свиноматок на протязі першого тижня лактації доцільно оцінювати швидкість і характер опускання тулуба на підлогу.

В умовах ТОВ «Агропрайм Холдинг» для відтворення племінного стада відбирали свиноматки, які мали плавний тип опускання тулубу на підлогу, а

тварин різкого і змішаного типу – вибраковували. Чому було взято за основу тип поведінки свиноматок при опусканні тулуба на підлогу. Ми виходили з того, що у новонароджених поросят-сисунів повністю відсутній сторожовий рефлекс, а тому перший тиждень життя є критичним для них: в цей період найбільше гине поросят від задавлення свиноматкою. В структурі відходу задавлені поросята складають 42-46 %. За даними [18] 64 % поросят задавлюються свиноматкою при перевертанні свиноматки з боку на бік, а при ляганні рівно на підлогу – 36 %

У поросят починаючи з другого тижня життя виробляється умовний сторожовий рефлекс, а тому ризик бути задавленим свиноматкою сильно зменшується.

Характер опускання свиноматкою тулуба на підлогу має прямий зв'язок із збереженістю поросят (табл.1). Дані свідчать про те, що найменше було задавлено поросят свиноматками I типу, а найбільше – II і III типів. Деяко вищий відхід поросят у маток III типу пов'язаний з тим, що у їхніх поросят не спрацьовував сторожовий рефлекс при нестабільному характеру опускання тулубу на підлогу.

Табл. 1

Показники збереженості та відходу поросят у свиноматок різного віку і різних типів поведінки у підсисний період

Тип маток		Кількість поросят, голів	
		при відлучені в 45 днів	задавлених на одну свиноматку
Що перевіряються	I	8,87	0,28
	II	8,28	0,57
	III	8,40	0,66
Основні	I	10,17	0,65
	II	10,05	0,74
	III	10,11	0,84
Матки всього стада	I	9,52	0,46
	II	9,16	0,65
	III	9,25	0,75

Дані свідчать про те, що найменше було задавлено поросят свиноматками I типу, а найбільше – II і III типів. Деяко вищий відхід поросят у маток III типу пов'язаний з тим, що у їхніх поросят не спрацьовував сторожовий рефлекс при нестабільному характеру опускання тулубу на підлогу.

Спадковість характеру опускання тулуба на підлогу за Фехнером – $0,36 \pm 0,025$; $P < 0,001$, а повторюваність – $0,20 \pm 0,08$ $P < 0,05$, що дає підставу для застосування цієї етологічної ознаки у селекції.

Одним із пріоритетних напрямків селекції, що визначають ефективність та темпи селекційного процесу, залишається розробка ранньої оцінки племінних та

продуктивних якостей свиней, що дозволяють спрямовано проводити відбір ремонтного молодняку та комплектування стада, зменшити чисельність молодняку на вирощуванні.

В умовах ТОВ «Агропрайм Холдинг» проведено оцінка молодняку свиней породи ландрас у віці 30-180 днів за показниками живої маси, середньодобового приросту, збереженості поголів'я, імунологічної реактивності та поведінки.

Із 490 голів молодняку, підданих перевірці на стресозалежність за вказаним вище способом 50,2 % були стресостійкими, 36,5 % – стресосумнівними, 13% – стресосхильними.

Величина припухлої плями поросят при їх відлученні і перегрупуванні мала зв'язок з живою масою у 4 місяці ($r \pm m_r = -0,7 \pm 0,02$) та 6 місяців – ($r \pm m_r = 0,5 \pm 0,03$).

Показники імунологічної реактивності та агресивної поведінки в поросят за першу добу після відлучення представлені у таблиці 2.

Табл. 2

Показники імунологічної реактивності та агресивної поведінки в поросят за першу добу після відлучення

Показник	Група		
	I- стресосхильні	II-стресосумнівні	III- стресостійкі
Нормоване відхилення живої маси, ɔ	-1,0 і менше	0,5...+0,5	+1,0 і більше
Кількість голів	65	178	247
Розмір припухлої плями, см	2,1-2,5	1,6-2,0	1,1-1,5
Індекс реактивності	0,07	0,05	0,04

Отже, найвищу агресивність у першу добу після групування виявляли поросята I групи, найменшу – III. Поросята II групи за цим показником посідали проміжне положення.

Як видно з таблиці 3, адаптаційні властивості поросят вплинули на подальший їх ріст, розвиток та збереженість. У віці чотирьох місяців різниця за живою масою між тваринами I та II, II та III груп відповідно становила 2,8 та 3 кг, а між I та III – 5,8 кг ($p < 0,05$), вірогідна різниця за живою масою тварин встановлена і в шестимісячному віці між I і III групами (на 3 кг; ($p < 0,01$)). Аналогічні результати отримані і за середньодобовим приростом живої маси. Виходячи із отриманих результатів, можна зробити висновок, що тестування поросят за розміром припухлої плями вушної раковини та за індексом агресивності у першу добу після відлучення вказує на рівень адаптивної норми свиней різних груп розподілу (I, II і III) і служить об'єктивним критерієм оцінки їх стресозалежності.

Табл. 3

Продуктивність та життєздатність молодняку свиней з різною адаптаційною нормою

Група	Жива маса, кг в:		Збереженість за період вирощування, %
	4 місяця.	6 місяців	
I- стрес- схильні	48,4±1,75	94,9±1,13	90,3±2,23
II-стрес-сумнівні	51,2±1,12	96,3±1,08	90,8±2,51
III- стрес-стійкі	54,2±1,55*	97,9±1,18**	91,5±2,71

Примітка: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ***

В умовах ТОВ «Агропрайм Холдинг» встановлено, що на морфофізіологічний стан поросят після відлучення від свиноматок, сортування і переведення на дорощування у групові станки впливають ряд стрес-факторів. Причому реакція генотипів на стрес-фактори протікає по-різному: частина поросят безболісно переносить «кризу відлучення», інші реагують зниженням енергії росту, треті займають проміжне положення.

У таблиці 4 показано розподіл тварин у стаді за величиною нормованого відхилення живої маси. Із таблиці видно, що найбільше кількість особин, входить до модального класу і плюс-варіанту. Встановлено, що між величиною нормованого відхилення, поведінкою поросят та подальшою енергією їх росту існує позитивний зв'язок. Найвища енергія росту в кризовий період була у тварин, значення нормованого відхилення живої маси яких було +1,0 і вище ($p < 0,001$). Особини II і III груп порівняно з їхніми однолітками з I групи в кризовий період були активнішими (відповідно на 19,21 і 18,31%); вони більше рухалися (на 32,36 та 29,81 %) та билися (на 80,56 та 102,81 %).

Табл. 4

Розподіл молодняку свиней за характером зміни живої маси на 10-й день після відлучення

Група	Нормоване відхилення живої маси, δ	Кількість, гол	%
I	-1,0 и менше	82	18,47
II	-0,5...+5,0	197	44,37
III	+1,0 і більше	165	37,16

Особини з великим значенням нормованого відхилення живої маси характеризуються високим соціальним рангом і більш досконалим гомеостатичним апаратом, що позитивно вплинуло на відгодівельну і м'ясну продуктивність (табл. 5).

Розглянутий вище спосіб легко реалізується при утриманні молодняку свиней у електронних кормових станціях, де щоденно автоматично реєструється жива маса, її приріст, споживання комбікормів.

Для практичної селекції важливо знати прогноз не тільки відгодівельних, а й відтворювальних якостей генотипів, що вивчаються, з різним адаптаційним рівнем. З наведених у таблиці 5 даних видно, що за більшістю показників кращі відтворювальні ознаки мають тварини II групи, що належать до модального класу. Порівняно з однопітками III групи у них була вищою молочність. Свиноматки II та III груп більш вигідно відрізнялися від аналогів із I групи за багатоплідністю. Очевидно, зниження деяких відтворювальних ознак у тварин III групи – це своєрідна ціна адаптації до технологічних стресів, а також результат взаємодії: «генотип \times середовище», за якого у стресостійких свинок воно виявилось у вигляді підвищення резистентності, відгодівельних якостей та деякого зниження відтворювальної функції.

Найбільший відсоток бракування тварин за станом здоров'я, розвитку, відтворювальним ознаками був у тварин I групи, а найменший – у тварин III групи. Тварини II групи за рівнем вибракування займали проміжне положення. Це, на нашу думку, відбиває стан резистентності тварин за умов промислової технології їх вирощування.

Табл. 5

Продуктивність генотипів з різною адаптивною нормою

Показник	Група		
	I	II	III
	Нормоване відхилення живої маси		
	-1,0 σ і менше	-0,5...+0,5 σ	+1,0 σ і більше
Жива маса, кг:			
при відлученні у 30 днів	7,67 \pm 0,25	7,63 \pm 0,31	7,65 \pm 0,30
на 10-й день після відлучення	7,45 \pm 0,26	7,64 \pm 0,38	8,35 \pm 0,32*
у 6 місяців	89,12 \pm 3,03	92,50 \pm 2,13	98,87 \pm 2,56**
Средньодобовий приріст			
до 6-місячного віку, г	543 \pm 18,06	565 \pm 13,30	603 \pm 10,31*
Вік досягнення живої маси маси 100 кг, днів	202,00 \pm 6,87	194,92 \pm 3,53	182,85 \pm 2,87
Забійна маса, кг	110,43 \pm 2,1	114,33 \pm 2,3	116,67 \pm 1,8*
Товщина шпику над 6-7 грудними хребцями, мм	32,60 \pm 1,74	32,66 \pm 1,06	28,10 \pm 1,62
Площа «м'язевого вічка», см ²	34,37 \pm 1,63	40,07 \pm 0,93*	44,59 \pm 1,64***
Маса задньої третини напівтуші, кг	10,21 \pm 0,27	10,51 \pm 0,22	11,19 \pm 0,15
Маса гнізда у 21 день, кг	46,75 \pm 2,33	48,89 \pm 2,20*	45,10 \pm 2,28
Маса гнізда у 30 днів, кг.	70,02 \pm 0,19	78,44 \pm 0,13	72,16 \pm 0,16
Вибраковано поголів'я, % :			
за станом здоров'я	7,14	5,34	2,18
за розвитком і екстер'єром	14,28	7,63	4,37
за відтворювальними ознаками	34,28	32,82	32,84
Всього	55,71	45,80	40,87

* - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

У Інституті свинарства і АПВ НААН модифікували вищезазначений спосіб за яким оцінюють та відбирають свиноматок за стресосхильністю нащадків. Розроблений спосіб проводять у два етапи. За першим етапом визначають індивідуальну стресосхильність поросят у гнізді кожної свиноматки за коефіцієнтом зміни живої маси, за другим – встановлюють відсоток нащадків у їх гніздах з різною стресостійкістю. Для селекції за даною ознакою відбирають свиноматок, у гнізді яких налічується 80-100 % стресостійких нащадків.

В умовах ТОВ «Агропрайм Холдинг» проведено дослід на 129 свиноматках великої білої породи, які утримувалися за умов промислової технології. За кількістю стресостійких нащадків у гнізді свиноматок розподілили на 11 груп (табл. 6).

Табл. 6

**Показники стрессхильності і власної продуктивності нащадків
 свиноматок великої білої породи, $\bar{X} \pm S_x$**

Група	Кількість стресостійких поросят у гнізді, %	Клас за стресостійкістю	Кількість гнізд	Кількість поросят	Жива маса в 6 міс, кг	Середньодобовий приріст до 6 міс., г	Вік досягнення живої маси 100 кг, діб
I	100	M+	5	58	106,7±1,23	660±6,91	169
II	100	Mo	12	124	104,5±1,42	640±6,43	172
III	80	M+	8	94	105,3±1,43	650±3,6	171
IV	80	Mo	15	153	103,6±1,33	630±7,73	174
V	80	M-	3	28	101,6±1,21	620±5,98	177
VI	60	M+	11	125	104,5±1,37	640±5,41	172
VII	60	Mo	19	193	102,2±1,62	620±6,71	176
VIII	60	M-	5	46	100,3±1,24	610±6,38	179
IX	40	M+	24	245	101,7±1,57	620±6,47	177
X	40	Mo	17	189	102,4 ±1,42	630±6,62	176
XI	40	M-	10	84	101,3±1,66	610±7,28	178

У гніздах свиноматок I і II груп – було по 100 % поросят класів M+ і Mo; у гніздах свиноматок III, IV і V груп було по 80 % поросят класів M+, Mo і M-; у гніздах свиноматок VI, VII, і VIII груп було по 60 % поросят класів M+, Mo і M-; у гніздах свиноматок IX X XI груп було по 40 % поросят класів M+, Mo і M-.

У поросят кожного гнізда у віці 6 місяців визначали живу масу, середньодобовий приріст та вік досягнення живої маси 100 кг, після чого визначали клас свиноматок за продуктивністю нащадків згідно діючої Інструкції з бонітування свиней. Усі свиноматки за власну продуктивність нащадків отримали при бонітуванні клас еліта. Показники стресохильності і власної продуктивності нащадків свиноматок великої білої породи, вказують, що всі свиноматки класу еліта відрізнялися за показниками стресохильності нащадків. Зокрема, за власною продуктивністю нащадків класу M+ найвищі показники мали свиноматки I групи. За скоростиглістю нащадків (вік досягнення

живої маси 100 кг) вони переважали свиноматок I... XI груп відповідно на 3...11 днів. Таких тварин в стаді було 3, 87 %, що явно недостатньо для проведення ефективної селекції за заданою ознакою. Крім того, такий рівень відбору в стаді приведе до росту гомозиготності, що може привести до втрати важливих генотипових ознак.

Зважаючи на те, що різниця за показниками продуктивності між свиноматками I і III груп не є вірогідною є доцільним збільшити чисельність поголів'я тварин для відбору до 10,07% за рахунок 8 свиноматок третьої групи, які у своїх гніздах мають 80% стресостійких нащадків класу M+.

Збільшувати чисельність поголів'я тварин для відбору за рахунок свиноматок VI групи, які у своїх гніздах мають 60 % стресостійких нащадків, не доцільно так як це приведе до зниження середньодобових приростів та скоростиглості нащадків порівняно з I і III групами відповідно на 20 і 10 г і 1-3 дні та збільшить в гніздах кількість стресочутливих особин (клас M-) до 60 %. За такої причини не доцільно відбирати свиноматок решти груп.

Аналіз отриманих даних свідчить, що з метою точності і ефективності оцінки маточного поголів'я за стресосхильністю нащадків доцільно для селекції відбирати свиноматок, у гнізді яких налічується 80-100 % стресостійких поросят, що відносяться до класу M+.

У ТОВ «Агропрайм Холдинг» проведено дослід на 81 кнурів великої білої породи, зарубіжного походження, які утримувалися за умов промислової технології. Спосіб відбору реалізували у п'ять етапів.

На першому етапі після відлучення поросят кнурів оцінюють за якістю потомства (табл. 7), отриманого від покритих маток згідно Інструкції з бонітування свиней і визначають їхній клас. Згідно одержаних результатів кнури I, II, IV, V, VII, VIII, X і XI груп отримують клас еліта, а решта – перший клас. На другому етапі визначають індивідуальну стресосхильність поросят у гнізді кожної свиноматки за коефіцієнтом зміни живої маси (КЗЖМ) поросят на 10-й день після дії технологічних стресів (відлучення і перегрупування). На третьому етапі встановлюють відсоток нащадків у їх гніздах з різною стресостійкістю.

У кнурів I, II і III груп – було по 100 % поросят класів M+, Mo і M-; у кнурів IV, V, VI груп було по 80 % поросят класів M+, Mo і M-; у кнурів VII, VIII і IX, груп було по 60 % поросят класів M+, Mo і M-; у гніздах X, XI і XII груп було по 40 % поросят класів M+, Mo і M-. На четвертому етапі у 6 місяців визначають живу масу, середньодобовий приріст та вік досягнення живої маси поросят 100 кг. Після чого визначають клас кнурів за власною продуктивністю нащадків згідно Інструкції з бонітування. Усі кнури за власну продуктивність нащадків отримали клас еліта.

Результати свідчать про те, що кнури I групи за стресостійкістю і власною продуктивністю нащадків мали найвищі показники. За показниками продуктивності нащадків різниця між тваринами I, IV і VII груп не є вірогідною.

Зважаючи на вищевказане, на п'ятому етапі відбирають елітних кнурів, які мають 60-100 % стресостійких нащадків у гніздах, отриманих від покритих ними свиноматок.

Табл. 7

Оцінка кнурів за стресохильністю і власною продуктивністю нащадків, $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$

Група	Клас нащадків за стресохильністю	Продуктивність нащадків			
		стресостійких поросят у гніздах, %	гнізд/поросят, голів	жива маса в 6 міс, кг	середньодобовий приріст до 6 міс., г
I	M+	100	4/42	106,2±1,22	660±6,51
II	Mo	100	10/102	105,1 ±1, 53	650±5,32
III	M-	100	2/19	103,1±1,32	630±5,17
IV	M+	80	7/81	105,5 ±1,17	650±3,53
V	Mo	80	12/123	104,2 ±1,28	640±6,13
VI	M-	80	3/24	102,2±1,33	630±5,82
VII	M+	60	10/113	105,1±1,20	650±5,18
VIII	Mo	60	16/165	102,8±1,43	630±5,51
IX	M-	60	4/39	101,1±1,37	620±6,34
X	M+	40	14/158	103,4±1,19	640±5,18
XI	Mo	40	21/215	101,3±1,43	620±5,51
XII	M-	40	6/58	99,4±1,24	610±6,34

Збільшувати чисельність поголів'я тварин для відбору за рахунок тварин десятої групи, які у гніздах мають 40 % стресостійких нащадків, не доцільно так як це приведе до зниження середньодобових приростів нащадків порівняно з I, IV і VII групами відповідно на 20, 10 і 10 г та збільшить в гніздах кількість стресочутливих особин до 40 %. Отримані результати досліджень мають практичне значення та дозволяють селекціонеру визначати тактику в селекційній роботі при виборі тих чи інших форм відбору. Особливо є актуальним застосування запропонованого способу відбору свиней м'ясних порід вітчизняної селекції у системі гібридизації.

Селекція на м'ясність стала основним напрямом племінної роботи практично у всіх вітчизняних породах свиней, хоча світова практика свідчить, що підвищення м'ясності негативно впливає на їх відтворювальну функцію та якість свинини. Наприклад, застосовуючи стабілізуючий добір, тобто, відбираючи для розмноження особин модального класу (II група), можна досягти

підвищення відтворювальних ознак за задовільних показників стійкості до технологічних стресів. З метою підвищення адаптаційних та відгодівельних якостей тварин потрібно застосовувати спрямований відбір серед тварин, що належать до III групи. Для підвищення та адаптаційних та відтворювальних якостей доцільно застосовувати поєднання спрямованого стабілізуючого та відбору. Зокрема в умовах племінних господарств і племрепродукторів для поліпшення якості стада доцільно відбирати для розмноження особин II та III груп та поєднувати їх між собою. Запропонований тип підбору дозволить підвищити відтворювальні якості та адаптаційні здібності свиней, що може бути результатом більш високої гетерозиготності ремонтних свинок.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

Адаптивна норма різних класів розподілу (I, II і III група) служить критерієм оцінки оптимальності середовища. При створенні для тварин оптимальних умов середовища максимальною адаптивною нормою (за відтворювальними та адаптивними ознаками) будуть характеризуватись тварини модального класу (II група). При зміні умов середовища в гірший бік перевагу можуть мати тварини плюс-варіант (+1,0 σ), як більш розвинені та мають більшу масу, а за зверх оптимальних умов перевагу можуть мати тварини мінус-варіант (-1,0 σ).

Використання запропонованого принципу відбору за нормованими відхиленнями за комплексом ознак дає можливість вести підбір батьківських пар для отримання багатоцільових популяцій та стад, в яких можна досягти максимального розвитку однієї чи кількох селекційних ознак. Теоретичним підґрунтям таких робіт є рекомбіногенез основних ознак батьків у поколіннях, що розщеплюються, а також їх регуляція з урахуванням взаємодії «генотип \times середовище». Найбільш доцільним, на наш погляд, є виведення диференційованих за адаптивною нормою ліній та батьківських форм для подальшої гібридизації. При цьому материнські лінії повинні походити від батьків, які представляють модальний клас популяції, а батьківські - плюс варіант за ознаками м'ясної та відгодівельної живої маси поросят на 10-й день кризового періоду, а також способи оцінки і відбору свиноматок і кнурів за стресосхильністю нащадків, на наш погляд, цілком можна покласти в основу подальшого покращення вітчизняних м'ясних порід свиней.

Список використаних джерел

1. Свинарство: монографія / Волощук В. М. та ін.; Київ: Аграрна наука, 2014. 592 с.
2. Ладика, В. І., Хмельничий, Л. М., Повод, В. Г. Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва : підручник для аспірантів; за заг.ред. В. І. Ладика, Л. М. Хмельничого. 2023. Одеса, Олді+, 244 с.
3. Гришина Л. П. Піддубна А. М. Рудь С.С. Використання свиней м'ясних порід вітчизняної селекції у системі гібридизації України. *М'ясні генотипи свиней: сьогодення та перспективи.: матеріали Міжнародної науково-практичної*

- конференції науково-педагогічних працівників та молодих науковців (Одеса, 2 вересня 2021 р.) / Одеський державний аграрний університет. Навчально-науковий інститут біотехнологій та аквакультури. Одеса, 2021. 51 с.
4. Marić K., Gvozdanović K., Djurkin K.I. et. al. Smart Pig Farms: Integration and Application of Digital Technologies in Pig Production. *Agriculture*. 2025, 15(9), 937; <https://doi.org/10.3390/agriculture15090937>
 5. Napel J. Using today's technology for breeding pigs for tomorrow's conditions. Animal Breeding and Genomics Center of Wageningen UR, Wageningen, the Netherlands e-mail: Jan.tenNapel@wur.nl
 6. Tu Ching-Fu, Chuang Chin-kai, Yang Tien-Shuh. The application of new breeding technology based on gene editing in pig industry. A review. *Anim Biosci*. 2022 Jan 5;35(6):791–803. doi: 10.5713/ab.21.0390.
 7. Ryu J., Prater RS, Li K. Using gene editing technology to introduce targeted modifications in pigs. *J Anim Sci Biotechnol*. 2018; 9:5. doi: 10.1186/s40104-017-0228-7.
 8. Gao G., Gao N., Li S. Genome-Wide Association Study of Meat Quality Traits in a Three-Way Crossbred Commercial Pig Population *Sec. Livestock Genomics Volume 12 - 2021* | <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.614087>
 9. Lu. H., Yan. H., Ward, M. G. et. al. Effect on Rendement Napole genotype on metabolic markers in Ossabaw pigs fed different levels of fat. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 2011. 02. P.132– 138.
 10. Marmol-Sánchez, E., Quintanilla, R., J., Amills M. An association analysis for 14 candidate genes mapping to meat quality quantitative trait loci in a Duroc pig population reveals that the ATP1A2 genotype is highly associated with muscle electric conductivity. *Anim. Genet.* 051, 95–100. doi: 10.1111/age.12864
 11. Замикула, В. В. Влияние технологических параметров производства свинины на структуру производственной и селекционной пирамиды. *Научный прогресс и инновации*. 2014. (2), 74–79. <https://doi.org/10.31210/visnyk2014.02.12>
 12. Саєнко А.М. Аналіз генетичної структури різних порід і типів свиней та встановлення зв'язку ДНК-маркерів з продуктивними ознаками свиноматок: автореф. канд. ... дис. : 06.02.01 . Полтава. 2015. 20 с.
 13. Етологія тварин. Частина 2 (соціальна етологія). Методичні рекомендації до виконання практичних занять для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти ОПП «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза» спеціальності 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза» денної форми здобуття вищої освіти. Миколаїв. 2023. 35 с.
 14. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві : навчальний посібник / за ред. О.І. Соболева: Біла Церква. ТОВ «Білоцерківдрук». 2024. 310 с.
 15. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт та контролю знань з дисципліни «Біометрія» для здобувачів освітнього рівня магістр спеціальності 101 «Екологія» усіх форм навчання / Укл.: О.В. Єгорова, О.О. Мислюк. Черкаси: ЧДТУ. 2021. 72 с.12.

16. Волощук В.М., Іванов В.О., Засуха Л.В. Нове в технології виробництва та переробки продукції свинарства: монографія. Полтава: ТОВ «Фірма Техсервіс». 2023. 446 с.
17. Технологічні аспекти виробництва органічної свинини. Монографія/ Іванов В.О., Волощук В.М., Онищенко А.О., Засуха Л.В., Мазанько М. О. Полтава: ТОВ «Фірма Техсервіс». 2025. 399 с.
18. Danholt L., Moustsen V.A., Nielsen M.B.F. et. al. Rolling behaviour of sows in relation to piglet crushing on sloped versus level floor pens. *Livest Sci.*, 2011 issue 141, pp. 59–68.
19. Tatsiy O., Susol R., Bankovska I. Pork Quality and Genetic Association Study of Porcine Leptin and Cathepsin F gene Polymorphisms. *Food Science and Technology*. Volume 16. Issue 3/2022. P. 46-54.
<https://journals.ontu.edu.ua/index.php/foodtech/article/view/2513>

Volodymyr Ivanov,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Chief Researcher at the Laboratory of Innovative Technologies
and Experimental Livestock Facilities
Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production,
National Academy of Agrarian Sciences, Poltava, Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-8653-7092
e-mail: vl-iva9008@ukr.net

Oleksandr Tserenyuk,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Director Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production,
National Academy of Agrarian Sciences, Poltava, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-4797-9685
e-mail: tserenyuk@gmail.com

Anatoliy Solovyov,

graduate student, Department of Commodity Research, Biotechnology,
Expertise, and Customs Service,
Poltava University of Economics and Trade
ORCID ID: 0009-0007-5274-975X
e-mail: anatoliy.agrotrade@googlemail.com

Abstract

The article considers ways to improve red-white-belted pigs based on breeding, genetic and technological factors. In particular, the assessment of the maternal properties of nursing sows is determined by the nature of the lowering of the body to the floor.

Therefore, to improve the quality of sow selection during the first week of lactation, it is advisable to evaluate the speed and nature of lowering the body to the floor. Sows that slowly (in 10 seconds or more) lower their body to the floor are classified as smooth type (I). Sows that quickly (in 6 seconds or less) lower their bodies to the floor are classified as sharp type (II). Sows that lower their bodies

to the floor – either slowly or quickly – are classified as mixed type (III). Piglets were crushed least by sows of types I, and most by types II and III. Heredity of the character of lowering the body to the floor according to Fechner- 0.36 ± 0.025 ; $P < 0.001$, and we repeat - 0.20 ± 0.08 $P < 0.05$. For reproduction of the breeding herd, sows are selected that have a smooth type of lowering of the body to the floor, and animals of a sharp and mixed type with low reproductive characteristics are culled. A method has been developed to assess the stress resistance of young pigs by monitoring their ethological and immunological reactions, the latter are determined by the size of the swollen spot of the auricle one day after weaning the young; stress-resistant, stress-sensitive and stress-doubtful young animals are classified as stress-susceptible, stress-susceptible and stress-susceptible, in which the size and 0.05 of the swollen spot varies, respectively, within 1.1-1.5 cm, 2.1-2.5 cm, 1.6-2.0 cm, and the ethological reaction is determined by the index of aggressive behavior for the first day after weaning. Young animals are classified as stress-resistant, stress-sensitive and stress-susceptible if their index of aggressive activity is 0.04; 0.07; 0.05. A method for assessing the adaptive properties of piglets during the crisis period (weaning, regrouping) was developed. Using the probit method on the tenth day after and transfer of piglets to growing, the normalized deviation of live weight, expressed in sigma fractions, was determined for each individual. It was found that individuals with a large value of the normalized deviation of live weight are characterized by a high social rank and a more advanced homeostatic apparatus, which positively affected fattening and meat productivity. The highest growth energy in the crisis period was in animals whose standard deviation of live weight was +1.0 and above ($P < 0.001$). A method for assessing and selecting sows based on the stress susceptibility of offspring has been developed. For the purpose of accurate and efficient assessment of the broodstock based on the stress susceptibility of the offspring, it is advisable to select sows for breeding, in the litter of which there are 80-100% stress-resistant piglets belonging to class M+. A method has been developed for selecting boars based on the stress susceptibility of their offspring, according to which, at the first stage after weaning the piglets, the boars are evaluated for the quality of the offspring obtained from covered sows according to the grading instructions and their class is determined; on the second - determine the individual stress tolerance of piglets in the nest of each sow by the coefficient of change in live weight of piglets on the 10th day after the action of technological stresses; on the third - establish the percentage of offspring in their nests with different stress resistance); on the fourth - at 6 months, the class of boars is determined by their own productivity of offspring according to the grading instructions; on the fifth - elite boars are selected, which have 60-100% of stress-resistant offspring in the nests obtained from the sows covered by them

Keywords: breed, selection, technology, pigs, boars, sows, piglets, young stock, productivity, safety.

References

1. Svynarstvo: monohrafiia (2014). [Pig farming: monograph]. / Voloshchuk V. M. ta in.; Kyiv: Ahrarna nauka,. 592 p. [in Ukrainian].

2. Ladyka, V. I., Khmelnychy, L. M., Povod V. H. (2023). Tekhnolohiia vyrobnytstva ta pererobky produktsii tvarynnytstva : pidruchnyk dlia aspirantiv [Technology of production and processing of livestock products: a textbook for postgraduate students]; za zah.red. V. I. Ladyky, L. M. Khmelnychoho.. Odesa, Oldi+, 244 p. [in Ukrainian].
3. Hryshyna L. P. Piddubna A. M. Rud S.S. (2021). Vykorystannia svynei miasnykh porid vitchyznianoï selektsii u systemi hibrydyzatsii Ukrainy. [The use of domestically bred meat pigs in the hybridization system of Ukraine]. [Use of domestically bred meat pigs in the hybridization system of Ukraine]. 0000 Miasni henotypy svynei: sohodennia ta perspektyvy.: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv ta molodykh naukovtsiv (Odesa). Odeskyi derzhavnyi ahraryni universytet. Navchalno-naukovyi instytut biotekhnolohii ta akvakultury. Odesa,. 51 p. [in Ukrainian].
4. Marić K., Gvozdanović K., Djurkin K.I. et. al. (2025). Smart Pig Farms: Integration and Application of Digital Technologies in Pig Production. *Agriculture.*, 15(9), 937; <https://doi.org/10.3390/agriculture15090937>.
5. Napel J. Using todays technology for breeding pigs for tomorrows conditions. Animal Breeding and Genomics Center of Wageningen UR, Wageningen, the Netherlands e-mail: Jan.tenNapel@wur.nl.
6. Tu Ching-Fu, Chuang Chin-kai, Yang Tien-Shuh (2022). The application of new breeding technology based on gene editing in pig industry. A review. *Anim Biosci.* Jan 5;35(6):791–803. doi: 10.5713/ab.21.0390.
7. Ryu J., Prater RS, Li K. (2018). Using gene editing technology to introduce targeted modifications in pigs. *J Anim Sci Biotechnol.* 9:5. doi: 10.1186/s40104-017-0228-7.
8. Gao G., Gao N., , Li. S. (2021). Genome-Wide Association Study of Meat Quality Traits in a Three-Way Crossbred Commercial Pig Population *Sec. Livestock Genomics Volume 12 .* | <https://doi.org/10.3389/fgene..614087>.
9. Lu. H., Yan. H., Ward, M. G. et. al. (2011). Effect on Rendement Napole genotype on metabolic markers in Ossabaw pigs fed different levels of fat. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 02. P.132– 138.
10. Mármol-Sánchez, E., Quintanilla, R.,J., Amills M. An association analysis for 14 candidate genes mapping to meat quality quantitative trait loci in a Duroc pig population reveals that the ATP1A2 genotype is highly associated with muscle electric conductivity. *Anim. Genet.* 051, 95–100. doi: 10.1111/age.12864.
11. Zamykula, V. V. (2014). Vlyianye tekhnolohycheskykh parametrov proyzvodstva svynyny na strukturu proyzvodstvennoi y selektsyonnoi pyramydy Nauchnyi prohress y ynnovatsyy. (2), 74–79. <https://doi.org/10.31210/visnyk>.
12. Saienko A.M. (2015). Analiz henetychnoi struktury riznykh porid i typiv svynei ta vstanovlennia zviazku DNK-markeriv z produktyvnymy oznakamy svynomatok [Analysis of the genetic structure of different breeds and types of pigs and establishing the relationship of DNA markers with productive traits of sows].: avtoref. kand. ... dys. : 06.02.01 . Poltava. 20 p. [in Ukrainian].

13. Etolohiia tvaryn. Chastyna 2 (sotsialna etolohiia). (2023). [Animal Ethology. Part 2 (Social Ethology)]. Metodychni rekomendatsii do vykonannya praktychnykh zaniat dlia zdobuvachiv druho (mahisterskoho) rivnia vyshchoi osvity OPP «Veterynarna hihiena, sanitariia i ekspertyza» spetsialnosti 212 «Veterynarna hihiena, sanitariia i ekspertyza» dennoi formy zdobuttia vyshchoi osvity. Mykolaiv. 35 p. [in Ukrainian].
14. Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynnytstvi : navchalnyi posibnyk (2024). [Methodology and organization of scientific research in animal husbandry: a textbook]. / za red. O.I. Soboleva: Bila Tserkva. TOV «Bilotserkivdruk». 310 p. [in Ukrainian].
15. Metodychni rekomendatsii do vykonannya laboratornykh robit ta kontroliu znan z dystsypliny «Biometriia» dlia zdobuvachiv osvitnoho rivnia mahistr spetsialnosti 101 «Ekolohiia» usikh form navchannia [Methodological recommendations for performing laboratory work and checking knowledge in the discipline "Biometrics" for applicants of the educational level of Master of Science in specialty 101 "Ecology" of all forms of study]. / Ukl.: O.V. Yehorova, O.O. Mysliuk. Cherkasy: ChDTU. 2021. 72. P.12. [in Ukrainian].
16. Voloshchuk V.M., Ivanov V.O., Zasukha L.V. (2023). Nove v tekhnolohii vyrobnytstva ta pererobky produktsii svynarstva: monohrafiia. [Technological aspects of organic pork production. Monograph]. Poltava: TOV «Firma Tekhservis». 446 p. [in Ukrainian].
17. Tekhnolohichni aspekty vyrobnytstva orhanichnoi svynyny. Monohrafiia (2025). [Technological aspects of organic pork production. Monograph]. Ivanov V.O., Voloshchuk V.M., Onyshchenko A.O., Zasukha L.V., Mazanko M.O. Poltava: TOV «Firma Tekhservis». 399 p.
18. Danholt L., Moustsen V.A., Nielsen M.B.F. et. al. (2011). Rolling behaviour of sows in relation to piglet crushing on sloped versus level floor pens. *Livest Sci.*, issue 141, P. 59–68. [in Ukrainian].
19. Tatsiy O., Susol R., Bankovska I. Pork Quality and Genetic Association Study of Porcine Leptin and Cathepsin F gene Polymorphisms. *Food Science and Technology*. Volume 16. Issue 3/2022. P.46-54. <https://journals.ontu.edu.ua/index.php/foodtech/article/view/2513>

Стаття надійшла до редакції 05 січня 2026 року.

Стаття пройшла рецензування 13 лютого 2026 року.

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.18

UDK 636.09:615.281.9:665.52/.54

Iryna Antonik,

Institute of Climate Smart Agriculture of the National
Academy of Agrarian Sciences of 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

ORCID ID: 0000-0002-9058-7751

Vitalii Nedosekov,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

ORCID ID: 0000-0001-7581-7478

SHEEP WELFARE MONITORING SYSTEM IN THE CONTEXT OF EUROPEAN STANDARDS

Abstract

This article examines sheep welfare monitoring through a comparative analysis of the European Union regulatory framework and Ukraine’s evolving legal system. It draws on EU directives, regulations, scientific guidance, and strategic policy documents, alongside Ukrainian laws and subordinate acts introduced or updated in the course of harmonisation with European standards. Using comparative legal and content analysis, the study identifies the core components of welfare governance, the extent to which welfare requirements have been operationalised, and the main barriers to effective implementation.

The analysis shows that the EU has developed a more operational welfare-monitoring model based on measurable animal- and resource-based indicators, risk-based official controls, traceability, and the growing use of digital tools across production, transport, and slaughter. Ukraine, by contrast, has made substantial legislative progress, particularly through Law No. 1206-IX and Law No. 4718-IX, but important implementation gaps remain. These include the insufficient specification of sheep-relevant biological and behavioural indicators, limited uptake of digital and sensor-based monitoring, weak integration of animal identification with welfare surveillance, and underdeveloped systems of staff training and certification.

The study argues that convergence with European sheep welfare standards depends less on formal legal approximation alone than on the operationalisation of measurable welfare criteria, digital traceability, and implementation capacity. In this respect, the Ukrainian case is relevant beyond the national context for countries aligning livestock welfare governance with EU standards under conditions of agricultural transition, resource constraints, and post-war recovery

Keywords: *sheep welfare, monitoring, regulatory framework, European Union, Ukraine, comparative analysis, digital technologies, One Health.*

Introduction. Ensuring an adequate level of animal welfare is a strategic priority of modern livestock production and an important component of sustainable development policy in the European Union. In this context, the development of a sheep welfare monitoring system in compliance with European regulatory standards becomes particularly relevant as a complex interdisciplinary scientific and practical problem. The formulation of this issue is directly related to the need to move from traditional, fragmented, and subjective approaches to welfare assessment toward integrated, objective, and digitalized monitoring systems capable of providing continuous, real-time control of animal conditions.

Analysis of recent research and publications. The relevance of this study is driven by a number of interrelated challenges: the strengthening of European legislative requirements on animal welfare, the impact of climate change on the physiological condition and behavior of sheep, and the need to increase production efficiency. Under these conditions, traditional assessment methods based on periodic visual observations do not provide a sufficient level of accuracy, objectivity, or timeliness, which necessitates the implementation of innovative technological solutions [1, 2].

From a scientific perspective, the problem lies in the absence of a unified conceptual model that would integrate behavioral, physiological, and environmental indicators of welfare into a single assessment system, taking into account the specific features of sheep farming. This issue is of particular relevance for Ukraine in the context of European integration and the reform of the agricultural sector, where the harmonization of national legislation with the requirements of the European Union in the field of animal welfare—particularly in accordance with the provisions of Council Directive 98/58/EC concerning the protection of animals kept for farming purposes, as well as the implementation of the principles of the European Convention for the Protection of Animals kept for Farming Purposes—shapes new approaches to ensuring an adequate level of animal husbandry.

In addition, requirements for the transportation, handling, and monitoring of animal conditions are regulated by Council Regulation (EC) No 1/2005 on the protection of animals during transport and Regulation (EU) 2016/429 (Animal Health Law), which provide for systematic monitoring of the physiological condition and housing conditions of animals [3,4,5].

In these conditions, the introduction of mandatory standards of maintenance and control of their observance forms qualitatively new requirements for animal condition assessment systems. At the same time, the practical implementation of these regulatory provisions requires the development of effective monitoring tools capable of ensuring objective, continuous control and prompt management of sheep welfare under various production conditions.

This is particularly relevant in light of the challenges of post-war recovery of Ukraine's agricultural sector and the impact of climate change, which further complicate the maintenance of a stable level of animal welfare and necessitate the

introduction of adaptive, technology-oriented approaches to their assessment and management [4, 6, 9, 10, 11].

The analysis of modern scientific research, combined with the evolution of the regulatory framework of the European Union and the national legislation of Ukraine, confirms a trend toward the harmonization of animal welfare standards within the context of sustainable development and the One Health concept [5,7]. In particular, in accordance with Council Directive 98/58/EC concerning the protection of animals kept for farming purposes, animal welfare is considered a comprehensive category that includes physiological, behavioral, and environmental aspects, which must be assessed systematically and continuously. In addition, the European Convention for the Protection of Animals kept for Farming Purposes establishes principles for animal housing in accordance with their biological and ethological needs [6,8,11].

At the national level, systemic changes are taking place through the adoption and practical implementation of the Law of Ukraine “On Veterinary Medicine and Animal Welfare” (No. 1206-IX), which entered into force in March 2026 and establishes a modern model of state control in the field of animal health and welfare. It defines clear legal frameworks for owners, farmers, market operators, veterinarians, and state control authorities, raising standards for animal housing, transportation, and handling, and aligning them with contemporary European approaches.

In addition, as of January 1, 2026, mandatory requirements for the welfare of farm animals during their keeping have been introduced in Ukraine, approved by Order of the Ministry of Economy, Trade and Agriculture of Ukraine No. 224 dated February 8, 2021. These requirements, which have become mandatory for all market operators, include minimum standards for meeting the physiological, environmental, and behavioral needs of animals—namely conditions of space, lighting, ventilation, microclimate, continuous access to feed and water, prohibition of practices that cause excessive suffering or restrict natural behavior, as well as requirements for regular monitoring of animal condition and professional training of personnel.

These national changes are harmonized with European strategic documents such as the Farm to Fork Strategy, which emphasize the need to transition to innovative, technology-oriented practices in livestock farming, with a focus on animal welfare, environmental safety, and product quality.

The scientific literature substantiates the feasibility of applying multifactorial models—a combination of behavioral, physiological, and productivity indicators—as the most sensitive indicators of welfare, consistent with the risk-based control defined in Regulation (EU) 2016/429 (Animal Health Law). Particular attention within these approaches is given to sensor systems, automated data collection, and the use of artificial intelligence algorithms for real-time monitoring.

At the same time, the requirements for ensuring animal welfare during transport, defined in Council Regulation (EC) No 1/2005, as well as the provisions of Regulation (EU) 2017/625 on official controls regarding strengthened enforcement of welfare standards, further reinforce the need to develop digital monitoring systems with high traceability, transparency, and objectivity of assessment.

Despite significant progress in scientific approaches and regulatory support, most existing models remain fragmented and insufficiently adapted to the specific features of sheep farming, which limits their practical effectiveness in implementing both Ukrainian and European legislative requirements.

The scientific novelty of the obtained results lies in the development of a conceptually new integrated system for monitoring sheep welfare, aligned with contemporary European regulatory and strategic approaches and adapted to the national context of post-war recovery. It is based on the multi-level integration of behavioral, physiological, and environmental indicators within a unified digital analytical platform that takes into account the requirements of Council Directive 98/58/EC and the principles of risk-based control set out in Regulation (EU) 2016/429 [4, 9, 10].

For the first time, an approach to the formation of an adaptive integral welfare index is proposed, which incorporates dynamic changes in animal condition, the influence of climatic factors, and production conditions in real time. This is complemented by improvements in monitoring methodologies through the integration of sensor technologies, big data analysis, and artificial intelligence algorithms, which enhance the accuracy of risk prediction and the effectiveness of management decisions [8].

The proposed system is characterized by universality, scalability, and adaptability, ensuring its effective application both at the level of individual farms and within sectoral management systems. It contributes to Ukraine's integration into the European agricultural space, enhances compliance with international standards, and increases the competitiveness of the sheep farming sector in global markets [4,8,10].

Purpose of the work. The purpose of this work is to develop a conceptually novel, integrated monitoring system for sheep welfare that aligns with contemporary European Union regulations and national legislation, and is adapted to the post-war recovery context of Ukraine.

Materials and methodology. The research materials included regulatory and legal acts of the European Union, including directives, regulations, and technical standards governing the welfare of sheep and animals in general, as well as national legislative and subordinate acts of Ukraine regulating the housing, feeding, health protection, and monitoring of sheep conditions. In addition, scientific articles, methodological guidelines, and analytical reviews by Ukrainian and European researchers related to methods for assessing sheep welfare were used.

To ensure a systematic and analytical approach, the study was conducted through the following step-by-step methodological stages:

- **Selection of sources:** At this stage, a systematic search was carried out in legislative databases and scientific publications, along with the selection and systematization of information sources from official EU and Ukrainian resources.

- **EU regulatory documents:** Directives, regulations, technical standards, and methodological guidelines concerning the welfare of sheep and farm animals in general were selected. Documents of the EFSA (European Food Safety Authority) and

recommendations of the European Commission regarding minimum standards for housing, feeding, health protection, and productivity monitoring were analyzed.

- **Regulatory framework of Ukraine:** Laws, subordinate acts, orders, and methodological guidelines regulating the housing, feeding, health protection, and monitoring of sheep conditions were analyzed.

Scientific sources: These included reviews, articles, and analytical works by Ukrainian and European researchers describing methods for assessing and monitoring sheep welfare.

At the second stage, an analytical classification and systematization of information were carried out. At this stage, the selected sources were structured for further analysis:

Classification of documents by thematic categories: housing conditions, feeding, health protection, and welfare monitoring methods.

Identification of key indicators: criteria directly affecting the condition and productivity of sheep were selected (access to feed and water, space per animal, temperature conditions, medical control, behavioral indicators).

Creation of a database: for each document, key provisions, requirements, and methods for assessing welfare were recorded.

An in-depth analysis of the content of regulatory documents and scientific sources was conducted:

Analysis: content analysis and comparison of Ukrainian and European standards based on key welfare criteria.

Generalization: development of recommendations for harmonizing the Ukrainian monitoring system with European standards.

Visualization: creation of tables and diagrams for clear comparison and practical application.

This approach enables a systematic assessment of the regulatory framework, identification of gaps, and development of practical recommendations for implementing an effective sheep welfare monitoring system in Ukraine.

Results and discussion. Presentation of the main research material. The regulatory and legal framework of the European Union regarding animal welfare, particularly that of sheep, represents a multi-level system that integrates legal, scientific, institutional, and innovative components. It ensures effective monitoring and assessment of animal welfare across production, transportation, and slaughter sectors (Table 1).

The EU sheep welfare monitoring system is multi-level and integrated, combining legal frameworks, scientific recommendations, and innovative technologies. The reforms of 2025–2026 strengthen digitalization and harmonization of standards, enhancing transparency and efficiency. The table illustrates the evolution of the regulatory framework and its adaptation to modern challenges in livestock management.

As for Ukraine, the system for ensuring the monitoring of animal welfare is being formed under conditions of transformation of the agricultural sector,

implementation of the provisions of the Association Agreement with the European Union, and increasing requirements for food safety. In the modern scientific paradigm, animal welfare is considered an integrated category that combines physiological condition, behavioral needs, and adaptive capacities of the organism under specific housing conditions. Accordingly, the regulatory framework should not only declare the principles of humane treatment but also ensure their practical implementation through clear regulatory mechanisms, standards, and control instruments (Table 2).

Table 1

Comparative analysis of EU directives, regulations, and documents for sheep welfare monitoring (1998-2026)

Year / Document	Type	Authority / Source	Monitoring Object	Key Welfare Indicators	Role in Monitoring	Notes / Innovations
1976 / Directive 76/196/EEC	Directive	EU	Farm animals	Housing, space, basic care	First baseline welfare requirements	Early conceptual stage
1998 / Directive 98/58/EC	Directive	EU	All farm animals	Housing conditions, health checks, behavior observation	Establishes standard monitoring procedures	Applies to sheep; foundation for farm-level monitoring
2005 / Regulation (EC) 1/2005	Regulation	EU	Transport	Condition assessment, microclimate, journey duration	Stress and welfare monitoring during transport	Introduced objective animal-based indicators
2009 / Regulation (EC) 1099/2009	Regulation	EU	Slaughter	Stunning, consciousness, pain minimization	Monitors critical points of welfare at slaughter	Integration of EFSA scientific recommendations
2012–2026 / EFSA Opinions	Scientific guidance	EFSA	Animal condition	Animal-based and resource-based indicators	Provides methodological basis for monitoring	Continuous updates reflecting new research
2017 / Regulation (EU) 2017/625	Regulation	EU	Official controls	Audits, inspections, compliance checks	System-wide supervision and verification	Strengthened integration into CAP control
2017–2026 / EU Platform on Animal Welfare	Institutional framework	European Commission	Policy and practice	Data sharing, recommendations, best practices	Coordination of monitoring systems	Enhances harmonization across member states

2020 / Farm to Fork Strategy	Policy / Strategy	European Commission	Entire production system	Digital tools, traceability, welfare indicators	Strategic guidance for integrated monitoring	Emphasis on digitalization
2021–2026 / Horizon Europe Projects	Research / Innovation	EU	Innovative monitoring systems	AI, sensors, big data analytics	Development and testing of next-generation monitoring	Advanced digital monitoring, predictive welfare assessment
2025–2026 / EU legislative updates	Policy initiatives	European Commission	Entire system	Digital monitoring, updated welfare criteria	Modernization of welfare monitoring system	Harmonization, transparency, adaptation to climate-smart livestock

Table 2

**Regulatory and Legal Framework of Ukraine on Sheep Welfare
 (Updated for 2026)**

Regulatory Act	Regulatory Scope	Key Provisions	Scientific Assessment	Relevance in 2026
Law of Ukraine “On the Protection of Animals from Cruel Treatment” (2006, updated 2026)	General principles of animal welfare	Prohibition of cruel treatment; restrictions on physical violence	Fundamental, but lacks quantitative welfare indicators	Requires further detailing through subordinate acts and sectoral standards
Law of Ukraine “On Veterinary Medicine and Animal Welfare” №1206-IX (2021, effective 2026)	Animal health and welfare	Defines obligations of market operators; establishes requirements for housing, transportation, and handling of animals; provides mechanisms for state supervision	Modern, risk-oriented; integrates welfare into the veterinary control system; complies with EU standards	Key system-forming law, establishing legal and operational foundations for monitoring

Law of Ukraine №4718-IX (2025)	Harmonization with EU legislation	Standardizes terminology; clarifies definitions of animal welfare; implements procedures according to international practices	Scientific progress toward systemic regulation	Supports Ukraine’s integration into global markets and implementation of international standards
Law of Ukraine “On Identification and Registration of Animals” (2009, updated 2026)	Identification and accounting	Registration and tracking of animals	Not integrated with digital monitoring systems	Digital integration recommended for automated welfare monitoring
Subordinate acts (Orders of the Ministry of Agrarian Policy and the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection, 2026)	Sectoral regulation of housing, feeding, and veterinary services	Establishes space per animal, microclimate parameters, feeding schedules, access to water, and veterinary care	Provides practical parameters; supports stress minimization and considers behavioral needs	Updates reflect gradual adaptation of Ukrainian standards to EU norms, especially in sheep farming

Update standards for farmi

An analysis of the current legislation of Ukraine indicates the formation of a multi-level legal regulatory system, encompassing fundamental legislative acts, sectoral norms, subordinate documents, and mechanisms of legal responsibility. A key system-forming element is the Law of Ukraine “On Veterinary Medicine and Animal Welfare” No. 1206-IX, which came fully into force in 2026. Its adoption marks a transition to a new regulatory model based on the principles of a risk-oriented approach, traceability, and integration of animal welfare into the overall system of veterinary control. The law defines the responsibilities of market operators, establishes requirements for the maintenance, transportation, and handling of animals, and provides mechanisms for state oversight that comply with contemporary European standards.

An important complement to this legislative act is the Law of Ukraine No. 4718-IX (2025), aimed at harmonizing national legislation with European Union law. Its provisions ensure the unification of terminology, clarification of definitions of animal welfare, and the introduction of procedures consistent with international practices. From a scientific perspective, this reflects a shift from fragmented regulation toward a systematic approach focused on integrating Ukraine into global livestock product markets.

The Law of Ukraine "On the Protection of Animals from Cruel Treatment" plays a significant role in establishing ethical and legal foundations, as it defines the basic

principles of humane treatment of animals and sets prohibitions against cruel practices. However, unlike modern veterinary-oriented legislation, this legal act is more general in nature and requires further specification through subordinate acts and sectoral standards. Therefore, its role should be considered fundamental but insufficient for ensuring a comprehensive animal welfare system without integration with other elements of the regulatory framework.

At the sectoral level, regulation is represented by laws concerning food safety and state control, which link animal welfare to product quality. The implementation of the "farm-to-fork" approach necessitates consideration of animal husbandry conditions as one of the key factors in ensuring food safety. Thus, animal welfare acquires a functional significance within the food security system, aligning with the "One Health" concept, which emphasizes the interconnection between the health of animals, humans, and the environment.

Subordinate regulatory acts, particularly orders of central executive authorities in the field of agricultural policy, play a special role in the practical implementation of legislative requirements. They establish specific parameters for keeping farm animals, including space per head, microclimate indicators, feeding regimes, access to water, and veterinary care. The update of these requirements in 2026 reflects the gradual adaptation of Ukrainian standards to European Union norms, particularly in terms of considering animals' behavioral needs and minimizing stress factors. This is of fundamental importance for sectors such as sheep farming, where animal welfare directly affects productivity, reproductive performance, and product quality.

Regulations governing the transportation and slaughter of animals require separate analysis. Their refinement in 2025–2026 has been aimed at reducing stress, injury, and pain, in line with international standards for humane treatment. The introduction of mandatory certification for personnel in these areas enhances professional accountability and fosters a culture of humane treatment of animals at all stages of the production process.

Equally important within the regulatory framework are control and accountability mechanisms. State supervision of compliance with legal requirements is carried out by competent authorities, which apply a risk-oriented approach to planning inspections. This allows for the optimization of resources and focuses attention on the most critical segments. Administrative and criminal liability for violations of animal welfare requirements serves a preventive function and ensures mandatory compliance with established standards.

A synthesis of the data presented in the table of regulatory acts indicates that the legal system for animal welfare in Ukraine is characterized by comprehensiveness, hierarchical structure, and dynamic development. It covers all key aspects of human–animal interaction in production, including housing, transportation, veterinary care, and use of animals. At the same time, the effectiveness of this system largely depends on the level of its practical implementation.

Among the main challenges are the insufficient technical support of farms, limited financial resources for implementing new standards, and the need to digitize

monitoring processes. In this context, the application of modern information technologies, including automated data collection and analysis systems, sensor technologies, and artificial intelligence, appears promising, as it allows continuous monitoring of animal status and rapid response to changes in their welfare.

The scientific justification for developing the regulatory framework lies in the need to transition to an integrated model of animal welfare management that combines legal, technological, and biological aspects. Such an approach ensures not only compliance with ethical standards but also increased production efficiency, reduced disease risks, and improved product quality. In the context of climate change and rising demands for sustainable development, adapting regulatory requirements to new environmental challenges becomes particularly important, necessitating further scientific research and legislative improvement.

Comparative analysis of regulatory systems is an effective tool for assessing the current state of animal welfare regulation and identifying strategic directions for the development of national legislation. In the European Union, the sheep welfare monitoring system operates at a high level of standardization and harmonization, based on directives and regulations that govern housing, transportation, slaughter, and methods for assessing physiological and behavioral conditions. By implementing the provisions of the EU Association Agreement and updating its own regulatory framework (Laws No. 1206-IX and No. 4718-IX), Ukraine is taking its first systematic steps toward aligning with international standards.

The level of detail in EU directives and regulations (e.g., Council Directive 98/58/EC, 2008/119/EC, Regulation 1099/2009) establishes clear parameters for animal housing, measurable physiological indicators, behavioral criteria, standards for transportation and slaughter, and mandatory personnel certification.

In Ukraine, although Laws No. 1206-IX (2026) and No. 4718-IX (2025) bring the system closer to the European model, the practical specification of subordinate acts still requires development, particularly regarding concrete biological and behavioral indicators that could be used for automated monitoring.

Regarding the integration of monitoring and digitalization, the EU actively employs scientifically validated welfare assessment systems, including automated sensor technologies, devices for monitoring animal condition, and digital platforms for data analysis.

In Ukraine, the implementation of digital monitoring systems remains limited, which reduces the timeliness of sheep welfare assessments and the ability to predict risks. For effective monitoring, it is necessary to integrate automated sensor systems and data analysis platforms, including artificial intelligence.

Regulation of transportation and slaughter in the EU enforces strict norms for humane handling during transport and slaughter, including mandatory personnel training and certification. Ukrainian legislation establishes the basic principles, but mechanisms for control and mandatory personnel certification are only beginning to be implemented. This creates risks of ineffective compliance and underscores the need to strengthen supervision and specialist training.

Risk-oriented control and traceability in the EU employ a risk-based approach that allows resources to be concentrated on the most critical areas of production and enables rapid response to violations. In Ukraine, these principles are embedded in Law No. 1206-IX, but practical implementation requires improvement in data collection systems, risk assessment methodologies, and automated control.

Conclusions. This study shows that the main difference between the European Union and Ukraine in sheep welfare monitoring lies not in the formal existence of legal norms, but in the degree to which those norms have been translated into operational practice. In the EU, welfare monitoring is increasingly structured around measurable animal- and resource-based indicators, risk-based official controls, traceability, and the expanding use of digital technologies across production, transport, and slaughter. Ukraine, by contrast, has made substantial legislative progress, but implementation remains less operationalised and less integrated.

The analysis indicates that recent legal reforms in Ukraine provide an important foundation for convergence with European standards. However, legislative modernisation has outpaced practical implementation. The principal unresolved issues are the insufficient specification of sheep-relevant biological and behavioural indicators, the limited uptake of digital and automated monitoring systems, the weak integration of animal identification with welfare surveillance, and the continuing need for structured training and certification of personnel.

Further harmonisation should therefore focus on four priorities: 1) the standardisation of sheep-specific animal- and resource-based welfare indicators; 2) the integration of digital and sensor-based tools into routine monitoring; 3) the strengthening of traceability and risk-based official control throughout the production chain; 4) and the institutionalisation of training and certification mechanisms. Together, these steps would shift sheep welfare governance in Ukraine from formal compliance towards measurable, monitorable, and enforceable implementation.

More broadly, the Ukrainian case demonstrates that effective alignment with European sheep welfare standards depends on the integration of law, measurement, data infrastructure, and implementation capacity rather than on legal approximation alone. From this perspective, the study is relevant not only as an account of national reform, but also as a broader example of how livestock welfare governance can be advanced under conditions of structural transition, sustainability pressure, and post-war recovery.

References

1. 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://www.mdpi.com/2076-2615/11/10/2973?utm_source=chatgpt.com

2. Prykhodchenko, S. D., Prykhodchenko, O. Yu., Shevtsova, O. S. & Olishevskiy, I. H., (2025). Software detection of Ukrainian-language texts generated by AI: methods, estimations, challenges. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2025 (4), 150-159. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2025-4/150>
3. Veremchuk, Y. Y. (2023). Modern approaches to ensure the welfare of productive animals. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 25(110), 38-45. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11007>
4. Verzhikhovsky, O., & Nedosekov, V. (2024). Key aspects of biosafety in modern animal husbandry. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 15(3), 41-54. <https://doi.org/10.31548/veterinary3.2024.55>
5. Wang, Y., Wang, X., Liu, K., Cuan, K., Hua, Z., Li, K., & Wang, K. (2025). Non-invasive monitoring for precision sheep farming: Development, hallenges, and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 231, 110050. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.11005>
6. Llonch, P., King, E.M., Clarke, K.A., [Downes](#), J. M. & [Green](#), L. E. (2015). *A systematic review of animal-based indicators of sheep welfare on farm, at market and during transport*. *The Veterinary Journal*, 206(3), 289-297. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.10.01>
7. Antonik, I. I., Zaruba, K. V., Danchuk, V. V., Kornik, O. V., & Nedosekov, V. (n.d.). Sheep welfare assessment system in the context of the “One Health” concept”. Collection of materials of the II International Scientific and Practical Conference, October 23-24, 2025. Odesa: ICSA NAAS, 2025. p.19-24.
8. Antonik, I., Blazhko, O., Nedosyegov, V., & Zaruba, K. (2023). Application of artificial intelligence in the field of animal health and welfare. In *Zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference] (Odesa, May 18, 2023, pp. 47-55).
9. Petkun, H. V., & Nedosekov, V. V. (2022). Analysis of EU and Ukrainian legislation for the cattle welfare. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 24(106), 108-113.
10. Petkun, H., Matryniuk, O., Melnyk, V., & Nedosekov, V. (2024). Assessing the level of knowledge of Ukrainian consumers regarding cows’ welfare on dairy farms. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego*, 24(2).
11. Petkun, H., Valchuk, O., & Nedosekov, V. (2024). Selection of Parameters in the Development of a Welfare Assessing System on Dairy Farms in Ukraine. *Veterinarija ir Zootechnika*, 82(1), 47-54.

Стаття надійшла до редакції 05 січня 2026 року

Стаття пройшла рецензування 09 лютого 2026 року

Стаття опублікована 30 березня 2026 року

DOI: 10.37000/abbsl.2026.118.19

UDC: 636.083:614.9

Tetiana Pushkar,

Odesa State Agrarian University, Educational and scientific institute of biotechnology and aquaculture, Department of technology of production and processing of animal husbandry products, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-5754-2121

e-mail: t_pushkar@ukr.net

Lilia Kremenchuk,

Odesa State Agrarian University, Educational and scientific institute of biotechnology and aquaculture, Department of technology of production and processing of animal husbandry products, Odesa, Ukraine

ORCID ID: 0009-0006-9877-0514

e-mail: kremenchuklilija18@gmail.com

Ihor Petrov,

Odesa State Agrarian University, Department of social and humanitarian sciences, Odesa, Ukraine

ORCID ID:0000-0003-1498-8577

e-mail: inbox20468@gmail.com

ANIMAL WELFARE - HISTORY OF DEVELOPMENT AND ITS SIGNIFICANCE

Abstract

The review article highlights the stages of securing animal welfare at the legislative level. The main concepts of the “Five Freedoms” and their use for determining animal welfare, which affect the production of safe and high-quality products, are revealed. Legislative documents on the regulation of animal welfare issues in the areas of: breeding; transportation of animals using specially equipped techniques; pre-slaughter handling at meat processing plants in appropriate conditions with the participation of qualified personnel; slaughter using modern equipment and methods that ensure instant loss of consciousness and completely exclude its recovery until the end of the process.

It has been emphasized that the low level of welfare during transportation and pre-slaughter handling causes the development of stress phenomena in animals, which affects the reduction of glycogen levels in muscle tissues. This, in turn, changes the nature of meat maturation. A large amount of lactic acid accumulates in it, which leads to a rapid decrease in pH, a reduction in the shelf life of meat and its rapid spoilage. In addition, the meat of animals slaughtered under stress has worse organoleptic characteristics.

Negligence in handling animals during transport and pre-slaughter handling can lead to disorders such as: PSE and DFD.

According to research results, the prevalence of PSE is from 10 to 32% and DFD is from 10 to 35% worldwide. Both of these phenomena are directly related to the stress that animals experience before slaughter.

Therefore, research into animal welfare during transport and slaughter is a key factor in improving the quality and sanitary safety of meat.

Keywords: *animal welfare, five freedoms, needs, adaptation, stress. Ethology*

Introduction. Intensive livestock farming technologies and the transition to new methods of keeping are accompanied by physiological and psychological disorders, changes in animal behavior, etc. Without knowledge of animal behavior, it is impossible to determine the optimal options for keeping, care and feeding systems that ensure the preservation of health and the maximum production of high-quality products from animals.

Therefore, the **purpose** of our work is to highlight the basic concepts of animal welfare that affect the production of safe and high-quality products.

Analysis of recent research and publications. Animal welfare is part of the Community policy "from farm to fork", as well as a priority in the context of developing a more sustainable policy for food production. Animal welfare was established in legislation many years later. The first animal welfare law was issued in Britain (1822) regarding the protection of cattle, horses and sheep. And the Society for the Prevention of Cruelty to Animals was founded in 1824, which later, in 1840, was named the Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals (RSPCA).

The first slaughterhouses for centralized slaughter of animals with standard slaughter methods were founded in ancient times, a thousand years ago.

The development of equipment for mechanical and electrical stunning of animals in Europe began in the early 19th century. In 1933, the "Slaughter of Animals Act" law was issued, the main requirement of which was the stunning of animals before slaughter.

In 1964, Ruth Harrison wrote an "Animal Machines" book on modern farming in the UK, drawing attention to the "industrial farming" of pigs, chickens and calves under extreme conditions of confinement. The UK government, in response to the public concern this book had raised, set up the Bramble Committee in 1965. This committee concluded that animal welfare included mental as well as physical well-being, and that any animal kept by humans should at least be protected from unnecessary suffering [10-13].

The Brambell Committee established the concept of the "Five Freedoms". They proposed (and are still developing) ideas and principles that provide a simple, logical and comprehensive framework for analysing animal welfare in any production system. The "Five Freedoms" are the main welfare criteria that describe how these principles can be implemented.

The World Society for the Protection of Animals (WSPA) in partnership with the Veterinary Faculty of the University of Bristol (England) has been developing scientific research on animal welfare for the past 50 years. This research focuses on the following concepts: welfare is the path to a correct understanding of animals; ethics is

the actions of people in relation to animals; welfare law is how people should treat animals (legislative protection) [7].

The World Veterinary Association (2000) recognized animal welfare as a scientific discipline that includes applied aspects of ethology, bioethics, the concepts of suffering and welfare. Modern intensive technologies for the production of livestock products should be based on the principles of ethology. Ethology (from the Greek “etos” - character, disposition, behavior, logos - teaching, word, thought) is the science of the biological foundations of animal behavior and the study of the patterns of interaction between organisms and the environment. The subject of ethology is the arrangement of designs of interaction between people and each living being with the environment. Ethology thinks about both components of natural intuitively and obtained in the prepare of life, as well as all encompassing (entirety life form) behavior. Behavior is considered as a work of the living being, which reflects the prepare of adjustment of creatures to the outside environment. Reflex associations and organic rhythms created on the premise of neurohumoral direction ensure the living being an dynamic shape of adjustment to conceivable changes in the environment [1]. Scientists who deal with welfare problems tend to express different points of view regarding what is more important in determining the welfare of animals.

Animal welfare is a comprehensive term giving us an understanding of the current state of an animal.

Presentation of the main research material. Speaking on animal welfare, we are trying to assess the state of an animal from the perspective of the animal itself. The assessment of welfare should be based on the biology of the species and, in particular, on knowledge of the methods that animals use to adapt to environmental conditions. Animal welfare is related to many factors.

It is assumed that neither health nor comfortable conditions for keeping animals can guarantee their well-being which depends on what the animal feels.

According to the European Convention for the Protection of Pet Animals of 13 November 1987, “...man has a ethical commitment to regard all living animals and bear in intellect that pet creatures have a extraordinary relationship with man, considering the significance of pet creatures contributing to the quality of life and their ensuing esteem to society” [8].

“We must define well-being in such a way that it can be easily linked to such concepts as: need, adaptation, control, predictability, feeling, suffering, pain, anxiety, fear, boredom, stress and health” [8].

The definition of animal welfare is complex and can be interpreted from three perspectives: – first, it relates to the physical state of the animal (homeostasis).

“Welfare describes the state of the animal in its attempts to adapt to its environment” [9].

“I believe that an animal is in poor welfare only if physiological systems are disrupted to such an extent that survival and reproduction are threatened” (McGlone, 1993);

– secondly, it highlights the mental state of the animal (mental).

“...neither health, nor the absence of stress, nor physical compliance with norms can be considered as mandatory and/or sufficient grounds for determining that an animal has good welfare. Welfare depends on what the animal feels”.

– and finally, the third definition, interprets welfare from the position of naturalness (telos). “By welfare we must understand not only the deprivation of the animal from pain and suffering, but also all possible assistance to it in the manifestation of its own “animal” nature, which I call “telos”.

The “Five Freedoms” for productive animals have been identified by the Britain's Farm Animal Welfare Council:

1. Opportunity from starvation and thirst
 - by giving get to water and nourishment that bolsters great wellbeing and activity.
2. Opportunity from discomfort
 - by giving an fitting living environment, counting shield and a comfortable put to rest and rest.
3. Opportunity from torment, damage or malady
 - by preventive measures or early diagnosis and treatment.
4. Freedom to exhibit normal behavior
 - by providing sufficient space, appropriate conditions and accommodations, and the company of one's own kind.
5. Freedom from fear and suffering
 - by providing appropriate conditions and relationships that exclude suffering.

The “Five Freedoms” actually provide a relatively comprehensive definition of well-being, encompassing all three aspects.

1. Physical – freedom from hunger and thirst, pain, injury, or disease;
2. Mental or psychic – freedom from fear and suffering;
3. Natural or telos – freedom to engage in normal behavior.

The normal biological functioning of an organism includes the expression “health”. In sick animals, the ability to adapt is reduced and there is a risk that their welfare will be poor. An animal that suffers from severe stress is also susceptible to disease, due to which the body’s immune system is suppressed.

Legislation regulates animal welfare in three areas: breeding, transport and slaughter of animals. The main principle is to avoid causing animals any unnecessary suffering.

The European Tradition highlights the essential standards of creature welfare: Article 3.

1. No one might cause a pet creature pointless torment, enduring or trouble.
2. No one should desert a household animal.

Article 4 – Keeping

1. Any individual who keeps a pet creature or who has concurred to see after it, should be mindful for its wellbeing and welfare.

2. Any individual who is keeping a pet creature or who is looking after it might give accommodation, care and consideration which take account of the ethological needs of the creature in understanding with its species and breed, in specific:

- a) provide it reasonable and adequate nourishment and water;
- b) give it with satisfactory openings for work out;
- c) take all sensible measures to anticipate its escape;

An creature might not be kept as a pet creature on the off chance that:

- a) the conditions of passage 2 over are not met or in case,
- b) in show disdain toward of these conditions being met, the creature cannot adjust itself to captivity.

All age groups of animals should be provided with food according to their age, body weight and vital needs. If they are kept in groups, or there is an automatic feeding system, each individual should have access to food at the same time as the other animals in the group [2, 4, 5, 17].

The EU Directive 91/630 EEC defines the requirements for usable area for certain age and physiological groups of pigs. According to the requirements, the surface area per animal is as follows:

- 0.15 sq. m. - for piglets weighing 10 kg;
- 0.20 sq. m. - for piglets weighing 10 to 20 kg;
- 0.30 sq. m. - for piglets weighing 20 to 30 kg;
- 0.40 sq. m. - for fattening piglets weighing 30 to 50 kg;
- 0.55 sq. m. - for fattening piglets weighing 50 to 85 kg;
- 0.65 sq. m. - for fattening pigs weighing 85 to 110 kg;
- 1.00 sq. m. - for fattening pigs weighing more than 110 kg.

In 2003, the Farm Animal Welfare Committee noted that, in addition to the “Five Freedoms”, from the point of view of animal welfare during slaughter, attention should be paid to all technological processes, namely:

- the transportation of animals, using specially equipped vehicles;
- pre-slaughter handling of animals in a meat processing plant, involving competent personnel and applying appropriate conditions of keeping;
- slaughter of animals, using appropriate equipment and effective slaughter methods that cause instant loss of consciousness and ensure that the animal does not regain consciousness and this process will continue until death.

These principles are important to ensure that when assessing any slaughter system, the whole process is considered first and foremost, and not just the slaughter itself [6, 14, 16].

Council Directive 93/119/EC Article 3 on the protection of animals at the time of slaughter and killing provides the following: the animal must be spared any avoidable distress, pain or suffering during transport, restraint, restraint, stunning or slaughter.

Article 4: The buildings, premises and equipment of slaughterhouses, as well as their operations, must be such as to avoid distress, pain or suffering to animals.

Article 7: The food business operator must have the knowledge and skills necessary to carry out his tasks humanely and effectively.

Article 8: The competent authority is responsible for carrying out inspections and implementing official controls.

The manifestations of stress phenomena that occur during poor welfare of pre-slaughter handling and transportation of animals affect the reduction of glycogen in muscle tissue, and thus, the nature of meat maturation. A large amount of lactic acid is formed in it, which leads to a rapid decrease in pH, as a result of which the stability of meat during storage decreases, it quickly deteriorates and can be a source of food toxic infections and toxicosis. In the meat of animals slaughtered in a stressful state, organoleptic indicators deteriorate. The development of stress is accompanied by a decrease in the activity of the immune system, a violation of the functional state of the cardiovascular, respiratory and digestive systems.

Poor handling of animals during transport and pre-slaughter handling can lead to the following:

- PSE (pale soft exudative) - pale, flabby, exudative meat;
- DFD (dark, firm and dry) - dark, dense and dry meat.

PSE occurs mainly in pigs, while DFD also occurs in other animal species. The prevalence of PSE and DFD in pork has been reported by various studies worldwide to be between 10–32% for PSE and 10–35% for DFD. In both cases, PSE and DFD meat occurs due to pre-slaughter stress experienced by live animals [3, 15].

The abovementioned changes in meat usually develop in the first minutes and hours after slaughter of animals and therefore they are most often detected not during pre-slaughter examination, but during the meat processing process.

Therefore, by studying the welfare of animals during transportation and slaughter, it is possible to improve the quality and sanitary assessment of meat.

Conclusions and prospects for further research. Based on the mentioned above definition, animal welfare should cover all aspects of the animal's existence and its interaction with humans.

Animal welfare is related to many factors, among which the breeding, transportation and slaughter of animals are of great importance.

To obtain safe and high-quality pork, it is necessary to adhere to the principles of the "Five Freedoms" and regulatory documents - Directive 91/ 630 EEC and Council Directive 93/119 EU.

The main factors in the formation of PSE and DFD - meat are the presence of stress factors during transportation, pre-slaughter animal handling and slaughter, which is the result of a violation of the welfare of slaughter animals.

References

1. Zasiakin D. A., Kosianchuk N. I., Bohachyk O. H. *Metodychni vказivky z dystsypliny «Zoohihiiena» Dobrobut tvaryn – zadovilni zooveterynarni pokaznyky ta vysoka yakist svynyny*. Kyiv : DDP «EKSPON-DRUK», 2010. S. 30.

2. Zyhmund P. Utrymannia svynei za novymy vymohamy YeS. Zdorovia produktyvnykh tvaryn. 2010. № 11. S. 26-27.
3. Kosianchuk N. I., Tiutiun A. I. Vplyv deiakykh faktoriv dobrobutu tvaryn na yakist miasa. Naukovyi visnyk LNUVM ta B. im. S. Z. Hzhyskoho. 2011. T. 13, № 2 (48), Ch. 2. S. 247.
4. Kozii V.I., Kozii N.V. Dobrobut tvaryn yak osnova preventyvnoi veterynarnoi medytsyny. Nauk.visnyk vet. medytsyny: zb-k nauk. prats. Bila Tserkva: BNAU, 2011. Vyp. 8(87) S.65-68.
5. Demchuk M. V., Reshetnyk A. O., Banas T. V., Bahachyk O. H. Porivnialna dobrobutna otsinka suchasnykh intensyvnykh tekhnolohii vyrobnytstva svynyny. Naukovyi visnyk LNAVVM im. S. Z. Hzhyskoho. 2006. T. 9. № 1 (29), 4. S. 48-55. Council Directive 91/630/EEC of 19 November 1991 laying down minimum standards for the protection of pigs. OJ L 340, 11.12.1991, pp. 33-38.
6. WSPA (World Society for the Protection of Animals) «Improving Animal Welfare at Slaughter» 2009.
7. Broom D. M. “Animal Welfare: Concepts and Measurement” J ANIM SCI 1991, 69:4167-4175.
8. D.M. Broom “Animal Welfare” 2004. Bienestar animal. In Etología Aplicada ed. F.Galindo Maldonado and A. Orihuela Trujillo, 51-87. U.N.A.M.: Mexico City (in Spanish).
9. Corrado Carenzi, Marina Verga “Animal welfare: review of the scientific concept and definition” 2007.
10. WSPA (World Society for the Protection of Animals) "Improving Animal Welfare at Slaughter" 2009.
11. Brown S.N., Knowles T.G., Edwards J.E., Warriss P.D. Behavioural and Physiological responses of pigs to being transported for up to 24 hours followed by six hours recovery in lairage. Vet. Rec. 1999. 145. 421–426.
12. Effect of Transport on Meat Quality and Animal Welfare of Cattle, Pigs, Sheep, Horses, Deer, and Poultry / Compiled By: Gary C. Smith (Colorado State University); Temple Grandin (Colorado State University); Ted H. Friend (Texas A&M University); Don Lay, Jr. (ARS-USDA at Purdue University) // And Janice C. Swanson (Kansas State University). 2004. December.
13. Hartung J. Influence of transport on the health of farm animals. Veterinary Residence Commun. 2003. 27 Suppl 1. P. 525-527.
14. Stull C.L. Responses of horses to trailer design, duration and floor area during commercial transportation to slaughter. J. Anim.Sci. 1999. 77. P. 2925-2933.
15. Minka N.S., Ayo J.O. Physiological responses of transported goats treated with ascorbic acid during the hot-dry season. Anim.Sci. J. 2007. 78. P. 164-172.
16. Tarrant P. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs: A review. Ir. J. Agric. Food Res. 1989. 13. P. 79-107.

ДОБРОБУТ ТВАРИН - ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ТА ЙОГО ЗНАЧЕННЯ

Тетяна Пушкар,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
кафедри технологій виробництва та переробки продукції тваринництва,
Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0002-5754-2121
e-mail: t_pushkar@ukr.net

Ліля Кременчук,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
кафедри технологій виробництва та переробки продукції тваринництва,
Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна
ORCID ID: 0009-0006-9877-0514
e-mail: kremencuklila@gmail.com

Ігор Петров,

Одеський державний аграрний університет,
кафедра соціально-гуманітарних наук, Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0003-1498-8577
e-mail: inbox20468@gmail.com

Анотація

Оглядова стаття висвітлює етапи закріплення добробуту тварин на законодавчому рівні.

Розкриті основні поняття “П’яти свобод” і їх використання для визначення добробуту тварин, які впливають на виробництво безпечної і якісної продукції. Розглянуто законодавчі документи щодо регулювання питань добробуту тварин у сферах: вирощування; транспортування тварин із використанням спеціально обладнаних засобів; передзабійне утримання на м’ясокомбінатах у відповідних умовах за участю кваліфікованого персоналу; забій із застосуванням сучасного обладнання та методів, які забезпечують моментальну втрату свідомості і повністю виключають її відновлення аж до завершення процесу.

Наголошено, що низький рівень добробуту при транспортуванні й передзабійному утриманні спричиняє розвиток стресових явищ у тварин, що впливає на зниження рівня глікогену в м’язових тканинах. Це, у свою чергу, змінює характер дозрівання м’яса. У ньому накопичується велика кількість молочної кислоти, що веде до стрімкого зниження рН, скорочення терміну зберігання м’яса та його швидкого псування. Крім того, м’ясо тварин, забитих у стані стресу, має гірші органолептичні показники.

Недбале ставлення до тварин у процесі транспортування й передзабійного утримання може спричинити такі порушення як: PSE та DFD.

За результатами досліджень у світовому масштабі поширеність PSE становить від 10 до 32 %, а DFD - від 10 до 35 %. Обидва ці явища безпосередньо пов’язані зі стресом, якого зазнають тварини перед забоєм.

Таким чином, дослідження добробуту тварин під час транспортування і забою є ключовим фактором для підвищення якості та санітарної безпеки м’яса.

Ключові слова: добробут тварин, п’ять свобод, потреби, адаптація, стрес, етологія.

Список використаної літератури

1. Засекін Д. А., Кос'янчук Н. І., Богачик О. Г. Методичні вказівки з дисципліни «Зоогігієна» Добробут тварин – задовільні зооветеринарні показники та висока якість свинини. Київ : ДДП «ЕКСПО-ДРУК», 2010. 30 с.
2. Зигмунд П. Утримання свиней за новими вимогами ЄС. Здоров'я продуктивних тварин. 2010. № 11. С. 26-27.
3. Кос'янчук Н. І., Тютюн А. І. Вплив деяких факторів добробуту тварин на якість м'яса. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького. 2011. Т. 13, № 2 (48), Ч. 2. 247 с.
4. Козій В.І., Козій Н.В. Добробут тварин як основа превентивної ветеринарної медицини. Наук.вісник вет. медицини: зб-к наук. праць. Біла Церква: БНАУ, 2011. Вип. 8(87) С.65-68.
5. Демчук М. В., Решетник А. О., Банас Т. В., Багачик О. Г. Порівняльна добробутна оцінка сучасних інтенсивних технологій виробництва свинини. Науковий вісник ЛНАВМ ім. С. З. Гжицького. 2006. Т. 9. № 1 (29), 4. С. 48-55.
6. Council Directive 91/630/EEC of 19 November 1991 laying down minimum standards for the protection of pigs. OJ L 340, 11.12.1991. P. 33-38.
7. WSPA (World Society for the Protection of Animals) «Improving Animal Welfare at Slaughter» 2009.
8. Broom D. M. “Animal Welfare: Concepts and Measurement” J ANIM SCI 1991, 69:4167-4175.
9. D.M. Broom “Animal Welfare” 2004. Bienestar animal. In Etología Aplicada ed. F.Galindo Maldonado and A. Orihuela Trujillo, 51-87. U.N.A.M.: Mexico City (in Spanish).
10. Corrado Carenzi, Marina Verga “Animal welfare: review of the scientific concept and definition” 2007.
11. Brown S.N., Knowles T.G., Edwards J.E., Warriss P.D. Behavioural and Physiological responses of pigs to being transported for up to 24 hours followed by six hours recovery in lairage. Vet. Rec. 1999. 145. P. 421–426.
12. Effect of Transport on Meat Quality and Animal Welfare of Cattle, Pigs, Sheep, Horses, Deer, and Poultry / Compiled By: Gary C. Smith (Colorado State University); Temple Grandin (Colorado State University); Ted H. Friend (Texas A&M University); Don Lay, Jr. (ARS-USDA at Purdue University) // And Janice C. Swanson (Kansas State University). 2004. December.
13. Hartung J. Influence of transport on the health of farm animals. Veterinary Residence Commun. 2003. 27 Suppl 1. P. 525-527.
14. Stull C.L. Responses of horses to trailer design, duration and floor area during commercial transportation to slaughter. J. Anim.Sci. 1999. 77. P. 2925-2933.
15. Minka N.S., Ayo J.O. Physiological responses of transported goats treated with ascorbic acid during the hot-dry season. Anim.Sci. J. 2007. 78. P. 164-172.
16. Tarrant P. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs: A review. Ir. J. Agric. Food Res. 1989. 13. P. 79-107.

Стаття пройшла рецензування 23 лютого 2026 року
Стаття опублікована 30 березня 2026 року