

**ВЕТЕРИНАРІЯ,
ТЕХНОЛОГІЇ ТВАРИННИЦТВА
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**VETERINARY SCIENCE,
TECHNOLOGIES OF ANIMAL HUSBANDRY
AND NATURE MANAGEMENT**

№ 12



ISSN 2617-8346 (Print)

ISSN 2663-5542 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
STATE BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY

ВЕТЕРИНАРІЯ,
ТЕХНОЛОГІЇ ТВАРИННИЦТВА
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Науково-практичний журнал

№ 12

VETERINARY SCIENCE,
TECHNOLOGIES OF ANIMAL HUSBANDRY
AND NATURE MANAGEMENT

Scientific-practical journal

№ 12

Харків
ДБТУ
2025

Відповідно до наказу Міністерства освіти і науки збірник включено до Переліку наукових фахових видань України, категорія «Б» (наказ № 1035 від 07.05.2019 (зі змінами від 23.08.23)).

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 25437-15377ПР.

Внесено до Реєстру суб'єктів у сфері друкованих медіа R30-02014

Журнал представлено в міжнародних наукометричних базах даних, репозитаріях та пошукових системах: *Index Copernicus International*, *Google Scholar*, *Academic Resource Index*, *ResearchBib*, *Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського*, *BASE*, *Directory of Open Access Journals (DOAJ)*

Рекомендовано до друку та поширення через мережу інтернет вченою радою Державного біотехнологічного університету, протокол засідання № 7 від 27.11.2025 р.

Ветеринарія, технології тваринництва та природокористування : науково-практичний журнал / [Редкол.: М. Куш (головн. ред.) та ін.]. – Харків : ДБТУ, 2025. – № 12. – 188 с.

Журнал присвячено актуальним питанням виробництва і переробки продукції тваринництва, водних біоресурсів і аквакультури, а також ветеринарної медицини.

Буде корисним джерелом наукової інформації, одержаної в результаті науково-дослідної роботи для науковців, науково-педагогічних працівників, здобувачів вищої освіти, практиків. Він сприятиме поглибленню теоретичних знань, розвитку нових ідей, обміну досвідом для підвищення ефективності діяльності як конкретних фахівців, так і підприємств.

Журнал є фаховим за спеціальностями: 204 Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва; 207 Водні біоресурси і аквакультура; 211 Ветеринарна медицина

In accordance with the order of the Ministry of Education and Science of Ukraine, the collection is included in the List of Scientific Professional Publications of Ukraine, category 'B' (order No. 1035 of 07.05.2019 (with changes from 23.08.23)).

Certificate of registration KB № 25437-15377IIP

Entered in the register of entities in the field of printed mass media R30-02014.

The journal is presented international scientometric databases, repositories and scientific systems: Index Copernicus International, Google Scholar, Academic Resource Index ResearchBib, Vernadsky National Library of Ukraine, BASE, Directory of Open Access Journals (DOAJ)

Recommended for printing and distribution via the Internet by the Academic Council of State Biotechnological University Minutes № 7 of 27.11.2025.

Veterinary science, technologies of animal husbandry and nature management:
Scientific-practical journal / [Editorial Board: Kushch Mykola (Editor-in-Chief) et al.]. –
Kharkiv: State Biotechnological University, 2025. – № 12. – 188 p.

The journal is devoted to topical issues of production and processing of animal husbandry products, water bioresources and aquaculture, as well as veterinary medicine.

It will be a useful source of scientific information obtained as a result of research work for scientists, scientific and pedagogical workers, students of higher education, and practitioners. It will contribute to the deepening of theoretical knowledge, the development of new ideas, and the exchange of experience to increase the efficiency of both specific specialists and enterprises.

The journal of professional in specialties: 204 Technology of production and processing of animal husbandry products; 207 Aquatic bioresources and aquaculture; 211 Veterinary medicine.

© State Biotechnological
University, 2025

Редакційна колегія

Головний редактор:

Куц Микола | доктор ветеринарних наук, професор, Державний біотехнологічний університет, Україна

Заступник головного редактора:

Гноєвий Ігор | доктор сільськогосподарських наук, професор, Державний біотехнологічний університет, Україна

Відповідальний секретар:

Париловський Олександр | Державний біотехнологічний університет, Україна

Національні члени редколегії:

Васенко Олександр | доктор ветеринарних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна

Жукова Ірина | доктор ветеринарних наук, професор, Державний біотехнологічний університет, Україна

Карповський Валентин | доктор ветеринарних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна

Кібкало Дмитро | доктор ветеринарних наук, професор, Державний біотехнологічний університет, Україна

Корнієнко Валентина | доктор біологічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна

Кутіщев Павло | кандидат біологічних наук, доцент, ДУ «Виробничо-експериментальний Дніпровський осетровий рибовідтворювальний завод імені академіка Артющика С.Т.», Україна

Малюк Микола | доктор ветеринарних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна

Прудніков Василь | доктор сільськогосподарських наук, професор, Державний біотехнологічний університет, Україна

Пукало Петро | кандидат ветеринарних наук, доцент, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, Україна

Рижкова Таїсія | доктор технічних наук, професор, Державний біотехнологічний університет, Україна

Слівінська Любов | доктор ветеринарних наук, професор, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, Україна

Щербак Олена | кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Державний біотехнологічний університет, Україна

Яценко Іван | доктор ветеринарних наук, професор, Державний біотехнологічний університет, Україна

Члени редколегії з інших країн:

Архіпова Ірина | доктор інженерних наук, професор, Латвійський університет наук про життя і технології, Латвія

Біндер Ханс | Міждисциплінарний центр біоінформатики, Німеччина

Кубіак Кшиштоф | доктор ветеринарних наук, професор, Вроцлавський університет наук про навколишнє середовище та життя, Польща

Ніцпон Якуб | доктор ветеринарних наук, професор, Вроцлавський університет наук про навколишнє середовище та життя, Польща

Собек Збігнєв | доктор ветеринарних наук, професор, Познанський природничий університет, Польща

Сурай Петр | доктор біологічних наук, професор, Центр досліджень здоров'я, Велика Британія

Жара Томаш | доктор ветеринарних наук, професор, Варшавський університет наук про життя, Польща

Жкусік Кшиштоф Штефан | доктор ветеринарних наук, професор, Люблінський університет наук про життя, Польща

Editorial Board

Editor-in-Chief:

Kushch Mykola | Doctor of Veterinary Sciences, Professor, State Biotechnological University

Deputy Editor-in-Chief:

Hnoievyi Ihor | Doctor of Agricultural Sciences, Professor, State Biotechnological University

Executive Editors:

Parylovskiy Oleksandr | State Biotechnological University

National Members of the Editorial Board:

Vasenko Oleksandr | Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine

Zhukova Iryna | Doctor of Veterinary Sciences, Professor, State Biotechnological University

Karpovskiy Valentyn | Doctor of Veterinary Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine

Kibkalo Dmyrto | Doctor of Veterinary Sciences, Professor, State Biotechnological University

Kornienko Valentyna | Doctor of Biological Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine

Kutyshchev Pavlo | candidate of biological sciences, Associate Professor, ДУ “Production and experimental Dnipro sturgeon breeding plant named after the academician Artiushchuk S.T.”, Ukraine

Maliuk Mykola | Doctor of Veterinary Sciences, Professor, National University of Life and Doctor of Agricultural Sciences, Professor, State Biotechnological University

Prudnikov Vasyl | Doctor of Agricultural Sciences, Professor, State Biotechnological University, Ukraine

Pukalo Petro | Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhitskyi, Ukraine

Ryzhkova Taisiia | Doctor of technical sciences, Professor, State Biotechnological University

Slivinska Liubov | Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhitskyi, Ukraine

Shcherbak Olena | Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, State Biotechnological University

Yatsenko Ivan | Doctor of Veterinary Sciences, Professor, State Biotechnological University

International Members of the Editorial Board:

Arhipova Irina | dr. sc. ing., professor, Latvia university of life sciences and technologies, Latvia

Binder Hans | Universität Leipzig, managing director interdisciplinary centre for bioinformatics, Germany

Kubiak Krzysztof | professor, DVM, PhD, Wrocław university of environmental and life sciences, Poland

Nicpon Jakub Edvard | professor, DVM, PhD, Wrocław university of environmental and life sciences, Poland

Sobek Zbignev | professor, dr hab., Poznan Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Poland

Surai Peter | professor, PhD, DSc, vitagene and health research Centre, United Kingdom

Szara Tomasz | DVM, PhD, Warsaw university of life sciences, Poland

Szkucik Krzysztof Stefan | professor, DVM, PhD, University of life sciences in Lublin, Poland

204 Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва**204 Technology of production and processing of animal husbandry products**

Помітун І.А., Корх І.В., Шабля В.П., Бойко Н.В., Косова Н.О., Паньків Л.П. Вплив термінів відлучення й умов годівлі на ріст і розвиток ягнят.....	8
Pomitun I.A., Korkh I.V., Shablia V.P., Boiko N.V., Kosova N.O., Pankiv L.P. Influence of weaning time and feeding conditions on the growth and development of lambs.....	8

207 Водні біоресурси і аквакультура**207 Aquatic bioresources and aquaculture**

Шаблій Д.О., Гноєвий І.В., Кукоба В.В., Безуглий М.Д. Ефективність модульної системи очищення оборотної води в установці замкнутого водопостачання.....	17
Shablii D.O., Hnoievyyi I.V., Kukoba V.V., Bezuhlyi M.D. Efficiency of a modular system for treating recycling water in a closed water supply plant.....	17

211 Ветеринарна медицина**211 Veterinary medicine**

Бусел Ю.М., Тимошенко О.П., Жукова І.О., Ільніцький М.Г. Порівняльна характеристика ефективності двох методів лікування собак з надмірною масою тіла за дисплазії кульшового суглоба.....	29
Busel Y.M., Tymoshenko O.P., Zhukova I.O., Ilnitsky M.G. Comparative effectiveness of two treatment methods for overweight dogs with hip dysplasia.....	29
Гарагуля Г.І., Северин Р.В., Баско С.О., Северин Б.С., Момот А.М., Куш Л.Л. Реакція аглютинації: еволюція методичних підходів та сфер застосування.....	46
Harahulya H.I., Severin R.V., Basko S.O., Severin B.S., Momot A.M., Kushch L.L. Agglutination reaction: evolution of methodological approaches and fields of application....	46
Глушенко Я.В., Гонтарь А.М., Северин Р.В., Симоненко С.І., Савенко М.М. Розробка схеми лікувальних заходів за комплексних респіраторних захворювань котів.....	66
Hlushchenko Y.V., Gontar' A.M., Severin R.V., Simonenko S.I., Savenko M.M. Development of a scheme of treatment measures for complex respiratory diseases in cats...	66
Жуковська А.В. Сучасна класифікація, характеристика та поширення штамів вірусу інфекційного бронхіту птиці (IBV) у світі та в Україні (оглядова стаття).....	74
Zhukovska A.V. Modern classification, characterization, and distribution of infectious bronchitis virus (ibv) strains in the world and in Ukraine (review).....	74
Люлін П.В. Математико-статистичний аналіз біологічної взаємодії співчленів паразитоценозів кишкового каналу індиків та його прогностичне значення.....	88
Liulin P.V. Mathematical-statistical analysis of the biological interaction of members of parasitocenoses of the intestinal canal of turkeys and its prognostic value.....	88
Маценко О.В., Ільїна О.В., Тимошенко О.П., Сидельов В.В., Бублик Є.В. Реабілітаційний потенціал за гастроентериту собак.....	99
Matsenko O.V., Ilina O.V., Tymoshenko O.P., Sidelov V.V., Bublyk E.V. Rehabilitation potential in dogs with gastroenteritis.....	99
Новицький В.О., Слюсаренко Д.В. Характеристика клінічних та гематологічних показників організму за різних методів лікування собак з нестабільністю крижово-клубового суглоба	110
Novytskyi V.O., Sliusarenko D.V. Clinical and hematological indicators under different methods of dogs treatment with sacroiliac joint instability.....	110
Редько В.І., Бобрицька О.М., Водоп'янова Л.А., Совік К.М. Психо-емоційний стан собак з різними тонутом автономної нервової системи за гострого стресу.....	118

Redko V.I., Bobrytska O.M., Vodopianova L.A., Sovik K.M. Psycho-emotional state of dogs with different autonomic nervous system tones under acute stress.....	118
Самойлюк В.В., Склярів П.М., Масюк Д.В., Лещова М.О., Вакулик В.В., Масліков С.М. Нозологічний профіль офтальмологічної і стоматологічної патології собак і кішок у місті Дніпро.....	126
Samoiliuk V.V., Skliarov P.M., Masiuk D.V., Lieshchova M.O., Vakulik V.V., Maslikov S.M. Nosological profile of ophthalmological and dental pathology of dogs and cats in the city of Dnipro.....	126
Скачко С.М., Куш М.М. Гістологічні особливості шлунку єменського хамелеону (<i>Chamaeleo calyptratus</i>).....	135
Skachko S.M., Kushch M.M. Morphological characteristics of the stomach of the Yemeni chameleon (<i>Chamaeleo calyptratus</i>).....	135
Хілобок О.С. Комплексне лікування собак за шлунково-кишкових хвороб із симптомом мальабсорбції.....	148
Khilobok O.S. Comprehensive treatment of dogs with gastrointestinal diseases accompanied by malabsorption syndrome.....	148
Якименко Т.І., Денисова О.М., Чижов В.В. Генетичні наслідки інбридингу у сільськогосподарських тварин: приклад циклопії (клінічний випадок).....	160
Yakymenko T.I., Denysova O.M., Chyzhov V.V. Genetic implications of inbreeding in farm animals: evidence from a case of cyclopia.....	160
Яненко У.М., Завірюха Г.А., Сорокіна Н.Г., Кос'янчук Н.І., Литвиненко О.П. Діагностика сибірки в умовах воєнного стану в Україні: проблеми та шляхи удосконалення	168
Yanenko U.M., Zaviriukha H.A., Sorokina N.G., Kos'yanchuk N.I., Lytvynenko O.P. Diagnosis of anthrax under martial law in Ukraine: problems and ways of improvement....	168
Andrienko Yu.V. Culture and long-term storage of mycobacterial cultures.....	181
Андрієнко Ю.В. Культивування та довготривале зберігання культур мікобактерій...	181



2025. Номер 12, С. 8 – 16.

Отримано: 25.09.2025 Прийнято: 26.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.01

UDC 636.3:636.084

INFLUENCE OF WEANING TIME AND FEEDING CONDITIONS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF LAMBS

I.A. Pomitun¹, I.V. Korkh¹, V.P. Shablia², N.V. Boiko¹, N.O. Kosova¹, L.P. Pankiv¹

¹*Livestock farming institute of NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine,*

²*State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine*

²*Pig-breeding institute and agro-industrial production of the National academy of agrarian sciences of Ukraine, Poltava, Ukraine,*

E-mail: pomitun@ukr.net

Annotation. The article presents the results of a comprehensive study on the influence of weaning age and feeding conditions on the formation of the productive potential of young Prekos sheep under traditional sheep-farming technology. The aim of the work was to investigate the dynamics of the formation and the degree of realization of the productive potential of young sheep with the improvement of the system of growing and feeding. The research was carried out in two scientific and economic experiments: with three options for the duration of the suckling period (45, 60 and 90 days) and by comparing two systems for raising lambs from 90 days of age (at weaning) to 365 days of age. To increase the efficiency of feeding, an improved design of the feed table with a movable limiter was used. It was found that lambs weaned at 90 days had a 2.1 times greater mass compared to those weaned at 45 days. However, by the age of one year the difference between the groups decreased, which indicates the compensatory ability of young animals provided that they were properly fed after weaning. The average live weight of lambs (by the age of one year) weaned at 45 days was 34.20 ± 1.42 kg, at 60 days – 36.90 ± 0.97 kg, and at 90 days – 43.88 ± 1.20 kg. Overall, lambs weaned at 60 and 90 days surpassed those with a 45-day suckling period in live weight at all growth stages. The strongest influence of the growing and feeding system during the suckling period was revealed for live weight at 365 days ($\eta x^2 = 44.1\%$) and for average daily gains in the post-weaning period ($\eta x^2 = 30.2\%$). It was also found that early weaning caused higher growth tension, whereas later weaning contributed to more uniform development of lambs. It has been demonstrated that optimizing the structural elements of the feeder table ensures more efficient feed access for young animals and increases the effectiveness of resource-saving management technologies. The data obtained can be used to improve the system of raising and feeding lambs, taking into account age, production goals, and the economic feasibility of reducing the suckling period.

Keywords: *sheep, weaning, feeding, live weight, growth, lambs.*

ВПЛИВ ТЕРМІНІВ ВІДЛУЧЕННЯ Й УМОВ ГОДІВЛІ НА РІСТ І РОЗВИТОК ЯГНЯТ

І.А. Помітун¹, І.В. Корх¹, В.П. Шабля², Н.В. Бойко¹, Н.О. Косова¹, Л.П. Паньків¹

¹Інститут тваринництва НААН України, Харків, Україна,

²Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,

²Інститут свиначства і агропромислового виробництва НААН, Полтава, Україна,

E-mail: pomitun@ukr.net

Анотація. У статті представлено результати комплексного дослідження впливу термінів відлучення та умов годівлі на формування продуктивного потенціалу молодняку овець породи прекос за традиційної технології ведення вівчарства. Метою роботи було дослідити динаміку формування і ступінь реалізації продуктивного потенціалу молодняку овець за удосконалення системи вирощування та годівлі. Дослідження здійснювали у двох науково-господарських дослідах: з трьома варіантами тривалості підсисного періоду (45, 60 та 90 діб) та шляхом порівняння двох систем вирощування ягнят у віці від 90 діб (при відлученні) до 365 діб. Для підвищення ефективності годівлі застосовано удосконалену конструкцію кормового столу з рухомим обмежувачем. Установлено, що ягнята, відлучені у 90 діб, мали у 2,1 рази більшу масу, порівняно з тими, що відлучалися у 45 діб. Проте до річного віку різниця між групами зменшувалася, що свідчить про компенсаторну здатність молодняку за умови належної годівлі після відлучення. Так, у віці одного року середня жива маса ягнят, відлучених у віці 45 діб, становила $34,20 \pm 1,42$ кг, у 60 діб – $36,90 \pm 0,97$ кг, у 90 діб – $43,88 \pm 1,20$ кг. Загалом, ягнята за відлучення у віці 60 і 90 діб в усі періоди росту переважали за живою масою особин, підсисний період у яких становив 45 діб. Найбільшу силу впливу системи вирощування й годівлі у період після підсису зафіксовано на живу масу ягнят у 365 діб ($\eta_x^2=44,1$ %) та на середньодобові прирости у період після відлучення ($\eta_x^2=30,2$ %). Виявлено також, що раннє відлучення зумовлює вищу напругу росту, тоді як пізніше – забезпечує рівномірніший розвиток ягнят. Доведено, що оптимізація конструктивних елементів кормового столу забезпечує вільний доступ молодняку до корму та підвищує ресурсоощадність технології утримання. Одержані дані можуть бути використані для вдосконалення системи вирощування й годівлі ягнят з урахуванням віку, цілей виробництва та економічної доцільності скорочення підсисного періоду.

Ключові слова: вівці, відлучення, годівля, жива маса, ріст, ягнята.

Вступ. *Актуальність теми.* У сучасному вівчарстві раннє відлучення ягнят від вівцематки широко застосовується як технологічний прийом, що дає змогу скоротити інтервал між ягніннями та підвищити загальну продуктивність стада. Перш за все це відноситься до тих порід і генетичних груп овець, для котрих не властива сезонність розмноження (Шабля та ін., 2024).

Разом із тим, доцільність застосування того або іншого віку відлучення ягнят від вівцематки обумовлена низкою чинників: метою виробництва, технологією утримання та годівлі, індивідуальними характеристиками ягнят, як то здатність споживати грубі та концентровані корми, живою масою, віком тощо (Napolitano et al, 2003).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Раніше вважали, що різниця у віці відлучення ягнят від вівцематки і рівень їх годівлі замінником молока лише незначно впливають на засвоєння поживних речовин. Водночас штучне вирощування ягнят пов'язане з підвищеними витратами – на закупівлю замінника молока, оплату додаткової праці, обладнання спеціального приміщення та придбання устаткування для організації підгодівлі. У проведеному Wang et al. (2019) дослідженні було оцінено ріст ягнят, яких відлучали за досягнення віку 21 доби (раннє відлучення) та у віці 49 діб (відлучення,

традиційне для країни дослідження). Установлено, що за раннього відлучення частота прояву діареї у ягнят виявилася вищою, а середньодобові прирости, навпаки, – нижчими. Утім раннє відлучення не впливало негативно на загальні показники імунітету.

Дослідження Högborg et al. (2023) також продемонструвало, що раннє відлучення ягнят, які зазнали впливу нематодозних інфекцій, спричинювало зниження приросту маси живої маси, зменшення рухової активності та скорочення часу, проведеного в стані відпочину лежачи.

У той же час, за даними Chai et al. (2016), раннє відлучення у віці 20 або 30 діб та відповідна заміна молока матері стартерними комбікормами покращувала споживання корму, підвищувала показники росту та поліпшувала параметри використання поживних речовин ягнятами. Дослідження Liu et al. (2022) обґрунтовують цей ефект тим, що рання годівля комбікормом-стартером за раннього відлучення (у віці 28 діб) стимулює розвиток рубця, впливає на його мікробіоту, що і прискорює ріст ягнят. А Chaturvedi et al. (2008), окрім того, рекомендують для покращення продуктивності вівцематок, їх загального стану, а також підвищення живої маси при народженні та темпів росту ягнят додавати до раціонів годівлі вівцематок концентровані корми у кількості до 1 % від їх живої маси упродовж критичних періодів (наприкінці суягності та під час лактації).

Важливим чинником, який варто враховувати за прийняття рішення щодо термінів відлучення ягнят від вівцематок є також напрям продуктивності овець. Зокрема, за розведення овець молочного напрямку відлучення ягнят здійснюють вже на 1–2 добу після народження (Napolitano et al., 2003), що регламентується технологією одержання значної кількості товарного овечого молока.

Утім, за вирощування тварин м'ясо-вовнових порід використовують як раннє, так і традиційне або пізнє відлучення. При цьому тривалість цього технологічного прийому може складати від 30-діб й до віку природного відлучення ягняти самою вівцематкою. Зокрема, за даними Godfrey & Weis (2016), відлучення ягнят вовнового напрямку продуктивності можна проводити за системою прискореного ягніння без негативного впливу на продуктивність ягнят або вівцематок. Пізнє ж відлучення при цьому призводить до зменшення кількості діб, упродовж яких ягнята отримують вартісний корм без зниження темпів росту, що забезпечує економію від 6 до 15 доларів США на ягня.

Численним досвідом багатьох науковців підтверджено важливу передумову ефективного ведення галузі за рахунок скорочення підсисного періоду вирощування ягнят (Kenyon, 2014; Maia et al., 2014; Chai et al., 2015; Aguasca et al., 2019; Carballo et al., 2019; Koritiaki et al., 2019; Mohapatra et al., 2019; Ptáček et al., 2019).

На сьогодні за традиційної технології ведення вівчарства в Україні тривалість підсисного періоду становить 3–4 місяці та охоплює піковий період лактації (Седіло та ін., 2016, 2017). Між тим, застосування високоякісних стартерних комбікормів та замінників овечого молока за вирощування ягнят дає змогу скоротити тривалість підсисного періоду без зниження показників росту та розвитку молодняку, а вироблене молоко переробити на високоякісні сири (Jamroz & Potkanskij, 2004; Mason, 2010; Cardell, 2012; Tyne, 2012; Belanche et al., 2019; Ekanayake et al., 2019).

При цьому, штучне відлучення ягнят від вівцематки може бути різким або поступовим процесом. Раннє відлучення передбачає харчові, соціальні та поведінкові зміни, які спричиняють важку реакцію на стрес для вівцематок та їх ягнят (Freitas-de-Melo & Ungerfeld, 2016). Вона може бути пов'язана зі зниженням нарощування живої маси, підвищеною руховою поведінкою, а також погіршенням поведінки вівцематок і ягнят під час відпочинку й годівлі (Freitas-de-Melo et al., 2017; Damián et al., 2018; Freitas-de-Melo et al., 2019). Раннє відлучення впливає на імунологічний статус вівцематок і ягнят (Napolitano et al., 2003) та часто може супроводжуватися різноманітними захворюваннями.

Не менш важливим при цьому є те, що підвищення ефективності вирощування ягнят після відлучення можна поступово досягти завдяки комплексному впровадженню новітніх інноваційних технологічних, організаційних, селекційних, годівельних і технічних рішень

(Помітун та ін., 2025). Наразі аналіз напрямів розвитку виробництва продукції вівчарства у провідних країнах світу та досвід вітчизняних господарств свідчить, що найвищої якості й найнижчої собівартості виробництва продукції досягають там, де впроваджено сучасні промислові технології, і перш за все, годівлі, яка вважається одним із найбільш трудомістких технологічних процесів (Шабля та ін., 2014). Очевидно й інше, що із старим багажем застарілих способів і технічних засобів, через їх витратність в умовах ринкової економіки не можна одержати конкурентоздатну продукцію вівчарства. Необхідні нові технологічні підходи у вирішенні назрілих гострих проблем галузі (Marai et al., 2003).

Для підвищення енергоефективності процесів годівлі ягнят після відлучення застосовують безліч технологічних та технічних рішень. Стаціонарні годівниці поступово відходять у минуле, поступаючись місцем інноваційним технічним рішенням, які беззаперечно довели явні переваги. Заслуговує на увагу використання кормових столів, які здебільшого знаходять поширення у скотарстві. Кормовий стіл – це кормовий прохід із твердим покриттям, розташований між двома кормовими ґратами для тварин вище рівня, де вони стоять. Кормові ґрати вмуровані в бордюр, який утворює передній борт годівниці. Зрозуміло, що переведення технології годівлі на такий спосіб обумовлене не лише зміною продуктивності овець, але й, що не менш важливо, – перебудовою стереотипу їх поведінки.

Водночас, використання кормових столів в організації годівлі молодняку після відлучення вітчизняних та зарубіжних порід овець, яких останнім часом масштабно розводять на теренах України, обмежується інформацією щодо раціональних параметрів їх конструктивних елементів за врахування показників росту і розвитку. Наведені проблемні питання зумовлюють актуальність і науково-практичне значення представленої роботи.

Мета роботи – дослідити вікову динаміку формування і ступінь реалізації продуктивного потенціалу молодняку овець за удосконалення системи вирощування та годівлі.

Завдання дослідження:

- визначити вплив віку відлучення ягнят від вівцематок на параметри формування їх росту від народження до річного віку;
- установити силу впливу системи вирощування й годівлі ягнят на основні показники їх росту й розвитку;
- дослідити параметри лінійного розвитку ягнят у віці 90 і 365 діб;
- обґрунтувати вихідні параметри окремих конструктивних елементів кормового столу для годівлі ягнят.

Матеріал і методи досліджень. Перший дослід із вивчення впливу віку раннього відлучення ягнят від вівцематок за використання ресурсоощадного технологічного прийому годівлі здійснювали у виробничих умовах ДП ДГ «Гонтарівка» Інституту тваринництва НААН Чугуївського району Харківської області на трьох групах тварин: у віці 45 діб – I група; 60 діб – II група і 90 діб – III група. Кількість тварин у кожній групі – по 25 голів. Як ресурсоощадний технологічний прийом годівлі використовували удосконалену конструкцію кормового столу за рахунок монтажу рухомого обмежувача, параметри якого визначали шляхом оцінки промірів ягнят.

Вплив системи вирощування ягнят після їх відлучення у віці 90 діб визначали у другому досліді на двох групах напівсестер, вирощування яких до 365-добового віку здійснювали за двох різних технологічних систем. Першу групу утримували в умовах відділення «Гонтарівка» за традиційної для господарства технології, яка характеризувалася годівлею на вигульному майданчику та вільним доступом до приміщення. Другу групу утримували в умовах відділення «Профінтерн» за пасовищно-табірною системою.

Живу масу молодняку оцінювали шляхом індивідуального зважування в 1-у добу після народження, із точністю вимірювання до $\pm 0,1$ кг, та у наближенні до віку 20; 45, 60, 90, 180, 240, 365 діб дати на вагах, із точністю вимірювання до $\pm 0,5$ кг. На підставі одержаних даних розраховували абсолютний та середньодобовий прирости живої маси

піддослідних тварин та здійснювали приведення показників живої маси кожної з тварин до зазначених вище дат.

Прижиттєву оцінку лінійного росту ягнят різного віку виконували шляхом відбору основних екстер'єрних промірів: висоти в холці, навкісної довжини тулуба, обхвату грудей за лопатками, глибини і ширини грудей, ширини в маклаках і сідничних буграх, обхват у крижах.

Силу впливу системи утримання і годівлі на основні показники росту й розвитку встановлювали у другому досліді шляхом дисперсійного аналізу даних індивідуальних зважувань ягнят, відлучених від матерів у віці 90 діб та вирощених до 365-добового віку за різних систем.

Цифровий матеріал експериментальних досліджень опрацьовували біометричними методами за використання пакету прикладних програм *Microsoft Excel 2010*. Різницю вважали вірогідною при $p < 0,05$.

Результати та їх обговорення. Дослідженнями впливу термінів відлучення ягнят від вівцематок було встановлено (табл. 1), що при народженні ягнята II групи на рівні тенденції мали більшу живу масу, порівняно з аналогами I і III груп на 10,8 і 2,4 % відповідно. Перевага за цим показником на момент відлучення змістилася на користь тварин III групи у 2,1 рази ($p < 0,001$) проти I групи і на 24,3 % ($p < 0,001$) – щодо II групи. Це є закономірним, оскільки середній вік відлучення в III групі перевищував I групу в 2,0 рази, а II – в 1,5 рази. У річному ж віці різниця між цими групами за живою масою істотно зменшилася відповідно на 9,7 кг або 28,3 % ($p < 0,001$) і на 7,0 кг або 18,9 %. При цьому перевага ягнят, відлучених у віці 60 діб, над віднятими в 45 діб, становила лише 2,7 кг або 7,9 % ($p < 0,001$).

Таблиця 1

Показники продуктивності ягнят залежно від термінів відлучення, (M $\pm$ m)

Показник	Термін відлучення, діб		
	45 (I група)	60 (II група)	90 (III група)
Кількість тварин, голів	25	25	25
Жива маса, кг:			
при народженні	3,05 $\pm$ 0,15	3,38 $\pm$ 0,11	3,30 $\pm$ 0,13
у віці 20 днів	5,09 $\pm$ 0,24	7,92 $\pm$ 0,25***	9,29 $\pm$ 0,40*** ^{oo}
при відлученні	9,46 $\pm$ 0,46	16,69 $\pm$ 0,60***	20,75 $\pm$ 0,76*** ^{ooo}
у віці 180 діб	20,52 $\pm$ 0,86	26,36 $\pm$ 0,89***	28,80 $\pm$ 0,97***
у віці 240 діб	26,40 $\pm$ 1,07	29,44 $\pm$ 1,03**	34,44 $\pm$ 1,11*** ^o
у віці 365 діб	34,20 $\pm$ 1,42	36,90 $\pm$ 0,97***	43,88 $\pm$ 1,20***
Середньодобовий приріст, г:			
від народження до відлучення	142,60 $\pm$ 9,69	215,52 $\pm$ 9,52***	197,88 $\pm$ 7,61***
від відлучення до річного віку	77,30 $\pm$ 3,88	67,48 $\pm$ 3,83	83,78 $\pm$ 3,26
Відносний приріст від відлучення до річного віку, %	272,08 $\pm$ 15,9	135,94 $\pm$ 12,82	114,22 $\pm$ 5,95
Індекс напруги росту	0,14 $\pm$ 0,01	0,11 $\pm$ 0,02	0,06 $\pm$ 0,04
Індекс рівномірності росту	52,90 $\pm$ 2,99	54,28 $\pm$ 2,82	78,65 $\pm$ 3,36

Примітка. ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ - вірогідність різниці розраховано щодо ягнят I групи та ^{oo} $p < 0,05$; ^o $p < 0,01$; ^{ooo} $p < 0,001$ – проти II групи.

Максимальний середньодобовий приріст живої маси ягнят від народження до відлучення мали ягнята II групи, які на 51,1 % ($p < 0,001$) і 8,9 % перевершували середньодобові прирости особин I і III груп. Натомість ягнята, відлучені у 3-місячному віці, також високо вірогідно переважали представниць I групи на 38,8 % ($p < 0,001$). Після відлучення у ягнят усіх груп реєстрували зниження інтенсивності їх росту. Зокрема, в I

групі середньодобовий приріст живої маси знизився на 45,8 % проти попереднього періоду. Відповідне скорочення у тварин II і III груп виявилось більшим – відповідно 68,7 % і 57,7 %, що, ймовірно, є наслідком згодовування кормів для ягнят I групи із застосуванням кормових столів із більш раннього віку.

Водночас, ягнята усіх груп мали доволі високу напругу і рівномірність росту. Найбільший індекс напруги росту спостерігався у ягнят, відлучених у віці 45 діб. У тварин II групи він був менший на 27,3 %, а у ягнят III групи – у 2,3 рази. Натомість при розрахунку індексу рівномірності росту відмічали зворотну тенденцію. Зокрема, ягнята III групи переважали особин I групи на 48,7 % і II групи – на 44,9 %.

Загалом отримані результати певною мірою узгоджуються з висновками Fraser & Saville (2000), які з'ясували, що важчі при відлученні ягнята мали швидші темпи росту після відлучення, ніж легші тварини. Проте, легші ягнята, за даними цих дослідників зазнавали менших падінь темпів росту, ніж важчі ягнята. У той час як Hassan (2017) дійшов висновку про те, що ягнята, відлучені рано (56 діб), мали статистично вищу живу масу в період після відлучення і до року, порівняно з ягнятами, відлученими традиційно (у віці 84 доби) і пізно (у віці 112 діб).

З власної точки зору, відмінності у висновках різних дослідників щодо живої маси ягнят, відлучених у різному віці, обумовлені особливостями організації дослідів, а конкретніше, – годівлею тварин.

За результатами проведення дисперсійного аналізу (табл. 2) доведено достовірну силу впливу системи вирощування й годівлі ягнят після їх відлучення на показники їх живої маси у 365-добовому віці, прирости їх живої маси у різні періоди росту, а також індекси напруги та рівномірності росту.

Таблиця 2

**Сила впливу системи вирощування й годівлі ягнят
на основні показники їх росту й розвитку, (n=87 пар)**

Показники дисперсії та сила впливу	Ознака					
	жива маса, кг		Середньо- добовий приріст від 90 до 365 діб, г	відносний приріст від 90 до 365 діб, %	індекс росту	
	у 365 діб	у 90 діб			рівно- мірності	напруги
Факторіальна	1813,66	192,31	42182,56	154387,9	14910,82	0,00431
Випадкова	7546,11	3270,82	67724,14	348820,1	238929,1	5,7496
Загальна	9360,07	3463,13	109906,7	503208	253840	5,75398
Сила впливу (η^2), %	19,4	5,6	38,4	30,7	5,9	0,07
Вірогідність: F	41,33	10,66	107,13	76,12	107,3	0,128
P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	—
F критичний	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
Середні значення:						
відділення «Гонтарівка»	53,08	19,9	120,71	176,4	109,51	0,078
відділення «Профінтерн»	46,63	21,9	89,58	116,8	90,99	0,088

При цьому встановлено, що її величини коливались від мінімальної – для індексу напруги росту ягнят ($\eta^2=0,07$ %) до максимальної – для середньодобового приросту їх живої маси від моменту відлучення до річного віку ($\eta^2= 38,4$ %). В усіх випадках, окрім показника індексу напруги росту, вплив технології вирощування ягнят виявився високовірогідним, $p<0,001$.

Водночас було проведено оцінку лінійних промірів ягнят різного віку (табл. 3).

Таблиця 3

Лінійні проміри ягнят різного віку, см

Показник	Вік, діб	
	90	365
Висота в холці	60,6±0,42	65,4±0,46***
Обхват у крижах	60,0±0,44	65,9±0,53***
Обхват грудей за лопатками	78,6±0,71	90,3±0,86***
Навісна довжина тулуба	60,4±0,68	65,5±0,59***
Глибина грудей	24,7±0,37	28,4±0,36***
Ширина грудей	19,8±0,39	22,1±0,52***
Ширина в маклаках	13,7±0,25	17,8±0,29***
Ширина в сідничних буграх	6,2±0,18	8,5±0,17***

Примітка. *** $p < 0,05$ – вірогідність різниці розраховано щодо віку ягнят при відлученні (90 діб)

Установлено, що за показниками розвитку ягнята у річному віці були вищими в холці на 4,8 см або 7,9 % ($p < 0,001$) та крижах – на 5,9 см або 9,8 % ($p < 0,001$), мали груди більші в обхваті – на 11,7 см або 14,9 % ($p < 0,001$) та за глибиною – на 3,7 см або 15,0 % ($p < 0,001$), вирізнялися довшою навісною довжиною тулуба – на 5,1 см або 8,4 % ($p < 0,001$) та ширшими грудьми – на 2,3 см або 11,6 % ($p < 0,001$), маклаками – на 4,1 см або 29,9 % ($p < 0,001$), сідничними буграми – на 2,3 см або 37,1 % ($p < 0,001$), порівняно з відповідними екстер'єрними показниками на момент відлучення.

Тобто, за вказаний період спостерігається посилення формування тварин за «широтними» промірами. Ці особливості використано для встановлення зміни параметрів розташування обмежувальних планок кормового столу за висотою та розрахунків фронту годівлі для ягнят. Розроблена конструкція виконує функцію обмеження виходу тварин різного віку та різними екстер'єрними параметрами тіла на поверхню кормового столу забезпечуючи, за цих умов, вільний доступ до розданого корму. Вона відрізняється від стандартних конструкцій тим, що має окремі технологічні особливості у вигляді нерухомих і рухомих горизонтально розташованих елементів обмеження

Після закінчення дослідів кількісні параметри живої маси ягнят за віковими періодами росту включено до сформованої в форматі *Excel* електронної бази даних показників: при відлученні від матерів, у віці 5-6, 7-8, 9-10 місяців і у віці одного року. База даних представляє собою комплекс таблиць, здатних забезпечити накопичення, структуризацію і формалізацію інформації згідно з індивідуальною характеристикою продуктивних параметрів тварин. При цьому ураховували особливості їх годівлі й утримання, вирощування та терміни народження.

Висновки

1. Онтогенетичне формування продуктивного потенціалу ягнят у період до та після відлучення в умовах традиційної технології виробництва продукції вівчарства супроводжується кількісними та якісними змінами.

2. Встановлено, що ягнята за відлучення у віці 60 і 90 діб в усі періоди росту переважають за живою масою особин, підсисний період у яких становив 45 діб і у річному віці ця перевага становить 7,9 і 28,3 % відповідно.

3. Найбільшу силу впливу системи вирощування й годівлі ягнят зафіксовано на їх живу масу в річному віці ($\eta_x^2 = 44,1$ %) і середньодобовий приріст від відлучення до річного віку ($\eta_x^2 = 30,2$ %).

4. Обґрунтовані вихідні параметри конструктивних елементів кормового столу за рахунок впровадження регульованого обмежувача слугують основою для удосконалення системи годівлі овець із урахуванням їх віку й екстер'єрних параметрів тіла, забезпечуючи за цих умов вільний доступ до розданого корму.

Рекомендації. У програмах удосконалення параметрів ресурсощадних технологій утримання овець слід використовувати розроблені вихідні параметри конструктивних елементів кормового столу.

References

- Седіло, Г.М., Вовк, С.О., Петришин, М.А., & Хомик, М.М. (2016). Молочна продуктивність та якісні показники молока і бринзи за використання в раціонах вівцематок БМВД оптимізованого складу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*, 59, 211–218.
- Седіло, Г. М., Вовк, С. О., Петришин, М. А., Хомик, М. М., & Карапата Н. М. (2017). Особливості протеїнового і енергетичного живлення вівцематок. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*, 61, 183–194.
- Шабля, В. П., Адмін, О. Є., Задорожна, І. Ю., Адміна, Н. Г., & Ткач, Є. Ф. (2014). Ергономічна оцінка процесів приготування та роздавання кормів. *Вісник аграрної науки*, 6, 68–72.
- Шабля, В. П., Шабля, П. В., & Задорожна, І. Ю. (2024). Роль вівчарства і козівництва у відновленні деокупованих та постраждалих від військових дій територій. *Відновлення та інноваційний розвиток тваринництва в умовах сучасних викликів : Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції науковців, викладачів та аспірантів 23–24 квітня 2024 року*. Харків, Державний біотехнологічний університет, 34–37.
- Aguias, V., Pedro, J., Pablo, M. R., Esperanza, H., Jesús, Y., Ramos, G., & Javier, F. (2019). Analysis of factors affecting the rearing of early-weaned lambs of dairy breeds for the meat market. *Agronomy*, 9(11), 694. <https://doi.org/10.3390/agronomy9110694>
- Belanche, A., Cooke, J., Jones, E., Worgan, H. J., & Newbold, C. J. (2019). Short- and long-term effects of conventional and artificial rearing strategies on the health and performance of growing lambs. *Animal*, 13(4), 740–749. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002100>
- Chai, J., Diao, Q., Wang, H., Tu, Y., Tao, X., & Zhang, N. (2015). Effects of weaning age on growth, nutrient digestibility and metabolism, and serum parameters in Hu lambs. *Animal Nutrition*, 1(4), 344–348. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.11.007>
- Chai, J., Ma, T., Wang, H.-C., Qi, M.-L., Tu, Y., Diao, Q., & Zhang, N. (2016). Effect of early weaning age on growth performance, nutrient digestibility, and serum parameters of lambs. *Animal Production Science*, 57(1), 110–115. <https://doi.org/10.1071/AN15079>
- Carballo, O. C., Khan, M. A., Knol, F. W., Lewis, S. J., Stevens, D. R., Laven, R. A., & McCoard, S. A. (2019). Impact of weaning age on rumen development in artificially reared lambs. *Journal of Animal Science*, 97(8), 3498–3510. <https://doi.org/10.1093/jas/skz148>
- Cardell, K. (2012). Practical sheep keeping. Ramsbury. 160 p.
- Chaturvedi, O. H., Verma, D. L., Singh, N., & Mann, J. S. (2008). Effect of concentrate supplementation on production performance of ewes grazing on community rangeland. *Indian Journal of Animal Sciences*, 78, 1162–1164.
- Damián, J. P., Hötzel, M. J., Banchero, G., & Ungerfeld, R. (2018). Growing without a mother during rearing affects the response to stressors in rams. *Applied Animal Behaviour Science*, 209, 36–40. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.08.022>
- Ekanayake, W. E. M. L. J., Corner-Thomas, R. A., Cranston, L. M., Kenyon, P. R., & Morris, S. T. (2019). A comparison of liveweight gain of lambs weaned early onto a herb-clover mixed sward and weaned conventionally onto a ryegrass-clover pasture and herb-clover mixed sward. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*, 32(2), 201–208. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0301>
- Fraser, T. J., & Saville, D. J. (2000). The effect of weaning weight on subsequent lamb growth rates. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 62, 75–79. <https://doi.org/10.33584/jnzg.2000.62.2395>
- Freitas-de-Melo, A., & Ungerfeld, R. (2016). Destete artificial en ovinos: respuesta de estrés y bienestar animal. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(3), 361–375. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i3.4215>
- Freitas-de-Melo, A., Ungerfeld, R., Hötzel, M., Orihuela, A., & Pérez-Clariget, R. (2017). Low pasture allowance until late gestation in ewes: behavioural and physiological changes in ewes and lambs from lambing to weaning. *Animal*, 11(2), 285–294. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001427>
- Freitas-de-Melo, A., Ungerfeld, R., & Pérez-Clariget, R. (2019). Behavioral pattern in Texel × Corriedale terminal crossbreeding: Maternal behavior score at birth, lambs' feeding behaviors, and behavioral

- responses of lambs to abrupt weaning. *Journal of Veterinary Behavior*, 30, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2018.10.007>
- Godfrey, R. W., & Weis A. J. (2016). Effect of weaning age on hair sheep lamb and ewe production traits in an accelerated lambing system in the tropics. *Journal of Animal Science*, 94(3), 1250–1254. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9987>
- Hassan, T. M. M. (2017). Effects of weaning age and some other factors on growth performance of Ossimi lambs. *Egyptian Journal of Sheep & Goat Sciences*, 12, 1, 29–38.
- Högberg, N., Hessle, A., Lidfors, L., & Höglund, J. (2023). The effect of weaning age on animal performance in lambs exposed to naturally acquired nematode infections. *Veterinary Parasitology*, 316: 109900. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2023.109900>
- Jamroz, D., & Potkanskij, A. (2004). *Zywnienie zwierząt i paszoznawstwo*. Warszawa. 957 p.
- Kenyon, P. R. (2014). The use of nutrition to increase sheep performance. *Agricultural Research*, 57, 38–64.
- Koritiaki, N. A., Ribeiro, E. L. A., Muniz, C. A. S. D., Marestone, B. S., & Fernandes, F. Junior. (2019). Principal component analysis of preweaning growth traits in Santa Inês lambs. *Ciências Agrárias*, 40(6), 3269–3278. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p3269>
- Liu, T., Li, F., Wang, W., Wang, X., Ma, Z., Li, C., Weng, X., & Zheng, C. (2022). Early feeding strategies in lambs affect rumen development and growth performance, with advantages persisting for two weeks after the transition to fattening diets. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 925649. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.925649>
- Maia, F. E., Pires, A. V., Susin, I., & Gentil, R. S. (2014). Lamb performance, milk production and composition from ewes supplemented with soybean oilpartially replaced by fish oil blend. *Livestock Science*, 163(1), 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.02.009>
- Mohapatra, A., Shinde, A.K., Singh, R. (2019). Sheep milk: A pertinent functional food. *Small animal research*, 181, 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.10.002>
- Marai, I.F. M., El-Darawany, A.A., Abou-Fandoud, E.I., & Abdel-Hafez. M.A.M. (2006). Serum blood components during preoestrus, oestrus and pregnancy phases in Egyptian Suffolk ewes as affected by heat stress: under the conditions of Egypt. *Egyptian Journal of Sheep, Goat and Desert Animals Sciences*, 1(1), 47–62. <https://doi.org/10.21608/EJSGS.2006.28074>
- Mason, B. D. (2010). Nutrition guide for B. C. Sheep producers. British Columbia. 110 p.
- Napolitano, F., Annicchiarico, G., Caroprese, M., De Rosa, G., Taibi, L., & Sevi, A. (2003). Lambs prevented from suckling their mothers display behavioural, immune, and endocrine disturbances. *Physiology & Behavior*, 78(1), 81–89. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(02\)00892-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(02)00892-2)
- Pomitun, I., Kosova, N., Korkh, I., Boyko, N., & Shablya, V. (2025). Determination of the breeding value of studrams, taking into account the influence of the level of feeding on the manifestation of productivity in their offspring. *Scientific and Technical Bulletin of Livestock farming institute of NAAS*, 34, 150–169. <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2025-134-150-169>
- Ptáček, M., Mílerski, M., Stádník, L., Ducháček, J., Tančín, V., Schmidová, J., Uhrinča, M., Michlová, T., & Nohejlová, Lenka. (2019). Effect of Milk Intake, Its Composition, and Fatty Acid Profile Distribution on Live Weight of Suckling Wallachian Lambs until Their Weaning. *Animals*, 9(10), 718. <https://doi.org/10.3390/ani9100718>
- Tyne, T. (2012). *The sheepbook for smallholder*. Preston. 320 p.
- Wang, S., Ma, T., Zhao, G., Zhang, N., Tu, Y., Li, F., Cui, K., Bi, Y., Ding, H., & Diao, Q. (2019). Effect of age and weaning on growth performance, rumen fermentation, and serum parameters in lambs fed starter with limited ewe–lamb interaction, *Animals*, 9(10), 825. <https://doi.org/10.3390/ani9100825>



2025. Номер 12, С. 17 – 28.

Отримано: 18.09.2025 Прийнято: 02.10.2024 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.02

UDC 639.31:556.531:602.44-7

EFFICIENCY OF A MODULAR SYSTEM FOR TREATING RECYCLING WATER IN A CLOSED WATER SUPPLY PLANT

D.O. Shablii¹, I.V. Hnoievyi¹, V.V. Kukoba², M.D. Bezuhlyi¹

¹*State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine*

²*Private Enterprise "Kukoba Volodymyr Vasyliovych", Kyiv region, Ukraine*

E-mail: rubovod@gmail.com

Annotation. Recirculating aquaculture systems (RAS) with modular recirculating water treatment systems are a promising solution for the development of aquaculture in Ukraine, including private farms. The production of high-quality fish products is achieved through the use of aquaculture production systems that have a minimal impact on the environment. RAS systems make it possible to reduce water consumption through its reuse, thereby promoting the intensive production of dietary fish without polluting the natural environment. Future improvements in RAS have two trends: (1) technical improvements in the water recirculation cycle and (2) in the filtration and inactivation of metabolic products. Both design directions contribute to improving the environmental performance of RAS. The review identifies key research priorities that will contribute to the future reduction of the environmental impact of RAS on the external environment. Possible new developments, such as an ultraviolet water sterilizer, could increase the efficiency of RAS and further the development of aquaculture. This article examines the effectiveness of such a system in removing mechanical and chemical contaminants from water, as well as the economic efficiency of using a modular purification system. Based on the research, it was found that modular purification systems have a high efficiency coefficient. Such purification systems remove up to 98% of all solid pollutants and up to 70% of ammonia and nitrites in a single pass through the filtration system.

Keywords: *aquaculture, modular cleaning systems, private fish farms, economic and environmental efficiency.*

ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ОБОРОТНОЇ ВОДИ В УСТАНОВЦІ ЗАМКНУТОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Д.О. Шаблій¹, І.В. Гноєвий¹, В.В. Кукоба², М.Д. Безуглий¹

¹Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна,

²ТОВ «СІ ЕФ ПІ», Кіровоградська обл., Україна,

E-mail: rubovod@gmail.com

Анотація. Установки замкнутого водопостачання (УЗВ) з модульними системами очистки оборотної води є перспективним рішенням для розвитку аквакультури в Україні, в тому числі приватних господарств. Виробництво високоякісних рибних продуктів досягається за умови використання аквакультурних виробничих систем, які мінімально впливають на навколишнє середовище. УЗВ надають можливості зменшити споживання води за рахунок багаторазового її використання, тому сприяє інтенсивному виробництву дієтичної риби, одночасно не забруднюючи природне середовище. Майбутнє удосконалення УЗВ має дві тенденції: (1) технічні удосконалення у циклі рециркуляції води та (2) у фільтрації та інактивації продуктів метаболізму. Обидва конструктивні напрями сприяють покращенню екологічної характеристики УЗВ. В огляді визначено ключові пріоритети досліджень, які сприятимуть майбутньому зменшенню екологічного впливу УЗВ на зовнішнє середовище. Можливі нові авторські розробки, наприклад ультрафіолетовий стерилізатор води, що можуть підвищити ефективність роботи УЗВ та подальший розвиток аквакультури. У даній статті досліджено ефективність такої системи щодо видалення механічних та хімічних забруднень води, та економічна ефективність використання модульної системи її очистки. На основі досліджень було встановлено, що модульні системи очистки мають високий коефіцієнт ефективності. Такі системи очистки видаляють до 98% всіх твердих забруднюючих речовин та до 70% аміаку та нітритів за один прохід через систему фільтрації. Для приватних рибних господарств з продуктивністю від 5 до 20 тонн на рік економічна ефективність даних модульних систем очистки дозволяє знизити собівартість на 10-15%. Даний тип фільтраційного модуля простий в монтажу та підключенні, що особливо важливо для невеликих фермерських господарств.

Ключові слова: аквакультура, модульні системи очистки, приватні рибні господарства, економічна та екологічна ефективність.

Вступ. Сучасна українська аквакультура стикається з викликами, пов'язаними з російською агресією, обмеженням використання природних ресурсів, сезонністю та екологічними вимогами стосовно традиційних ставових методів вирощування промислових риб. Установки замкнутого водопостачання (рециркуляційні системи) дозволяють інтенсифікувати вирощування продукції аквакультури в контрольованих умовах, мінімізуючи використання води, площі та енергоресурсів. Модульні системи очистки рециркулюючої води, що включають в собі механічний фільтр, біологічний фільтр, ультрафіолетовий стерилізатор, систему аерації, є особливо актуальні для приватних рибних господарств, більшість яких не отримують інвестиції, тому вимагають рішень у питаннях високої вартості обладнання, раціонального використання площі, енергоємності, простоти встановлення та обслуговування обладнання.

Незважаючи на позитивні екологічні характеристики, а також поступове збільшення кількості країн у світі, що застосовують технологію УЗВ, їх внесок у виробництво продукції рибництва все ще значно поступається, якщо порівнювати з вирощування риби у морських садках, або ставках. Повільне впровадження технології УЗВ значно пов'язане з високими початковими капіталовкладеннями (Schneider et al., 2006). Для покриття інвестиційних витрат потрібна висока щільність посадки та безвідходне виробництво, бо є ризики

економічних втрат, пов'язаних з порушенням умов утримання (Martins et al., 2005). Однак, завдяки можливості підтримувати постійну якість води, УЗВ сприяє покращенню добробуту аквакультур (Roque d'Orbecastel et al., 2009).

Метою наших досліджень є оцінка ефективності модульних систем очищення оборотної води в установках замкнутого водопостачання (УЗВ) для приватних рибних господарств в Україні, з акцентом на економічну і технологічну ефективність та екологічну безпеку.

Основними завдання досліджень були:

1. Дослідити ефективність роботи системи очистки води в УЗВ за рахунок використання нового модуля.
2. Дослідити темпи росту кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) в УЗВ за використання нового модуля очистки води.
3. Дослідити швидкість біофільтрації та нітрифікації води в УЗВ з новим модулем очистки води за ведення у середовище різних доз аміаку.

Огляд літератури. Установки замкнутого циклу водопостачання (УЗВ) – це автономні, інтенсивні аквакультурні системи, які використовують значну частину води багато разів. У цих системах вода з рибних резервуарів фільтрується та очищується перед повторним використанням, що зменшує кількість води, необхідної для розведення риби. Вода безперервно переробляється, а нова вода додається лише для компенсації випаровування, видалення відходів та розбризкування (Holan et al., 2020). УЗВ – це інтенсивний підхід до розведення риби, який використовує мінімальну площу землі та воду шляхом переробки та повторного використання води для вирощування після фільтрації (Ahmed & Turchini, 2021). Замість традиційного методу вирощування риби на відкритому повітрі у відкритих ставках та водоймах, за методики УЗВ риба вирощується в закритих резервуарах у контрольованих умовах (Cheruiyot & Adhiaya, 2023; Narsale et al., 2024). Компоненти системи видаляють або перетворюють утворені відходи, такі як тверді відходи, амонійні сполуки та вуглекислота, на нетоксичні продукти. Очищена вода потім насичується киснем і повертається в рибні резервуари (Wang et al., 2021). УЗВ може використовуватися за вирощування різних видів риб у високощільних умовах, досягаючи рівня виробництва до 500 тон на рік на тій самій площі, що й традиційні методи, що виробляють 2-10 тон продукції на гектар водної поверхні (Føre et al., 2018). Технологія базується на використанні механічних та біологічних фільтрів і може використовуватися для будь-яких видів, що вирощуються в аквакультурі (Zhang et al., 2011).

УЗВ можуть мати ключову роль у сталому розвитку аквакультури завдяки своїм численним перевагам, порівняно з традиційними технологіями вирощування риби у ставках (Naylor et al., 2000). УЗВ значно зменшують споживання води шляхом переробки та очищення води, зберігаючи цей цінний ресурс і мінімізуючи вплив аквакультури на навколишнє середовище. Завдяки рециркуляції води СЗВ мінімізують скидання відходів та використання хімікатів, захищаючи якість води та екосистеми. СЗВ можуть бути розташовані будь-де, включаючи міські райони, зменшуючи транспортні витрати та викиди вуглецю, пов'язані з традиційною аквакультурою. СЗВ підтримують високу якість води завдяки механічній та біологічній фільтрації, дезінфекції, забезпечуючи здорові водні екосистеми (Naylor et al., 2003). УЗВ усувають ризик передачі захворювань від фермерських риб до диких популяцій, забезпечуючи довгострокове здоров'я водних екосистем. УЗВ досягають вищої ефективності засвоєння їжі та темпів росту, порівняно з традиційними системами, що робить їх більш продуктивними та економічно ефективними. Установки УЗВ створюють робочі місця та розширюють доступ до ринку, а також задовольняють потреби населення до рибних продуктів (Badiola et al., 2012).

УЗВ працюють у приміщеннях, що дозволяє адаптуватись до сучасних кліматичних змін, які можуть суттєво вплинути на традиційну аквакультуру відкритої води. Системи УЗВ працюють за технологіями, які мінімізують використання антибіотиків та хімікатів, що можуть завдати шкоди водним екосистемам та здоров'ю людини. УЗВ можуть

інтегрувати у себе технологію аквапоніки, де азотні відходи життєдіяльності риби використовуються як сировина для виробництва овочів, підвищуючи загальну стійкість та прибутковість системи (Vasdravanidis et al., 2022). Загалом, УЗВ пропонують більш ефективний підхід до аквакультури, вирішуючи ключові проблеми, такі як збереження водних ресурсів, захист навколишнього середовища та боротьба з заразними хворобами, одночасно сприяючи інтенсифікації галузі рибництва та створенню робочих місць.

Класичні системи очистки води в УЗВ складаються з окремих механічних фільтрів, біологічних, систем знезараження води, систем аерації та інших фільтрів які з'єднані між собою за допомогою системи труб або каналів. Традиційно спроектовані УЗВ передбачають застосування кількох стадій фільтрації для очищення стічних вод і повторного використання в тій самій системі. Найпоширеніші комбінації включають первинне освітлення (механічне), біологічну та стадію стерилізації. Механічна стадія зазвичай видаляє тверді відходи, тоді як біологічна фільтрація видаляє розчинені відходи. Стерилізація згодом знижує концентрацію бактерій та патогенів у всій системі (Sauthier et al., 1998).

Системи рециркуляції води призначені для мінімізації або зменшення залежності від безперебійного постачання води для культивування гідробіонтів. Ці системи мають практичне застосування в комерційних аквакультурних маточниках, резервуарах для утримання та акваріумних системах, а також у невеликих проектах аквакультури. Існує безліч дизайнів систем рециркуляції, і більшість з них працюватиме ефективно, якщо вони забезпечують:

- 1) аерацію;
- 2) видалення завислих та твердих речовин;
- 3) біологічну фільтрацію для видалення відходів аміаку та фосфору;
- 4) буферизацію рН.

Розкладання органічної речовини та аміаку є біологічним процесом, який здійснюють бактерії в біофільтрі (Sharrer et al., 2009). Гетеротрофні бактерії окислюють органічну речовину, споживаючи кисень і виробляючи вуглекислий газ, аміак та осад. Нітрифікуючі бактерії перетворюють аміак на нітрит, а зрештою на нітрат. Ефективність біофільтрації залежить переважно від температури води в системі та рівня рН в системі. Щоб досягти прийнятної швидкості нітрифікації, температура води повинна підтримуватися в межах 10-35 °C (оптимально близько 30 °C), а рівні рН – між 7 та 8 (Ebeling et al., 2003).

Біофільтри зазвичай конструюються з використанням пластикових наповнювачів, що забезпечують велику площу поверхні на м³ біофільтра.

Осідаючі тверді речовини є найпростішими для видалення і повинні видалятися якомога швидше з ємності через седиментаційні резервуари (освітлювачі), механічні фільтри (гранульовані або сітчасті) або сепаратори вихрового потоку (Chen et al., 2021). Фізичні фільтри відфільтровують відносно великі грубі домішки, такі як фекалії, слиз та залишки корму. Хімічний фільтр відфільтровує частинки, що не можуть бути оброблені фізичними фільтрами. Механічна фільтрація вихідної води довела свою практичність для видалення зважених відходів. Майже всі рециркуляційні ферми фільтрують вихідну воду за допомогою мікросітки з фільтрувальною тканиною 40-100 мкм (Chen et al., 2021).

При розробці ефективної модульної системи очистки також було враховано досвід створення самих простих фільтрів для рециркуляційних зокрема системи для вирощування форелі (Davidson et al., 2019). У цій УЗВ цікаво саме те, як дослідники створили прототип УЗВ використовуючи надзвичайно обмежений бюджет.

В Індії було створено триступеневу систему фільтрації для прісноводної аквакультури або рециркуляційну аквакультурну систему для вирішення цієї проблеми. Прототип УЗВ був спроектований з урахуванням компактності, ефективності, довговічності та фінансових вимог. Основний басейн для культивування (головний рибний танк) мав місткість 1000 л і був зариблений 100 рибами. Щільність посадки була майже

вдвічі вища, ніж у біофлок-системах. Три стадії фільтрації – механічна, біологічна та ультрафіолетова. Риба, що використана для тестування прототипу – тилapia (*Tilapia*) (рис. 1) (Potnis et al., 2022).



Рис. 1. Прототип бюджетної системи очистки оборотної води для вирощування тилapia (Institute of Management, Пуна, Махараштра, Індія) (Potnis et al., 2022).

Тому вивчення процесів механічної, біологічної фільтрації для підтримки оптимальної якості води для росту риби вважаємо актуальним. Високий рівень контролю середовища дозволяє вирощувати широкий спектр видів, включаючи хижих риб, у місцях, віддалених від прибережних районів. Крім того, незважаючи на високі початкові інвестиції, УЗВ продемонстрували стабільну прибутковість та великі перспективи для удосконалення та використання.

Цей огляд має на меті забезпечити всебічне розуміння УЗВ як ефективного підходу до рибництва, який може допомогти задовольнити зростаючу потребу населення у виробництві високоякісних продуктів харчування, одночасно вирішуючи екологічні проблеми.

Матеріали та методи досліджень. Аналіз базується на власноруч розробленому фільтраційному модулі зі змінною швидкістю оновлення води в ФОП «Кукоба Володимир Васильович», що розташоване в Обухівському районі Київської області. У 2025 році проводили комплексний моніторинг якості води в УЗВ, який охоплював кілька ключових параметрів: рН, аміак, нітрити, нітрати та інші важливі показники, а також вирощували кларієвого сома у віці 50-140 діб, удосконаливши систему очищення води за допомоги нових трьох модулів, який вмонтували в 3 басейни у приватному господарстві ФОП «Кулик Вадим Адамович», що розташоване в м. Київ. За контроль використали кларієвого сома у віці 50-140 діб, який на першому етапі вирощували у цих басейнах, але використовували стандартне обладнання для очищення води – систему фільтрів, з'єднаних трубопроводами.

Рівень рН був стабільним і становив 7,7-7,9. Лузність – важливий параметр, який допомагає підтримувати стабільність рН, її вимірювали за показником карбонату кальцію (CaCO_3), що становив близько 120 мг/л. Лузність допомагала нейтралізувати кислотні сполуки та підтримувати оптимальний рівень рН.

У запропонованій системі УЗВ завислі речовини видаляли шляхом седиментації або просіювання. Видалення твердих відходів було критично важливим аспектом для підтримки якості води та здоров'я риб. Основними джерелами твердих відходів є не з'їдений корм та рибні фекалії. УЗВ зазвичай видаляло тверді відходи за допомогою комбінації седиментації та сітчастих фільтрів. Великі осідаючі частинки розміром понад 100 мікрон видаляли, дозволяючи воді сповільнитися у відстійнику, що призводило до осідання частинок. Цей процес можна було покращити, пропускаючи воду через труби або через водозливи у відстійнику. Однак самої седиментації недостатньо, оскільки вона видаляла лише частинки розміром понад 100 мікрон. Для досягнення адекватного видалення твердих речовин необхідно видаляти частинки розміром близько 50-75 мікрон. Обладнання, яке використовували для цього, були гранульовані фільтри та мікросита. Така система видаляла 80-90 % органічних речовин, а також до 90 % фосфору завдяки видаленню твердих відходів. Однак, пухко агрегований фекальний матеріал та нез'їдений корм мали тенденцію розпадатися на дрібніші частинки, що ускладнювало процес видалення.

Кисень додавали шляхом аерації, вуглекислий газ видаляли шляхом дегазації, а аміак здебільшого перетворювали на нітрати (NO_3) шляхом нітрифікації в аеробних біологічних фільтрах. У системі УЗВ максимально допустима концентрація NO_3 регулює зовнішній коефіцієнт водообміну. Високим концентраціям нітратів можна протидіяти шляхом денітрифікації.

Моніторинг якості води у досліджуваній системі мав вирішальне значення. Виявлення появи хімічного забруднення на ранній стадії дозволяло оперативно вживати контрзаходи для захисту риби.

Аналізи якості води проводили щодня по три рази за допомогою портативної тест лабораторії *JBL Combiset*. Додатково раз на місяць подавали зразки води на аналіз в сертифіковану лабораторію для контролю достовірності показників з портативної лабораторії.

Упродовж всього дослідження рівень основних показників майже не змінювався – різниця в показниках варіювала не більше 10 %. Середні дані якості води наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Показники якості води в УЗВ ($M \pm m$)

Показник	Час доби		
	8:00	13:00	22:00
NH_4	$0,05 \pm 0,005$	$0,1 \pm 0,001$	$0,15 \pm 0,005$
NO_2	$0,025 \pm 0,001$	$0,05 \pm 0,001$	$0,05 \pm 0,005$
NO_3	$80 \pm 1,1$	$40 \pm 0,4$	$40 \pm 0,4$
pH	$7,7 \pm 0,05$	$7,8 \pm 0,05$	$7,9 \pm 0,05$

Матеріалом для науково-господарських дослідів були особини кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) 10-90 денного віку, яких утримували в УЗВ звичайного та удосконаленого зразка (табл. 2).

Таблиця 2

Схема науково-господарських дослідів

Група	Умови вирощування особин кларієвого сома (<i>C. gariepinus</i>)	
	Підготовчий період (5 діб)	Основний період (85 діб)
1–(контрольна), I етап дослідів	3 УЗВ стандартного зразка	3 УЗВ стандартного зразка
2–(дослідна), II етап дослідів	3 УЗВ з удосконаленим модулем по очистці оборотної води	3 УЗВ з удосконаленим модулем по очистці оборотної води

Масу тіла риб визначали шляхом зважування з точністю до 1 г.

Результати досліджень та їх обговорення. Нами був розроблений комбінований модуль по очистці оборотної води.

Обладнання (рис. 2) має такі технічні характеристики:

1. максимальна пропускна спроможність – 50 м³ води за год,
2. УФ стерилізатор, потужність – 275 Вт,
3. Компресор, потужність – 385 Вт; продуктивність – 300 л/хв,
4. барабанний фільтр з насосом для промивки,
5. сітка механічної фільтрації 63 мікрони,
6. розпилювачі повітря 340 мм – 2 шт.,
7. форсунки для промивки – 6 шт.,
8. біозавантаження 1000 м²/м³ – 600 л,
9. габарити ДШВ 2,28 / 0,83 / 1,3 м,
10. маса – 168 кг,
11. матеріал корпусу – поліетилен листовий

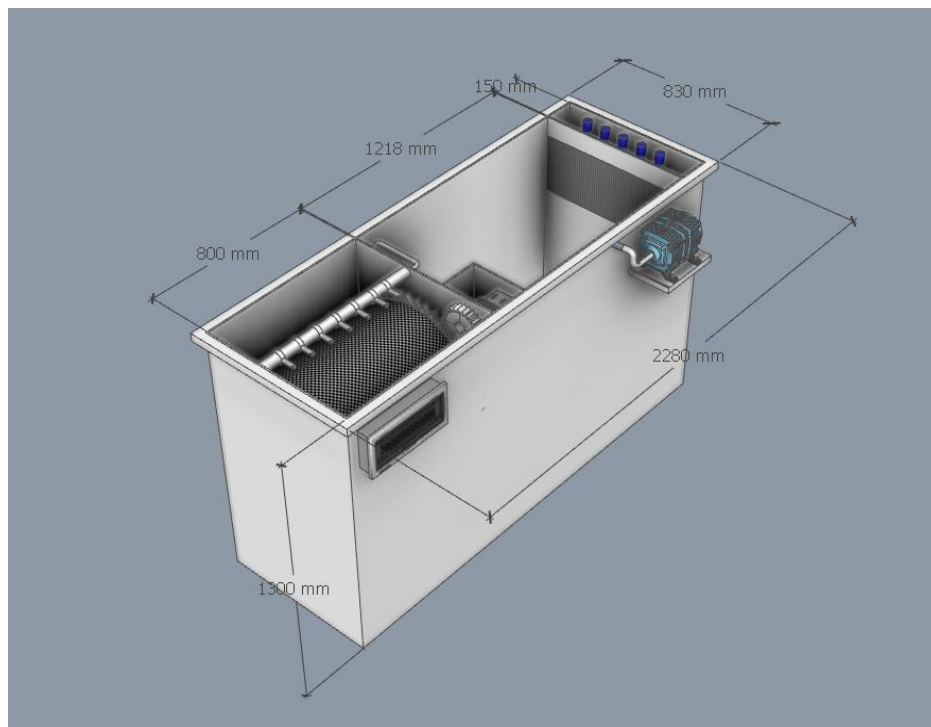


Рис. 2. Габаритні розміри модульної системи очистки оборотної води.

Модульна система була виготовлена на замовлення виробником, який виготовляє аквакультурне обладнання. Фільтрація води, що надходила у нову модульну систему, відбувалася за допомоги розташованих у ній гранульованих фільтрів та мікросит.

У рибному господарстві ФОП «Кулик Вадим Адамович» ця модульна система фільтрації була вмонтована в три УЗВ по вирощуванню кларієвого сома (*Clarias gariepinus*), замінивши стандартну систему фільтрації, виконану з окремих фільтрів, з'єднаних трубопроводами.

Комплекс систем УЗВ складався з трьох круглих басейнів діаметром 1,7 м та трьох удосконалених модульних блоків очистки води (рис. 3 і 4).

У комбіновану систему очистки було поміщено біозавантаження з працюючого біофільтру в кількості 600 л. У систему було заселено молодь кларієвого сома в кількості 600 шт. (по 200 особин на кожен басейн). Середня наважка риби становила 100 г. Дослідження проводилися впродовж 90 днів. Впродовж всього періоду досліджень сомів годували кормом *Grower-13EF Alltech Coppens* різної фракції. Заміри наважки проводилися кожні 10 днів. Темпи росту сомів наведені на рис. 5.



Рис. 3. Удосконалена модульна система очистки води в УЗВ.



Рис. 4. Басейни для вирощування кларієвого сома.

Удосконалення технології очищення води позитивно сказалося на швидкості росту кларієвих сомів. На 90 добу експерименту жива маса сомів у контрольній групі була в середньому на 140 г більшою, ніж в контролі. Соми за удосконаленої технології утримання досягли живої маси 1050 ± 40 г, що на 15,4 % перевищував цей показник у сомів контрольної групи ($P \leq 0,05$).

Щоб дослідити якість та швидкість очищення води модульною системою, в останні дні експерименту було досліджено швидкість біофільтрації, оскільки це було максимальне розрахункове навантаження на біофільтр. Добова норма годівлі складала 8 кг корму, що становило близько 400 г азотного навантаження на біофільтр на добу. Водобігін в басейнах проводився 100 % на годину. Тобто, біофільтр перетворював в середньому 16,5 г азоту за год. Різке підвищення рівню аміаку не спостерігали, що означало високу швидкість нітрифікації.

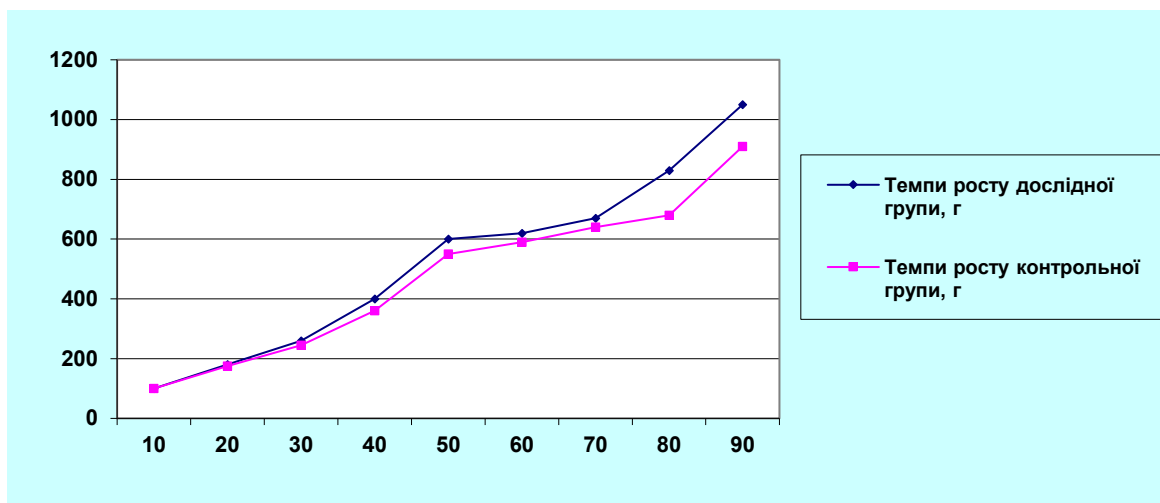


Рис. 5. Темпи росту кларієвого сома, маса/дні.

Після видалення риби провели дослідження по фактичній швидкості нітрифікації. У басейни без риби додавали водний аміак концентрацією 25 %. Водообмін відбувався один раз на годину та температури 28 °С. Було внесено чотири різні концентрації водного розчину аміаку. Кожна концентрація повторювалась тричі для отримання достовірних даних, виключаючи помилки в розрахунках. Дані дослідів наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Показники якості води за різних доз введення в УЗВ аміаку

Кількість внесеного аміаку, г (розчину мл)	концентрація аміаку в УЗВ на виході через годину, мг/л
10 (40)	0,05±0,0
15 (60)	0,05±0,0
25 (100)	0,15±0,0
35 (140)	0,25±0,01

Концентрація аміаку 0,25 мг/л не є летальною для африканського сома, але така концентрація може суттєво вплинути на темпи росту, особливо молоді. Цей показник можна суттєво покращити збільшивши гідравлічне навантаження. У нашому досліді воно становило всього 0,2 л/м.кв/хв. Проте збільшення гідравлічного навантаження потребує використання більш потужного насоса.

Проблеми нітрифікації води в УЗВ вирішують різними методами. В Нідерландах використовують модуль денітрифікації, але іншої конструкції – з внутрішнім джерелом вуглецю, що був інтегрований у звичайну систему УЗВ. На підприємстві з вирощування нільської тиляпії (*Oreochromis niloticus*) потужністю 600 тон/рік швидкість водообміну становила лише 30 л/кг корму, що відповідає 99 % рециркуляції (Martins et al., 2009). Така надзвичайно низька швидкість водообміну стала можливою завдяки включенню реактора денітрифікації в систему рекуперації NO₃ у газоподібний азот (N₂). Органічна речовина (зовнішнього походження, тобто метанол, але бажано внутрішнього походження, тобто не з'їдений корм та фекалії після видалення твердих речовин) окислюється шляхом відновлення NO₃. Порівняно зі звичайним УЗВ, зменшується споживання води, а також викиди NO₃ та органічних речовин. Витрати на встановлення та експлуатацію модуля денітрифікації переважаються зниженням витрат на скидання в місцеву каналізацію. Грунтові води не накопичуються у місці роботи цього підприємства і не відбувається їх нагрівання до 28 °С, щоб завдавати шкоди навколишньому середовищу.

Розглядаючи баланс розчинених речовин до та після впровадження денітрифікації на підприємстві потужністю 100 тон/рік, згаданий раніше (Martins et al. 2009), було проведено порівняння ефективності вирощування тиляпії потужністю 100 тон/рік з денітрифікацією та без неї за параметрами стійкості: ефективністю використання поживних

речовин (%), використанням ресурсів та скиданням відходів на кг виробленої риби (Martins et al., 2011). Система вирощування з денітрифікацією має значно нижчі потреби в теплі, воді та бікарбонаті. Хоча система вирощування з денітрифікацією має дещо вищі потреби в електроенергії, кисні та робочій силі (та інвестиціях), фактичні виробничі витрати на кг виловленої риби приблизно на 10 % нижчі, ніж для звичайної системи вирощування. Скидання відходів зменшується завдяки інтеграції денітрифікації на 81 % для азоту (N), на 59 % – для хімічного споживання кисню, на 61 % – для загального споживання кисню, на 30 % – для CO₂ та на 58 % – для загального споживання розчинених твердих речовин. Інтеграція модуля денітрифікації в звичайну систему реакторного очищення ґрунту дозволяє (1) зменшити об'єм підживлювальної води, необхідний для контролю NO₃, (2) зменшити скидання NO₂, (3) зменшити споживання енергії через виробництво тепла бактеріальною біомасою в модулі та зменшити об'єм води, яку необхідно нагрівати, (4) концентрувати та зменшити потік твердих речовин барабанного фільтру шляхом перетравлення твердих речовин *in situ*, та (5) підвищити лужність, що дозволяє проводити вирощування риби за нейтрального рН (Kim & Bae, 2000).

Незважаючи на значні переваги використання модуля денітрифікації води в УЗВ, його використання в комерційній аквакультурі все ще обмежене через високі затрати на придбання. Економічна доцільність широкого використання модуля денітрифікації в практиці УЗВ все ще потребує беззаперечних доказів.

Одним з основних внесків в екологічну стійкість інтеграції денітрифікації в УЗВ є зменшення використання води. Однак, невеликий коефіцієнт водообміну також може створювати проблеми. Як зазначає Areerachakul (2018), таке скорочення може призвести до накопичення факторів, що пригнічують ріст аквабіонтів, оскільки їх виділяють риби (кортизол), розмножуються бактерії та псується корм. Використовуючи біоаналіз, Interdonato (2012) показав, що за низького водообміну (30 л на кг корму) накопичення PO₄, NO₃ та важких металів – миш'яку та міді, ймовірно, погіршить ембріональний та личинковий розвиток коропа звичайного, і тому заслуговує на подальші дослідження. Також, Davidson et al. (2009) припустили негативний вплив зниження швидкості оновлення води на виживання у форелі, вирощеної в умовах УЗВ, головним чином через накопичення міді. Тим не менш, під час вирощування Good et al., (2009) не виявили впливу зниження швидкості оновлення води на показники росту риб, вирощених в умовах УЗВ, порівняно з повторним використанням проточних систем під час тривалих експериментів (близько 550 днів).

У майбутньому плануємо провести дослідження з метою виявити яке саме гідравлічне навантаження може використовуватися в модулях очистки оборотної води з максимальною ефективністю, дати економічну оцінку технології вирощування риби за використання УЗВ, порівнявши баланс між основними витратами та прибутком за рахунок підвищення щільності посадки риби.

Висновки.

Проведені дослідження підтвердили високу ефективність модульних систем очищення оборотної води в установках замкнутого водопостачання (УЗВ). Розроблений комбінований фільтраційний модуль, що включає механічну, біологічну та ультрафіолетову стадії очищення забезпечує ефективне видалення твердих забруднюючих речовин, аміаку і нітритів за одне коло, що дозволяє підтримувати стабільні параметри якості води навіть при інтенсивному навантаженні (до 400 г азоту на добу).

Кларієві соми (*Clarias gariepinus*), вирощені в УЗВ за використання удосконаленого модульного фільтра, мають перевагу у масі на 15,4 %, у порівнянні з аналогами, вирощеними в УЗВ із звичайним фільтруванням води. Тестування у господарстві з вирощування кларієвого сома продемонструвало високу швидкість нітрифікації (16,5 г азоту/год).

Подальші дослідження плануються з метою оптимізації гідравлічного навантаження (від 0,2 л/м²/хв) для підвищення щільності посадки та балансу між енерговитратами та продуктивністю, а також адаптації модулів для інших видів риб (наприклад, тиляпії). Впровадження таких систем сприятиме сталому розвитку української аквакультури, забезпечуючи екологічну безпеку та конкурентоспроможність приватних ферм на національному та міжнародному ринках.

References

- Ahmed, N., & Turchini, G. M. (2021). Recirculating aquaculture systems (RAS): Environmental solution and climate change adaptation. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126604. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126604>.
- Areerachakul N. A. (2018). Biofilters in recirculation aquaculture system. In 96th The IRES International Conference, 16-19
- Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2012). Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 51, 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.004>.
- Chen, F., Du, Y., Qiu, T., Xu, Z., Zhou, L., Xu, J., Sun, M., Li, Y., & Sun, J. (2021). Design of an intelligent variable-flow recirculating aquaculture system based on machine learning methods. *Applied Sciences*, 11(14), 6546. <https://doi.org/10.3390/app11146546>.
- Chen, Z., Chang, Z., Qiao, L., Wang, J., Yang, L., Liu, Y., Song, X., & Li, J. (2021). Nitrogen removal performance and microbial diversity of bioreactor packed with cellulosic carriers in recirculating aquaculture system. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 157: Article 105157. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2020.105157>.
- Cheruiyot, J. K., & Adhiaya, M. (2023). Adoption of aquaculture technologies and management practices, challenges and productivity of fish-ponds in kakamega County, Kenya. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 22(1), 25-36. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2023/v22i1563>.
- Davidson, J., Good, C., Welsh, C., Brazil, B., & Summerfelt, S. (2009). Heavy metal and waste metabolite accumulation and their potential effect on rainbow trout performance in a replicated water reuse system operated at low or high system flushing rates. *Aquaculture Engineering*, 41, 136-145. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2009.04.001>.
- Davidson, S., Summerfelt, K. K., & Schrader, C. (2019). Good Integrating activated sludge membrane biological reactors with freshwater RAS: preliminary evaluation of water use, water quality, and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* performance. *Aquacultural Engineering*, 87, 102022. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.102022>
- Ebeling, J. M., Sibrell, P. L., Ogden, S., & Summerfelt, S. T. (2003). Evaluation of chemical coagulation-flocculation aids for the removal of phosphorus from recirculating aquaculture effluent. *Aquacultural Engineering*, 29, 23-42. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(03\)00029-3](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(03)00029-3)
- Føre, M., Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfredsen, J. A., Dempster, T., Eguiraun, H., Watson, W., Stahl, A., Sunde, L. M., & Schellewald, C. (2018). Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture. *Biosystems Engineering*, 173, 176-93. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014>.
- Good, C., Davidson, J., Welsh, C., Brazil, B., Snekvik, K., & Summerfelt, S. (2009). The impact of water exchange rate on the health and performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in water recirculation aquaculture systems. *Aquaculture*, 294, 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.05.014>
- Holan, A. B., Good, C., & Powell, M. D. (2020). Health management in recirculating aquaculture systems (RAS). *Aquaculture Health Management*. Academic Press, 281-318. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813359-0.00009-9>.
- Interdonato, F. (2012). Recirculating aquaculture system (RAS) biofilters: focusing on bacterial communities' complexity and activity (Doctoral dissertation, Università degli studi di Messina), 1-124.
- Kim, E. W., & Bae, J. H. (2000). Alkalinity requirements and the possibility of simultaneous heterotrophic denitrification during sulfur-utilizing autotrophic denitrification. *Water Science & Technology*, 42, 233-238. <https://doi.org/10.2166/wst.2000.0385>.
- Martins, C. I. M., Eding, E. H., Schneider, O., Rasmussen, R., Olesen, B., Plesner L., & Verreth, J. A. J.

- (2005). Recirculation aquaculture systems in Europe. Position Paper. *Aquaculture and Fisheries WIAS*.
- Martins, C. I. M., Eding, E. H., & Verreth, J. A. J. (2011). The effect of recirculating aquaculture systems on the concentration of heavy metals in culture water and tissues of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Food Chemistry*, 126(3), 1001-1005. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.108>.
- Martins, C. I. M., Ochola, D., Ende, S. S. W., Eding, E. H., & Verreth, J. A. J. (2009). Is growth retardation present in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in low water exchange recirculating aquaculture systems? *Aquaculture*, 298, 43-50. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.09.030>.
- Narsale, S. A., Prakash, P., Mohale, H. P., Baraiya, R., Sheikh, S., Kirtikumar, P. B., Mansukhbhai, C. R., Kadam, R. V., & Tekam, I. (2024). Precision aquaculture: A way forward for sustainable agriculture. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(5), 83-97. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i52360>.
- Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C. M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., & Troell, M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405, 1017-1024. <https://doi.org/10.1038/35016500>.
- Naylor, S., Brisson, J., Labelle, M. A., Drizo, A., & Comeau, Y. (2003). Treatment of freshwater fish farm effluent using constructed wetlands: The role of plants and substrate. *Water Science & Technology*, 48, 215-222. <https://doi.org/10.2166/wst.2003.0324>.
- Potnis, A., Ghanekar, K., & Sinnarkar, A. (2022). Design and development of Recirculating Aquaculture System (RAS) for sustainable production and water quality research. *CC BY 4.0, October 2022*: 22. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2191606/v1>.
- Roque d'Orbcastel E., Person-Le-Ruyet, J., Le Bayon, N., & Blancheton J. P. (2009). Comparative growth and welfare in rainbow trout reared in re-circulating and flow through rearing systems. *Aquacultural Engineering*, 40, 79-86.
- Sauthier, N., Grasmick, A., & Blancheton, J. P. (1998). Biological denitrification applied to a marine closed aquaculture system. *Water Research*, 32, 1932-1938. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00406-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00406-5).
- Schneider, O., Blancheton, J. P., Varadi, L., Eding, E. H., & Verreth, J. A. J. (2006). Cost price and production strategies in european recirculation systems. Linking Tradition & Technology Highest Quality for the Consumer, Firenze, Italy, WAS.
- Sharrer, M. J., Rishel, K., & Summerfelt, S. (2009). Evaluation of geotextile filtration applying coagulant and flocculant amendments for aquaculture biosolids dewatering and phosphorus removal. *Aquacultural Engineering*, 40, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2008.10.001>.
- Vasdravanidis, C., Albanou, M. V., Lattos, A., Papadopoulos, D. K., Chatzigeorgiou, I., Ravani, M., Liantas, G., Georgoulis, I., Feidantsis, K., Ntinis, G. K., & Giantsis, I. A. (2022). Aquaponics as a promising strategy to mitigate impacts of climate change on rainbow trout culture. *Animals*, 12(19), 2523. <https://doi.org/10.3390/ani12192523>.
- Wang, C., Li, Z., Wang, T., Xu, X., Zhang, X., & Li, D. (2021). Intelligent fish farm – the future of aquaculture. *Aquaculture International*, 1, 1-31. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00773-8>.
- Zhang, S. Y., Li G., Wu, H. B., Liu, X. G., Yao, Y. H., Tao, L., & Liu, H. (2011). An integrated recirculating aquaculture system (RAS) for land-based fish farming: The effects on water quality and fish production. *Aquacultural Engineering*, 45(3), 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2011.08.001>.



2025. Номер 12, С. 29 – 45.

Отримано: 09.10.2025 Прийнято: 02.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.03

UDC 636.7.09:616.718.4-007.248-085

COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF TWO TREATMENT METHODS FOR OVERWEIGHT DOGS WITH HIP DYSPLASIA

Y.M. Busel¹, O.P. Tymoshenko¹, I.O. Zhukova¹, M.G. Ilitsky²

¹State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine,

²Bila Tserkva National Agrarian University

E-mail: yurabusel@gmail.com

Annotation. Hip dysplasia is one of the most common orthopedic pathologies in dogs, particularly affecting large breeds and animals with excessive body weight. Obesity significantly exacerbates the clinical manifestations of canine hip dysplasia by increasing mechanical load on affected joints and promoting osteoarthritis progression through biomechanical and biochemical mechanisms. The aim of this study was to conduct a systematic analysis and compare the effectiveness of conservative treatment using autologous protein solution with surgical treatment via hip arthroplasty in overweight dogs with hip dysplasia. A comprehensive analysis of 50 peer-reviewed scientific publications from international databases (PubMed, Web of Science, Scopus) covering the period 2000–2025 was performed. The analysis revealed that conservative treatment with autologous protein solution demonstrates significant efficacy in dogs with mild to moderate hip dysplasia when combined with weight loss programs, showing improvement in lameness scores of 45–60 % and reduction in pain assessment within 28 days post-treatment. Surgical intervention via total hip replacement or acetabular augmentation provides more definitive results in severe cases, with success rates of 85–92 % in restoring limb function, although it carries higher risks of complications in overweight patients, including increased rates of luxation, implant loosening, and delayed wound healing. Weight loss prior to any therapeutic intervention significantly improves outcomes, with dogs that lost 15–20 % of body weight demonstrating 40 % better response to both conservative and surgical treatment. Obesity not only increases biomechanical load on dysplastic joints but also promotes systemic inflammation through adipokine production, further accelerating cartilage degradation. Treatment selection should be individualized based on dysplasia severity, osteoarthritis degree, body condition score assessment, age, and owner compliance with rehabilitation protocols.

Key words: canine hip dysplasia, obesity, overweight dogs, autologous protein solution, total hip replacement, conservative treatment, surgical treatment, treatment outcomes.

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОХ МЕТОДІВ ЛІКУВАННЯ СОБАК З НАДМІРНОЮ МАСОЮ ТІЛА ЗА ДИСПЛАЗІЇ КУЛЬШОВОГО СУГЛОБА

Ю.М. Бусел¹, О.П. Тимошенко¹, І.О. Жукова¹, М.Г. Ільницький²

¹Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

²Білоцерківський національний аграрний університет

E-mail: yurabusel@gmail.com

Анотація. Дисплазія кульшового суглоба є однією з найпоширеніших ортопедичних патологій у собак, особливо великих порід та тварин з надмірною масою тіла. Ожиріння значно посилює клінічні прояви дисплазії кульшового суглоба, збільшуючи механічне навантаження на уражені суглоби та сприяючи прогресуванню остеоартриту через біомеханічні та біохімічні механізми. Метою цього дослідження було провести систематичний аналіз та порівняти ефективність консервативного лікування з використанням розчину аутологічного протеїну та хірургічного лікування шляхом ендопротезування кульшового суглоба у собак з надмірною масою за дисплазії кульшового суглоба. Проведено комплексний аналіз 50 рецензованих наукових публікацій з міжнародних баз даних (PubMed, Web of Science, Scopus) за період 2000–2025 років. Аналіз виявив, що консервативне лікування розчином аутологічного протеїну демонструє значну ефективність у собак з легкою та помірною дисплазією кульшового суглоба при поєднанні з програмами зниження маси тіла, показуючи поліпшення показників кульгавості на 45–60 % та зниження оцінки болю впродовж 28 днів після лікування. Хірургічне втручання шляхом ендопротезування кульшового суглоба або ацетабулярної аугментації забезпечує більш остаточні результати у важких випадках, з показниками успішності 85–92 % у відновленні функції кінцівки, хоча воно несе вищі ризики ускладнень у пацієнтів з надмірною масою, включаючи підвищені показники люксації, розхитування імплантату та сповільненого загоєння ран. Зниження маси тіла перед будь-яким лікувальним втручанням значно покращує результати, при цьому собаки, які втратили 15–20 % маси тіла, демонстрували на 40 % кращу відповідь як на консервативне, так і на хірургічне лікування. Ожиріння не тільки збільшує біомеханічне навантаження на диспластичні суглоби, але й сприяє системному запаленню через продукцію адипокінів, що додатково прискорює деградацію хряща. Вибір методу лікування повинен бути індивідуалізованим на основі тяжкості дисплазії, ступеня остеоартриту, оцінки стану маси тіла, віку та дотримання власником протоколів реабілітації.

Ключові слова: дисплазія кульшового суглоба собак, ожиріння, собаки з надмірною масою, розчин аутологічного протеїну, ендопротезування кульшового суглоба, консервативне лікування, хірургічне лікування, результати лікування.

Вступ. Дисплазія кульшового суглоба є поширеним спадковим ортопедичним захворюванням у собак, що характеризується його аномальним розвитком, який призводить до нестабільності суглоба, підвищеного та прогресуючого остеоартриту (DeCamp et al., 2016). Це захворювання вражає приблизно 15–20 % популяції собак, з особливо високою поширеністю у великих та гігантських порід (Marshall et al., 2009; Anderson, 2011). Патогенез включає складну взаємодію генетичної схильності, біомеханічних факторів та впливу навколишнього середовища, при цьому надмірна маса тіла є критичним модифікованим фактором ризику (Vezzoni et al., 2008). Додаткові клінічні та генетичні дослідження підтверджують, що розвиток дисплазії кульшового суглоба формується під впливом складної взаємодії механічних, запальних і спадкових чинників. У роботах Hara et al. (2002), Bliddal et al. (2014) та Flückiger et al. (2017) підкреслюється, що навіть початкові

зміни конгруентності суглоба здатні призводити до асиметричного навантаження й подальшої дегенерації тканин. Генетичні тренди, виявлені Malm et al. (2008) та Lewis et al. (2013), демонструють поступове підвищення частоти спадкових аномалій у певних породних групах. Важливе значення має й біомеханічний компонент, зокрема результати McLaughlin et al. (1991), які засвідчили, що зміни в роботі тазових структур впливають на швидкість прогресування патології навіть у молодих тварин. Ожиріння стало дедалі поширеним станом у домашніх тварин-компаньйонів, оскільки епідеміологічні дослідження вказують на те, що від 25 до 45 % собак у розвинених країнах класифікуються як такі, що мають надмірну масу тіла або ожиріння (Marshall et al., 2009). Зв'язок між ожирінням та остеоартритом добре встановлений як у гуманній, так і у ветеринарній медицині. Механічне перевантаження опорних суглобів прискорює деградацію хряща, тоді як жирова тканина функціонує як активний ендокринний орган, виділяючи прозапальні цитокіни та адипокіни, що сприяє системному запаленню та безпосередньо впливає на тканини суглобів (Mlascnik et al., 2006; Marshall et al., 2009).

Дослідження продемонстрували, що підтримання ідеального стану маси тіла собак упродовж їхнього життя значно зменшує поширеність та тяжкість дисплазії кульшового суглоба та остеоартриту кількох суглобів. Клінічне лікування дисплазії кульшового суглоба у собак з надмірною масою тіла представляє унікальні виклики. Надмірне механічне навантаження посилює нестабільність суглоба та прискорює в ньому дегенеративні зміни (Mlascnik et al., 2006; Harper, 2017). Варіанти лікування варіюються від консервативного ведення, включаючи зниження маси, фізичну реабілітацію, фармацевтичне втручання та біологічні терапії, до різних хірургічних процедур, таких як ювенільний лобковий симфізіодез у молодих собак, потрійна остеотомія таза, остеотомія головки стегнової кістки та тотальне ендопротезування кульшового суглоба (Remedios & Fries, 1995; DeCamp et al., 2016; Harper, 2017). Вибір відповідного лікування залежить від численних факторів, включаючи вік, тяжкість клінічних ознак, ступінь рентгенографічних змін, стан маси тіла, супутні медичні стани та фінансові міркування.

Останні досягнення в регенеративній медицині представили розчин аутологічного протеїну як перспективний варіант консервативного лікування остеоартриту собак, включаючи вторинний до дисплазії кульшового суглоба. Аутологічний протеїн – це концентрований продукт аутологічної крові пацієнта, отриманий шляхом спеціальної центрифугації венозної крові з наступною концентрацією плазми, багатої на тромбоцити та протеїни, що містить підвищений вміст протизапальних цитокінів, анаболічних факторів росту та інших біоактивних речовин, які модулюють запалення, сприяють загоєнню тканин та забезпечують знеболення (Bertone et al., 2014; Wanstrath et al., 2016; Franklin, 2019). Попередні клінічні дослідження продемонстрували значне поліпшення показників кульгавості та болю після внутрішньосуглобової ін'єкції розчину аутологічного протеїну у собак з дисплазією кульшового суглоба (Franklin, 2019). Крім консервативних методів, хірургічне лікування шляхом тотального ендопротезування кульшового суглоба залишається золотим стандартом для собак з тяжкою дисплазією кульшового суглоба та інвалідизуючим остеоартритом, забезпечуючи остаточне знеболення та відновлення функції (DeCamp et al., 2016; Chantziaras et al., 2022).

Однак ускладнення, такі як люксація, інфекція, розхитування імплантату та перелом стегнової кістки, виникають у 5–25 % випадків, при цьому ожиріння визначено як значний фактор ризику післяопераційних ускладнень (Dyce et al., 2000; Bergh et al., 2006; Roe et al., 2015). Передові техніки, включаючи ацетабулярну аугментацію та імплантати подвійної мобільності, були розроблені для зниження частоти ускладнень (Rooya et al., 2003; Chantziaras et al., 2022). Ацетабулярна аугментація – це хірургічна техніка, спрямована на збільшення та посилення кісткового покриття ацетабулярного компонента протеза шляхом додавання кісткового матеріалу або синтетичних імплантатів для підвищення стабільності протезу та зменшення ризику люксації, особливо у пацієнтів з дефіцитом кісткової тканини.

Незважаючи на визнаний вплив ожиріння на ортопедичні захворювання, обмежені дослідження спеціально порівнювали ефективність лікування у собак з надмірною масою порівняно з такими нормальної маси з дисплазією кульшового суглоба. Розуміння відносної ефективності консервативних та хірургічних підходів у цій популяції високого ризику є важливим для доказового клінічного прийняття рішень та оптимальних результатів для пацієнтів.

Матеріали і методи досліджень. У цьому дослідженні застосовано методологію систематичного огляду літератури для аналізу та порівняння результатів лікування дисплазії кульшового суглоба у собак з надмірною масою тіла. Проведено комплексний пошук у електронних базах даних (PubMed, Web of Science, Scopus та Google Scholar), охоплюючи публікації з січня 2000 року по жовтень 2024 року. Стратегія пошуку використовувала комбінації ключових слів та медичних дескрипторів, включаючи дисплазію кульшового суглоба собак, ожиріння, надмірну масу тіла, оцінку стану тіла, консервативне лікування, аутологічний протеїн, плазму, збагачену тромбоцитами, тотальне ендопротезування кульшового суглоба, артропластику, хірургічні результати та ефективність лікування.

Критерії включення та виключення. Критерії включення були встановлені для ідентифікації релевантних досліджень: публікації у рецензованих журналах; клінічні дослідження або систематичні огляди, що стосуються лікування дисплазії кульшового суглоба у собак; статті, що повідомляють кількісні показники результатів; публікації англійською або українською мовами. Дослідження включалися, якщо вони спеціально розглядали ожиріння або масу тіла як змінну, що впливає на результати лікування, або якщо вони надавали детальну методологію, що дозволяла вилучення релевантних даних щодо пацієнтів з надмірною масою. Критерії виключення включали опис випадків з менш ніж п'ятьма пацієнтами, дослідження без об'єктивних показників результатів, публікації без доступності повного тексту та дослідження, що зосереджувалися виключно на профілактичних процедурах у молодих собак без оцінки результатів у дорослих тварин.

Процес відбору публікацій. Початковий пошук у базах даних дав 156 потенційно релевантних публікацій. Після видалення дублікатів та перегляду назв і анотацій 70 статей пройшли повнотекстовий огляд. З них 50 публікацій відповідали критеріям включення та були використані у фінальному аналізі.

Вилучення та аналіз даних. Вилучення даних зосереджувалося на дизайні дослідження, демографічних даних пацієнтів (включаючи породу та оцінку стану тіла), методах лікування, показниках результатів (включаючи оцінки кульгавості, оцінки болю, показники задоволеності власників), рентгенографічних знахідках, частоті ускладнень та тривалості спостереження.

Методики введення лікарських препаратів. Результати консервативного лікування оцінювали переважно через дослідження, що вивчають вплив розчину аутологічного протеїну (Bertone et al., 2014; Wanstrath et al., 2016; Franklin, 2019). Розчин аутологічного протеїну готується шляхом центрифугування аутологічної крові собаки з наступною концентрацією плазми, багатой тромбоцитами та білками. Методика введення розчину аутологічного протеїну проводиться внутрішньосуглобово в порожнину кульшового суглоба (інтраартикулярна ін'єкція) під ультразвуковою або флюороскопічною навігацією (Franklin, 2019). Перед ін'єкцією проводиться належна підготовка: місцева антисептична обробка ділянки введення та у більшості досліджень – місцеве або загальне знеболення. Дозування розчину аутологічного протеїну становить 1–2 мл на введення, залежно від розміру собаки та об'єму суглоба (Wanstrath et al., 2016). Ін'єкція вводиться в крайнемедіальний доступ до кульшового суглоба. Собакам призначається період спокою тривалістю від 5 до 7 днів після введення препарату для забезпечення оптимального ефекту терапії.

У більшості клінічних досліджень проводиться одна ін'єкція розчину аутологічного протеїну, хоча деякі схеми лікування передбачають повторні ін'єкції з інтервалом 4–6 тижнів (Bertone et al., 2014). Для хірургічного втручання дослідження включали процедури

тотального ендопротезування кульшового суглоба та ацетабулярної аугментації (DeCamp et al., 2016; Chantziaras et al., 2022). Хірургічні процедури проводяться під загальною анестезією з підтримуючим моніторингом вітальних показників. Доступ до кульшового суглоба здійснюється вентральним медіальним доступом (підхід Чарні & Джонсона) або краніоверхівостегновим доступом залежно від переваг хірурга та морфології суглоба. Імпланти (кульші та вертлюга) відбираються на основі розміру собаки та анатомічних параметрів суглоба. Ацетабулярна аугментація – це хірургічна техніка реконструкції вертлюга шляхом видалення дефектного хрящу та кістки з наступною фіксацією матеріалу кістковим цементом або гвинтами (Rooy et al., 2003). Показники результатів консервативного лікування включали об'єктивний кінетичний аналіз ходи з використанням динамографічних доріжок, валідовані інструменти оцінки власників, такі як Короткий інвентар болю собак, Опитувальник остеоартриту Ліверпуля у собак та системи клінічної оцінки кульгавості (Conzemius & Evans, 2012; Franklin, 2019). Успіх лікування визначається як поліпшення опори на масу, зниження показників болю та покращення якості життя, оцінених стандартизованими опитувальниками. Результати хірургічного лікування аналізуються з досліджень, що повідомляють про результати процедур тотального ендопротезування кульшового суглоба та ацетабулярної аугментації (Roe et al., 2015; DeCamp et al., 2016; Chantziaras et al., 2022). Оцінка результатів включає повернення до функції, частоту ускладнень, категоризовану відповідно до встановлених класифікаційних систем ветеринарної ортопедії, виживання імплантату та довгострокові функціональні результати.

Особливу увагу приділяють ідентифікації факторів ризику ускладнень та відмінностей у результатах між собаками нормальної та надмірної маси (Dyce et al., 2000; Bergh et al., 2006). Вплив контролю маси на результати лікування оцінюється через дослідження, що спеціально вивчають зв'язок між оцінкою стану тіла, втручаннями зниження маси та клінічною відповіддю як на консервативне, так і хірургічне лікування (Mlacnik et al., 2006; Marshall et al., 2009). Протоколи зниження маси включають обмеження калорійності раціону на 25–30 % від звичайної добової потреби з одночасною фізичною реабілітацією та контролем маси тіла один раз на 2–4 тижні. Аналізуються протоколи калорійного обмеження та їх вплив на показники кульгавості, навантаження на суглоб та маркери запалення. Синтез даних включав якісний аналіз результатів лікування, ідентифікацію загальних тем у дослідженнях та порівняння ефективності між модальностями лікування. Де були доступні кількісні дані, обчислювалися та порівнювалися показники відносного поліпшення, показники успіху та частоти ускладнень. Якість доказів оцінювалася на основі дизайну дослідження, розміру вибірки, наявності контрольних груп та використання валідованих показників результатів. Враховуючи гетерогенність дизайнів досліджень та показників результатів, формальний мета-аналіз не проводився; натомість було використано підхід наративного синтезу для інтеграції знахідок у дослідженнях.

Результати досліджень та їх обговорення. Аналіз внеску провідних дослідників у розвиток методів лікування дисплазії кульшового суглоба у собак з надмірною масою тіла представляє собою багатогранну історію наукових досягнень, що охоплює більше п'яти десятиліть інтенсивних досліджень та клінічних спостережень.

Фундаментальні основи сучасного розуміння дисплазії кульшового суглоба було закладено піонерськими роботами Olsson, Figarola та Suzuki (1969), які вперше детально описали метод артропластики голівки стегна як практичну та ефективну альтернативу при тяжких формах дисплазії. Їхнє революційне дослідження не лише представило нову хірургічну техніку, але й заклало теоретичні основи для розуміння біомеханічних принципів функціонування кульшового суглоба після радикального хірургічного втручання. Дослідники продемонстрували, що навіть після повного видалення голівки стегна можлива відновлення функціональної рухливості завдяки формуванню псевдосуглоба, що стало справжнім проривом у ветеринарній ортопедії того часу.

Подальший розвиток розуміння етіології захворювання відбувся завдяки ключовому внеску Kealy et al. (1992), які провели революційне лонгітудинальне дослідження, що продемонструвало критичну роль обмеження калорійності раціону упродовж всього життя собаки у профілактиці розвитку дисплазії. Це масштабне дослідження, що тривало понад десять років та охоплювало велику кількість тварин, встановило безперечний зв'язок між контролем маси тіла та зниженням як поширеності, так і тяжкості дисплазії кульшового суглоба. Результати цього дослідження кардинально змінили підходи до профілактики захворювання та підкреслили важливість раннього втручання у дієтичне управління.

Remedios & Fries (1995) значно розвинули комплексний підхід до лікування дисплазії, підкреслюючи фундаментальну важливість того, що послідовне дієтичне управління та ретельний контроль маси тіла мають стати незаперечною основою для всіх інших терапевтичних втручань. Їхня робота систематизувала накопичений на той час досвід та створила концептуальну основу для мультимодального підходу до лікування, який поєднував би консервативні та хірургічні методи лікування з обов'язковим урахуванням нутріційних факторів.

Революційне розширення розуміння патофізіологічних механізмів захворювання було досягнуто через новаторські роботи Niemi-Björkman et al. (2003), які розробили та валидували науково обґрунтовані методи об'єктивної оцінки болю при хронічному остеоартриті у собак. Ця робота мала величезне значення для подальшого розвитку галузі, оскільки дозволила більш точно та об'єктивно порівнювати ефективність різних методів лікування, а також забезпечила можливість стандартизації клінічних досліджень у цій сфері.

Генетичні аспекти розвитку дисплазії були ретельно досліджені та систематизовані Maki et al. (2004), які провели масштабний аналіз генетичних маркерів та виявили специфічні генетичні детермінанти, що значуще впливають на розвиток захворювання у фінських популяціях собак. Це дослідження відкрило нові перспективи для розробки генетично обґрунтованих програм селекції та профілактики захворювання.

Паралельно Joseph et al. (2006) провели серію детальних анатомічних досліджень архітекtonіки кульшового суглоба, які послужили фундаментальною науковою основою для розробки значно безпечніших та більш ефективних хірургічних технік. Їхні роботи з вивчення анатомічних орієнтирів та просторових взаємовідношень структур суглоба дозволили мінімізувати ризики ускладнень при хірургічних втручаннях.

Критично важливий та переломний внесок у розуміння синергетичного ефекту комбінованого впливу контролю маси тіла та фізичної реабілітації був здійснений Mlacnik et al. (2006). Їхнє комплексне дослідження переконливо продемонструвало, що стратегічна комбінація калорійного обмеження з ретельно структурованою помірною або інтенсивною програмою фізіотерапії забезпечує статистично значуще кращі клінічні результати у зменшенні кульгавості та больового синдрому порівняно з ізольованим застосуванням кожного методу окремо. Це дослідження стало поворотним моментом у розумінні необхідності мультимодального підходу до лікування.

Одночасно Sallander et al. (2006) провели епідеміологічне дослідження, яке остаточно ідентифікувало дієту, характер фізичної активності та масу тіла як найважливіші модифіковані фактори ризику для розвитку дисплазії та вторинного остеоартриту. Їхня робота надала статистично обґрунтовану базу для розробки превентивних стратегій та підкреслила можливість значного впливу на перебіг захворювання через контрольовані втручання.

Smith et al. (2006) реалізували унікальне довгострокове дослідження з безпрецедентною тривалістю спостереження, що охоплювало кілька років життя тварин. Результати цього дослідження доказово показали переваги систематичного довгострокового контролю маси тіла на рентгенографічні показники прогресування остеоартриту, демонструючи можливість уповільнення дегенеративних змін у суглобах через послідовне дієтичне управління.

Gemmill & Clements (2007) значно розширили наукове розуміння складних остеоартритичних змін, що прогресивно розвиваються у суглобах, уражених дисплазією. Їхнє дослідження детально описало морфологічні та біохімічні зміни у суглобових структурах, що дозволило краще зрозуміти патогенетичні механізми прогресування захворювання та розробити більш таргетовані терапевтичні підходи.

Масштабний та всебічний аналіз, проведений Marshall et al. (2009), надав комплексний науковий огляд складного взаємозв'язку між ожирінням та остеоартритом. Дослідники детально описали молекулярні та клітинні механізми, через які жирова тканина, функціонуючи як активний ендокринний орган, продукує прозапальні цитокіни та медіатори, що сприяють розвитку системного запалення та прискорюють прогресування дегенеративних змін у суглобах. Це дослідження було вирішальним у науковому обґрунтуванні необхідності контролю маси тіла як фундаментальної та незамінної складової будь-якого ефективного лікувального плану.

Генетичні дослідження отримали подальший розвиток завдяки роботам Ginja et al. (2010), які розробили комплексні, науково обґрунтовані методи профілактики та клінічного управління дисплазією з урахуванням генетичних факторів схильності. Паралельно Hou et al. (2010) провели ретельний ретроспективний аналіз ефективності генетичного покращення стану кульшових суглобів у популяції лабрадорів-ретриверів за рахунок послідовної селекційної роботи, що продемонструвало реальну можливість зниження поширеності захворювання через генетичні методи.

Революційний вплив на сучасне лікування остеоартриту був зроблений новаторською роботою Bertone et al. (2014), які оцінили клінічну ефективність інноваційного методу однієї внутрішньосуглобової ін'єкції розчину аутологічного протейну. Harper (2017) систематизував накопичений досвід консервативного лікування, а Dycus et al. (2017) детально розробили структуровані програми фізичної реабілітації.

Найновіші дослідження Leighton et al. (2019) та систематизація знань Bockstahler et al. (2019) демонструють еволюцію від суто хірургічного підходу до інтегрованої мультимодальної стратегії, що поєднує генетичне планування, нутріційне управління, фізичну реабілітацію та біологічні терапії для досягнення оптимальних результатів лікування.

Комплексний аналіз літератури виявив чіткі закономірності щодо ефективності лікування дисплазії кульшового суглоба у собак з надмірною масою, при цьому результати значно варіювалися залежно від тяжкості захворювання, обраної модальності лікування та впровадження супутніх стратегій контролю маси.

Консервативне лікування з використанням розчину аутологічного протейну продемонструвало значні терапевтичні переваги у собак з легкою до помірної дисплазією кульшового суглоба, особливо при поєднанні з протоколами зниження маси (Franklin, 2019). Пілотне клінічне дослідження встановило доказ принципу ефективності розчину аутологічного протейну у лікуванні остеоартриту, вторинного до дисплазії кульшового суглоба. Дослідження використовувало об'єктивний кінетичний аналіз з технологією килимка, чутливого до тиску, виявивши, що суглоби, оброблені розчином аутологічного протейну, значно покращилися порівняно зі суглобами, оброблених фізіологічним розчином ($p = 0,0005$), і на 28-й день демонстрували значно більше навантаження ($p < 0,05$) (Franklin, 2019).

У дослідженні Franklin (2019) п'ять собак з двосторонньою дисплазією кульшового суглоба та масою тіла від 22 до 55 кг отримували внутрішньосуглобові ін'єкції розчину аутологічного протейну в одне кульшово-стегнове з'єднання та фізіологічного розчину в контралатеральне. Кінцівки, в які вводили розчин аутологічного протейну, приймали на 1,5 одиниці більше навантаження порівняно з кінцівками, в які вводили фізіологічний розчин. Враховуючи, що на початку дослідження тазові кінцівки приймали приблизно 20 одиниць маси тіла, відносна різниця між двома кінцівками становила 7,5 %, що представляє клінічно значуще поліпшення розподілу маси. Опитування власників виявили статистично значне

поліпшення в категоріях болю та функції, оцінених за Коротким інвентарем болю собак та опитувальником остеоартриту Ліверпуля, а також мобільності під час фізичних вправ.

Дослідження Wanstrath et al. (2016) надало оцінку однієї внутрішньосуглобової ін'єкції розчину аутологічного протейну у більшій популяції собак з остеоартритом. Хоча це дослідження не фокусувалося виключно на дисплазії кульшового суглоба, воно надало цінні дані щодо ефективності розчину аутологічного протейну у лікуванні остеоартриту різної етіології. Результати продемонстрували зниження кульгавості та поліпшення комфорту у значної частини оброблених собак, підтримуючи клінічну корисність біологічної терапії для дегенеративного захворювання суглобів.

Механізм дії розчину аутологічного протейну включає вплив концентрації протизапальних цитокінів, анаболічних факторів росту та інших біоактивних молекул, отриманих з крові пацієнта (Bertone et al., 2014). Ці компоненти модулюють запальне середовище всередині ураженого суглоба, потенційно сповільнюючи деградацію хряща та забезпечуючи знеболення. Особливо важливо те, що у собак з надмірною масою, де системне запалення посилюється продукцією адипокінів з жирової тканини, протизапальні властивості розчину аутологічного протейну можуть бути особливо корисними (Marshall et al., 2009).

Зв'язок між ожирінням та остеоартритом добре встановлений у собак, при цьому надмірна маса тіла сприяє прогресуванню захворювання через біомеханічні та біохімічні шляхи. Механічне перевантаження опорних суглобів прискорює деградацію хряща, тоді як жирова тканина функціонує як активний ендокринний орган, секретуючи прозапальні цитокіни та адипокіни (Marshall et al., 2009). Нові генетичні та патофізіологічні дослідження значно розширюють розуміння механізмів, через які ожиріння модифікує перебіг дисплазії та остеоартриту. Off & Matis (2010) та Oberbauer et al. (2017) доводять, що довготривалий відбір і зміни в племінних програмах можуть як знижувати, так і підсилювати ризики патології в окремих породах. Результати Raghuvir et al. (2013) та Pfahler & Distl (2012) вказують на підвищену експресію металопротеїназ та прискорення деградації хряща у тварин з метаболічними порушеннями. У роботах Retchford et al. (2013). Sanchez-Molano et al. (2014) підкреслено роль локальних м'язових структур у стабілізації кульшового суглоба та вплив генетично зумовлених відмінностей на перебіг захворювання, що вказує на потребу персоналізованих терапевтичних підходів. Адипокіни, включаючи лептин, резистин та адипонектин, відіграють роль у прогресуванні остеоартриту через прозапальні та катаболічні ефекти на хрящ. Профілактика розвитку надмірної маси та ожиріння знижує поширеність дисплазії кульшового суглоба та остеоартриту кількох суглобів. Дослідження також підтримує зниження маси як ефективне лікування остеоартриту у собак з надмірною масою та ожирінням (Marshall et al., 2009).

Дослідження Mlascnik et al. (2006) спеціально досліджували вплив калорійного обмеження раціону в поєднанні з помірною або інтенсивною програмою фізіотерапії для лікування кульгавості у собак з надмірною масою та остеоартритом. Результати продемонстрували, що як зниження маси, так і фізична терапія покращили клінічні показники тварин, з найбільшими покращеннями, спостережуваними у собак, які досягли найбільш значної втрати маси. Це підкреслює критичну важливість контролю маси тіла як компонента консервативного лікування дисплазії кульшового суглоба у собак з надмірною масою.

Собаки, які втрачали від 15 до 20 % маси тіла, демонстрували приблизно на 40 % кращу відповідь на консервативне лікування (Mlascnik et al., 2006). Це поліпшення пов'язано як зі зниженням механічного навантаження на уражені суглоби, так і з зменшенням системного запалення внаслідок зменшення маси жирової тканини та зниженого виділення адипокінів.

Тотальне ендопротезування кульшового суглоба залишається остаточним методом лікування собак із тяжкою дисплазією кульшового суглоба та вираженим остеоартритом (DeCamp et al., 2016). Тотальне ендопротезування кульшового суглоба розглядається як

«золотий стандарт» терапії. За даними дослідників, рівень успішності тотального ендопротезування у собак коливається від 85 до 92 % у відновленні функції кінцівки, хоча частота післяопераційних ускладнень, що становить від 5 до 25 %, залишається суттєвим клінічним фактором (DeCamp et al., 2016; Chantziaras et al., 2022).

Люксація протеза та фактори ризику є однією з найбільш поширених післяопераційних ускладнень після тотального ендопротезування кульшового суглоба, особливо у собак з надмірною масою (Dyce et al., 2000). Надмірна маса тіла, неправильна орієнтація компонентів імплантату та недостатня стабільність м'яких тканин були значними факторами ризику люксації. У собак з надмірною масою збільшені сили, що діють на компоненти імплантату під час нормальної активності, можуть перевищити стабілізуючі можливості капсули суглоба та навколосуглобових м'язів, призводячи до люксації.

Chantziaras et al. (2022) описали вентральну ацетабулярну аугментацію як методику лікування каудовентральної люксації після тотального ендопротезування кульшового суглоба. Дослідження включало дев'ять собак, які зазнали каудовентральної люксації після первинного ендопротезування. Імпланти, використані для аугментації, включали пластину string-of-pearls у шести з дев'яти собак, поліаксіальну фіксуючу пластину з поліетиленовим імплантатом в одного з дев'яти собак або самостійний поліетиленовий імплантат у двох з дев'яти собак. Ускладнення виникли у двох з дев'яти собак, включаючи рецидивуючу люксацію та розхитування стегнової ніжки; обидві собаки отримали лише поліетиленовий імплантат, з яких одна вимагала експлантації протеза. Середній термін довгострокового спостереження становив 39 місяців (діапазон 13,5–62 міс.).

Сім собак, які отримали вентральну ацетабулярну пластину, досягли повної функції оперованої кінцівки, і загальний результат був задовільним для восьми собак. Дане дослідження продемонструвало, що вентральна ацетабулярна аугментація може успішно керувати каудовентральною люксацією після тотального ендопротезування кульшового суглоба, з кращими результатами, досягнутими при використанні металевих пластин порівняно з самостійними поліетиленовими імплантатами. Задоволеність власників була хорошою для всіх випадків, і рентгенографічне спостереження виявило стабільні протези кульшового суглоба у собак, які отримали вентральну пластину, з найдовшою оцінкою через 37 місяців після операції.

Roe et al. (2015) описали обмін вкладиша ацетабулярної чашки та головки протеза для збільшення діаметра головки для лікування рецидивуючої люксації протезного кульшового суглоба у двох собак. Збільшення діаметра головки стегнової кістки покращувало стабільність імплантату шляхом збільшення діапазону руху перед імпінджментом та підвищення опору вивихуючим силам. Ця техніка може бути особливо корисною у собак з надмірною масою, де підвищені сили на протезі вимагають додаткової стабільності.

Довгострокові дослідження результатів ендопротезування підтверджують стійкість цих методик. Vezzoni et al. (2015) провели комплексний аналіз довгострокових результатів ендопротезування кульшового суглоба у великої популяції (439 випадків) з використанням системи Цюрихського безцементного тотального ендопротезування, встановивши стабільні результати та тривалу функціональність імплантатів у довгостроковому періоді спостереження.

Rooya et al. (2003) оцінили короткострокову дорсальну ацетабулярну аугментацію у 10 собак, які отримали тотальне ендопротезування кульшового суглоба. Дорсальна ацетабулярна аугментація виконується для збільшення кісткового покриття ацетабулярного компонента та покращення стабільності імплантату. Результати показали, що техніка була ефективною у забезпеченні додаткової стабільності, хоча довгострокові дослідження необхідні для повної оцінки довговічності.

Ускладнення у собак з надмірною масою досліджував Bergh et al. (2006), який провів ретроспективну оцінку 97 собак, які отримали цементоване тотальне ендопротезування кульшового суглоба, документуючи ускладнення та рентгенографічні знахідки. Загальна

частота ускладнень становила 17,5 %, з люксацією, що є найбільш поширеним ускладненням. Важливо, що дослідження ідентифікувало надмірну масу тіла як вагомий фактор ризику як для люксації, так і для інфекції. Собаки з надмірною масою мали вищу частоту вивихування внаслідок збільшених сил, що діють на протез під час нормальної активності.

Додатково, надмірна маса тіла пов'язана з порушенням загоєнням ран та збільшеним ризиком інфекції хірургічного місця через множинні фактори, включаючи зменшену васкуляризацію жирової тканини, тривалий час операції та більшу хірургічну травму.

Розхитування імплантату є іншим важливим ускладненням після тотального ендопротезування кульшового суглоба, що може бути більш поширеним у собак з надмірною масою (DeCamp et al., 2016). Збільшені циклічні навантаження на інтерфейс кістка-імплантат у пацієнтів з надмірною масою можуть прискорити розхитування як ацетабулярних, так і стегнових компонентів. Асептичне розхитування часто вимагає ревізійної хірургії або експлантації протеза, представляючи значне клінічне та фінансове навантаження.

Аналіз даних щодо післяопераційних ускладнень демонструє, що низка генетичних і фенотипових чинників значно підвищують ризик рецидивів та нестабільності суглоба. Todhunter et al. (2005), Soo & Worth (2015) встановили, що певні генетичні профілі пов'язані з підвищеною імовірністю повторної люксації або невдалих імплантацій. Дослідження Worth et al. (2012) показало сезонні коливання показників та варіабельність результатів залежно від фізіологічного стану тварин. У свою чергу, Wucherer et al. (2013) продемонстрували суттєві відмінності у функціональному відновленні між хірургічними та нехірургічними методами лікування собак із тяжким перебігом захворювання, що підтверджує важливість ретельного відбору тактики втручання.

Вибір між консервативним та хірургічним лікуванням для собак з надмірною масою з дисплазією кульшового суглоба вимагає ретельного розгляду кількох факторів. Harper (2017) надав комплексний огляд консервативного лікування дисплазії кульшового суглоба, підкресливши, що консервативні підходи найбільш підходять для собак з легкими або переривчастими клінічними ознаками і включають нутриційне управління та контроль маси, модифікацію вправ, фізичну реабілітацію, лікування болю та модифікуючі захворювання агенти.

Консервативне лікування пропонує кілька переваг, особливо у собак з надмірною масою, включаючи уникнення хірургічних ризиків, нижчу початкову вартість і можливість поступового покращення з часом через зниження маси та фізичну реабілітацію. Однак консервативне лікування вимагає довгострокового дотримання з боку власника та може не забезпечити адекватного контролю болю або функціонального покращення у собак з тяжкою дисплазією або прогресуючим остеоартритом.

Dycus et al. (2017) детально описали фізичну реабілітацію для лікування дисплазії кульшового суглоба собак, підкреслюючи, що програми реабілітації можуть значно покращити функцію кінцівок, зменшити біль та покращити якість життя. Компоненти ефективних програм реабілітації включають терапевтичні вправи для підтримання діапазону руху та сили м'язів, контроль маси для зменшення навантаження на суглоби, мануальну терапію для зменшення болю та спазму м'язів, та модальності, такі як кріотерапія, термотерапія та електростимуляція для контролю болю.

Хірургічне лікування забезпечує більш остаточне вирішення для собак з тяжкою дисплазією кульшового суглоба (табл. 1), усуваючи джерело болю та відновлюючи нормальну біомеханіку суглоба (DeCamp et al., 2016). Однак хірургія несе властиві ризики, включаючи анестезіологічні ускладнення, інфекцію, люксацію імплантату та розхитування, з підвищеними рівнями ускладнень у собак з надмірною масою (Dyce et al., 2000; Bergh et al., 2006). Передопераційне зниження маси настійно рекомендується для собак з надмірною масою, які є кандидатами на тотальне ендопротезування кульшового суглоба, щоб мінімізувати хірургічні ризики та покращити післяопераційні результати.

Порівняльна характеристика методів лікування дисплазії кульшового суглоба у собак з надмірною масою

Критерій	Консервативне лікування (РАП)	Хірургічне лікування (ендопротезування)
Показання	Легка-помірна дисплазія	Тяжка дисплазія з остеоартритом
Ефективність	Поліпшення на 45-60 %	Відновлення функції на 85-92 %
Термін дії	Ефект через 28 днів	Довгостроковий результат
Частота ускладнень	Мінімальна (<5%)	Помірна (5-25 %)
Вплив ожиріння	Знижує ефективність на 30-40%	Збільшує ризик люксації у 2-3 рази
Необхідність зниження маси	Критична для успіху	Рекомендується передопераційно
Відновлювальний період	4-6 тижнів	8-12 тижнів
Можливість повторення	Можливе кожні 6-12 міс.	Обмежена ревізійною хірургією
Вартість	Помірна	Висока
Дотримання власника	Висока важливість	Помірна важливість

Незалежно від обраного методу лікування, контроль маси тіла є критичною передумовою успішного лікування дисплазії кульшового суглоба у собак (Mlascnik et al. 2006; Marshall et al., 2009; Harper, 2017) продемонстрували, що зниження маси тіла покращує результати як консервативного, так і хірургічного лікування, зменшуючи кульгавість і підвищуючи рухливість. Bergh et al. (2006) підкреслили, що у собак, які отримують консервативну терапію, зниження маси зменшує механічне навантаження на уражені суглоби, системне запалення та покращує якість життя. У випадках хірургічного втручання DeCamp et al. (2016) вказують, що передопераційне зменшення маси тіла знижує анестезіологічні ризики, сприяє загоєнню ран, зменшує частоту ускладнень і покращує довгострокові функціональні результати.

Ефективні програми контролю маси тіла у собак із дисплазією кульшового суглоба передбачають калорійне обмеження із застосуванням спеціалізованих дієт, контрольовані фізичні навантаження, адаптовані до індивідуальної толерантності, та регулярний моніторинг прогресу з коригуванням плану лікування за потреби (Mlascnik et al., 2006; Harper, 2017). Mlascnik et al. (2006) встановили, що поєднання калорійного обмеження з помірною або інтенсивною фізіотерапією забезпечує найкращі результати у зменшенні кульгавості та болю при остеоартриті. Водночас Ducus et al. (2017) довели, що регулярні контрольовані вправи, зокрема ходьба у воді, плавання та низькоударні навантаження, значно покращують функцію кінцівок і загальну мобільність собак із дисплазією кульшового суглоба.

Роль дієтичного управління є важливою складовою програм управління масою. Harper (2017) висвітлив роль дієтичного управління, включаючи використання дієт з обмеженою калорійністю та збагачених хондропротективними компонентами, такими як глюкозамін та хондроїтин. Remedios & Fries (1995) розглядали довгострокові стратегії лікування дисплазії кульшового суглоба, включаючи важливість послідовного дієтичного контролю та контролю маси як основної основи для всіх інших терапевтичних втручань.

Вплив ожиріння на прогресування дисплазії кульшового суглоба та остеоартриту є багатofакторним, включаючи як біомеханічні, так і біохімічні механізми (Marshall et al., 2009).

Біомеханічні механізми: Надмірна маса тіла збільшує навантаження на кульшово-стегнові суглоби під час нормальної активності, прискорюючи деградацію хряща та поглиблюючи структурні аномалії, пов'язані з дисплазією. Збільшені сили стиснення безпосередньо пошкоджують хондроцити та порушують колагенову матрицю хряща, призводячи до фібриляції поверхні, ерозії та, зрештою, оголення субхондральної кістки.

Біохімічні механізми: Жирова тканина є джерелом біоактивних молекул, включаючи адипокіни, цитокіни та хемокіни, які сприяють системному та локальному запаленню (Marshall et al., 2009). Лептин, адипокін, що продукується пропорційно масі жирової

тканини, був імплікований у патогенез остеоартриту через його прозапальні та катаболічні ефекти на хондроцити. Резистин, інший адипокін, підвищений у індивідів з ожирінням, стимулює продукцію прозапальних цитокінів та матриксних металопротеїназ, ферментів, відповідальних за деградацію хряща. Навпаки, адипонектин, який знижений при ожирінні, має протизапальні та хондропротективні властивості. Ці молекулярні механізми пояснюють, чому контроль маси є таким ефективним для уповільнення прогресування захворювання незалежно від його первинної патогенези.

Хоча це дослідження зосереджується на лікуванні встановленої дисплазії кульшового суглоба у собак з надмірною масою, важливо визнати роль профілактичних підходів та раннього втручання (Vezzoni et al., 2008; Dueland et al., 2010).

Ювенільний лобковий симфізіодез: Vezzoni et al. (2008) порівнювали консервативне ведення з ювенільним лобковим симфізіодезом у ранньому лікуванні дисплазії кульшового суглоба. Дослідження оцінювало остаточний ступінь дисплазії кульшового суглоба при скелетній зрілості у двох однорідних групах собак, оцінених у віці від 14 до 22 тижнів.

Тварини однієї групи були оброблені ювенільним лобковим симфізіодезом, другої групи управлялись консервативно. У групі, обробленій ювенільним лобковим симфізіодезом, 43,2 % цуценят мали регресію або відсутність прогресування захворювання у фінальній оцінці, 25,9 % мали легку дисплазію кульшового суглоба, і 30,9 % мали помірну та тяжку дисплазію кульшового суглоба. У групі консервативного ведення 23,6 % цуценят не показали жодного розвитку захворювання, 21,1 % мали легку дисплазію кульшового суглоба, і 55,3 % розвинули помірну до тяжкої дисплазії кульшового суглоба. Процедура ювенільного лобкового симфізіодезу збільшила шанси зупинити або обмежити прогресування дисплазії кульшового суглоба у легких до помірних ступенів дисплазії, хоча вона була менш ефективною у більш тяжких формах (Vezzoni et al., 2008).

Marshall et al. (2009) відзначили, що контроль маси тіла є ключовим фактором у профілактиці та лікуванні дисплазії кульшового суглоба у собак, особливо в поєднанні з ранніми хірургічними втручаннями. Dueland et al. (2010) провели детальний аналіз результатів комп'ютерної томографії та індексу дистракції після ювенільного лобкового симфізіодезу, засвідчивши, що рання профілактична хірургія у відповідно відібраних цуценят може суттєво вплинути на формування кульшового суглоба та зменшити потребу в більш інвазивних процедурах у дорослому віці. Для собак, схильних до надмірної маси, поєднання раннього хірургічного втручання з позитивним контролем маси забезпечує найкращі довгострокові результати.

Schachner & Lopez (2015) у своєму комплексному огляді діагностики, профілактики та лікування дисплазії кульшового суглоба підкреслили, що раннє виявлення та агресивний контроль маси тіла у передрентгенографічному періоді можуть істотно змінити перебіг захворювання. Водночас DeCamp et al. (2016) звертають увагу, що вибір оптимального підходу до лікування повинен враховувати вік собаки, ступінь рентгенологічних змін, клінічні ознаки, супутні патології та фінансові можливості власника.

Персоналізація лікування: Сучасні тенденції у ветеринарній ортопедії спрямовані на персоналізацію лікування відповідно до генетичного профілю тварини, рівня запальних маркерів та молекулярних біомаркерів, що дозволяють передбачити відповідь на терапію (DeCamp et al., 2016; Franklin, 2019). Як зазначає Franklin (2019), використання аутологічного протейнового розчину (APS) може бути адаптовано індивідуально – залежно від запального статусу пацієнта та ступеня дегенерації суглобів. Такі персоналізовані біологічні методи, поєднані з контролем маси та модифікацією способу життя, відкривають перспективи покращення функціональних результатів та якості життя собак із дисплазією.

Крім того, Conzemius & Evans (2012) підкреслили важливість об'єктивної оцінки результатів ветеринарної реабілітації, зокрема використання технологій, чутливих до тиску, для кількісного аналізу функціональних покращень. Такі показники, як аналіз розподілу ваги та кінематичне дослідження ходи, дають змогу точніше оцінювати ефективність лікування порівняно із суб'єктивними спостереженнями власників. Це підкреслює

необхідність включення об'єктивних метрик результативності у майбутні клінічні дослідження для точнішого визначення ефективності різних терапевтичних стратегій.

Комплексна оцінка доступної літератури виявляє, що успішне лікування дисплазії кульшового суглоба у собак з надмірною масою вимагає багатомодального підходу, що поєднує управління масою як основу разом з відповідним консервативним або хірургічним втручанням. Контроль маси не лише є основою, але й критично важливою складовою успіху будь-якого вибраного методу лікування. Власники повинні розуміти, що довгострокова прихильність до контролю маси, фізичної активності та планомірної реабілітації може забезпечити суттєве покращення якості життя їхніх собак, незалежно від того, чи буде вибрано консервативне чи хірургічне лікування.

Обмеження поточних досліджень та напрямки майбутніх досліджень. Актуальні дослідження вказують на низку обмежень, які заслуговують на увагу. По-перше, багато робіт не повідомляють масу тіла або оцінку стану тіла як змінну результату, що ускладнює прямі порівняння між собаками з нормальною та надмірною масою (Bergh et al., 2006; Marshall et al., 2009; Franklin, 2019; Chantziaras et al., 2022). Стандартизовані протоколи збору даних, які включають масу тіла та індекс кондиції як обов'язкові показники, значно покращили б якість подальших досліджень (Bergh et al., 2006).

По-друге, більшість наявних досліджень мають відносно короткі періоди спостереження – переважно від кількох місяців до двох років, хоча деякі дослідження, як-от Vezzoni et al. (2015), надають довгострокові дані про результати ендопротезування протягом років. Оскільки дисплазія кульшового суглоба та остеоартрит є прогресуючими патологіями, для повного розуміння траєкторії їх розвитку та тривалості ефектів лікування необхідні довгострокові дослідження, що охоплюють щонайменше кілька років спостереження (DeCamp et al., 2016).

По-третє, значна гетерогенність у виборі показників ефективності між різними дослідженнями ускладнює пряме порівняння результатів (Conzemius & Evans, 2012; Franklin, 2019). Хоча об'єктивні методи, такі як аналіз реакції опори та кінематичне дослідження ходи, забезпечують кількісні дані, оцінки власників також мають цінність, але можуть бути схильні до ефекту «плацебо опікуна». Оптимальний дизайн майбутніх робіт повинен включати поєднання об'єктивних і суб'єктивних показників із використанням валідованих інструментів оцінки (Conzemius & Evans, 2012).

По-четверте, вплив супутніх методів лікування, таких як нестероїдні протизапальні препарати, нутрицевтики або фізична терапія, часто залишається неконтрольованим у клінічних випробуваннях (Harper, 2017). Проведення ідеалізованих рандомізованих досліджень, які ізолюють ефекти окремих втручань, є складним завданням у реальних клінічних умовах, де мультимодальні підходи до терапії є стандартом практики.

Майбутні дослідження повинні зосередитися на порівняльних рандомізованих випробуваннях, які оцінюють консервативні та хірургічні методи лікування у стратифікованих за масою тіла групах собак (Mlacnik et al., 2006; Marshall et al., 2009; DeCamp et al., 2016). Додатково, роботи, спрямовані на визначення оптимального часу і послідовності втручань, зокрема питання – чи має зниження маси передувати операції та який рівень редукції ваги є необхідним для досягнення найкращих результатів, – сприятимуть формуванню клінічно обґрунтованих протоколів. Поглиблене дослідження біомаркерів запалення, деградації хряща, а також генетичних і протеомних профілів, пов'язаних із масою тіла та відповіддю на терапію, створить підґрунтя для персоналізованої медицини у ветеринарній ортопедії, спрямованої на підвищення ефективності лікування та покращення якості життя собак із дисплазією кульшового суглоба.

Висновки.

На основі комплексного аналізу сучасної літератури можна зробити наступні висновки щодо лікування дисплазії кульшового суглоба у собак з надмірною масою. Консервативне лікування з використанням розчину аутологічного протеїну демонструє

значну ефективність у собак з легкою до помірної дисплазією кульшового суглоба, особливо при поєднанні з програмами зниження маси, з поліпшенням показників кульгавості на 45-60 % та зниженням оцінок болю протягом 28 днів після лікування. Хірургічне втручання шляхом тотального ендопротезування кульшового суглоба або ацетабулярної аугментації забезпечує більш остаточні результати для тяжких випадків, з показниками успіху від 85 до 92 % у відновленні функції кінцівки, хоча воно несе вищі ризики ускладнень у пацієнтів з надмірною масою. Ожиріння негативно впливає на результати як консервативного, так і хірургічного лікування через біомеханічні та біохімічні механізми, включаючи збільшене навантаження на суглоби та системне запалення, опосередковане адипокінами. Зниження маси тіла на 15-20 % перед будь-яким лікувальним втручанням покращує результати приблизно на 40 % як для консервативного, так і хірургічного лікування. Вибір методу лікування повинен бути індивідуалізованим на основі тяжкості дисплазії, ступеня остеоартриту, оцінки стану маси тіла, віку, супутніх медичних станів та дотримання власником програм реабілітації та контролю маси. Комбіновані підходи, що включають початковий контроль маси тіла з подальшим консервативним або хірургічним втручанням, забезпечують оптимальні довгострокові результати для собак з надмірною масою з дисплазією кульшового суглоба.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження повинні зосередитися на проведенні проспективних рандомізованих контрольованих досліджень, що безпосередньо порівнюють консервативні та хірургічні підходи у стратифікованих за масою тіла популяціях собак з дисплазією кульшового суглоба. Необхідні довгострокові дослідження з періодами спостереження від кількох років до десятиліття з метою оцінки стійкості ефектів лікування та траєкторії прогресування захворювання. Вивчення оптимального терміну та послідовності втручань, включаючи кількість зниження маси тіла, необхідну перед хірургічним лікуванням для оптимізації результатів, було б цінним для розробки клінічних рекомендацій. Дослідження біологічних маркерів запалення та деградації хряща у відношенні до маси тіла та відповіді на лікування можуть забезпечити механістичне розуміння для розробки цільових терапій. Застосування геномних та протеомних підходів може виявити біомаркери-предиктори відповіді на лікування, дозволяючи персоналізовану медицину для собак з дисплазією кульшового суглоба.

References

- Anderson, A. (2011). Treatment of hip dysplasia. *Journal of Small Animal Practice*, 52(4), 182-189. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2011.01049.x>
- Barr, A. R. S., Denny, H. R., & Gibbs, D. C. (1987). Clinical hip dysplasia in growing dogs: long-term results of conservative management. *Journal of Small Animal Practice*, 28, 243-252. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1987.tb00223.x>
- Bergh, M. S., Gilley, R. S., Shofer, F. S., & Kapatkin, A. S. (2006). Complications and radiographic findings following cemented total hip replacement: A retrospective evaluation of 97 dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 19(3), 172-179. <https://doi.org/10.3415/VCOT-06-02-0013>
- Bertone, A. L., Ishihara, A., Zekas, L. J., Wellman, M. L., Lewis, K. B., Schwarze, R. A., & Barnaba, A. R. (2014). Evaluation of a single intra-articular injection of autologous protein solution for treatment of osteoarthritis in horses. *American Journal of Veterinary Research*, 75(2), 141-151. <https://doi.org/10.2460/ajvr.75.2.141>
- Bliddal, H., Leeds, A. R., & Christensen, R. (2014). Osteoarthritis, obesity and weight loss: evidence, hypotheses and horizons – a scoping review. *Obesity Reviews*, 15, 578-586. <https://doi.org/10.1111/obr.12123>
- Bockstahler, B., Levine, D., Maierl, J., Millis, D., & Wittek, K. (2019). *Essential Facts of Physical Medicine, Rehabilitation and Sports Medicine in Companion Animals*. VBS GmbH.
- Chantziaras, V., Pink, J., Kulendra, E., Easter, T. G., Bilmont, A., & Gemmill, T. J. (2022). Ventral acetabular augmentation for management of caudoventral luxation following total hip replacement in dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 63(1), 34-44. <https://doi.org/10.1111/jsap.13425>

- Conzemius, M. G., & Evans, R. B. (2012). Caregiver placebo effect for dogs with lameness from osteoarthritis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 241(10), 1314-1319. <https://doi.org/10.2460/javma.241.10.1314>
- DeCamp, C. E., Johnston, S. A., Déjardin, L. M., & Schaefer, S. L. (2016). *Brinker, Piermattei, and Flo's handbook of small animal orthopedics and fracture repair* (5th ed.). Elsevier.
- Dueland, R. T., Adams, W. M., Patricelli, A. J., Linn, K. A., & Crump, P. M. (2010). Canine hip dysplasia treated by juvenile pubic symphysiodesis. Part I: Two year results of computed tomography and distraction index. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 23(5), 306-317. <https://doi.org/10.3415/VCOT-09-04-0045>
- Dyce, J., Wisner, E. R., Wang, Q., Schrader, S. C., & Olmstead, M. L. (2000). Evaluation of risk factors for luxation after total hip replacement in dogs. *Veterinary Surgery*, 29(6), 524-532. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2000.29524.x>
- Dycus, D. L., Levine, D., & Marcellin-Little, D. J. (2017). Physical rehabilitation for the management of canine hip dysplasia. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 47(4), 823-850. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2017.02.006>
- Flückiger, M. A., Steffen, F., Hässig, M., & Morgan, J. P. (2017). Asymmetrical lumbosacral transitional vertebrae in dogs may promote asymmetrical hip development. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 30, 137-142. <https://doi.org/10.3415/VCOT-16-10-0155>
- Franklin, S. P. (2019). A pilot clinical study assessing treatment of canine hip dysplasia using autologous protein solution. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 243. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00243>
- Gemmill, T. J., & Clements, D. N. (2007). Fragmented coronoid process in the dog: is there a role for incongruency? *Journal of Small Animal Practice*, 48, 361-368. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2007.00351.x>
- Ginja, M. M. D., Silvestre, A. M., Gonzalo-Orden, J. M., & Ferreira, A. J. A. (2010). Diagnosis, genetic control and preventive management of canine hip dysplasia: a review. *Veterinary Journal*, 184, 269-276. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.05.009>
- Hara, Y., Harada, Y., Fujita, Y., Taoda, T., Nezu, Y., Yamaguchi, S., Orima H., & Tagawa M. (2002). Changes of hip joint congruity after triple pelvic osteotomy in the dog. *Journal of Veterinary Medical Science*, 64, 933-936. <https://doi.org/10.1292/jvms.64.933>
- Harper, T. A. M. (2017). Conservative management of hip dysplasia. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 47(4), 807-821. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2017.02.007>
- Hjelm-Björkman, A. K., Kuusela, E., Liman, A., et al. (2003). Evaluation of methods for assessment of pain associated with chronic osteoarthritis in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 222, 1552-1558. <https://doi.org/10.2460/javma.2003.222.1552>
- Hou, Y., Wang, Y., Lust, G., Zhu, L., Zhang, Z., & Todhunter, R. J. (2010). Retrospective genetic improvement of hip joints in Labrador Retrievers. *PLOS ONE*, 5, e9410. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009410>
- Joseph, R., Milgram, J., & Zhan, K. (2006). In vitro study of the ilial anatomic landmarks for safe implant insertion in the first sacral vertebra of the intact canine sacroiliac joint. *Veterinary Surgery*, 35(6), 510-517. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2006.00184.x>
- Kealy, R. D., Olsson, S. E., Monti, K. L., Lawler, D. F., & Biery, D. N. (1992). Effects of limited food consumption on incidence of hip dysplasia in growing dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 201, 857. <https://doi.org/10.2460/javma.1992.201.06.857>
- Leighton, E. A., Holle, D., Biery, D. N., Gregor, T. P., McDonald-Lynch, M. B., et al. (2019). Genetic improvement of hip-extended scores in guide dogs using estimated breeding values. *PLOS ONE*, 14, e0212544. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212544>
- Lewis, T. W., Blott, S. C., & Woolliams, J. A. (2013). Comparative analyses of genetic trends for hip and elbow dysplasia in 15 UK dog breeds. *BMC Genetics*, 14, 16. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-14-16>
- Maki, K., Janss, L. L. G., Groen, A. F., Liinamo, A. E., & Ojala, M. (2004). Indication of major genes affecting hip and elbow dysplasia in Finnish dog populations. *Heredity*, 92, 402-408. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800423>
- Malm, S., Fikse, W. F., Danell, B., & Strandberg, E. (2008). Genetic trends in hip and elbow dysplasia in Rottweilers and Bernese Mountain Dogs. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 125, 1-10. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2008.00723.x>
- Marshall, W., Bockstahler, B., Hulse, D., & Carmichael, S. (2009). Review of osteoarthritis and obesity: Current understanding of the relationship and benefit from treatment and prevention of obesity in

- dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 22(5), 339-345. <https://doi.org/10.3415/VCOT-08-08-0069>
- McLaughlin, R. M., Miller, C. W., Taves, C. L., Hearn T. C., Palmer N. C., & Anderson G. I. (1991). Force plate analysis of triple pelvic osteotomy for the treatment of canine hip dysplasia. *Veterinary Surgery*, 20, 291–297. [10.1111/j.1532-950x.1991.tb01270.x](https://doi.org/10.1111/j.1532-950x.1991.tb01270.x)
- Mlacnik, E., Bockstahler, B. A., Müller, M., Tetrick, M. A., Nap, R. C., & Zentek, J. (2006). Effect of caloric restriction and a moderate or intense physiotherapy program for treatment of lameness in overweight dogs with osteoarthritis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 229(11), 1756-1760. <https://doi.org/10.2460/javma.229.11.1756>
- Oberbauer, A. B., Keller, G. G., & Famula, T. R. (2017). Long-term selection reduced prevalence of hip and elbow dysplasia in 60 dog breeds. *PLOS ONE*, 12, e0172918. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172918>
- Off, W., & Matis, U. (2010). Excision arthroplasty of the hip joint in dogs and cats: clinical, radiographic, and gait analysis. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 23, 297–305. <https://doi.org/10.3415/VCOT-10-04-0050>
- Olsson, S. E., Figarola, F., & Suzuki, K. (1969). Femoral head excision arthroplasty: a salvage operation in severe hip dysplasia in dogs. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 62, 104–112. <https://doi.org/10.1097/00003086-196901000-00014>
- Pfahler, S., & Distl, O. (2012). Identification of quantitative trait loci (QTL) for canine hip and elbow dysplasia in Bernese Mountain Dogs. *PLOS ONE*, 7, e49782. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049782>
- Pooya, H. A., Schulz, K. S., Wisner, E. R., Montavon, P., & Jackson, J. (2003). Short-term evaluation of dorsal acetabular augmentation in 10 canine total hip replacements. *Veterinary Surgery*, 32(2), 142-152. <https://doi.org/10.1053/jvet.2003.50021>
- Raghuvir, H. B., Shivrajsinh, K. J., Dipak, N. S., Harit D. B., Chirag A. B. & Naresh H. K. (2013). Treatment of canine hip dysplasia: a review. *Journal of Animal Science Advances*, 3, 589–597.
- Remedios, A. M., & Fries, C. L. (1995). Treatment of canine hip dysplasia: A review. *The Canadian Veterinary Journal*, 36(8), 503-509.
- Retchford, T. H., Crossley, K. M., Grimaldi, A., Kemp, J. L., & Cowan, S. M. (2013). Can local muscles augment stability in the hip? A narrative literature review. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 13, 1–12.
- Roe, S. C., Sidebotham, C., & Marcellin-Little, D. J. (2015). Acetabular cup liner and prosthetic head exchange to increase the head diameter for management of recurrent luxation of a prosthetic hip in two dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 28(1), 60-66. <https://doi.org/10.3415/VCOT-13-10-0128>
- Sallander, M. H., Hedhammar, A., & Trogen, M. E. H. (2006). Diet, exercise, and weight as risk factors in hip dysplasia and elbow arthrosis. *The Journal of Nutrition*, 136, 2050–2058. <https://doi.org/10.1093/jn/136.8.2050>
- Sanchez-Molano, E., Woolliams, J. A., Pong-Wong R., Clements D. N., Blott S. C., & Wiener P. (2014). QTL mapping for canine hip dysplasia and its related traits. *BMC Genomics*, 15, 833. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-833>
- Schachner, E. R., & Lopez, M. J. (2015). Diagnosis, prevention, and management of canine hip dysplasia: A review. *Veterinary Medicine: Research and Reports*, 6, 181-192. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S53266>
- Smith, G. K., Paster, E. R., Powers, M. Y., et al. (2006). Lifelong diet restriction and radiographic evidence of osteoarthritis of the hip joint in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 229, 690–693. <https://doi.org/10.2460/javma.2006.229.690>
- Soo, M., & Worth, A. J. (2015). Canine hip dysplasia: phenotypic scoring and estimated breeding value analysis. *New Zealand Veterinary Journal*, 63, 69–78. <https://doi.org/10.1080/00480169.2014.970799>
- Todhunter, R. J., Mateescu, R., Lust, G., Burton-Wurster N. I., Dykes N. L., Bliss S. P., Williams A. J., Vernier-Singer M., Corey E., Harjes C., Quaas R. L., Zhang Z., Gilbert R. O., Volkman D., Casella G., Wu R., & Acland G. M. (2005). Quantitative trait loci for hip dysplasia in a crossbreed canine pedigree. *Mammalian Genome*, 16, 720–730. <https://doi.org/10.1007/s00335-005-0004-4>

- Vezzoni, A., Dravelli, G., Vezzoni, L., De Lorenzi M., Corbari A., Cirila A., Nassuato C., & Tranquillo V. (2008). Comparison of conservative management and juvenile pubic symphysiodesis in early treatment of canine hip dysplasia. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 21, 267–279.
- Vezzoni, L., Vezzoni, A., & Boudrieau, R. J. (2015). Long-term outcome of Zürich cementless total hip arthroplasty in 439 cases. *Veterinary Surgery*, 44, 921–929. <https://doi.org/10.1111/vsu.12402>
- Wanstrath, A. W., Hettlich, B. F., Su, L., Smith, A., Zekas, L. J., Allen, M. J., & Bertone, A. L. (2016). Evaluation of a single intra-articular injection of autologous protein solution for treatment of osteoarthritis in a canine population. *Veterinary Surgery*, 45(6), 764–774. <https://doi.org/10.1111/vsu.12512>
- Woolliams, J. A., Lewis, T. W., & Blott, S. C. (2011). Canine hip and elbow dysplasia in UK Labrador Retrievers. *Veterinary Journal*, 189, 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.06.023>
- Worth, A. J., Bridges, J. P., Cave, N. J., & Jones, G. (2012). Seasonal variation in hip scores of dogs assessed by the NZVA scheme. *New Zealand Veterinary Journal*, 60, 110–114. <https://doi.org/10.1080/00480169.2011.636301>
- Wucherer, K. L., Conzemius, M. G., Evans, R., Wilke, V. L., & Chow, T. (2013). Comparison of surgical and non-surgical management of dogs with hip dysplasia and moderate-to-severe degenerative joint disease using measures of functional outcome: a prospective cohort study. *Veterinary Surgery*, 42(4), 443–453. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2013.01090.x>



2025. Номер 12, С. 46 – 65.

Отримано: 02.10.2025 Прийнято: 16.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.04

UDC 619:616-07:612.017.1

AGGLUTINATION REACTION: EVOLUTION OF METHODOLOGICAL APPROACHES AND FIELDS OF APPLICATION

H.I. Harahulya, R.V. Severin, S.O. Basko, B.S. Severin, A.M. Momot, L.L. Kushch

State Biotechnology University, Kharkiv, Ukraine

E-mail: vetvir.galina@gmail.com

Annotation. One of the most important sections in medical and veterinary microbiology is the diagnosis of infectious diseases using immunological reactions, which uses a specific immune reaction between antigens and antibodies with the formation of an "antigen-antibody" complex. This interaction was first used in agglutination, precipitation, neutralization, and complement fixation reactions, and later modern reactions were developed based on them. The basis of all serological reactions is the interaction of antigens and antibodies, but the types of antigens, the nature of the interaction of antibodies with antigens, the number of components, the methods of performing reactions, and the methods of accounting them differ. Among the arsenal of diagnostic methods, the agglutination reaction has become a universal tool for identifying antigens and antibodies. In this article, we have attempted to analyze the principles, applications, and advantages of various variants of the agglutination reaction, emphasizing its importance in clinical and research settings based on data from foreign scientific literature. The popularity of agglutination is due to its many advantages. The most important advantages are the simplicity and speed of the reaction. In addition, most agglutination reactions can be performed using basic, inexpensive laboratory equipment. Compared to most modern methods, most agglutination tests are highly specific and sensitive, providing accurate results even at low analyte concentrations. These qualities contribute to its widespread use in clinical settings and scientific research in the fields of microbiology and immunology. It allows rapid identification and differentiation of microbial antigen types. This helps in epidemiological studies. With the development of technology, improvements in agglutination reactions are expected. Researchers are studying the integration of nanotechnology and molecular biology methods to increase the sensitivity and specificity of the analysis. In addition, efforts are being made to expand the range of available reagents to cover a wider range of pathogens and antigens. These advances have the potential to further improve the diagnostic capabilities of agglutination reactions, making them an even more indispensable tool in medical and biological research. Agglutination reactions have proven themselves as a versatile and reliable diagnostic tool in both clinical and research settings.

Key words: *serological reactions, the types of agglutination tests, advantages.*

РЕАКЦІЯ АГЛЮТИНАЦІЇ: ЕВОЛЮЦІЯ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ТА СФЕР ЗАСТОСУВАННЯ

Г.І. Гарагуля, Р.В. Северин, С.О. Баско, Б.С. Северин, А.М. Момот, Л.Л. Куш

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

E-mail: vetvir.galina@gmail.com

Анотація. Одним з найважливіших розділів у медичній та ветеринарній мікробіології є діагностика інфекційних захворювань із застосуванням імунологічних реакцій, де використовується специфічна імунна реакція між антигенами та антитілами з утворенням комплексу «антиген-антитіло». Таку взаємодію використовували спочатку в реакціях аглютинації, преципітації, нейтралізації та зв'язування комплементу, а пізніше на їх основі були розроблені сучасні реакції. В основі усіх серологічних реакцій лежить взаємодія антигенів та антитіл, але відрізняються види антигенів, характер взаємодії антитіл з антигенами, кількість компонентів, методики постановки реакцій та способи їх обліку. Серед арсеналу діагностичних методів реакція аглютинації стала універсальним інструментом для ідентифікації антигенів та антитіл. У цій статті ми спробували проаналізувати принципи, застосування та переваги різних варіантів реакції аглютинації, підкреслюючи її значення в клінічних та дослідницьких умовах на основі даних зарубіжної наукової літератури. Популярність аглютинації зумовлена її численними перевагами. Найважливішими перевагами є простота і швидкість реакції. Крім того, більшість реакцій аглютинації може бути виконана з використанням базового недорогого лабораторного обладнання. При порівнянні з найсучаснішими методами більшість тестів аглютинації є високоспецифічними та чутливими, забезпечуючи точні результати навіть при низьких концентраціях аналіту. Ці якості сприяють її широкому використанню в клінічних умовах та наукових дослідженнях у галузі мікробіології та імунології. Вона дозволяє швидко ідентифікувати та диференціювати види мікробних антигенів. Це допомагає в епідеміологічних дослідженнях. З розвитком технологій очікуються удосконалення реакцій аглютинації. Дослідники вивчають інтеграцію нанотехнологій та методів молекулярної біології для підвищення чутливості та специфічності аналізу. Крім того, докладаються зусилля для розширення спектру доступних реагентів, щоб охопити ширший спектр патогенів та антигенів. Ці досягнення мають потенціал для подальшого покращення діагностичних можливостей реакцій аглютинації, що робить їх ще більш незамінним інструментом у медичних та біологічних дослідженнях. Реакції аглютинації зарекомендували себе як універсальний та надійний діагностичний інструмент як у клінічних, так і в дослідницьких умовах.

Ключові слова: *серологічні реакції, види реакцій аглютинації, переваги.*

Вступ. Одним з найважливіших розділів у медичній та ветеринарній мікробіології є діагностика інфекційних захворювань із застосуванням імунологічних реакцій, де використовується специфічна імунна реакція між антигенами та антитілами з утворенням комплексу «антиген-антитіло». Таку взаємодію використовували спочатку в реакціях аглютинації, преципітації, нейтралізації та зв'язування комплементу, а пізніше на їх основі були розроблені сучасні реакції імуофлуоресценції, імуоферментний, радіоімунний та імуохроматографічний види аналізів. В основі усіх серологічних реакцій лежить взаємодія антигенів та антитіл, але відрізняються види антигенів, характер взаємодії антитіл з антигенами, кількість компонентів, методики постановки реакцій та способи їх обліку. Серед арсеналу діагностичних методів реакція аглютинації стала універсальним інструментом для ідентифікації антигенів та антитіл.

Основна частина. Завданням нашого дослідження було охарактеризувати одну із перших серологічних реакцій – реакцію аглютинації – з точки зору різних методичних підходів, починаючи від найперших простих до складних сучасних методик. У цій статті ми спробували проаналізувати принципи, застосування та переваги реакції аглютинації, підкреслюючи її значення в клінічних та дослідницьких умовах на основі даних зарубіжної наукової літератури.

Історія реакції аглютинації (РА) почалася в 1896 р. з незалежних відкриттів «злипання бактерій», описаних мікробіологами Гербертом Едвардом Даремом і Максом фон Грубером. Невдовзі після цього, того ж року, Фернан Відаль розробив перший серологічний діагностичний тест для діагностики черевного тифу з використанням цього явища. У 1900 р. Карл Ландштейнер застосував аглютинацію до визначення групи крові (система АВО), що зробило революцію в переливанні крові (Kumar et al., 1980; Coombs, 1998; Flamm, 2009).

Дослідження довели, що РА можна з успіхом використовувати як для виявлення антитіл в сироватці крові пацієнта, так і для ідентифікації мікроорганізмів, які були виділені культуральними методами в умовах лабораторії. Серед важливих переваг РА простота та доступність у виконанні, реакції мають високу чутливість, а облік результатів тесту провести доволі просто.

Біологічно, аглютинація – це злипання частинок, тобто реакція антиген-антитіло, яка відбувається, коли корпускулярний антиген контактує з відповідним антитілом за відповідних умов (рН, температура, концентрація компонентів, час для проходження реакції). Комплекси антиген-антитіло після аглютинації осідають на дно пробірки, лунки або формують пластівці в краплі із компонентами реакції. В реакції можуть брати участь безпосередньо антигени та антитіла, а іноді використовують природні чи штучні носії, до яких кріплять один із компонентів реакції. Аглютинація відбувається, коли частинки тестових антигенів кон'югуються з носієм та реагують із сироваткою пацієнта, яка містить специфічні антитіла, утворюючи видимі згустки в результаті формування комплексу антиген-антитіло. Носії можуть бути штучними, такими як частинки латексу або скла, або біологічними, такими як еритроцити.

В сучасній діагностиці розроблено цілий ряд модифікацій реакцій аглютинації. Майже 130 років тому першими були розроблені пластинчаста і пробіркова реакції аглютинації, які стали класикою серологічної діагностики. Пізніше на їх основі розробили сучасні варіанти РА, а саме: кільцеву пробу, реакцію мікроаглютинації, колонкову РА, різновиди пасивної РА (на еритроцитах, часточках латексу або скляних кульках), твердофазну РА (на папері, в мікропланшетах, в мікротрубочках).

Реакції аглютинації дуже широко використовують в сучасній діагностиці захворювань людини і тварин різної етіології. Зібрані нами літературні дані є яскравим підтвердженням цінності як класичних, так і сучасних варіантів реакції аглютинації.

В різних літературних джерелах наводять кілька варіантів класифікації РА. За призначенням РА поділяють на кількісні та якісні; за кількістю та різновидами компонентів – на прямі (активні), непрямі (пасивні), реакції з еритроцитами (реакції гемаглютинації). В залежності від об'ємів компонентів та необхідного обладнання РА бувають таких типів: на предметному склі, в лунці спеціальних пластинок або в пробірках. В прямих РА використовують антигени та антитіла без їх попередньої обробки. В якості антигену виступають клітини (бактерії, гриби, найпростіші, клітини крові), антитіла містяться в сироватці крові (досліджуваній чи діагностичній). Пряме зв'язування клітин з антитілами спричиняє появу згустків (пластівців), видимих візуально (неозброєним оком). При пасивній аглютинації частинки носія покриваються розчинними антигенами, і антитіло або антиген приєднуються до специфічного інертного носія. Коли антиген або антитіло реагують, клітини або частинки аглютинуються. Гемаглютинація – це процес аглютинації еритроцитів. Він викликається групою аглютинінів, які називаються гемаглютинінами (глікопротеїни мембранного злиття рецепторів), і призводить до склеювання еритроцитів.

В методиці РА в якості досліджуваного матеріалу найчастіше використовують сироватку крові тварин (або людини) з метою виявлення в ній антитіл. Інший варіант РА передбачає використання в якості досліджуваного матеріалу бактеріальної маси мікроорганізмів, вирощених на щільному живильному середовищі, що дозволяє ідентифікувати вирощені бактерії.

Пластинчаста РА. Перший розроблений варіант діагностичної РА – пластинчаста – яку запропонував Фернан Відаль у 1896 р. для діагностики черевного тифу, а наразі використовують в діагностиці різних бактеріальних інфекцій людини і тварин. Пізніше, в 1925 р. для підтвердження стрептококової етіології скарлатини була використана пластинчаста РА, яка пропонувалася як важлива в діагностиці цього захворювання додатково до шкірної проби (Noble & Leona, 1926).

Серед сучасних досліджень і досі використовують РА в диференціальній діагностиці черевного тифу (збудник *Salmonella Typhi*) та паратифу (збудник *Salmonella Paratyphi A*) від інших причин лихоманки людей в ендемічних районах. Вчені порівнювали три основні тести: стандартний тест на бактеріологічне дослідження крові або кісткового мозку, широко використовуваний тест Відаля (пластинчаста РА) та комерційні швидкі діагностичні тести. Не було виявлено жодних доказів різниці між середньою чутливістю та специфічністю трьох основних тестів на виявлення кишкової лихоманки (Wijedoru et al., 2017).

Бруцельоз – це висококонтагіозне зоонозне захворювання, що вражає худобу та людей. Згідно з вимогами чинних вітчизняних і міжнародних нормативних документів, традиційними серологічними методами, що застосовують для діагностики бруцельозу в усьому світі, є ціла низка реакцій аглютинації (**пробіркова реакція аглютинації (РА)**), роз-бенгал проба (РБП), **кільцева реакція з молоком (КР)**, а також реакція зв'язування комплементу (РЗК) та сучасні більш чутливі методи — непрямий метод імуноферментного аналізу (ІФА), конкурентний імуноферментний аналіз (КІФА) та метод поляризуючої флюоресценції (МПФ).

Традиційним скринінговим тестом в діагностиці бруцельозу є **роз-бенгал проба (РБП)**, яка за своїм характером є пластинчастою реакцією аглютинації. Перша доступна нам згадка про РБП в науковій літературі датується 1951 р. (Wilson & Merrified, 1951). Згідно рекомендацій ЄС і МЕБ, а також української чинної «Інструкції про заходи з профілактики та боротьби з бруцельозом тварин», роз-бенгал проба має широке практичне застосування у скринінгових дослідженнях великої та дрібної рогатої худоби і свиней. Діагностика бруцельозу зазвичай базується на серологічних тестах, тобто реакції аглютинації сироватки, реакції фіксації комплементу або реакції Кумбса. Однак ці «традиційні» серологічні тести мають недостатню чутливість та специфічність. Отже, для встановлення точного діагнозу обов'язкове поєднання різних тестів (Al Dahouk et al., 2003; ОІЕ, 2004).

Вивченню порівняльної чутливості різних методів діагностики бруцельозу людини і тварин присвячені ряд статей.

Так, про високу чутливість реакцій аглютинації в діагностиці людини пишуть цілий ряд авторів. Díaz R. із співавторами протестували 208 сироваток крові від пацієнтів з бруцельозом, 20 контактів без бруцельозу та 1559 сироваток крові осіб без нещодавнього контакту або симптомів бруцельозу. Роз-бенгал проба (РБП) виявилася високочутливим методом у випадках гострого та тривалого бруцельозу, що пов'язано з його здатністю виявляти IgM, IgG та IgA, а також був високоспецифічним у сироватках крові осіб, які не контактували з бруцелями (за чутливості 87,4 % у інфікованих пацієнтів та 100 % специфічності у тих, хто контактував із хворими). Вчені дійшли висновку, що простота та доступність РБП роблять його близьким до ідеального тесту для невеликих та недоукомплектованих лікарень та лабораторій (Díaz et al., 2011). Схожі результати отримала інша група вчених, в дослідження яких були включені 150 пацієнтів. Для діагностики бруцельозу використовували роз-бенгал тест (RBT), тест Кумбса (CGT), імуноферментний аналіз (ІФА) та автоматизований посів крові. Найбільш успішними результатами в

діагностиці були ІФА (89,4 %), RBT (88,3 %), CGT (83 %) та посів крові (34,8 %) (Barkay et al., 2024).

Є публікація про дослідження значення реакції аглютинації сироватки крові в пробірці для демонстрації успіху лікування. Вчені порівнювали титри сироватки крові в пробірковій РА до та після лікування у пацієнтів з діагнозом бруцельоз. Хоча аглютинація сироватки в пробірці є ефективним та дуже успішним тестом у діагностиці бруцельозу, це дослідження показує, що РА в пробірці не є корисною для демонстрації успіху лікування бруцельозу у людей у ранньому періоді після лікування (Sorug & Pasa, 2022).

Схожий результат був отриманий у дослідженні, де визначали ефективність тестів Brucellacapt (BCAP) та реакції Кумбса (CJ) шляхом порівняння з тестами пробіркової РА. Для оцінки узгодженості між тестами було використано аналіз каппи Коена (κ). В дослідження були включені 100 зразків сироваток крові, 20 з яких виявилися позитивними. Серед трьох тестів тест Кумбса дає найшвидші результати. Вчені вважають, що в серологічній діагностиці бруцельозу сумісність між тестами слід оцінювати за допомогою більш комплексних досліджень, додаючи сучасні генетичні методи (Tanriverdi et al., 2021).

Презумптивний діагноз бруцельозу ґрунтується на високому або зростаючому титрі антитіл, вимірюваному за допомогою стандартного тесту аглютинації на бруцельоз (CAT). Цей тест не розрізняє класи імуноглобулінів (IgG та IgM). Метою ще одного дослідження в Саудівській Аравії було порівняти діагностичну цінність CAT з тестами імуноферментного аналізу (ІФА). Виявилось, що позитивна та негативна прогностична цінність CAT становила 100 % та 99,7 % до IgG та IgM відповідно. У пацієнтів з бруцельозною бактеріємією чутливість ELISA до IgM або IgG була нижчою, ніж до CAT, проте поєднання IgM та IgG мало подібну чутливість та специфічність до CAT (Memish et al., 2018).

Метою іншого дослідження було оцінити результати роз-бенгал тестів (RB), загальних ІФА (IgM та IgG) та тесту Кумбса на бруцельоз (BCGT), які використовуються як скринінгові тести, з комбінованими результатами реакції аглютинації в пробірці (стандартний тест Райта: SWT). У висновку підкреслюється, що чутливість скринінгових тестів подібна, але позитивність слід підтверджувати більш специфічними тестами (Koçman et al., 2018).

Поява бруцельозу в нових районах, а також передача бруцельозу від диких і свійських тварин має велике значення з точки зору нових епідеміологічних вимірів. Удосконалення діагностичних стратегій у поєднанні зі скринінгом нещодавно завезених тварин є гарантованим для контролю хвороби. Підхід «Єдине здоров'я» може допомогти контролювати це захворювання як у тварин, так і у людей (Khurana et al., 2021).

В Уганді виявлення бруцельозу у кіз та людей частіше проводиться за допомогою роз-бенгал тесту (РБП) порівняно з іншими серологічними тестами, такими як реакція аглютинації сироватки (CAT) та непрямий імуноферментний аналіз (ELISA). Описуване дослідження мало на меті оцінити ступінь узгодженості, специфічності та чутливості РБТ, CAT та ELISA у виявленні бруцельозу у зразках людини та кіз. Згідно отриманих результатів серопревалентність 14,82 % у тварин та 11,86 % у людей була виявлена за допомогою РБТ, 7,06 % у кіз та 5,09 % у людей за допомогою CAT, та 6,35 % у людей та 4,52 % у тварин за допомогою ELISA. Ступінь узгодженості між трьома тестами у людей і тварин порівнювали за допомогою каппа-статистики Флейса, де було отримано помірну узгодженість (MA) для обох тестів зі значенням каппа 0,57 у тварин і 0,51 у людей. Отже, РБП є хорошим скринінговим тестом, тоді як CAT та ELISA є хорошими для діагностики або підтверджувального тесту (Albert et al., 2018).

У Бангладеш було обстежено 362 статевозрілі самки дрібних жуйних тварин (300 кіз та 62 вівці). Зразки сироваток крові цих тварин були протестовані на бруцельоз за допомогою роз-бенгал тесту (RBT) та тесту аглютинації в пробірці (CAT). Серед 362 дрібних жуйних тварин, незалежно від виду (вівці чи кози), найвищий рівень антитіл був діагностований за допомогою CAT – 2,21 % (n=8), а найнижчий – за допомогою RBT – 1,93 % (n=7), що свідчить про вищу чутливість CAT (Rahman et al., 2008).

Протилежні результати дали дослідження експериментальної бруцельозної інфекції, яку проводили з двома штамми *B. abortus*. Після забою заражених телиць на 101-й день 11 телиць були виявлені носіями, всі з яких дали позитивні результати в RBT та ELISA, але не в CAT (Van Aert et al., 1984).

Метою іншого дослідження було визначити антитільну відповідь у великої рогатої худоби, природно інфікованої бруцельозом, та у здорової дорослої худоби, вакцинованої під час отелення штамом 19. Титри антитіл вимірювали за допомогою стандартної реакції аглютинації в пробірці (CAT), реакції аглютинації на мікротитровальних пластинах (MAT), непрямой гемаглютинації (ІНА) та непрямого імуноферментного аналізу (ELISA) згідно зі стандартними протоколами. У інфікованих тварин спостерігалися дуже високі титри аглютинуючих антитіл порівняно з вакцинованими тваринами. Однак не вдалося з'ясувати, чи ці антитіла зумовлені вакциною, чи є реакцією на інфекцію (Mohan et al., 2016).

Ще одне дослідження щодо діагностики бруцельозу у корів за допомогою роз-бенгал тесту (RBT), реакції зв'язування комплементу (РЗК) та ELISA. Сто чотири зразки сироватки крові були зібрані у великої рогатої худоби. Серопозитивне обстеження корів на аборти методами RBT та РЗК дало однаковий результат – 22,1 % у самців та 28,8 % у самок (Hanafiah et al., 2025).

З моменту широкого використання серологічної діагностики бруцельозу у рогатої худоби за допомогою реакції аглютинації описали перехресну реакцію між *Br. abortus* та *Y. enterocolitica*, що могло спричинити хибнопозитивний результат при дослідженнях великої рогатої худоби на бруцельоз. Був розроблений кількісний роз-бенгал тест для обох збудників. Специфічність цього тесту була підтверджена експериментами з перехресною абсорбцією, і його чутливість була достатньою для оцінки всіх сироваток великої рогатої худоби, які дали позитивні реакції на тест аглютинації сироватки (Corbel & Cullen, 1970).

Кільцева проба з молоком – ще одна з модифікацій реакції аглютинації. Ми знайшли повідомлення про використання кільцевої проби з молоком для попередньої скринінгової діагностики бруцельозу у корів. У цьому дослідженні зразки молока були зібрані у 109 дійних корів для виявлення антитіл проти бруцельозу. Загалом 18,35 % (n=20/109) зразків молока мали позитивний результат. Враховуючи простоту та економічну ефективність, цей тест може бути використаний для попереднього скринінгу інфекції *B. abortus*. Не можна було зробити жодного висновку щодо чутливості тесту, оскільки справжній статус тварин був невідомий. Автори пропонують використовувати інші підтверджувальні тести (Mohamand et al., 2014).

Отже, в діагностиці бруцельозу впродовж більше 70 років широко і активно використовують три різновиди реакції аглютинації: роз-бенгал пробу (тест), пробіркову реакцію аглютинації та кільцеву реакцію з молоком. Вони є не лише простими і доступними, але й достатньо чутливими і специфічними в порівнянні з сучасними складними та дорогими імуноферментним аналізом та полімеразною ланцюговою реакцією (Wilson & Merrified, 1951; Kerr et al., 1967; Mohseni et al., 2017; Khurana et al., 2021).

Пластинчаста РА для визначення груп крові. Клінічне значення антигенів групи крові (ГК) пов'язане з їхньою здатністю індукувати імунні антитіла, які можуть спричинити гемоліз. Система груп крові ABO та D (Rh, резус-фактор) досі вважаються ключовими антигенами для переливання здорової крові, а вторинні антигени є наступним пріоритетом. Серологічне типування в реакції аглютинації є найбільш широко використовуваним методом типування.

Методика визначення групи крові класичним методом пластинчастої або пробіркової РА передбачає аналіз зразка крові на наявність специфічних антигенів на поверхні еритроцитів (білків А та В у системі ABO). Для цього до зразка крові додають антитіла різної специфічності (анти-А, анти-В), а за реакцією аглютинації (склеювання) еритроцитів встановлюють групу крові. Пошуки нових методик, які дозволять точніше та швидше визначати групи крові, привели до розробки новітніх підходів і сучасних удосконалених методик.

Наукові дослідження у трансфузіології виявили нові факти щодо таких явищ, які впливають на визначення групи крові. Так, зрідка химеризм та мозаїцизм генів викликає перехресні реакції при встановленні групи крові. Крім того, на характер реакції впливає концентрація діагностичних антитіл, що може призвести до хибних результатів. Для вирішення цих проблем класичні РА були вдосконалені: були розроблені паперові мікрофлюїдні пристрої або модифіковані методики постановки реакції.

Так, для зменшення впливу перехресних реакцій під час визначення групи крові (аглотинація змішаного поля) вивчали кілька груп вчених. Змішанопольова аглотинація в серології зазвичай описує наявність двох популяцій еритроцитів.

Метою одного з досліджень було зрозуміти причину аглотинації змішаного поля, спричиненої антигеном В3. Для спостереження за аглотинацією зразків крові групи В та групи В3 при різних концентраціях антитіл під час реакції використовувалася мікрокрапельна платформа. В3 є найпоширенішим підтипом групи крові В у тайванській популяції. Типова аглотинація змішаного поля спостерігається, коли підтип В3 тестується з антитілами анти-В або антитілами анти-АВ. Вчені виявили, що реакція аглотинації в кожній краплі сповільнювалася зі збільшенням коефіцієнта розведення зразка крові та антитіла, незалежно від того, чи використовувалася кров групи В, чи В3. Дослідники зробили висновок, що в підтипі В3 є два типи клітин, які одночасно створюють змішану аглотинацію (Chen et al., 2021).

Схожу проблему вивчали Shastrу із співавторами. Автори описують два випадки змішанопольової реакції під час передтрансфузійного тестування з використанням технології пробіркової аглотинації. У першому випадку не було анамнезу переливання крові, прямий антиглобуліновий тест був негативним, було ідентифіковане антитіло анти-М. У другому випадку також спостерігалася рівномірна змішанопольова аглотинація. Вчені підозрювали вплив залишків фібрину на результати тесту, тому інкубували згустковий зразок пацієнта при 37°C протягом 30 хвилин та використали добре розділений зразок сироватки для повторного скринінгу на антитіла. Після такої обробки зразка крові реакція змішаного поля повністю вирішилася (Shastrу et al., 2014).

Розбіжності між генотипом групи крові та фенотипом еритроцитів важливо розпізнавати під час впровадження методів визначення групи крові на основі ДНК. У звіті Cho D. із співавторами описано два такі випадки, що стосуються групи крові АВО у корейській популяції. Еритроцити з обох проб були визначені як групи АВ та демонстрували незвичайні патерни аглотинації при прямому типуванні, що не узгоджувалося з їх генотипом АВО, визначеним за допомогою алель-специфічної (AS) ПЛР. Еритроцити з проби №1 демонстрували аглотинацію змішаного поля як з анти-А, так і з -В, тоді як еритроцити з проби №2 демонстрували змішане поле лише з реагентами анти-А. Під час генетичного дослідження виявилось, що обидва пацієнти мали в геномі по три локуси батьківської ДНК та один материнської. Таке явище називають химеризмом та мозаїцизмом, вони є рідкісними, але важливими причинами розбіжностей у генотипі та фенотипі АВО (Cho et al., 2006).

Швидке та точне визначення групи крові відіграє важливу роль. Отже, розробка простої та економічної моделі для швидкого визначення групи крові полегшила б проведення цих тестів. В останні десятиліття паперові мікрофлюїдні пристрої, такі як μ PAD, викликали великий інтерес у широких сферах застосування, таких як діагностика в місцях надання медичної допомоги. У аналітичному огляді Ebrahimi et al. (2021) оцінювали μ PAD, які використовуються для визначення групи крові, та їхній останній прогрес. Для отримання результатів з прийнятною ясністю необхідно враховувати багато факторів і проблем, таких як папір, зразок крові, буфер, взаємодія антитіл та еритроцитів, а також стабільність μ PAD. У висновку простота, стабільність, дешевизна, портативність та біосумісність μ PAD для визначення групи крові підтверджують їхню корисність, а також вони мають здатність бути надійною, універсальною платформою для визначення групи крові.

Звичайна пробіркова техніка зазвичай використовується як золотий стандарт визначення групи крові, але ручне тестування та візуальне виявлення гемаглютинації можуть призвести до помилок. Нещодавно розроблений метод, метод колонкової аглютинації (КАГ), спрощує тестування. Група вчених досліджувала специфічність та чутливість КАГ порівняно з пробірковою РА для скринінгу клінічно значущих антитіл до резус-фактора групи крові. КАГ мав кращу чутливість, ніж пробіркова РА. Найнижче розведення антитіл 1:8192 можна було виявити за допомогою КАГ, тоді як розведення лише 1:2048 можна було виявити за допомогою класичної РА. В результаті дослідження встановлено однакову 100% специфічність обох тестів. Отже, обидва тести можуть використовуватися замість або паралельно для фенотипування еритроцитів, скринінгу антитіл, ідентифікації та перехресного підбору (Charong et al., 2021).

Гелева технологія – ще одна модифікація РА, яка широко використовується для визначення типу крові в медицині людини. Вона має низку переваг порівняно зі звичайним тестуванням у пробірках, включаючи стандартизацію, стабільність, менший об'єм зразка, простоту виконання аналізу, а також швидкість. Метою дослідження було оцінити визначення типу крові за допомогою методу гелевого колоночного аналізу. Аглютинаційне типування в пробірці було проведено на 143 зразках крові від донорів та реципієнтів крові, здорових та хворих пацієнтів, а також на зразках цільної крові, та крові з антикоагулянтами. Визначення типу крові проводили за допомогою методу нейтрального гелевого колоночного аналізу (GEL). Були розраховані чутливість, специфічність, коефіцієнт правдоподібності позитивного результату, коефіцієнт правдоподібності негативного результату, прогностичне значення позитивного результату, прогностичне значення негативного результату, загальна точність та коефіцієнт Коена κ для GEL, при цьому пробірковий тест вважався золотим стандартом. Узгодження результатів були дуже хорошими ($\kappa = 0,97$). За використання однакових реагентів анти-А та анти-В, гель-тестування є чутливим та специфічним методом для визначення групи крові (Spada et al., 2020).

Реакція мікроаглютинації (мікроаглютинаційний тест, МАТ) в діагностиці лептоспірозу. Лептоспіроз – це зооноз, спричинений патогенною бактерією *Leptospira*. Тест мікроаглютинації (МАТ) широко використовується як золотий стандарт діагностики лептоспірозу. У цьому методі розведену сироватку крові пацієнта змішують з лептоспірами, серотип яких відомий, а наявність або відсутність агрегації визначається під темнопольним мікроскопом для розрахунку титру антитіл (Watt et al., 1988).

Групою вчених був розроблений інший комерційно доступний тест аглютинації на слайдах (SAT) для діагностики лептоспірозу людини. Дослідники оцінили його шляхом порівняння з імуноферментним аналізом (ІФА) на імуноглобулін М (IgM) та мікроскопічним тестом аглютинації (МАТ). З'ясували, що ELISA дає менш суб'єктивні результати, ніж SAT, та надає інформацію про кінетику IgM, але його можна проводити лише в лабораторіях із спеціальним обладнанням. SAT є недорогим, може бути виконаний швидше та легше, ніж ELISA, і може використовуватися в менш добре обладнаних лабораторіях (Brandão et al., 1998).

Мікроскопічна реакція аглютинації (МАТ) – це серологічний тест, який використовується в референс-лабораторіях завдяки її високому ступеню чутливості та специфічності. Однак результати не є швидкими для ведення пацієнтів через складність і потребу в дорогому обладнанні. Повідомлялося про дослідження з метою розробки простого, швидкого імунодіагностичного аналізу. Для цього один із білків зовнішньої мембрани, рекомбінантний LipL41, був використаний у реакції латексної аглютинації (LAT) та проточному аналізі. Чутливість та специфічність розробленого методу LAT становили 89,70 % та 90,45 %, а проточного аналізу – 89,09 % та 77,70 % відповідно. Отже, розроблені LAT та проточний аналізи були простими, швидкими та економічними для виявлення лептоспірозної інфекції та придатними для масштабного скринінгу зразків в ендемічних районах без будь-якого складного обладнання (Senthilkumar et al., 2008).

Дослідження Guedes I.B. із співавторами мало на меті розробити та оцінити об'єднаний антиген лептоспір для використання в тесті макроскопічної аглютинації на предметному склі (MSAT) та в мікроскопічному тесті аглютинації (MAT) для виявлення великої рогатої худоби, позитивної на серогрупу *Sejroe*. З цією метою дослідили 193 зразки сироватки крові великої рогатої худоби з різних регіонів штату Пара (Амазонія) з використанням 11 сероварів, що представляють серогрупу *Sejroe*. Для визначення загальної узгодженості між результатами MAT та MSAT було використано Каппа-тест, який становив 0,52, що вказує на помірну узгодженість між двома тестами. MSAT з об'єднаним антигеном, що включав найпоширеніші серовари, виявив велику рогату худобу з експозицією серогрупи *Sejroe*, головним чином у тварин з високими титрами в MAT, і може бути використаний для скринінгу стад, підозрюваних у гострій інфекції цієї серогрупою лептоспір (Guedes et al., 2019).

Проблеми сучасного методу MAT полягають у вимозі дослідження багатьох зразків та необхідності розрізняти забруднювачі від справжніх агрегатів для точної ідентифікації позитивності. Тому підвищення ефективності та точності є ключем до вдосконалення MAT. Досягти ефективності та стандартизувати точність одночасно можна шляхом автоматизації процесу. Вчені створили автоматичний алгоритм ідентифікації MAT за допомогою методу машинного навчання для визначення аглютинації на мікроскопічних зображеннях. Машина вивчила ознаки з 316 позитивних та 230 негативних MAT-зображень, створених із сироватками хом'яків, інфікованих *Leptospira* (позитивних) та неінфікованих (негативних) відповідно. Результати дослідження підтвердили, що поточний алгоритм оцінює позитивність чи негативність аглютинацій на MAT-зображеннях та надає додаткову можливість автоматизації процедури MAT (Oyamada et al., 2021).

Під час вивчення звивистих бактерій ротової порожнини людини реакцію аглютинації використали для вивчення імуногенності ізолюваних мікроорганізмів. Штами *Treponema pallidum* та різні штами ротових спірохет виявилися високоантигенними. Титри аглютинації імунних сироваток кроликів при тестуванні на гомологічні штами спірохет коливалися від 1:1000 до 1:1000000 (Hampp, 1947).

Пасивна (непряма) реакція гемаглютинації (РНГА). Реакція аглютинації в пробірці, реакція з бенгальським рожевим, реакція фіксації комплементу та імуноферментний аналіз, які регулярно використовуються для ідентифікації серопозитивних продуктивних тварин, мають обмеження та результати, які не завжди корелюють. Реакція непрямой гемаглютинації (РНГА) виділяється серед нетрадиційних методів, оскільки вона є доступною, має простий протокол та є більш надійною, ніж класичні серологічні тести, особливо у випадках сумнівних та/або хибнонегативних результатів. Діагностична цінність РНГА вже давно вивчається лабораторіями кількох країн (Mikailov et al., 2024).

Для РНГА в якості носія використовують еритроцити. Вивченню властивостей цих клітин присвячене дослідження групи вчених. Описано простий метод стабілізації еритроцитів, пов'язаних з антитілами, шляхом додавання низьких концентрацій глутаральдегіду. Було показано, що свіжі та стабілізовані клітини, пов'язані з реагентами, вигідно порівнюються у зворотній пасивній гемаглютинації для вимірювання ізотипів імуноглобулінів людини G, A та M, а також для виявлення респіраторно-синцитіальних вірусів та вірусів простого герпесу. Стабілізовані клітини також використовувалися для виявлення антитіл до бактерій та до розчинного антигену, адсорбованого на твердій фазі за допомогою реакцій змішаної гемаглютинації (Cranage et al., 1983).

Тест пасивної гемаглютинації методом мікротитрування використали для виявлення антитіл проти інфекції *Mycoplasma mycoides subsp. mycoides* у великої рогатої худоби. З чотирьох різних концентрацій (0,1, 0,2, 0,25 та 0,5%) глутаральдегіду, що використовувалися для фіксації еритроцитів овець, найкращі результати отримали антигени, приготовані з еритроцитами, фіксованими 0,2 та 0,25% концентраціями

глутаральдегіду. Тест виявився дуже практичним, чутливим, специфічним та відтворюваним (Chima & Onoviran, 1982).

Еритроцити овець, стабілізовані формальдегідом, глутаральдегідом, піровиноградним альдегідом та подвійним альдегідом, були оцінені в тесті непрямой гемаглютинації (РНГА) на предмет їхньої придатності для серодіагностики бруцельозу у великої рогатої худоби. Було виявлено, що еритроцити овець, стабілізовані подвійним альдегідом та глутаральдегідом, є більш чутливими в РНГА, ніж еритроцити, стабілізовані формальдегідом або піровиноградним альдегідом. Обробка подвійним альдегідом та глутаральдегідом дозволила чітко диференціювати здорових та хворих корів в РНГА (Rai et al., 1992).

Було порівняно три методи виявлення ротавірусу у зразках фекалій телят з неонатальним гастроентеритом. Попереднє дослідження показало, що пасивна гемаглютинація (РНГА) була щонайменше такою ж чутливою, як і імуноферментний аналіз (ІФА). Ці два аналізи порівнювали з виявленням вірусної РНК за допомогою поліакриламідного гель-електрофорезу на 209 польових зразках. Виявилося, що ІФА має нижчу чутливість, ніж РНГА. Загальна узгодженість між РНГА та гель-електрофорезу становила 96 % (Edwards et al., 1987).

Оброблені трипсином еритроцити овець використовувалися в тестах для виявлення хламідійного антигену за допомогою РНГА. Антиген можна було виявити як в організмах *C. trachomatis*, так і в *C. psittaci*. Примітною особливістю було те, що еритроцити, пов'язані з IgG у концентрації 0,08 мг/мл, а не 0,4 мг/мл, забезпечували найвищі титри гемаглютинації з хламідіями. Чутливість реакції значно підвищувалася після формалізації та обробки ультразвуком хламідійної суспензії перед постановкою реакції (Thornley et al., 1983).

Серед 72 пацієнтів з клінічною підозрою на інфекції, спричинені *Entamoeba histolytica*, 39 позитивних випадків (54 %) були виявлені серологічно за допомогою реакції непрямой гемаглютинації (РНГА) (Hossain et al., 1989).

Реакція затримки (гальмування) гемаглютинації (РЗГА). Багато вірусів мають молекули гемаглютиніну, які зв'язуються з рецепторами, що знаходяться на поверхні еритроцитів різних видів тварин, і це може спричинити агрегацію (аглютинацію) еритроцитів за відповідних умов. Запобігання цій агрегації, яке називається гальмуванням гемаглютинації, за допомогою специфічних противірусних антитіл у сироватці крові пацієнта широко використовується для діагностичних цілей. Тест, відомий як тест на гальмування гемаглютинації, має важливі діагностичні та медичні застосування при певних інфекціях, зокрема при грипі. Антитіла IgM та IgG здатні гальмувати гемаглютинацію (Hossain et al., 1989).

В діагностиці грипу у тесті препарат вірусу із заздалегідь визначеною гемаглютинуючою здатністю змішується зі зразком сироватки, і після належної інкубації вимірюється залишкова гемаглютинуюча здатність. Під час спалахів пташиного грипу виявлення специфічних до підтипу антитіл є золотим стандартом для виявлення антитіл проти вірусів грипу людини і тварин. Пряме порівняння РЗГА з реакцією нейтралізації у осіб, інфікованих H5N1, під час спалаху в Гонконзі 1997 р. дійсно показало, що останній є більш чутливим (Rowe et al., 1999).

Аналіз гальмування гемаглютинації є надійним, відносно простим та недорогим методом антигенної характеристики ізолятів вірусів грипу. Серологічні методи, такі як нейтралізація вірусу та гальмування гемаглютинації, є основними інструментами, що використовуються в епідеміологічних дослідженнях передачі та поширеності вірусу грипу, а також для оцінки імуногенності вакцини. Хоча серологічні методи рідко дають змогу поставити ранній діагноз гострої інфекції вірусу грипу, своєчасні, парні зразки сироватки крові гострого та реконвалесцентного періодів можуть встановити діагноз нещодавньої інфекції грипу, навіть якщо спроби виявити вірус негативні (Klimov et al., 2012).

РА на латексних частинках. Розроблено ще одну методику РА з використанням часточок латексу (реакцію латекс-аглютинації, РАЛ). Латексні частинки, вкриті антитілами

(або антигенами) змішують із досліджуваним матеріалом, що містить збудник (або, відповідно, антитіла). В результаті реакції антиген-антитіло часточки латексу утворюють грудочки (аглютинат), видимі неозброєним оком. Ще з 1896 р. таку реакцію використовують в діагностиці як інфекційних, так і неінфекційних хвороб.

Був описаний метод виробництва реагентів латекс-аглютинації, який дозволяє проводити просте та ефективне серотипування пневмококів або ідентифікації інших мікроорганізмів. Автори рекомендують розбавляти антисироватки або виключати етапи центрифугування та промивання для будь-яких латексних реагентів, які не проходять контроль якості. Пропоновані авторами латексні реагенти є економічно ефективними, технічно невибагливими у приготуванні та залишаються стабільними протягом тривалого часу, що робить їх ідеальними для використання в країнах з низьким рівнем доходу (Ortika et al., 2013).

Аглютинація латексних частинок, сенсibilізованих антигеном токсоплазми, є простим, швидким та недорогим тестом для діагностики токсоплазмозу. Цей тест порівнювали з пасивною гемаглютинацією (1091 сироваток) та імунофлуоресценцією (1093 сироватки). Результати показали, що цей новий тест ближчий до пасивної гемаглютинації, ніж до непрямой імунофлуоресценції. Вважається, що цей тест має хороші якості, щоб надати значні послуги для діагностики токсоплазмозу, і особливо для епідеміологічних досліджень (Chaïka, 1982; Dumas et al., 1983).

Новий тест латекс-аглютинації на вірус червоної висипки був використаний для тестування сироваток з титром гальмування гемаглютинації менше або дорівнює 8 (97 зразків) або більше або дорівнює 256 (158 зразків). Максимальна чутливість тесту латекс-аглютинації була досягнута, коли сироватки з низьким титром тестувалися нерозведеними, а сироватки з високим титром - розведеними (1:10). Модифікація протоколу виробника призвела до узгодженості гальмування латекс-аглютинації-гемаглютинації на рівні 96,7 % (Freeman et al., 1983). У іншому дослідженні вивчали ефективність комерційного латекс-аглютинаційного тесту для скринінгу антитіл до червоної висипки. Тест мав вищу чутливість, ніж тест гальмування гемаглютинації та флюороімуноаналіз, коли зразки тестувалися нерозведеними. Хибнопозитивних результатів отримано не було, а прозонних реакцій не спостерігалось. Тест є дуже практичним методом скринінгу антитіл до червоної висипки у відділеннях первинної медико-санітарної допомоги (León et al., 1988).

Сонна хвороба, спричинена *Trypanosoma brucei gambiense* та *Trypanosoma brucei rhodesiense*, залишається серйозною проблемою охорони здоров'я в багатьох африканських країнах. Вчені вивчали швидкий тест латекс-аглютинації (LATEX/T. b. gambiense) для виявлення антитіл у пацієнтів, інфікованих *Trypanosoma brucei gambiense*. Використовували реагент, вкритий сумішшю трьох варіабельних поверхневих антигенів трипаносом. Було протестовано 240 сироваток та 79 зразків спинномозкової рідини від пацієнтів з паразитологічно підтвердженою трипаносомною інфекцією, а також 173 сироватки та 38 зразків спинномозкової рідини від пацієнтів без трипаносомозу. При розведенні сироватки 1:16 специфічність тесту становила 99 %, а чутливість коливалася від 83,8 до 100 % залежно від географічного походження зразків. Стабільність та відтворюваність ліофілізованого реагенту були відмінними (Büscher et al., 1999).

Описано масштабну валідацію простого тесту латекс-аглютинації для діагностики туберкульозу. Розчинні антигени, екстраговані з непатогенної сапрофітної мікобактерії, яка має спільні антигенні детермінанти з *Mycobacterium tuberculosis*, були ковалентно зв'язані з карбоксильованими полістирольними латексними кульками. Латексні реагенти були стандартизовані для подолання неспецифічної аглютинації. Реагенти тесту стабільні протягом 1 року при температурі 4 °C. Загалом було протестовано 1058 зразків сироватки крові пацієнтів з легенеvim та позалегевим туберкульозом або пацієнтів з іншими легенеvими захворюваннями, а також здорових людей контрольної групи, які проживають в ендемічних районах. Було отримано чутливість 94 % для легеневого туберкульозу та 87 % для позалегенового туберкульозу. Специфічність становить 92,2 % для здорових людей

контрольної групи та пацієнтів з іншими респіраторними захворюваннями. Вчені зробили висновок, що тест латекс-аглютинації може бути використаний для масового скринінгу як на легеневий, так і на позалегеновий туберкульоз, де діагностика існуючими методами набагато складніша (Bhaskar et al., 2003).

Реакція аглютинації на скляних кульках. Було розроблено нову систему для типізації та скринінгу крові, засновану на ефекті просіювання мікрочастинок скляних кульок. Ми знайшли кілька публікацій щодо порівняння чутливості та специфічності цього тесту при визначенні групи крові людини. Такий тест проводиться в мікроколони, в якій аглютинати еритроцитів захоплюються в матриці скляних кульок під час центрифугування, а неаглютиновані клітини утворюють осад на дні колонки. Реагенти проти людського глобуліну були включені до розчинника, і нова тестова система, технологія колонкової аглютинації, порівнювалася зі звичайними пробірковими тестами. Після початкового тестування спостерігалася 94-відсотковий збіг між технологією колонкової аглютинації та пробірковими тестами, а після повторного тестування спостерігалася 97-відсотковий збіг. Тест на антитіла до людського глобуліну з технологією колонкової аглютинації усуває необхідність промивання еритроцитів, що зменшує загальний час тестування. Тест легко виконати, а результати є більш об'єктивними, ніж ті, що отримуються за допомогою методів у пробірках та мікропланшетах (Reis et al., 1993; Novaretti et al., 2004; Garg et al., 2017; Sawierucha et al., 2018; Chen et al., 2023).

РА в мікропланшетах (Твердофазні тести). Служби переливання крові лікарень та центри крові досі використовують ручні реакції гемаглютинації для більшості своїх серологічних процедур. Як альтернатива, були розроблені твердофазні аналізи адгезії еритроцитів для визначення групи клітин АВО та сироватки, резус-типування, скринінгу антитіл до еритроцитів та тромбоцитів. Твердофазні тести на адгезію еритроцитів у мікропланшетах ідеально підходять для пакетної обробки великої кількості зразків. Однак тести на адгезію не обмежуються цим форматом. Тому були випущені тест-смужки для визначення групи крові, які дозволяють тестувати окремі зразки крові навіть поза лабораторією (Plapp et al., 1989).

Реакція аглютинації на папері (або мікрофлюїдний метод РА). Паперові сенсори – це нова альтернативна технологія для виготовлення простих, недорогих, портативних та одноразових аналітичних пристроїв для багатьох застосувань, включаючи клінічну діагностику, контроль якості харчових продуктів та моніторинг навколишнього середовища. Унікальні властивості паперу, що дозволяють пасивне транспортування рідини, та сумісність з хімічними/біохімічними речовинами є основними перевагами використання паперу як сенсорної платформи. Вчені вважають, що в майбутньому, з розвитком методів виготовлення та аналізу, з'явиться більше нових та інноваційних розробок у сфері паперових сенсорів. Ці сенсори могли б краще відповідати поточним цілям створення життєздатного недорогого та портативного пристрою, пропонувати високу чутливість та селективність, а також можливість розрізнення кількох аналітів (Liana et al., 2012).

Метою одного дослідження була розробка, валідація та застосування простого, кількісного РОС-тесту на папері. Для хроматографічного елюювання забарвлених аглютинатів бактеріальних клітин на основі відстані використовувався восково-каналний папір, оброблений специфічними антитілами проти бруцельозу та сальмонели. Результати: було розроблено якісний паперовий аглютинаційний РОС-тест з використанням інтенсивності кольору, зовнішнього вигляду хвоста та знаків "+/-", які чітко розрізняють позитивні та негативні результати. Прототип аналізу РОС був успішно використаний для точного виявлення відомих та невідомих зразків у порівнянні зі стандартними аналізами. Відстань міграції елююваної забарвленої бактеріальної аглютинації корелює з концентраціями антибактеріальних антитіл. Цей тест може бути використаний для простих результатів "+/-", кількісного визначення, подібного до термометра. Аналіз має розширене застосування до різних біомаркерів захворювань людини (Mohammad et al., 2024).

За останні кілька років спостерігається значний розвиток імунодіагностики на основі мікрофлюїдних методів, що значною мірою сприяло розвитку нових методів тестування в місці надання медичної допомоги. Однак для реалізації недорогого тесту з низьким енергоспоживанням потрібні дешеві та одноразові мікрофлюїдні пристрої, які можуть працювати автономно з мінімальним втручанням користувача. У одній з робіт вперше повідомляється про розробку нової платформи мікроканального капілярного аналізу (MCFA), яка може виконувати хемілюмінесцентний ІФА з ліофілізованими хемілюмінесцентними реагентами для виявлення біомаркера малярії. Платформу MCFA, розроблену зі смартфонним аналізатором, можна легко налаштувати для різних біомаркерів, тому можна передбачити портативний РОСТ для різних інфекційних захворювань з повними мережевими можливостями за низькою ціною (Ghosh et al., 2020).

Група вчених розробила мікрофлюїдний чіп, призначений для покращення капілярного потоку. Чіп містив висушені реагенти анти-А або анти-В всередині свого мікроканалу. Єдиним етапом обробки крові в протоколі аналізу було нанесення краплі крові на кінчик біочіпа, після чого проводилася візуалізація. Дослідники досягли ефективного, автоматизованого, кількісного вимірювання аглютинації в режимі реального часу всередині пасивного біочіпа для визначення групи крові, яке можна було б узагальнити для виявлення та кількісного визначення біомаркерів крові (Huet et al., 2018).

Група вчених запропонувала капілярний пристрій для кількісної реакції аглютинації. Вони представили кількісний аналіз аглютинації частинок, який поєднує мобільну безліззову мікроскопію для швидкого вимірювання концентрації цільового аналіту. Як підтвердження концепції дослідники продемонстрували високочутливе тестування С-реактивного білка (hs-CRP) з використанням зразків сироватки людини. Двоканальний капілярний пристрій з латеральним потоком розроблений для проведення реакції аглютинації з використанням лише 4 мкл зразка сироватки з витратами на матеріали 1,79 цента за тест. Цей мобільний, економічно ефективний та кількісний аналіз аглютинації частинок може бути корисним для різних потреб зондування в місцях надання медичної допомоги та для глобальних застосувань, пов'язаних з охороною здоров'я (Luo et al., 2021).

Використання різних варіантів реакцій аглютинації з іншими антигенами.

Видатний вчений Coombs R.R.A. ще у 1951 р. розробив методику детекції антитіл до Q-лихоманки за використання реакції аглютинації (Coombs & Stoker, 1951). Bozděch V. описує тест фіксації латексу (LFT) з антигеном токсоплазми. Основні частини цієї методики такі: сенсibilізація латексних частинок та інкубація сенсibilізованих частинок із сироватками, що досліджуються (Bozděch, 1979). Carlier & Wery (1983) запропонували використовувати РА серед методів діагностики паразитарних хвороб та мікозів. Shariff & Parija, (1993) використовували тест коагуляції зі *Staphylococcus aureus* та для діагностики ехінококозу.

Були проведені тести швидкої якісної та кількісної пластинчастої аглютинації, а також повільної аглютинації в пробірці на 200 ізолятах *Haemophilus pleuropneumoniae* (Mittal et al., 1982).

Ліки можуть призвести до широкого спектру гематологічних аномалій, включаючи позитивний прямий антиглобуліновий тест. У своєму дослідженні Novaretti M.C. із співавторами оцінювали гель-мікроколонковий аналіз для виявлення антитіл, індукованих ліками. Прямий антиглобуліновий тест був проведений за допомогою звичайного пробіркового аналізу та гель-мікроколонкового аналізу у 139 госпіталізованих. Поєднання пробіркового та гель-мікроколонкового аналізу може покращити виявлення позитивних результатів прямого антиглобулінового тесту, індукованого препаратами (Novaretti et al., 2004).

Хоча процедури тканинної аспірації (ТАП) вважаються золотим стандартом діагностики вісцерального лейшманіозу, вони часто не виявляють прогресування захворювання до фази, в якій можна виявити амастиготи. Щоб подолати це обмеження, був розроблений первинний прямий тест аглютинації (LQ-DAT) з використанням інтактних промастигот *Leishmania donovani*. LQ-DAT послідовно демонстрував високо відтворювані

результати в різних географічних регіонах, незалежно від підвиду чи штаму *L. donovani*. Чутливість була продемонстрована у 2224 з 2697 випадків вісцерального лейшманіозу. Окрім переваги у виявленні вісцерального лейшманіозу на ранніх стадіях порівняно з ТАР, покращений LQ-DAT також продемонстрував доцільність та стабільність, необхідні для локального виробництва в умовах обмеженого ресурсного забезпечення (El Harith et al., 2025).

Рекомбінантний білок MSP5 був визнаний важливим антигеном для серологічної діагностики *Anaplasma marginale* за допомогою імуноферментного аналізу (ІФА). Однак через високу вартість спеціалізованого обладнання цей метод доступний не всім лабораторіям. Описується стандартизація реакції латексної аглютинації (LAT) для виявлення антитіл проти *A. marginale* на основі рекомбінантного MSP5. Порівняно з непрямим імуноферментним аналізом (iELISA), відносна чутливість та специфічність LAT становили 95,21 % та 91,86 % відповідно, з майже ідеальною узгодженістю між тестами (індекс каппа = 0,863). Ці результати можна вважати важливими для серологічної діагностики *A. marginale*, оскільки вони вказують на те, що тест є швидкою та недорогою альтернативою ІФА (Ramos et al., 2014).

Діагностика амебіази базується на комбінації таких тестів, як мікроскопія, візуалізація, серологія та молекулярні методи. За відсутності молекулярних методів, серологія може бути використана як альтернативний допоміжний засіб. Повідомлялося про різні серологічні методи з різною чутливістю та специфічністю. Діагностична ефективність цих аналізів головним чином залежить від характеристик антигену та різних умов проведення. Метою двох досліджень було оцінити ефективність рекомбінантного білка, що містить кальційзв'язуючий домен, за допомогою непрямого гемаглютинаційного аналізу (ІНА) порівняно з комерційним ІФА. Загальна чутливість та специфічність ІНА становили 62 % та 96 % відповідно, порівняно з ІФА. Серологічні дослідження пропонують як допоміжний засіб у прийнятті клінічних рішень за умови правильної інтерпретації. Це важливий фактор в ендемічних регіонах, де ресурси медичних служб обмежені (Hossain et al., 1989; Dhanalakshmi et al., 2016).

Прикладом використання РА в діагностиці алергічних захворювань можуть бути кілька досліджень (Sharp, 1956; Unsworth et al., 1981; Choi et al., 1988). Так, Unsworth із співавторами використали шістдесят дві сироватки крові дітей, які мали ознаки захворювань шлунково-кишкового тракту, були протестовані на наявність антитіл IgA, IgG та IgM до гліадину двома різними методами: імуофлуоресцентним (ІФ) тестом та змішаним зворотним (твердофазним) пасивним антиглобуліновим гемадсорбційним (MRSPAN) тестом. Спостерігалася хороша узгодженість між результатами тестів. Обидва тести виявили антитіла до гліадину класу IgG та IgA у сироватках крові дітей з активною целиакією, які мали тенденцію до зникнення після введення суворої безглютенової дієти. Сироваткові антитіла до гліадину класу IgA були пов'язані з тяжкою атрофією ворсинок тонкого кишечника та виявлялися майже виключно при целиації. Антитіла до гліадину класу IgG були менш специфічними для захворювання та зрідка виявлялися в сироватках крові дітей з захворюваннями шлунково-кишкового тракту, відмінними від целиації, зокрема в сироватках крові дітей з транзиторною непереносимістю глютену.

Комерційний латексний аглютинаційний (ЛА) аналіз (Rubascan®, Hynson, Westcott and Dunning, Baltimore, Md), проведений на нерозведеній сироватці, може бути чутливішим, ніж стандартний гемаглютинаційно-інгібіційний аналіз для виявлення антитіл до червоної висипки (ЧВ). Щоб дослідити, чи корелює позитивний результат ЛА-тесту на нерозведеній сироватці з імунітетом до ЧВ, вчені використали сироватку 29 осіб. Дані цього дослідження підтверджують специфічність позитивного результату тесту ЛА, проведеного на нерозведеній сироватці, причому розведення 1:5 може бути оптимальним для визначення імунного статусу проти червоної висипки (Storch & Myers, 1984).

Латекс-аглютинаційний тест використовували також для виявлення антитіл до кашлюку у дітей до та після вакцинації (Hammond et al., 1984; Ray, 1984) із співавторами

розробили тест латекс-аглютинації для ідентифікації ротавірусу людини. Інша група вчених розробила РА на частинках латексу для виявлення збудника криптококозу та контролю якості лікування цього захворювання (Malik et al., 1996).

Латекс-аглютинаційний тест на антитіла до *Rickettsia conorii* порівнювали з мікроімунофлуоресцентним тестом (еталонним тестом на загальні антитіла). 179 сироваток були отримані від 115 підтверджених випадків середземноморської плямистої лихоманки, а 101 – від контрольної групи, у яких не було виявлено антитіл за допомогою еталонного методу. Узгодженість між латекс-аглютинацією *R. conorii* та мікроімунофлуоресцентним тестом становила 95 %. Чутливість та специфічність становили 96 % та 93 % відповідно. Отже, латекс-аглютинація є простішим та швидшим методом, ніж мікроімунофлуоресценція, і підходить як для скринінгу, так і для титрування антитіл до *R. conorii* (De La Fuente et al., 1989).

Латексна аглютинація знаходить широке застосування в клінічній діагностиці, дозволяючи швидко та надійно ідентифікувати різні патогени та захворювання. Одним з найпоширеніших застосувань є виявлення бактеріальних та вірусних інфекцій. Наприклад, *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae* та *Neisseria meningitidis* можна ідентифікувати за допомогою тестів латексної аглютинації, спрямованих на специфічні бактеріальні антигени. Аналогічно, тести латексної аглютинації є цінними для виявлення вірусних антигенів, таких як ті, що пов'язані з грипом та респіраторно-синцитіальними вірусними інфекціями. Окрім інфекційних захворювань, латексна аглютинація використовується в діагностиці аутоімунних захворювань. Наприклад, за допомогою цієї методики можна виявити ревматоїдний фактор, антитіло, яке часто виявляється у пацієнтів з ревматоїдним артритом. Крім того, латексна аглютинація відіграє важливу роль у визначенні групи крові та перехресному підборі для переливання крові, оскільки вона дозволяє ідентифікувати антигени групи крові за системою ABO та резус-фактором (Kaur, 2023).

Висновки.

Популярність аглютинації зумовлена її численними перевагами. По-перше, це швидкий тест, що робить його цінним у надзвичайних ситуаціях та для швидкого прийняття рішень. По-друге, методика є відносно простою та може бути виконана з використанням базового лабораторного обладнання, що зменшує потребу в спеціалізованому обладнанні. Ця простота робить її доступною для лабораторій з обмеженими ресурсами. Крім того, більшість тестів аглютинації є високоспецифічними та чутливими, забезпечуючи точні результати навіть при низьких концентраціях аналіту. Ці якості сприяють її широкому використанню в клінічних умовах. Крім того, реакція аглютинації є цінною в галузі мікробіології. Вона дозволяє швидко ідентифікувати та диференціювати види мікробних антигенів. Це допомагає в епідеміологічних дослідженнях.

З розвитком технологій очікуються удосконалення реакцій аглютинації. Дослідники вивчають інтеграцію нанотехнологій та методів молекулярної біології для підвищення чутливості та специфічності аналізу. Крім того, докладаються зусилля для розширення спектру доступних реагентів, щоб охопити ширший спектр патогенів та антигенів. Ці досягнення мають потенціал для подальшого покращення діагностичних можливостей реакцій аглютинації, що робить їх ще більш незамінним інструментом у медичних та біологічних дослідженнях.

Реакції аглютинації зарекомендували себе як універсальний та надійний діагностичний інструмент як у клінічних, так і в дослідницьких умовах. Завдяки своїй простоті, швидкості та точності аглютинація продовжує відігравати життєво важливу роль у сучасній охороні здоров'я та наукових дослідженнях.

References

- Al Dahouk, S., Tomaso, H., Nöckler, K., Neubauer, H., & Frangoulidis, D. (2003). Laboratory-based diagnosis of brucellosis – a review of the literature. Part I: Techniques for direct detection and identification of *Brucella* spp. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 49(9-10), 487–505.
- Albert, I. P., Kato, C. D., Ikwap, K., Kakooza, S., Ngolobe, B., Ndoboli, D., & Tumwine, G. (2018). Comparison of rose bengal plate test, serum agglutination test, and indirect enzyme-linked immunosorbent assay in brucellosis detection for human and goat samples. *International Journal of One Health*, 4, 35+.
- Al-Tamimi, M., Altarawneh, S., Mustafa, M. A., El-sallaq, M., & Shihab P. (2024). Quantitative and equipment-free paper-based agglutination assay of bacterial cells. *Royal Society of Chemistry Advances*, 14, 20516–20528. <https://doi.org/10.1039/D4RA03001J>
- Barkay, O., Karakeçili, F., Binay, U. D., & Akyüz, S. (2024). Determining diagnostic sensitivity: a comparison of rose bengal test, coombs gel test, elisa and bacterial culture in brucellosis diagnosis – analyzing clinical effectiveness in light of inflammatory markers. *Diagnostics* (Basel), 14(14), 1546. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14141546>
- Bhaskar S., Banavaliker J. N., & Hanif, M. (2003). Large-scale validation of a latex agglutination test for diagnosis of tuberculosis. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 39(3), 235–9. [https://doi.org/10.1016/S0928-8244\(03\)00232-3](https://doi.org/10.1016/S0928-8244(03)00232-3)
- Bozděch, V. (1979). Latex reaction with toxoplasma antigen. *Angewandte Parasitologie*, 20(1), 1-8.
- Brandão, A. P., Camargo, E. D., da Silva, E. D., Silva, M. V., & Abrão, R. V. (1998). Macroscopic agglutination test for rapid diagnosis of human leptospirosis. *Journal of Clinical Microbiology*, 36(11), 3138–42. <https://doi.org/10.1128/JCM.36.11.3138-3142.1998>
- Büscher, P., Lejon V., Magnus, E., & Van Meirvenne, N. (1999). Improved latex agglutination test for detection of antibodies in serum and cerebrospinal fluid of *Trypanosoma brucei gambiense* infected patients. *Acta Tropica*, 73(1), 11–20. [https://doi.org/10.1016/S0001-706X\(99\)00009-1](https://doi.org/10.1016/S0001-706X(99)00009-1)
- Carlier, Y., & Wery, M. (1983). Current methods of immunologic diagnosis in parasitology. *Annales de Biologie Clinique*, 41(6), 435–444.
- Chaika, N. A. (1982). Use of the latex agglutination test for the diagnosis of parasitic disease (review of the literature). *Meditsinskaia Parazitologiya i Parazitarnye Bolezni*, 60(2), 65–72.
- Charong, N., Kooltheat, N., & Plyduang, T. (2021). High-sensitivity detection of clinically significant red blood cell antibodies by the column agglutination technique. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 30(11), 1205–1214. DOI: <https://doi.org/10.17219/acem/140317>
- Chen, D. P., Wu, P. Y., & Lin, Y. H. (2023). Irregular Antibody Screening Using a Microdroplet Platform *Biosensors* (Basel), 13(9), 869. <https://doi.org/10.3390/bios13090869>
- Chen, D.-P., Chen, C., Wu, P.-Y., Lin, Y.-H., Lin, W.-T., & Yan, Y.-L. (2021). Micro-droplet platform for exploring the mechanism of mixed field agglutination in b₃ subtype. *Biosensors*, 11(8), 276. <https://doi.org/10.3390/bios11080276>
- Chima, J. C., & Onoviran, O. (1982). A passive hemagglutination test for detection of antibodies against *Mycoplasma mycoides* subsp. *mycoides* using glutaraldehyde-fixed sheep erythrocytes. *Veterinary Microbiology*, 7(4), 343–9. [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(82\)90014-1](https://doi.org/10.1016/0378-1135(82)90014-1)
- Cho, D., Lee, J. S., Yazer, M. H., Song, J. W., Shin, M. G., Shin, J. H., Suh, S. P., Jeon, M. J., Kim, J. Y., Park, J. T., & Ryang, D. W. (2006). Chimerism and mosaicism are important causes of ABO phenotype and genotype discrepancies. *Immunohematology*, 22(4), 183–7.
- Choi, E. K., Gatenby, P. A., McGill, N. W., Bateman, J. F., Cole, W. G., & York, J. R. (1988). Autoantibodies to type II collagen: occurrence in rheumatoid arthritis, other arthritides, autoimmune connective tissue diseases, and chronic inflammatory syndromes. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 47(4), 313–22. <https://doi.org/10.1136/ard.47.4.313>
- Coombs, R. R. A. (1998). Historical note: past, present and future of the antiglobulin test. *Vox Sanguinis. The International Journal of Transfusion Medicine*, 74, 67–73. <https://doi.org/10.1046/j.1423-0410.1998.7420067.x>
- Coombs, R. R. A., & Stoker M. G. P. (1951). Detection of Q fever antibodies by the antiglobulin sensitisation test. *Lancet*, 2(6671), 15–17. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(51\)93452-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(51)93452-6)
- Copur B., & Pasa O. (2022). The role of the serum tube agglutination test in the monitoring of human brucellosis: evaluation of post-treatment SAT titers. *Revista Da Associacao Medica Brasileira*, 68(9), 1234–1239. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.20220269>

- Corbel, M. J., & Cullen, G. A. (1970). Differentiation of the serological response to *Yersinia enterocolitica* and *Brucella abortus* in cattle. *The Journal of Hygiene (Lond)*, 68(4), 519–30. <https://doi.org/10.1017/s0022172400042455>
- Cranage, M. P., Gurner, B. W., & Coombs, R. R. (1983). Glutaraldehyde stabilisation of antibody-linked erythrocytes for use in reverse passive and related haemagglutination assays. *Journal of Immunological Methods*, 64(1–2), 7–16. [https://doi.org/10.1016/0022-1759\(83\)90378-2](https://doi.org/10.1016/0022-1759(83)90378-2)
- De La Fuente, L., Anda, P., & Rodriguez, I. (1989). Evaluation of a latex agglutination test for *Rickettsia conorii* antibodies in seropositive patients. *Journal of Medical Microbiology*, 28(1), 69–72. <https://doi.org/10.1099/00222615-28-1-69>
- Dhanalakshmi, S., Meenachi, C., & Parija, S. C. (2016). Indirect haemagglutination test in comparison with ELISA for detection of antibodies against invasive amoebiasis. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10(8), DC05–8. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2016/21566.8326>
- Díaz, R., Casanova, A., Ariza, J., & Moriyón, I. (2011). The Rose Bengal Test in human brucellosis: a neglected test for the diagnosis of a neglected disease. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 5(4), e950. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000950>
- Dumas, N., Kawai, K., Bessièrès, M. H., & Séguéla, J. P. (1983). Latex agglutination reaction for the diagnosis of toxoplasmosis. *Annales de Biologie Clinique*, 41(2), 145–150.
- Ebrahimi Fana, S., Paknejad, M., & Aminian, M. (2021). Paper based analytical devices for blood grouping: a comprehensive review. *Biomedical Microdevices*, 23(3), 34. <https://doi.org/10.1007/s10544-021-00569-w>
- Edwards, S., Chasey, D., Napthine, P., Banks, J., Hewitt-Taylor, C., & Cranage, M. P. (1987). A comparison of three rapid diagnostic methods for the detection of rotavirus infection in calves. *Veterinary Microbiology*, 13(1), 19–25. [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(87\)90094-0](https://doi.org/10.1016/0378-1135(87)90094-0)
- El Harith, A., Osman, H. A., Mansour, D., Semiao-Santos, S. J., & Abass, E. (2025). Direct agglutination test: Evolution and significance as a simple and safe alternative to tissue aspiration procedures in the diagnosis of visceral leishmaniasis. *PLoS One*, 20(6): e0319118. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319118>
- Flamm, H. (2009). 110 Jahre agglutinationsreaktionen nach Gruber und Widal: die prioritätenstreite von pfeiffer, gruber und widal [100 years Gruber and Widal agglutination reactions: the priority dispute between Pfeiffer, Gruber and Widal]. *Wiener klinische Wochenschrift*, 121(11–12), 417–23. German. <https://doi.org/10.1007/s00508-009-1192-9>
- Freeman, S., Clark, L., & Dumas, N. (1983). Evaluation of a latex agglutination test for detection of antibodies to rubella virus in selected sera. *Journal of Clinical Microbiology*, 18(1), 197–8. <https://doi.org/10.1007/s00508-009-1192-9>
- Garg, S., Saini, N., Bedi, R. K., & Basu, S. (2017). Comparison of micro column technology with conventional tube methods for antibody detection. *Journal of Laboratory Physicians*, 9(2), 95–99. <https://doi.org/10.4103/0974-2727.199627>
- Ghosh, S., Aggarwal, K., U, V. T., Nguyen, T., Han, J., & Ahn, C. H. (2020). A new microchannel capillary flow assay (MCFA) platform with lyophilized chemiluminescence reagents for a smartphone-based POCT detecting malaria. *Microsystems & Nanoengineering*, 6, 5. <https://doi.org/10.1038/s41378-019-0108-8>
- Guedes, I. B., Souza, G. O., de Paula Castro, J. F., de Souza Filho, A. F., de Souza Rocha, K., Gomes, M. E. T., de Moraes, C. C. G., & Heinemann, M. B. (2019). Development of a pooled antigen for use in the macroscopic slide agglutination test (MSAT) to detect Sejroe serogroup exposure in cattle. *The Journal of Microbiological Methods*, 166, 105737. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2019.105737>
- Hammond, G. W., Ahluwalia, G. S., & Hazelton P. R. (1984). Detection of human rotaviruses in fecal specimens by a commercial latex-agglutination test. *The Journal of Infectious Diseases*, 149(6), 1021. <https://doi.org/10.1093/infdis/149.6.1021>
- Hampp, E. G. (1947). Bacteriologic investigations of the oral spirochetal flora in ulcerative stomatitis (Vincent's infection). *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, 33(9), 666–674. [https://doi.org/10.1016/0096-6347\(47\)90118-X](https://doi.org/10.1016/0096-6347(47)90118-X)
- Hanafiah, M., Sutriana, A., Helmi, T. Z., Fajriah, R., Mulyana, H., Sabila, C. N., & Dewantara, N. (2025). Epidemiological study of the serology and geographic distribution of abortion causative agents in aceh cows in Indonesia. *Open Veterinary Journal*, 15(4), 1702–1712. <https://doi.org/10.5455/ovj.2025.v15.i4.22>

- Hossain, A., Bolbol, A. S., Chowdhury, M. N., & Bakir, T. M. (1989). Indirect haemagglutination (IHA) test in the serodiagnosis of amoebiasis. *Journal of hygiene, epidemiology, microbiology, and immunology*, 33(1), 91-7.
- Huet, M., Cubizolles, M., & Buhot, A. (2018). Red blood cell agglutination for blood typing within passive microfluidic biochips. *High-Throughput*, 7(2), 10. <https://doi.org/10.3390/ht7020010>
- Kaur, P. (2023). Latex agglutination: useful diagnostic tool in medicine and biology. *Journal of Immunological Techniques and Infectious Diseases*, 12(2).
- Kerr, W. R., Payne, D. J., Robertson, L., & Coombs, R. R. (1967). Immunoglobulin class of Brucella antibodies in human sera. *Immunology*, 13(2), 223-5.
- Khurana, S. K., Sehrawat, A., Tiwari, R., Prasad, M., Gulati, B., Shabbir, M. Z., Chhabra, R., Karthik, K., Patel, S.K., Pathak, M., Iqbal Yattoo, M., Gupta, V. K., Dhama, K., Sah, R., & Chaicumpa, W. (2021). Bovine brucellosis – a comprehensive review. *"Vet Q"[jour]*, 41(1), 61–88. <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1868616>
- Klimov, A., Balish, A., Veguilla, V., Sun, H., Schiffer, J., Lu, X., Katz, J. M., & Hancock, K. (2012). Influenza virus titration, antigenic characterization, and serological methods for antibody detection. *Methods in Molecular Biology*, 865, 25–51. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-621-0_3
- Koçman, E. E., Erensoy, M. S., Taşbakan, M., & Çiçeklioğlu, M. (2018). Comparison of standard agglutination tests, enzyme immunoassay, and Coombs gel test used in laboratory diagnosis of human brucellosis. *Turkish journal of medical sciences*, 48(1), 2–67. <https://doi.org/10.3906/sag-1707-122>
- Kumar, A., Congeni, B. L., & Nankervis, G. A. (1980). Latex agglutination test for rapid detection of bacterial antigens in body fluids. *Annals of Clinical & Laboratory Science*, 10(5), 377–82.
- León, P., de Ory, F., & Domingo, C. (1988). Evaluation of a latex agglutination test for screening antibodies to rubella virus. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 7, 196–199 (1988). <https://doi.org/10.1007/bf01963081>
- Liana, D. D., Raguse, B., Gooding, J. J., & Chow, E. (2012). Recent advances in paper-based sensors. *Sensors (Basel)*, 2(9), 11505–26. <https://doi.org/10.3390/s120911505>
- Luo, Yi., Joung, H.-A., Esparza, S., & Rao, J. (2021). Quantitative particle agglutination assay for point-of-care testing using mobile holographic imaging and deep learning. *Lab on a Chip*. 21(18). <https://doi.org/10.1039/D1LC00467K>
- Malik, R., McPetrie, R., Wigney, D. I., Craig, A. J. & Love, D. N. (1996). A latex cryptococcal antigen agglutination test for diagnosis and monitoring of therapy for cryptococcosis. *Australian Veterinary Journal*, 74(5), 358–364. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1996.tb15445.x>
- Memish, M. Z. A., Almuneef, M., Mah, W., Qassem, L. A., & Osoba, A. O. (2018). Comparison of the brucella standard agglutination test with the ELISA IgG and IgM in patients with Brucella bacteremia. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 44(2), 129–132. [https://doi.org/10.1016/S0732-8893\(02\)00426-1](https://doi.org/10.1016/S0732-8893(02)00426-1)
- Mikailov, M. M., Gunashev, S. A., Yanikova, E. A., Halikov, A. A., & Bulashev, A. K. (2024). Indirect hemagglutination assay for diagnosing brucellosis: Past, present, and future. *Veterinary World*, 17(4), 811–819. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.811-819>
- Mittal, K. R., Higgins, R., & Lariviere, S. (1982). Evaluation of slide agglutination and ring precipitation tests for capsular serotyping of *Haemophilus pleuropneumoniae*. *Journal of Clinical Microbiology*, 15(6), 1019–23. <https://doi.org/10.1128/jcm.15.6.1019-1023.1982>
- Mohan, A., Saxena, H. M., & Malhotra, P. (2016). A comparison of titers of anti-Brucella antibodies of naturally infected and healthy vaccinated cattle by standard tube agglutination test, microtiter plate agglutination test, indirect hemagglutination assay, and indirect enzyme-linked immunosorbent assay. *Veterinary World*, 9(7), 717–22. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.717-722>
- Mohseni, K., Mirnejad, R., Piranfar, V., & Mirkalantari, S. (2017). A comparative evaluation of ELISA, PCR, and serum agglutination tests for diagnosis of brucella using human serum. *Iranian Journal of Pathology*, 12(4), 371–376.
- Najibullah, M., Lakshmanasami, G., Bharathy, S. & Kannan, P. (2014). Milk ring test for spot identification of *brucella abortus* infection in single cow herds. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*. 1(2), 70–72.
- Noble, P. S., & Baumgartner L. (1926). Studies on the dick test and agglutination reaction in a series of university students. *The Journal of Immunology*, 11(4), 323–330. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.11.4.323>

- Novaretti, M. C., Jens, E., Pagliarini, T., Bonifacio, S. L., Dorlhiac-Llacer, P. E., & Chamone, D. A. (2004). Comparison of conventional tube test technique and gel microcolumn assay for direct antiglobulin test: a large study. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 18(5), 255–8. doi: <https://doi.org/10.1002/jcla.20033>
- OIE. Bovine brucellosis. OIE Manual of Standards for Diagnostic Test and Vaccines (5th ed.). 2004.
- Ortika, B. D., Habib, M., & Dunne, E. M. (2013). Production of latex agglutination reagents for pneumococcal serotyping. *BMC Research Notes*, 6, 49. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-6-49>
- Oyamada, Y., Ozuru, R., Masuzawa, T., Miyahara, S., Nikaido, Y., Obata, F., Saito, M., Villanueva, S. Y. A. M., & Fujii, J. (2021). A machine learning model of microscopic agglutination test for diagnosis of leptospirosis. *PLoS One*, 16(11), e0259907. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259907>
- Plapp, F. V., Sinor, L. T., & Rachel, J. M. (1989). The evolution of pretransfusion testing: from agglutination to solid-phase red cell adherence tests. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 27(2), 179–209. <https://doi.org/10.3109/10408368909106593>
- Rahman, M. S., Jahan, N., Hossain, M. A., Uddin, M. J., Shil, N. K., Islam, K. B. M. S., Ahasan, Md. S., Rahman, A. K. M. A. & Song, H.-J. (2008). Tube agglutination test is superior than other serological tests for diagnosis of brucellosis in small ruminants. *The Korean Journal of Veterinary Service*, 31(4), 493–496.
- Rai, G. P., Agarwal, G. S., & Venkateswaran, K. S. (1992). Indirect haemagglutination test for the serodiagnosis of brucellosis using stabilised sheep red blood cells. *"Zentralbl Bakteriol"[jour]*, 277(2), 188–92. [https://doi.org/10.1016/s0934-8840\(11\)80612-2](https://doi.org/10.1016/s0934-8840(11)80612-2)
- Ramos, C. A., Araújo, F. R., Santos, R. C., Melo, E. S., Sousa, L. C., Vidal, C. E., Guerra, N. R., & Ramos, R. A. (2014). Development and assessment of a latex agglutination test based on recombinant MSP5 to detect antibodies against *Anaplasma marginale* in cattle. *The Brazilian Journal of Microbiology*, 45(1), 199–204. <https://doi.org/10.1590/s1517-83822014005000039>
- Ray, K., Grover, S. S., & Chowdhuri, A. N. (1984). Latex agglutination test for pertussis antibody status of children before & after vaccination. *The Indian Journal of Medical Research*, 79, 180–6.
- Reis, KJ, Chachowski, R, Cupido, A, Davies, D, Jakway, J, & Setcavage, TM. (1993). Column agglutination technology: the antiglobulin test. *"Transfusion"[jour]*, 33(8), 639–43. <https://doi.org/10.1046/j.1537-2995.1993.33893342744.x>
- Rowe, T., Abernathy, R. A., Hu-Primmer, J., Thompson, W. W., Lu, X., Lim, W., Fukuda, K., Cox, N. J., & Katz, J. M. (1999). Detection of antibody to avian influenza A (H5N1) virus in human serum by using a combination of serologic assays. *Journal of Clinical Microbiology*, 37(4), 937–43. <https://doi.org/10.1128/jcm.37.4.937-943.1999>
- Sawierucha, J., Posset, M., Hähnel, V., Johnson, C. L., Hutchinson, J. A., & Ahrens, N. (2018). Comparison of two column agglutination tests for red blood cell antibody testing. *PLoS One*, 13(12), e0210099. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210099>
- Senthilkumar, T., Subathra, M., Phil, M., Ramadass, P., & Ramaswamy, V. (2008). Rapid serodiagnosis of leptospirosis by latex agglutination test and flow-through assay. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 26(1), 45–9. <https://doi.org/10.4103/0255-0857.38857>
- Shariff, M., & Parija, S. C. (1993). Co-agglutination (Co-A) test for circulating antigen in hydatid disease. *Journal of Medical Microbiology*, 38(6), 391–4. <https://doi.org/10.1099/00222615-38-6-391>
- Sharp O. T. (1956). The sensitized sheep cell agglutination reaction in rheumatoid arthritis. *Annals of Internal Medicine*, 44(6). <https://doi.org/10.7326/0003-4819-44-6-1270>
- Shastri, S., Murugesan, M., & Bhat, S. (2014). Mixed field agglutination: Unusual causes and serological approach. *Asian Journal of Transfusion Science*, 8(1), 4. <https://doi.org/10.4103/0973-6247.126680>
- Spada, E., Perego, R., Baggiani, L., & Proverbio, D. (2020). Comparison of conventional tube and gel-based agglutination tests for ab system blood typing in cat. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 312. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00312>
- Storch, G. A. & Myers, N. (1984). Latex-agglutination test for rubella antibody: validity of positive results assessed by response to immunization and comparison with other tests. *The Journal of Infectious Diseases*, 149(3), 459–464. <https://doi.org/10.1093/infdis/149.3.459>
- Tanriverdi, E. S., Duman, Y., Bag, H. G. G., & Tekerekoglu M. S. (2021). Comparison the serologic tests used in the diagnosis of brucellosis; brucellacapt, brucella coombs gel, and brucella coombs tube agglutination tests, *Annals of Medical Research*, 28(2), 0347–0351.
- Thornley, M. J., Lusher M., Scott M. L., Coombs R. R. A., Evans, R. T., Thomas, B. J. & Taylor-Robinson D. (1983). Characterization of a monoclonal antibody to the group antigen of *Chlamydiaspp.* and

- its use for antigen detection by reverse passive hemagglutination and indirect immunofluorescence. *FEMS Microbiology Letters*, 17(1-3), 45–49.
- Unsworth, D. J., Kieffer, M., Holborow, E. J., Coombs, R. R., & Walker-Smith, J. A. (1981). IgA anti-gliadin antibodies in coeliac disease. *Clinical & Experimental Immunology*, 46(2), 286–93.
- Van Aert, A., Brioen, P., Dekeyser, P., Uytterhaegen, L., Sijens, R. J., & Boeyé, A. (1984). A comparative study of ELISA and other methods for the detection of Brucella antibodies in bovine sera. *Veterinary microbiology*, 10(1), 13–21. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(84\)90052-x](https://doi.org/10.1016/0378-1135(84)90052-x)
- Watt, G., Alquiza, L. M., Padre I. P., Tuazon, M. L., & Laughlin, L. W. (1988). The rapid diagnosis of leptospirosis: a prospective comparison of the dot enzyme-linked immunosorbent assay and the genus-specific microscopic agglutination test at different stages of illness. *The Journal of Infectious Diseases*, 157(4), 840–842. <https://doi.org/10.1093/infdis/157.4.840>
- Wijedoru, L., Mallett, S., & Parry, C. M. (2017). Rapid diagnostic tests for typhoid and paratyphoid (enteric) fever. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 5(5), CD008892. doi: 10.1002/14651858.CD008892
- Wilson, M. M., & Merrified, E. V. (1951). The antiglobulin (Coombs) test in brucellosis. *Lancet*, 2(6690), 913–4. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(51\)91875-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(51)91875-2)



2025. Номер 12, С. 66 – 73.

Отримано: 23.09.2025 Прийнято: 02.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.05

UDC 619:616.233-002:636.8(477.63)

DEVELOPMENT OF A SCHEME OF TREATMENT MEASURES FOR COMPLEX RESPIRATORY DISEASES IN CATS

Y.V. Hlushchenko, A.M. Gontar, R.V. Severin, S.I. Simonenko, M.M. Savenko

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

E-mail: raisa.severin2018@gmail.com

Annotation: The article presents the results of a comparison of the therapeutic efficacy of two therapeutic regimens for complex respiratory diseases in cats. The etiology of complex respiratory diseases in cats is complex and can be caused by several viral and bacterial pathogens simultaneously. The most common co-infections are primary pathogens such as feline herpesvirus-1, feline calicivirus, *Bordetella bronchiseptica*, *Chlamydia felis*, and *Mycoplasma felis*. The presence of co-infections may result in more severe clinical signs than infections caused by a single pathogen. Most researchers report the difficulty of treating associated respiratory diseases in cats. The aim of our study was to compare therapeutic regimens using specific serum and the primary use of agents that affect the viral pathogen and the immune system in the treatment of respiratory co-infections in cats. The study involved 12 cats aged 4-8 months, which were treated at the veterinary clinic in Apostolovo, Dnipropetrovsk region during 2025. The diagnosis of viral respiratory infections was confirmed by standard rapid tests based on immunochromatography. Bordetellosis was confirmed bacteriologically by examining oropharyngeal swabs and transnasal wash samples according to standard methods. One group of animals (n=6) received a treatment regimen without the use of immunostimulating and antiviral drugs. Animals of the control group (n=6) received immunostimulating drugs “Melavit” (manufacturer PJSC Ukrzoovetprompostach, Ukraine) and “Placestim” (manufacturer Vet Line, Ukraine). Also, the antiviral drug “Albuvir” (manufacturer NPP Agrovet, Ukraine) was added to the optimized treatment regimen. The primary use of an antiviral drug and immunomodulators in a comprehensive treatment regimen for respiratory co-infections in cats compared to the use of specific serum showed a higher therapeutic effect. In animals treated according to the developed scheme, clinical recovery occurred 10-12 days after the start of treatment. During this period, signs of purulent conjunctivitis were absent, breathing improved, and wheezing was not heard.

Key words: cats, epizootological monitoring, herpesvirus, calicivirus, bordetella, associated respiratory diseases, treatment.

РОЗРОБКА СХЕМИ ЛІКУВАЛЬНИХ ЗАХОДІВ ЗА КОМПЛЕКСНИХ РЕСПІРАТОРНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ КОТІВ

Я.В. Глушенко, А.М. Гонтарь, Р.В. Северин, С.І. Симоненко, М.М. Савенко

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

E-mail: raisa.severin2018@gmail.com

Анотація. У статті представлені результати порівняння лікувальної ефективності двох терапевтичних схем за комплексних респіраторних захворювань котів. Етіологія комплексних респіраторних захворювань котів є складною і може бути викликана кількома вірусними та бактерійними патогенами одночасно. Найчастіше за ко-інфекції реєструються такі первинні патогени, як котячий герпесвірус-1, котячий каліцивірус, *Bordetella bronchiseptica*, *Chlamydia felis* та *Mycoplasma felis*. Наявність ко-інфекцій може призвести до більш важких клінічних ознак порівняно з інфекціями, викликаними одним патогеном. Більшість дослідників повідомляють про складність лікування асоціативних респіраторних захворювань у котів. Завдання нашого дослідження полягало у порівнянні терапевтичних схем з використанням специфічної сироватки та першочерговим застосуванням засобів, які впливають на вірусний патоген та імунну систему при лікуванні респіраторних ко-інфекцій у котів. Дослідженню піддавали 12 котів віком 4-8 міс., яких лікували у ветеринарній клініці м. Апостолове Дніпропетровської області впродовж 2025 р. Діагноз на вірусні респіраторні інфекції підтверджували стандартними експрес-тестами на основі імунохроматографії. Бордетеліоз підтверджували бактеріологічним методом з дослідженням ротоглоткових мазків та зразків трансназальних змивів за стандартною методикою. Одна група тварин (n=6) отримувала схему лікування з використанням специфічної сироватки без застосування імуностимулюючих та противірусного препаратів. Тварини контрольної групи (n=6) отримували імуностимулюючі препарати «Мелавіт» (виробник ПРАТ Укрзооветпромстач, Україна) та «Плацестим» (виробник Вет Лайн, Україна). Також до оптимізованої лікувальної схеми додавали противірусний препарат «Альбувір» (виробник НПП Агровет, Україна). Першочергове застосування противірусного препарату та імуномодуляторів у комплексній схемі лікування респіраторних ко-інфекцій котів у порівнянні із застосуванням специфічної сироватки показало більш високий терапевтичний ефект. У тварин, яких лікували за розробленою схемою, клінічне одужання наставало через 10-12 діб після початку лікування. У цей період ознаки гнійних кон'юнктивітів були відсутні, поліпшувалося дихання, хрипи не прослуховувалися.

Ключові слова: *коти, епізоотологічний моніторинг, герпесвірус, каліцивірус, бордетели, асоційовані респіраторні захворювання, лікування.*

Вступ. *Актуальність теми.* Комплекс респіраторних захворювань котів (КРЗК) – поширений синдром у котів, який часто призводить до летальних наслідків (Helps et al., 2005; Cannon, 2023). Етіологія КРЗК є складною, так як кілька вірусних та бактерійних патогенів одночасно є причиною захворювання. КРЗК, як багатофакторна респіраторна патологія, поширена у всьому світі, особливо серед тварин, які живуть у притулках або в інших місцях тимчасового скупчення (Binns et al., 2000; Litster, 2021). У той же час, у науковій літературі інформація про роль ко-інфекцій у патогенезі КРЗК та їх поширеність висвітлено недостатньо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кілька вірусів, бактерійних патогенів, а також стан загальної резистентності господаря та фактори навколишнього середовища можуть спричинювати та підтримувати КРЗК. Дані наукових публікацій засвідчують, що ко-інфекції відіграють провідну роль у загостренні захворювання (Vekšins, 2022; Cannon, 2023). До найчастіше зареєстрованих первинних патогенів, що викликають клінічні ознаки,

належать котячий герпесвірус-1, котячий каліцивірус, *Bordetella bronchiseptica*, *Chlamydia felis* та *Mycoplasma felis* (Helps et al., 2005; Berger et al., 2015; Dorn et al., 2017). Секвенування гена 16S рРНК показало, що ці первинні бактерійні патогени присутні в назальних секретах під час гострої інфекції (Xiao et al., 2023). Однак, вони також часто виявляються у клінічно здорових котів (Walter et al., 2020; Vekšins, 2022). Інфекція вірусом грипу А викликає респіраторні симптоми у більшості тварин, хоча вона рідко зустрічається у популяції котів у всьому світі. Однак, є повідомлення про окремі випадки грипу у котів, спричинені іншими вірусами грипу А (Frymus et al., 2021; Hofmann-Lehmann et al., 2022; Cannon, 2023). Про вторинні бактерійні інфекції, що викликаються *Pasteurella spp.*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus canis* та *S. equi subsp. zooepidemicus* або *Micrococcus spp.*, повідомлялося на підставі їх виявлення методами культивування (Dorn et al., 2017; Cannon, 2023). Крім того, на підставі секвенування гена 16S рРНК у котів з КРЗК часто підтверджувалася наявність *Moraxella*, *Bradyrhizobiaceae*, *Staphylococcus*, *Pasteurella*, *Chlamydia* та *Streptococcus* (Slaviero et al., 2021).

Типові клінічні ознаки, пов'язані з більшістю первинних збудників КРЗК, характеризуються серозними або слизово-гнійними виділеннями з очей та/або носа, чханням, кашлем, кон'юнктивітами та підщелепною лімфаденопатією (Helps et al., 2005; Arnold et al., 2022). Можуть виникати й більш серйозні клінічні ознаки, такі, як анорексія, зневоднення, втрата апетиту, лихоманка та задишка. Ознаки ерозій та виразок слизових поверхонь зазвичай пов'язані з інфекцією FCV та FeHV-1, а тяжкі системні ознаки, що уражають нижні дихальні шляхи, такі як пневмонія, анорексія, депресія та лихоманка, можуть спричинити тяжкі, включаючи летальні випадки, особливо у молодих тварин (Litster, 2021; Hofmann-Lehmann et al., 2022). Нашарування прояву клінічних ознак між інфекційними агентами може створювати труднощі для діагностики конкретних патогенів. Інфекція первинним патогеном може передувати вторинній зміні в структурі мікробіому через зміну захисних механізмів та порушення складу мікробного біоценозу. Це може дозволити іншим агентам інфікувати тканини дихальних шляхів (Barrs et al., 2020; Chaintoutis et al., 2022). Наявність ко-інфекцій може призвести до більш важких клінічних ознак порівняно з інфекціями, викликаними одним патогеном, однак роль ко-інфекцій у розвитку патологічних процесів респіраторного тракту залишається неясною (Walter et al., 2020; Xiao et al., 2023).

Метою роботи було проаналізувати ефективність схеми лікування котів за комплексних респіраторних захворювань з використанням противірусного та імуномодулюючих препаратів.

Завдання дослідження полягало у порівнянні терапевтичних схем з використанням специфічної сироватки та першочерговим застосуванням засобів, які впливають на вірусний патоген та імунну систему при лікуванні асоційованих респіраторних інфекцій у котів.

Матеріал і методи досліджень. Матеріал для вірусологічних та бактеріологічних досліджень був відібраний від котів з клінічними ознаками ураження верхніх дихальних шляхів. Дослідженню піддавали 12 котів віком 4-8 міс., яких доставляли власники у ветеринарну клініку м. Апостолове Дніпропетровської області впродовж 2025 р.

Діагноз на захворювання встановлювали комплексним методом, що включав збір анамнезу, аналіз прояву клінічних ознак та виконання лабораторних досліджень. Для підтвердження лабораторного діагнозу на вірусні захворювання у котів використовували швидкі імуно-хроматографічні тести (FHV Ag) виробництва ASAN PHARM (Китай) або ZRbio (Китай). Тести забезпечували на 95 % точність та специфічність. Для виявлення специфічних антитіл до герпес- та каліцивірусу застосовували імуно-ферментний аналіз з використанням безприладної тест-системи *Immuno Comb Feline Vacci Check* виробництва компанії Biogal, Ізраїль. Основним середовищем для виділення *B. bronchiseptica* було середовище *Regan-Lowe* (вугільно-кров'яний агар). Як інгібітор, використовували цефалексин, який пригнічує ріст супутньої мікрофлори респіраторних шляхів. Інші

бактерійні збудники виділяли бактеріологічним методом згідно загально прийнятої методики. Для дослідів було сформовано дві дослідні групи котів (n=6) віком 4-8 міс. за принципом пар-аналогів, для яких використовували базову схему лікування та розроблену. Розроблена лікувальна схема відрізнялася відсутністю застосування специфічної сироватки «Cat-protect-4» проти збудників панлейкопенії, інфекційного ринотрахеїту, каліцивірозу і хламідіозу. У запропоновану лікувальну схему включали антивірусний препарат та два імуномодулятора. У досліді використовували пробіотичну добавку для котів PRO PLAN® FortiFlora® (ФорміФлора).

Результати досліджень та їх обговорення. Аналіз епізоотологічного моніторингу дозволив встановити, що комплексні респіраторні захворювання котів за різних способів їх утримання в умовах м. Апостолове впродовж останніх двох років реєструються постійно на рівні 34,75 % випадків. Впродовж 2025 р. реєструвалися такі ко-інфекції, як інфекційний ринотрахеїт + бордетеліоз; каліцивіроз + бордетеліоз; панлейкопенія + бордетеліоз; хламідіоз + бордетеліоз; інфекційний ринотрахеїт + хламідіоз; каліцивіроз + пастерельоз. Структура асоційованих респіраторних інфекцій наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Нозологічний профіль асоційованих коінфекцій у котів

№ з/п	Асоціації збудників	Кількість (%)
1	Бордетеліоз	14,5
1	Інфекційний ринотрахеїт+бордетеліоз	26,5
2	Каліцивіроз+бордетеліоз	20,5
3	Панлейкопенія+бордетеліоз	11,5
4	Хламідіоз+бордетеліоз	5,5
5	Інші асоціації	21,5
6	Разом	100

Як свідчать дані табл. 1, найчастіше бордетеліоз реєструвався в асоціації з інфекційним ринотрахеїтом та каліцивірусною інфекцією (26,5 % та 20,5 % відповідно). Також наявність бордетел підтверджували за панлейкопенії (11,5 %) та хламідіозу (5,5 %). Інші асоціації інфекцій становили 21,5 % від усіх випадків інфекційних хвороб. Бордетеліоз, як моноінфекція, підтверджувався на рівні 14,5 %. Отримані нами результати узгоджуються з даними, отриманими Helps et al. (2005), Walter et al. (2020), Xiao et al. (2023). У наукових публікаціях зазначається, що респіраторні віруси здатні до частих мутацій. Такі зміни вірусних патогенів зумовлюють появу інших варіантів, які володіють широким спектром вірулентності, антигенних та імуногенних особливостей (Litster, 2021; Palombieri et al., 2022). Мутаційна мінливість респіраторних вірусів забезпечує різноманітність респіраторного симптомокомплексу. Вона характеризується як безсимптомним перебігом, так і ураженням слизових оболонок ротової порожнини і очей, верхніх відділів респіраторних органів з різним ступенем тяжкості, аж до системної інфекції з летальністю до 22,0 % (Berger et al., 2015; Slaviero et al., 2021). Практикуючі ветеринарні лікарі зазначають, що у лікуванні респіраторних ко-інфекцій у котів необхідно передбачати використання широкої категорії засобів підтримуючої терапії, противірусних засобів і додаткової терапії (Koresny et al., 2020; Hlushchenko et al., 2024).

У процесі нашої роботи лікуванню було піддано 12 хворих котів віком від 4 до 8 міс. Тварини першої групи лікували за основною базовою схемою ветеринарної клініки, тварин другої групи лікували за розробленою оновленою схемою. Перелік та способи застосування лікарських засобів різних терапевтичних схем наведено у табл. 2.

Згідно плану досліджень, хворих тварин було розділено на 2 групи по 6 тварин у кожній. Перша група тварин отримувала схему лікування без застосування імуностимулюючих та противірусного препаратів. Щодо тварин другої групи, то вони отримували імуностимулюючі препарати «Мелавіт» (виробник ПРАТ Укрзоветпромполіс, Україна) та «Плацестим» (виробник Вет Лайн, Україна).

Таблиця 2

Схеми лікування котів, хворих на респіраторні ко-інфекції

Препарати	1 група (контрольна), n=6	2 група (дослідна), n=6
Препарат «Cat-protect-4»	Підшкірно по 1 см ³ триразово з інтервалом 12-24 години	Не застосовували
Противірусний засіб Альбувір	Не застосовували	Внутрішньо із розрахунку 2 см ³ на хвору тварину двічі на день впродовж 5-ти днів
Імуностимулюючий препарат «Плацестим»	Не застосовували	Внутрішньом'язово в дозі 0,5 174 см ³ /кг живої маси 2 рази на добу впродовж семи діб.
Азитроміцин	Азитроміцин 10% застосовували один раз на 72-96 годин внутрішньом'язово: котам при лікуванні інфекцій змішаної етіології в дозі 1 см ³ на 10 кг маси тіла (10 мг/кг за діючою речовиною)	Азитроміцин 10% застосовували один раз на 72-96 годин внутрішньом'язово: котам при лікуванні інфекцій змішаної етіології в дозі 1 см ³ на 10 кг маси тіла (10 мг/кг за діючою речовиною)
Ветом	Для котів використовується для нормалізації мікрофлори, зміцнення імунітету та покращення травлення. Застосовувати препарат можна індивідуально, змішуючи його з кормом або водою, або ректально після очисної клізми. Для дорослої тварини стандартна доза – 2 рази на день по 50 мг/кг маси тіла з інтервалом 8–10 годин. Курс – 20–22 дні	Для нормалізації мікрофлори: 2 рази на день по 50 мг/кг маси тіла з інтервалом 8–10 годин. Курс – 20–22 дні. Для корекції імунодефіцитних станів: 1–2 рази на день по 50 мг/кг маси тіла протягом 5–10 днів. При тяжкому перебігу хвороби: можна збільшити кратність введення до 4 разів на добу з інтервалом 6 годин
Мелавіт	Не застосовували	1 раз на добу, 5 діб поспіль по 1 мл, внутрішньом'язово
Гепатолік	Препарат застосовують перорально, індивідуально з невеликою кількістю корму або вводять примусово за допомогою шприца-дозатора 2-3 рази на день протягом 3-5 тижнів	2 см ³ добова доза 6 діб підряд
PRO PLAN® FortiFlora® (ФортіФлора)	Доза для кота – 1 пакет FortiFlora в день	Доза для кота – 1 (1 грам) пакет FortiFlora в день
Цифлодекс	1-2 краплі 2-4 рази на добу	1-2 краплі 2-4 рази на добу

Також до оптимізованої лікувальної схеми додавали противірусний препарат «Альбувір» (виробник НПП Агровет, Україна). При клінічному спостереженні за хворими котами на першу добу лікування симптоми респіраторних ко-інфекцій у двох групах зберігалися. На 4-ту добу лікування у трьох тварин 2-ї групи зникали клінічні ознаки кон'юнктивіту. Загальний стан тварин був задовільний, лише у деяких відмічали риніт. Щодо хворих тварин 1-ї контрольної групи, то у двох котів на 4 добу відмічалися хрипи в грудній порожнині і загальний клінічний стан був незмінним. В цій групі котів покращення у вигляді зникнення клінічних ознак кон'юнктивіту та кашлю спостерігалось лише на 7

добу лікування серед трьох тварин. У котів 2-ї групи на 10-12 добу нами клінічних ознак захворювання виявлено не було.

Лікування котів 1-ї групи із застосуванням базової схеми тривало впродовж 21 дня. У більшості тварин поліпшення клінічного стану виявляли на 15–16 добу після початку лікування. Всього біло виліковано 5 тварин (86,0 %), так як у одного кошеняти внаслідок пізнього звернення із важкими ознаками гнійного увеїту та склериту залишилась сліпота. Тварини, яких лікували за розробленою нами схемою, клінічне одужання наставало через 10-12 діб від початку лікування. У цей період клінічні ознаки були відсутні, поліпшувалося дихання, хрипи не прослуховувалися. Під час лікування випадків гострих реакцій шлунково-кишкового тракту, дихальної чи серцево-судинної систем на введення лікувальних препаратів не виявляли.

Про складність лікування асоціативних респіраторних захворювань у котів повідомляє низка дослідників (Kadlec & Schwarz, 2018; Arnold et al., 2022; Hlushchenko et al., 2024). Необхідно зазначити, що на ринку ветеринарних препаратів запропоновано велику кількість засобів, які пригнічують патогенні мікроорганізми, але при лікуванні ко-інфекцій особливого значення повинна мати пряма імуностимуляція організму (Berger et al., 2015; Singleton et al., 2017). Отримані нами результати співпадають з висновками Helps et al. (2005), Kadlec & Schwarz (2018), Коресну et al. (2020) про те, що застосування імуностимулюючих препаратів повинно здійснюватись лише у поєднанні з протівірусними та антибактеріальними засобами. Науковий і практичний інтерес представляють комплексні препарати, що блокують або гальмують репродукцію вірусів і бактерій, які стимулюють імунну систему тварин (Коресну et al., 2020; Vekšins, 2022). Суттєвими помилками у терапевтичній стратегії лікування можуть бути намагання призначити в першу чергу препарати, дія яких не орієнтована на постраждалі клітини лімфогемопоезу (кістковий мозок, лімфовузли, тимус) (Helps et al., 2005; Litster, 2021). Нерідко призначені специфічні сироватки виявляються неефективними через запізніле застосування на фоні бурхливого розвитку патологічного процесу. Як зазначається у висновках фахівців, у більшості випадків власники домашніх тварин звертаються у ветеринарні установи іноді із запізненням в період маніфестного прояву клінічних ознак респіраторних ко-інфекцій (Walter et al., 2020; Slaviero et al., 2021). Максимальну ефективність терапевтичного контролю, спрямованого на позитивний результат, забезпечує рання та вчасна діагностика з наступним науково-обґрунтованим супроводом лікування асоційованих респіраторних інфекцій котів (Dorn et al., 2017; Yin et al., 2019; Cannon, 2023).

Підсумовуючи, необхідно зазначити, що запорукою правильного підходу щодо лікування респіраторних ко-інфекцій у котів повинна бути продумана терапевтична схема з використанням засобів, що корегують і стимулюють власні сили організму, а також відновлюють складові імунітету для специфічної антивірусної відповіді.

Висновки

1. Першочергове застосування протівірусного препарату та імуномодуляторів у комплексній схемі лікування респіраторних ко-інфекцій котів у порівнянні із застосуванням специфічної сироватки показало більш високий терапевтичний ефект.

2. У тварин, яких лікували за розробленою схемою, клінічне одужання наставало через 10-12 діб після початку лікування. У цей період ознаки гнійних кон'юнктивітів були відсутні, поліпшувалося дихання, хрипи не прослуховувалися.

3. Результати проведеного дослідження показали, що лікування КРЗК повинно бути комплексним. При цьому необхідно застосовувати не лише вірусні та протимікробні засоби загальної та місцевої дії, але й враховувати імунний статус тварин.

Зважаючи на отримані результати, актуальним напрямом наукових досліджень є розробка альтернативних імуностимулюючих засобів, наприклад на основі рослинних препаратів.

References

- Arnold, H. K., Hanselmann, R., Duke, S. M., Sharpton, T. J. & Beechler, B. R. (2022). Chronic clinical signs of upper respiratory tract disease associate with gut and respiratory microbiomes in a cohort of domestic felines. *PLoS One*, 17(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268730>
- Barrs, V.R., Peiris, M., Tam, K.W.S., Law, P.Y.T., Brackman, C.J., & To, E.M.W. (2020). SARS-CoV-2 in quarantined domestic cats from COVID-19 households or close contacts, Hong Kong, China. *Emerging Infectious Diseases*, 26, 3071–3074. <https://doi.org/10.3201/eid2612.202786>
- Berger, A., Willi, B., Meli, M. L., Boretti, F. S., Hartnack, S., Dreyfus, A., Lutz, H. & Hofmann-Lehmann, R. (2015). Feline calicivirus and other respiratory pathogens in cats with Feline calicivirus-related symptoms and in clinically healthy cats in Switzerland. *BMC Veterinary Research*, 11, 282. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0595-2>
- Binns, S. H., Dawson, S., Speakman, A. J., Cuevas, L. E., Hart, C. A., Gaskell, C.J., Morgan, K. L., & Gaskell, R. M. (2000). A study of feline upper respiratory tract disease with reference to prevalence and risk factors for infection with feline calicivirus and feline herpesvirus. *Journal of feline medicine and surgery*, 2(3), 123–133. <https://doi.org/10.1053/jfms.2000.0084>.
- Cannon, M. (2023). Feline respiratory disease. Part 1: common causes and reaching a diagnosis. *In Practice*. 45, 132–141. <https://doi.org/10.1002/inpr.300>
- Chaintoutis, S. C., Siarkou, V. I., Mylonakis, M. E., Kazakos, G. M., Skeva, P. N., & Bampali, M. (2022). Limited cross-species transmission and absence of mutations associated with SARS-CoV-2 adaptation in cats: A case study of infection in a small household setting. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69, 1606–1616. <https://doi.org/10.1111/tbed.14132>
- Dorn, E. S., Tress, B., Suchodolski, J. S., Nisar, T., Ravindran, P., Weber, K., Hartmann, K., & Schulz, B. S (2017). Bacterial microbiome in the nose of healthy cats and in cats with nasal disease. *PLoS One*, 12 (6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180299>
- Frymus, T., Belák, S., Egberink, H., Hofmann-Lehmann, R., Marsilio, F., & Addie, D. D. (2021). Influenza virus infections in cats. *Viruses*, 13, 1435. <https://doi.org/10.3390/v13081435>
- Helps, C. R., Lait, P., Damhuis, A., Björnehammar, U., Bolta, D., Brovida, C., & Graat, E. A. (2005). Factors associated with upper respiratory tract disease caused by feline herpesvirus, feline calicivirus, *Chlamydomphila felis* and *Bordetella bronchiseptica* in cats: experience from 218 European catteries. *The Veterinary Record*, 156 (21), 669–673. <https://doi.org/10.1136/vr.156.21.669>
- Hlushchenko, Y., Hontar, A., Severyn, R., Symonenko S., & Shtager, H. (2024). Effectiveness comparison of treatment of feline associated *Bordetella bronchiseptica* infection with the immunostimulants. *One Health Journal*, 2(IV), 13–19. <https://doi.org/10.31073/onehealthjournal2024-IV-02> [In Ukrainian]
- Hofmann-Lehmann, R., Hosie, M. J., Hartmann, K., Egberink, H., Truyen, U., & Tasker, S. (2022). Calicivirus Infection in Cats. *Viruses*, 14, 937. <https://doi.org/10.3390/v14050937>
- Kadlec, K. & Schwarz, S. (2018). Antimicrobial Resistance in *Bordetella bronchiseptica*. *Microbiology Spectrum*, 6, 111. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.arba-0024-2017>
- Kopecný, L., Maggs, D. J., Leutenegger, C. M., & Johnson, L. R. (2020). Effects of famciclovir in cats with spontaneous acute upper respiratory tract disease. *Journal of Feline Medicine & Surgery*, 22(6), 492–499. <https://doi.org/10.1177/1098612x19857587>
- Litster, A. (2021). Feline infectious respiratory disease. *Infectious Disease Management in Animal Shelters*, 289–320. <https://doi.org/10.1177/1098612X231153051>
- Palombieri, A., di Profio, F., Fruci, P., Sarchese, V., Martella, V., Marsilio, F., & di Martino, B. (2022). Emerging respiratory viruses of cats. *Viruses*, 14 (4), 663. <https://doi.org/10.3390/v14040663>
- Singleton, D. A., Sánchez-Vizcaíno, F., Dawson, S., Jones, P. H., Noble, P. J. M., Pinchbeck, G. L., Williams, N. J., & Radford, A. D. (2017). Patterns of antimicrobial agent prescription in a sentinel population of canine and feline veterinary practices in the United Kingdom. *Veterinary Journal*, 224, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2017.03.010>
- Slaviero, M., Ehlers, L. P., Argenta, F. F, Savi, C., Lopes, B. C., & Pavarini, S. P. (2021). Causes and lesions of fatal pneumonia in domestic cats. *Journal of Comparative Pathology*, 189, 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2021.09.005>
- Vekšins, A. (2022). Feline upper respiratory tract disease – Computed tomography and laboratory diagnostic. *Veterinary World*, 15(7), 1880–1886. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.1880-1886>

- Walter, J., Foley, P., Yason, C., Vanderstichel, R. & Muckle, A. (2020). Prevalence of feline herpesvirus-1, feline calicivirus, *Chlamydia felis*, and *Bordetella bronchiseptica* in a population of shelter cats on Prince Edward Island. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 84(3), 181–188. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7301681/>
- Xiao, X., Hao, X., Chen, B., Zhou, P. & Li, S. (2023). Two multiplex pcr methods for detecting several pathogens associated with feline respiratory and intestinal tracts. *Veterinary Sciences*, 10 (1), 14. <https://doi.org/10.3390/vetsci10010014>
- Yin, M., Zhang, Y., & Li, H. (2019). Advances in research on immunoregulation of macrophages by plant polysaccharides. *Frontiers in Immunology*, 10, 145. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.00145>



2025. Номер 12, С. 74 – 87.

Отримано: 18.09.2025 Прийнято: 02.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.06

UDC: 636.5.09:578.834.1

**MODERN CLASSIFICATION, CHARACTERIZATION, AND DISTRIBUTION
OF INFECTIOUS BRONCHITIS VIRUS (IBV) STRAINS IN THE WORLD
AND IN UKRAINE**
(review)

A.V. Zhukovska

V. Dahl Eastern Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine

E-mail: asp-211-22-432@snu.edu.ua

Supervisor – PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor **L.I. Parkhomenko**

Annotation. Avian infectious bronchitis virus (IBV) is one of the most prevalent viral diseases in industrial poultry farming and is characterized by high genetic variability of the pathogen. Due to its ability to rapidly mutate and recombine, the virus constantly generates new genetic variants, complicating diagnosis, prevention, epizootic control, and classification. Representatives of different IBV genotypes are important in veterinary virology, vaccination strategies, and epidemiological monitoring. The aim of this review article is to describe the classification of IBV genetic lineages based on genetic and phylogenetic studies, to examine the global and Ukrainian distribution of the main genotypes, and to substantiate the need for monitoring circulating strains in poultry farms.

The study systematizes data on known IBV lineages, including the newly identified genotypes GVII, GVIII, and GIX. Current data indicate that IBV strains are classified into nine major genotypes (GI–GIX), comprising a total of 41 genetic lineages. The largest genotype, GI, includes 31 lineages, while others such as GII, GIII, and GIV are represented by one or two lineages each. Literature analysis revealed that the most widespread genetic lineages are Massachusetts (GI-1), 793B (GI-13), QX (GI-19), and Variant 2 (GI-23), which dominate in different regions of the world. In Ukraine, the circulation of strains 4/91 (793B), Variant 2, QX, Mass, and D274 has been confirmed. The article highlights the considerable genetic variability of IBV and its global distribution.

The implementation of an IBV monitoring and control system is essential for effective disease prevention and minimizing economic losses.

Key words: IBV, genetic lineages, strains, monitoring, infectious bronchitis of chickens.

СУЧАСНА КЛАСИФІКАЦІЯ, ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ПОШИРЕННЯ ШТАМІВ ВІРУСУ ІНФЕКЦІЙНОГО БРОНХІТУ ПТИЦІ (IBV) У СВІТІ ТА В УКРАЇНІ (оглядова стаття)

А.В. Жуковська

Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, м. Київ, Україна

E-mail: asp-211-22-432@snu.edu.ua

Науковий керівник – кандидат ветеринарних наук, доцент **Л.І. Пархоменко**

Анотація. Інфекційний бронхіт курей (*Bronchitis infectiosa*) – одне з найпоширеніших вірусних захворювань у промисловому птахівництві, що характеризується високою генетичною варіабельністю збудника даного захворювання. Завдяки здатності до швидких мутацій і рекомбінацій вірус інфекційного бронхіту птиці (IBV) постійно створює нові генетичні варіанти, що ускладнює діагностику, профілактику та епізоотичний контроль та їх класифікацію. Представники різних генотипів вірусу мають значення у ветеринарній вірусології, вакцинопрофілактиці та епізоотологічному моніторингу. Метою статті є характеристика сучасної класифікації генетичних ліній IBV на основі генетичних і філогенетичних досліджень, аналіз поширення основних генотипів у світі та в Україні, а також пояснення важливості моніторингу циркулюючих штамів. У статті узагальнені й систематизовані дані про відомі лінії вірусу інфекційного бронхіту курей, включаючи нові генотипи GVII, GVIII та GIX. В Україні зафіксовано циркуляцію штамів 4/91 (793B), Variant 2, QX, Mass та D274. Встановлено значну генетичну варіабельність IBV та його глобальне поширення. Впровадження системи моніторингу та контролю за IBV є необхідним для ефективної профілактики захворювання та мінімізації економічних збитків.

Ключові слова: IBV, генетичні лінії, штами, моніторинг, інфекційний бронхіт курей.

Вступ. Вірус інфекційного бронхіту птиці (*Infectious Bronchitis Virus, IBV*) є одним із найбільш поширених та економічно значущих патогенів у птахівництві (Abro et al., 2012). Захворювання, викликане IBV, відоме як інфекційний бронхіт курей (ІБК), вражає дихальну, сечостатеву системи та спричиняє зниження продуктивності птиці (Hoeg et al., 2021). Це найпоширеніша коронавірусна хвороба курей, що вражає всі вікові групи (Zhao et al., 2023). IBV швидко поширюється в уражених стадах. Передача відбувається переважно повітряно-крапельним шляхом, але контактний шлях передачі також відіграє важливу епізоотологічну роль (Cook et al., 1999). IBV також характеризується високою генетичною мінливістю (Legnardi et al., 2020) і, відповідно, великою варіабельністю штамів, яка ускладнює створення вакцин, здатних забезпечити крос-протекцію між польовими штамми та вакцинними варіантами (Bande et al., 2015). Тому захист від IBV залишається складним завданням для ветеринарної медицини (Гавриленко, 2015). Ця проблема є актуальною як для господарств, так і для виробників вакцин, особливо в регіонах із різноманіттям циркулюючих штамів. Таким чином, IBV продовжуватиме становити проблему для здоров'я птиці в майбутньому, і його викорінення на даний момент виглядає нереальним (de Wil et al., 2021). Саме тому проведення моніторингу та контролю за IBV для своєчасного виявлення змін у складі циркулюючих штамів вірусу є необхідними для сталого розвитку птахівництва і захисту поголів'я від ІБК (Tegegne et al., 2020). Генетичний аналіз дозволяє не лише класифікувати нові варіанти, але й розробляти адаптовані стратегії профілактики, що знижує ризик економічних втрат у птахівництві та сприяє ефективному контролю захворювання.

Мета роботи. Опис сучасної класифікації штамів різних генетичних ліній IBV, дослідження їх поширення в світі та в Україні на основі літературних даних, а також обґрунтування доцільності моніторингу циркулюючих штамів.

Завдання дослідження:

1. Навести сучасну класифікацію та характеристики основних штамів IBV на основі генетичних особливостей вірусу.
2. Визначити поширеність генетичних ліній та штамів IBV в країнах світу та Україні на основі літературних даних.
3. Обґрунтувати доцільність проведення моніторингу та контролю за IBV для виявлення змін у штамовому складі вірусу.

Результати досліджень та їх обговорення. *Генетичні та молекулярні особливості вірусу інфекційного бронхіту птиці.* IBV – оболонковий одноланцюговий РНК-вмісний вірус із роду *Gammacoronavirus*. Геном IBV кодує чотири структурні білки – шип (S), оболонку (E), мембрану (M), нуклеокапсид (N) та низку неструктурних білків, які забезпечують його патогенність і взаємодію з клітинами хазяїна (Jackwood & de Wit, 2020). Геном IBV характеризується високою варіабельністю, обумовленою мутаціями (вставки, делеції, точкові зміни) і рекомбінаціями, що є основним механізмом еволюції вірусу (Hewson et al., 2011; Jackwood et al., 2012; Hewson et al., 2014). Це спричиняє появу нових штамів, що створює постійну необхідність у моніторингу епізоотичної ситуації в країні та світі (Tegegne et al., 2020; Zhao et al., 2023). Також генетична мінливість може впливати на антигенність вакцин та імунну відповідь організму (Jung et al., 2022). Важливим компонентом у структурі вірусу є S-протеїн, який утворює виступи на поверхні віріону. Під дією фуринових протеаз S-протеїн розщеплюється на дві субодиниці – S1 і S2. Субодиниця S1 забезпечує прикріплення вірусу до рецепторів епітеліальних клітин і злиття з їх мембраною. Через високу варіабельність саме ця субодиниця є основою для класифікації штамів IBV (Abdel-Moneim, 2016). Субодиниця S2 бере участь у процесі злиття з мембраною, а її мутації можуть призводити до утворення S2'-фуринового сайту, що збільшує вірулентність і спричиняє нейротропні ефекти (Cheng et al., 2019).

Крім структурних білків, IBV кодує неструктурні білки, які відіграють важливу роль у блокуванні імунної відповіді, реорганізації мембран та стимулюванні утворення аутофагосом (Shen et al., 2025). Це сприяє підвищенню резистентності вірусу до імунних механізмів хазяїна та розвитку вторинних бактеріальних інфекцій (Gallardo 2021; Peng et al., 2022; Ghetas et al., 2025).

Класифікація штамів IBV базується на аналізі повної послідовності гена S1, що відповідає за антигенні властивості вірусу (Infectious Bronchitis disease: serotypes & protectotypes IB, n.d.). Ізоляти класифікують на різні серотипи на основі тесту вірусної нейтралізації, проведеного на курячих ембріонах або культурах тканин трахеї (Seger et al., 2016). Ідентифікація ізолятів також можлива за допомогою молекулярних методів, зокрема полімеразної ланцюгової реакції в реальному часі (РЧ-ПЛР, RT-PCR), аналізу рестрикційних фрагментів (RFLP) або секвенування нуклеотидних послідовностей, що дозволяє визначати генетичну приналежність штамів (Zhao et al., 2025). Хоча серотипування та генотипування не завжди формують ідентичні групи ізолятів, між цими методами існує загальна кореляція (Cortés et al., 2022).

З моменту початкової ідентифікації IBV у 1931 році, останні дослідження класифікували ізоляти IBV на 9 основних генотипів (GI–GIX) і 41 лінію на основі гена S1: від GI-1 до GI-31, GII-1, GII-2 і GIII-1 до GIX-1 (Kim et al., 2025; Kilany et al., 2025). Зокрема, найбільший генотип GI містить 31 лінію, тоді як інші генотипи, такі як GII, GIII, GIV тощо, представлені однією-двома лініями кожен (Valastro et al., 2016; Rafique et al., 2024). Хоча більшість країн мають унікальні внутрішні штами, деякі лінії, такі як GI-1, GI-13, GI-16 і GI-19, поширені в усьому світі (Valastro et al., 2016; Alhafufi et al., 2025; El Nemr et al., 2025).

Визначення нових ліній. Щоб класифікувати нову генетичну лінію IBV на основі гена S1, потрібно виконати дві основні умови: по-перше, необхідно, щоб вона утворювала

статистично підтверджений кластер, що можна встановити за методами бутстрепової підтримки (Soltis & Soltis, 2003) або апостеріорної ймовірності (Huelsensbeck & Rannala, 2004), по-друге, монофілетичні кластери мають складатися з щонайменше трьох ізолятів, отриманих з двох і більше незалежних спалахів. Для цього нуклеотидна послідовність нової лінії має мати понад 13 % генетичної відмінності від інших ліній (Valastro et al., 2016). У різних штаммах існують різні мутації, включаючи інсерції, делеції, точкові мутації та рекомбінації. Наглядна класифікація і характеристика основних штамів наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика деяких штамів IBV різних генетичних ліній

Гено-тип	Лінія	Серотип	Штам	Патогенність	Тропізм	Частина світу	Номер і автор у GenBank ¹
G-I	GI-1	Beaudette	Beaudette	Низька	Нервова система, травна система, респіраторна система	Америка, Європа, Африка, Азія	MK550892.1 Boursnell et al., 1984
		Massachusetts	H-120	Висока	Респіраторна система, репродуктивна система, селезінка, сумка Фабриція	Америка, Європа, Африка, Азія	JN600610.1 Pereira et al., 2016
			M41				AY561711.1 Mondal & Cardona, 2004
			Ma5				OP433640.1 Umali et al., 2022
			PR03		Репродуктивна система, нирки	Південна Америка	GQ169241.1 Montassier et al., 2009
	GI-2	Holte	Holte /Holte/54	Середня	Респіраторна система	Америка	GU393336.1 Thor et al., 2011
	GI-3	Gray	Gray	Середня	Респіраторна система	Америка	L14069.1 Kwon & Jackwood, 1995
		Holte/ Iowa-97	IBV/ck/ME X/2960/21	Висока	Респіраторна система, репродуктивна система	Америка	OM912707.1 Kariithi et al., 2022
	GI-4	Holte	Holte	Середня	Респіраторна система	Америка	L18988.1 Wang & Collisson, 1995
	GI-5	C	N1/62	Висока	Нирки	Австралія	U29522.1 Sapats et al., 1996
	GI-6	Q1-like	Q1/73	Середня	Нирки	Австралія	DQ490209.1 Mardani et al., 2008
		B	Vic/S	Низька	Нирки, респіраторна система, репродуктивна система	Австралія	U29519.1 Sapats et al., 1996
		H.v.	V2-71	Низька	Нирки		DQ490216.1 Mardani et al., 2006

	GI-7	TW-Like	TW2296/95 vac	Висока	Трахея, легені, нирки, сумка Фабриція	Азія	MN128086.1 Tsai et al., 2020
		TW-Like	TP/64	Н.в.	Репродуктивна система, респіраторна система	Азія	AY606320.1 Huang et al., 2004
	GI-8	L	L165	Н.в.	Н.в.	Америка	JQ964061.1 Mondal et al., 2013
	GI-9	Arkansas	ARK99	Висока	Респіраторна система	Америка	M99482.1 Wang et al., 1993
	GI-10	Н.в.	B	Н.в.	Респіраторна система	Європа, Азія	AF151954.1 McFarlane & Verma, 2008
	GI-11	Н.в.	UFMG/G	Н.в.	Н.в.	Америка	JX182775.1 Santos et al., 2012
	GI-12	D274	D3896	Середня	Респіраторна система	Європа, Азія, Африка	X52084.1 Koch & Kant, 1990
	GI-13	793B	4/91	Висока	Респіраторна система, нирки	Європа	AF093794.1 Callison et al., 2001
		Н.в.	Moroccan-G/83	Н.в.	Н.в.	Африка	EU914938.1 El-Houadfi et al., 1986
	GI-14	B1648	B1648	Н.в.	Респіраторна система, нирки	Америка, Європа, Африка	X87238.1 Shaw et al., 1996
	GI-15	Н.в.	B4	Н.в.	Респіраторна система, нирки, репродуктивна система	Азія	FJ807932.1 Lee et al., 2010
	GI-16	Н.в.	IZO 28/86	Н.в.	Респіраторна система, травна система, нирки	Америка, Європа, Африка	KJ941019.1 Sabelli et al., 2014
	GI-17	Pennsylvania	DMV/1639/11	Висока	Респіраторна система, нирки, репродуктивна система	Америка, Європа, Азія	KR232396.1 Jordan et al., 2015
	GI-18	Н.в.	JP8127	Н.в.	Н.в.	Азія	AY296744.1 Shieh et al., 2004
	GI-19	QX	D388	Висока	Шлунок, респіраторна система, нирки, репродуктивна система	Європа, Африка, Азія	DQ674739.1 Leurs et al., 2006
		Н.в.	Isolate 933	Н.в.	Н.в.	Азія	OR433086.1 Leow, 2024
		Н.в.	CK/CH/GX/LA/071423	Н.в.	Н.в.	Азія	PP516426.1 Ou & Chen, 2024

	GI-20	Н.в.	Qu_mv	Н.в.	Н.в.	Америка	AF349621.1 Smati et al., 2001
	GI-21	Н.в.	Spain/97/31 4	Висока	Н.в.	Європа	DQ064806.1 Dolz et al., 2008
	GI-22	YN	CK/CH/YN /X0420/201 9	Висока	Репродуктивна система	Азія	MT544413.1 Li et al., 2020
		Н.в.	40GDGZ- 97I	Н.в.	Н.в.	Азія	KC577382.1 Wang et al., 2013
	GI-23	Н.в.	EG/1212B- 2012	Висока	Респіраторна система, нирки	Африка	KU979007.1 Zanaty et al., 2016
		Variant 2	Variant 2	Висока	Нирки, репродуктивна система	Америка, Європа, Африка, Азія	AF093796.1 Callison et al., 2001
	GI-24	Н.в.	V13	Н.в.	Н.в.	Азія	KF757447.1 Reddy et al., 2013
	GI-25	Н.в.	CA/1737/0 4	Н.в.	Н.в.	Америка	EU925393.1 Wood et al., 2009
	GI-26	Н.в.	NGA/B401/ 2006	Н.в.	Н.в.	Африка	FN182243.1 Ducatez et al., 2009
	GI-27	Georgia 08	GA-08	Висока	Респіраторна система, нирки, репродуктивна система	Америка	GU301925.1 Jackwood et al., 2010
	GI-28	Н.в.	LGX/11111 9	Висока	Шлунок, респіраторна система, нирки	Азія	KX640829.1 Chen et al., 2016
	GI-29	Н.в.	I0111/14	Н.в.	Респіраторна система, нирки	Азія	KY407557.1 Jiang et al., 2016
	GI-30	Н.в.	Mex-07-1	Н.в.	Н.в.	Америка	ON470386.1 Mendoza- Gonzalez et al., 2022
	GI-31	Н.в.	D2334/11/2 /13/CI	Н.в.	Мигдалини сліпої кишки	Африка	MZ325299.1 Bali & Banyai, 2021
G-II	GII-1	D212	D1466	Середнь о-низька	Респіраторна система, репродуктивна система, селезінка, сумка Фабриція	Європа, Азія	M21971.1 Kuster et al., 1989
		Delaware	DE072	Н.в.	Н.в.	Америка	EU359658.1 Lee et al., 2001
	GII-2	D181	D181	Н.в.	Н.в.	Європа	MH325904.1 Wit de & Dijkman, 2018

G-III	GIII-1	Н.в.	V6/92	Низька	Н.в.	Австралія	DQ490219.1 Mardani et al., 2008
		Australian group 2	N1/08	Низька	Респіраторна система	Австралія	JN176213.1 Hewson et al., 2011
G-IV	GIV-1	GA98	GA/2787/98	Н.в.	Н.в.	Америка	AF274438.1 Lee et al., 2001
G-V	GV-1	Australian group 2	N1/03	Н.в.	Н.в.	Австралія	FJ235194.1 Hewson et al., 2009
G-VI	GVI-1	JX181	CK/CH/JX/2018/11	Висока	Респіраторна і репродуктивна система, селезінка, сумка Фабриціуса	Азія	OK309555.1 Zhang et al., 2021
G-VII	GVII-1	LX4	I0636/16 (CoV/ck/China/I0636/16)	Низька	Респіраторна система, нирки	Азія	MH397183.1 Xu et al., 2018
G-VIII	GVIII-1	Н.в.	PA/1220/98	Н.в.	Респіраторна система, нирки	Європа	AY789942.1 Ladman et al., 2004
		Н.в.	MEX-12	Н.в.	Н.в.	Америка	ON470391.1 Mendoza-Gonzalez et al., 2022
	GVIII-2	IB80	gCoV/Ck/PN/AC-19535/01/2021	Висока	Респіраторна система, нирки, сумка Фабриція, травна система	Європа	OM746679.1 Petzoldt et al., 2022
G-IX	GIX-1	Н.в.	Mex-14P	Н.в.	Н.в.	Америка	ON470393.1 Mendoza-Gonzalez et al., 2022
		Н.в.	Mex-56-7	Н.в.	Н.в.	Америка	ON470394.1 Mendoza-Gonzalez et al., 2022

* Н.в. – не визначено.

¹ – GenBank – публічно доступна база даних нуклеотидних послідовностей і супровідних анотацій для більш як 300 000 біологічних об'єктів.

Регіональна поширеність IBV. Дослідження джерел літератури показали, що поширеність штамів IBV значно варіює залежно від регіону:

1. Північна Америка:

- Найпоширенішими штамми у США є Georgia 08 (GA08), що належить до генотипу GI-27 та штам DMV1639 (GI-17). Також домінують штами Massachusetts, Arkansas (Ark99), Delaware (DE072). Хоча штам DMV1639 переважно реєструється в цій країні, були зафіксовані випадки його поширення за межі США (Jackwood & Jordan, 2021).

2. Азія та Близький Схід:

- У Китаї поширені п'ять генотипів, а домінує штам QX (GI-19), який становить 66,5 % усіх штамів, а новий штам GVI-1 – 27,7 %. Ці два генотипи є основними джерелами нових штамів IBV у країні, тоді як частка вакцинних штамів є незначною (Li et al., 2022; Meng et al., 2024).

- Генотип GI-23, який вперше був виявлений у Ізраїлі в 1998 році, поширився на п'ять континентів (Houta et al., 2021). Штами цієї лінії характеризуються високою вірулентністю, нефротропізмом та здатністю до між- та внутрішньогенотипової рекомбінації (Valastro et al., 2016).

3. Європа:

- Встановлено, що штами GI-23, які циркулювали майже 20 років лише на Близькому Сході, згодом поширилися і стали ензоотичними у Європі.
- У Західній Європі штам GII-1 (D1466) зустрічається рідко та обмежений цим регіоном (Cook et al., 1999). Водночас штами GI-13 (793B) і GI-19 (QX) є широко поширеними у Європі, Африці та Азії, але відсутні в США та Австралії (Tegegne et al., 2020).
- У східній Іспанії поширені штами 4/91, QX, Italy-02 і D274 (Infectious Bronchitis disease: variants in Europe, n.d.). Найпоширенішим є штам 4/91, тоді як QX домінує серед несучок із 100 % частотою, а Italy-02 та D274 зустрічаються у 14 % випадків (Cortes et al., 2022).
- У Швеції домінують штами QX, які замінили штами масачусетського типу 1990-х років. Було виявлено два нових ізоляти, отримані в результаті рекомбінації, з нуклеотидною послідовністю, що відхиляється на 1,7–2,4 % від D388/QX-подібної гілки, що вказує на появу нової лінії (Abro et al., 2012).
- Вперше встановлено наявність штамів GVIII-2 в Італії (Legnardi et al. 2024). Хоча ця знахідка є новою, вона не є абсолютною несподіванкою, оскільки Європа є континентом, де присутність цієї лінії була задокументована найкраще.

4. Східна Європа:

- У Польщі штами GI-23 зазнали рекомбінації з іншими гамма-коронавірусами (GI-1, GI-13 і G-19), що створило окрему гілку в еволюції вірусу. Нові штами циркулюють у комерційних стадах птиці, але джерело надходження вірусу залишається невідомим (Rafique et al., 2024).
- В Україні результати досліджень попередніх років вказують на циркуляцію різних серотипів IBV, серед яких найбільш поширеними варіантами були 793B, QX, Variant 2, Q1, SU, Kor 349, Kor 426 (Пархоменко & Жуковська, 2023). Крім цього, виділяють ензоотичні для країни ізоляти, що мають більше 20 % відмінностей від всіх представлених в GenBank (Масюк et al., 2018). Останні дослідження (Нечипуренко et al., 2024) показали, що наразі в Україні циркулюють штами 4/91, Variant 2, QX, Mas і D274, особливо у Хмельницькій, Рівненській та Львівській областях. Штами лінії GI-23, які раніше домінували лише на Близькому Сході, також присутні у регіоні.

Польові та вакцинні штами. Найбільш поширеним серед генотипів IBV є GI (Shah et al., 2025), до якого належить серотип Massachusetts (Mass), що включає класичні референтні штами Massachusetts 41 (M41), а також широко використовувані вакцинні штами H120 та H52 (de Wit et al., 2019; Pereira et al., 2019). Іншим важливим представником цього генотипу є серотип 793B, що включає штам 4/91 (CR88), який активно застосовується у вакцинопрофілактиці. Особливої уваги заслуговують серотипи QX (D388) та генетично близький до нього Q1, що належать до лінії GI-19 і характеризується високою нефропатогенністю, спричиняючи значні економічні збитки у промисловому птахівництві. Крім того, значний інтерес викликає штам Variant 2 (Israel/Variant 2/1998), лінія GI-23, який виник на Близькому Сході, звідки поширився на п'ять континентів і характеризується високою вірулентністю, нефротропізмом і нефропатогенністю (Finger et al., 2024). Ця лінія стала ензоотичною у багатьох країнах Європи та Азії (Li et al., 2022). Генотип II представлений штамом D1466, що циркулює переважно у країнах Західної Європи, тоді як до генотипу III належить Могоссан-G/83, зареєстрований у Північній Африці. У Тайвані домінують штами, які належать до генотипу IV (TW-like), серед яких виділяють TW-I, TW-II та TW-III (Yan et al., 2016). У Південній Америці відомий штам Brazil/IBV/B1648/1983,

який відноситься до генотипу V, тоді як у Японії поширений JP8127, що належить до генотипу VI. У США поширені такі штами, як Arkansas 99 (ARK99), GA-08 та GA98, у той час як у Європі зафіксовано циркуляцію DE072, D274 та D181 (de Wit et al., 2021; Brimer et al., 2024). Особливої уваги заслуговує DMV/1639, що відзначається високою нефропатогенністю та викликає серйозні економічні втрати у птахівництві Північної Америки.

В останні роки особливу увагу дослідників привертає генотип VII (GVII), що активно циркулює у країнах Східної Європи та Китаї. Він включає дві основні лінії: GVII-1, що містить ізоляти з Індонезії, та GVII-2, поширену серед східноєвропейських країн (Rautenschlein & Philipp, 2021). Крім того, у Європі та на Близькому Сході нещодавно було виявлено новий генотип VIII (GVIII), представлений штамом IB80 (GVIII-2), що є важливим об'єктом сучасних досліджень (de Wit et al., 2021). Про нього повідомлялося ще з 2015 року в Європі, на Близькому Сході та в Азії, але нещодавно IB80 було виявлено в комерційних стадах несучок і батьківських стадах бройлерів у Європі та за її межами, які часто демонструють серйозні падіння несучості (Petzoldt et al., 2022). Значна генетична відмінність GVIII від інших генотипів перешкоджає його виявленню багатьма загальноприйнятими тестами, що заважає розумінню його поширення та впливу. А декілька років тому (Mendoza-González et al., 2022) у Мексиці ідентифікували 2 дивергентні монофілетичні групи, які були описані як лінії нових генотипів (GVIII-1 і GIX-1). Було зауважено, що висока генетична різноманітність IBV у Мексиці є результатом спільної циркуляції різних ліній, що належать до різних генотипів.

Лабораторні штами. Окрім польових ізолятів, існує низка лабораторних та регіональних штамів, що відіграють важливу роль у дослідженні IBV. Наприклад, штам Beaudette, що характеризується зниженою патогенністю та нейротропізмом, використовується у наукових експериментах, але через низьку вірулентність, не є небезпечним у польових умовах (Legnardi et al., 2020).

Рекомбінантні штами. Часті події рекомбінації іноді створюють химерні віруси, які включають генетичні послідовності кількох інших штамів (Abro et al., 2012). Такі штами характеризуються унікальними властивостями, зокрема різним тропізмом (Lin & Chen, 2017; Rafique et al., 2024). Дослідження довели, що штам IBV під назвою CK/CH/MY/2020, який був виділений із південно-західного регіону Китаю, є продуктом рекомбінації, що походить від трьох живих ослаблених вакцинних штамів (H120, 4/91 і LDT3-A) і належить до генотипу GI-28 (Gong et al., 2022). Аналіз патогенності виявив, що рекомбінантний штам був більш вірулентним, ніж ослаблені вакцинні штами. Це дослідження виявило, що навіть за відсутності диких штамів, рекомбінація та повернення вірулентності кількох ослаблених вакцинних штамів може відбуватися одночасно, що також доводить безперервну еволюцію IBV (Bande et al., 2015).

Доцільність проведення моніторингу. На основі аналізу літературних даних встановлено, що IBV охоплює широкий спектр генотипів і ліній.

Регулярний моніторинг за допомогою сучасних методів молекулярної діагностики дозволяє ідентифікувати наявні штами IBV та виявляти нові, контролювати їхню циркуляцію в популяції птиці та простежувати механізми еволюції вірусу, включаючи міжштамові рекомбінації. А використання сучасних методів класифікації дозволяє точно описувати домінуючі генотипи IBV у різних регіонах, оцінювати вплив глобальної циркуляції вірусу на локальні популяції птиці та встановлювати взаємозв'язок між біологічними характеристиками штамів та їхньою спорідненістю.

Прогностичні дослідження є ключовим інструментом у боротьбі з ІБК. Вони передбачають систематичне секвенування геному IBV, зокрема, гена S1, який відповідає за антигенні властивості вірусу за допомогою методів RT-PCR та наступного аналізу послідовностей. Отримані дані використовуються для побудови філогенетичних дерев. Це дозволяє не лише ідентифікувати циркулюючі штами вірусу, але й передбачати його

мінливість, що критично важливо для ефективної профілактики та контролю захворювання (Ishag et al., 2025).

Аналіз літератури підтверджує значну генетичну варіабельність IBV та його глобальне поширення, що характеризує динамічність еволюції вірусу. Таким чином, сучасна епізоотична ситуація характеризується високою варіабельністю циркулюючих штамів IBV. Наявні дані підкреслюють необхідність регулярного молекулярного моніторингу та філогенетичного аналізу з метою вчасного виявлення змін у вірусному популяційному складі, запобігання поширенню нових варіантів та удосконалення вакцинних стратегій.

Тенденція змін штамів в Україні. Зважаючи на військовий стан та активні бойові дії, спричинені агресією російської федерації в Україні, інформація щодо поширеності IBV обмежена. Наявні дані дозволяють відстежити, що за останні 10 років на території України фіксувалося циркулювання як вакцинних, так і польових штамів IBV, при цьому спостерігалася поступова еволюція складу домінуючих генотипів. В 2008–2013 роках в різних регіонах в Україні, як і в багатьох інших країнах Європи, домінували штами типу Massachusetts (H120, M41, Ma5) (Пархоменко & Жуковська, 2023). У подальшому спостерігали поширення більш патогенних штамів – 4/91 (793B), QX, D274 та D880, а згодом і Variant 2, які викликали ураження не тільки дихальної, але й сечовидільної та репродуктивної системи. Це узгоджується з європейською ситуацією, де також домінують штами 4/91, QX і Mass, а Variant 2 поширився до України з Близького Сходу, що свідчить про подібні епізоотичні тенденції в регіоні. З 2018 року з'явилися повідомлення про нові штами: Italy 02, Kor 349, Kor 426, Q1, SU, які до того не реєструвались в Україні (Масюк et al., 2018). Це свідчить про поступове заміщення класичних штамів новими, більш патогенними та генетично віддаленими варіантами, що, пов'язано з міграцією вірусів із країн Азії та Європи (Valastro et al., 2016).

Останні дослідження (Нечипуренко et al., 2024) засвідчили, що штами 4/91, Var2, Qx, Mas та D274 залишаються стабільно присутніми в регіоні. Це вказує на потребу в подальшому дослідженні епізоотичної ситуації.

Пропозиції щодо подальших досліджень. Актуальним напрямком подальших досліджень є моніторинг циркуляції IBV в світі (в т.ч. в Україні), який включає молекулярно-генетичні дослідження для ідентифікації варіантів IBV, що наявні в регіонах. Важливим завданням залишається генотипування та секвенування геному ізолятів IBV, із занесенням отриманих даних в GenBank та проведення дослідження патогенності польових штамів. Це дозволить не лише виявити актуальні штами вірусу, а й спрогнозувати можливі зміни в його генетичній структурі. Прогнозування епізоотичної ситуації – ще один перспективний напрям досліджень. Із стрімким розвитком технологій цілком можливим є залучення інструментів штучного інтелекту для оцінки епізоотичної ситуації, і складання прогнозів щодо майбутніх спалахів на їх основі. Останні дослідження демонструють ефективність поєднання клінічних методів та алгоритмів штучного інтелекту для ранньої діагностики вірусних інфекцій у птиці. У роботі Sadeghi et al. (2023) використання термографії і машинного навчання дозволило виявити захворювання з точністю до 97–100 % вже впродовж перших 24 год після зараження. Такий підхід відкриває перспективи для безконтактного моніторингу інфекційного бронхіту курей в умовах птахоферм. З огляду на високу генетичну варіабельність IBV і постійну появу нових варіантів вірусу, подальші дослідження мають бути зосереджені також на оцінці існуючих засобів захисту, а конкретно ефективності вакцин проти циркулюючих штамів. Актуальним є вивчення перехресного імунітету, розробка адаптивних схем вакцинації, порівняння схем вакцинації у реальних умовах господарств, щоб підвищити ефективність програм профілактики.

Висновки

Актуальна класифікація IBV забезпечує стандартизоване розуміння генетичних зв'язків, що дозволяє точно визначати спорідненість між ізолятами. Станом на зараз штами

IBV класифікують на 9 основних генотипів (GI–GIX), які включають 41 генетичну лінію. Найбільший генотип GI містить 31 лінію, тоді як інші генотипи, такі як GII, GIII, GIV тощо, представлені однією-двома лініями кожен. Повсякчас реєструються нові генетичні варіанти (GVII, GVIII, GIX) і рекомбінантні штами, що виникають внаслідок взаємодії вакцинних та польових ізолятів.

IBV має глобальне поширення з вираженими регіональними особливостями. Найбільш поширеним у світі є генотип GI (Massachusetts, 793B, QX, Variant 2, тощо). У США домінують штами Massachusetts, Arkansas (Ark99), Delaware (DE072). В Азії та на Близькому Сході провідну роль відіграють штами QX (GI-19) та Variant 2 (GI-23). У Європі основними є 793B, QX та Variant 2, тоді як у Східній Європі, зокрема в Україні, відмічається циркуляція 4/91 (793B), QX, Variant 2, Massachusetts і D274. Дані останніх років свідчать про поступове заміщення класичних штамів більш патогенними та генетично віддаленими варіантами, а також про наявність рекомбінаційних подій, що сприяють формуванню нових штамів.

Висока генетична мінливість IBV зумовлює ризик зниження ефективності діагностики та вакцинації. Систематичний молекулярно-генетичний моніторинг є необхідним для своєчасного виявлення нових генотипів, попередження епізоотій і зменшення економічних збитків. Це підвищує рівень біобезпеки та стабільність птахівничої галузі.

References

- Abdel-Moneim, A. S. (2016). Coronaviridae: infectious bronchitis virus. *Emerging and re-emerging infectious diseases of livestock*, 133-166. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47426-7_5
- Abro, S. H., Renström, L. H., Ullman, K., Isaksson, M., Zohari, S., Jansson, D. S., Belák, S., & Baule, C. (2012). Emergence of novel strains of avian infectious bronchitis virus in Sweden. *Veterinary Microbiology*, 155(2-4), 237-246. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2011.09.022>
- Alhafufi, A. N., Kasem, S., Almajhdi, F. N., Albaqshi H. A., Alaql F. A., Rihan E. A., Abd-Allah E. M., Alyousaf A. A., Aljasem Y. K., Aljehani N. D., Haridy M. A., Alhimaidi A. R., & Abdel-Moneim A. S. (2025). Full-length genome reveals genetic diversity and extensive recombination patterns of Saudi GI-1 and GI-23 genotypes of infectious bronchitis virus. *Virology Journal*, 22(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12985-024-02614-5>
- Bande, F., Arshad, S. S., Hair Bejo, M., Moeini, H., & Omar, A. R. (2015). Progress and challenges toward the development of vaccines against avian infectious bronchitis. *Journal of Immunology Research*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/424860>
- Brimer, S. K., Fischer, E. A. J., Beckstead, R., White, J., Cazaban, C., Tatár-Kis, T., & Stegeman, A. (2024). A vaccine programme comprising GA08 (GI-27) and Mass (GI-1) strains prevents DMV1639 (GI-17) infectious bronchitis virus transmission among broiler chickens. *Avian Pathology*, 54(1), 83–95. <https://doi.org/10.1080/03079457.2024.2383765>
- Cheng, J., Zhao, Y., Xu, G., Zhang, K., Jia, W., Sun, Y., Zhao, J., Xue J., Hu, Y., & Zhang, G. (2019). The S2 Subunit of QX-type infectious bronchitis coronavirus spike protein is an essential determinant of neurotropism. *Viruses*, 11 (10). 972. <https://doi.org/10.3390/v11100972>
- Cook, J. K. A., Orbell, S. J., Woods, M. A., & Huggins, M. B. (1999). Breadth of protection of the respiratory tract provided by different live-attenuated infectious bronchitis vaccines against challenge with infectious bronchitis viruses of heterologous serotypes. *Avian Pathology*, 28, 477–485. <https://doi.org/10.1080/03079459994506>
- Cortés, V., Sevilla-Navarro, S., García, C., Marín, C., & Catalá-Gregori, P. (2022). Seroprevalence and prevalence of infectious bronchitis virus in broilers, laying hens and broiler breeders in Spain. *Poultry Science*, 101 (5), 101760. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101760>
- de Wit, J. J. S., Malo, A., & Cook, J. K. A. (2019). Induction of IBV strain-specific neutralizing antibodies and broad spectrum protection in layer pullets primed with IBV Massachusetts (Mass) and 793B vaccines prior to injection of inactivated vaccine containing Mass antigen. *Avian Pathology*, 48(2), 135-147. <https://doi.org/10.1080/03079457.2018.1556778>

- de Wit, J. J., de Wit, M. K., & Cook, J. K. A. (2021). Infectious bronchitis virus types affecting European countries—A review. *Avian Diseases*, 65(4), 643–648. <https://doi.org/10.1637/aviandiseases-D-21-00106>
- El Nemr, A. I., Hamad, R. T., El-Shemy, A. A., Abdelkhalek, A., & Mohamed, M. A. (2025). Pathological, immunohistochemical, and molecular study of avian infectious bronchitis virus in Egypt. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 56(1), 79–89. <https://doi.org/10.21608/EJVS.2024.264572.1798>
- Finger, A., Ashash, U., Goldenberg, D., & Raviv, Z. (2024). Lessons learnt on infectious bronchitis virus lineage GI-23. *Avian Pathology*, 54(1), 27–39. <https://doi.org/10.1080/03079457.2024.2398030>
- Gallardo, R. A. (2021). Infectious bronchitis virus variants in chickens: evolution, surveillance, control and prevention. *Austral journal of veterinary sciences*, 53 (1), 55-62. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-81322021000100055>
- Ghetas, A. M., Bosila, M. A., Rabie, N. S., & Abdelbaki, M. M. (2025). The effect of infectious bronchitis virus vaccine on pathogenicity of avian pathogenic *E. coli* in broiler chickens. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 56(5), 1053–1060. <https://doi.org/10.21608/EJVS.2024.278543.1952>
- Gong, H., Ni, R., Qiu, R., Wang, F., Yan, W., Wang, K., Li, H., Fu, X., Chen, L., Lei, C., Wang, H.-N., & Yang, X. (2022). Evaluation of a novel recombinant strain of infectious bronchitis virus emerged from three attenuated live vaccine strains. *Microbial Pathogenesis*, 164, 105437. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105437>
- Hewson, K. A., Ignjatovic, J., Browning, G. F., Devlin, J. M., & Noormohammadi, A. H. (2011). Infectious bronchitis viruses with naturally occurring genomic rearrangement and gene deletion. *Archives of virology*, 156(2), 245–252. <https://doi.org/10.1007/s00705-010-0850-6>
- Hewson, K. A., Noormohammadi, A. H., Devlin, J. M., Browning, G. F., Schultz, B. K., & Ignjatovic, J. (2014). Evaluation of a novel strain of infectious bronchitis virus emerged as a result of spike gene recombination between two highly diverged parent strains. *Avian Pathology*, 43(3), 249-257.
- Hoerr, F. J. (2021). The pathology of infectious bronchitis. *Avian diseases*, 65 (4), 598-609. <https://doi.org/10.1637/aviandiseases-D-21-00096>
- Houta, M. H., Hassan, K. E., El-Sawah, A. A., Elkady M. F., Kilany W. H., Ali. A., & Abdel-Moneim A. S. (2021). The emergence, evolution and spread of infectious bronchitis virus genotype GI-23. *Archives of Virology*, 166(1), 9–26. <https://doi.org/10.1007/s00705-020-04920-z>
- Huelsenbeck J. P., & Rannala B. (2004). Frequentist properties of bayesian posterior probabilities of phylogenetic trees under simple and complex substitution models, *Systematic Biology*, 53(6), 904–913. <https://doi.org/10.1080/10635150490522629>
- Infectious Bronchitis disease: serotypes & protectotypes IB. (n.d.). *Infectious-Bronchitis.com*. Retrieved [27.02.2025], from
- Infectious Bronchitis disease: variants in Europe. (n.d.). *Infectious-Bronchitis.com*. Retrieved [27.02.2025], from
- Ishag, H. Z. A., Terab, A. M. A., Osman, E. M. A., El Tigani-Asil, E. A., Albreiki, M. S., Bensalah, O. K., Shah, A. A. M., & Khalafalla, A. I. (2025). Clinical, pathological, and genotypic analysis of infectious bronchitis virus in broiler chickens in the Abu Dhabi Emirate, United Arab Emirates. *Frontiers in Veterinary Science*, 11(2024). <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1474181>
- Jackwood, M. W., & Jordan, B. J. (2021). Molecular evolution of infectious bronchitis virus and the emergence of variant viruses circulating in the United States. *Avian Diseases*, 65(4), 631-636. <https://doi.org/10.1637/aviandiseases-D-21-00104>
- Jackwood, M. W., Hall, D., & Handel, A. (2012). Molecular evolution and emergence of avian gammacoronaviruses. *Infection, Genetics and Evolution*, 12(6), 1305-1311. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2012.05.003>
- Jackwood, M.W., & De Wit, S. (2020). Infectious bronchitis. *Diseases of poultry*, 167-188. <https://doi.org/10.1002/9781119371199.ch4>
- Jung, J. S., Lee, R., Yoon, S., Lee G., Sung H. W., Kwon H. M., & Park L. (2022). Genetic and immunological characterization of commercial infectious bronchitis virus vaccines used in Korea. *Archives of Virology*, 167, 2123–2132. <https://doi.org/10.1007/s00705-022-05519-2>
- Kilany, W. H., Zain El-Abideen, M. A., Hisham, I., Van Gaver, D., Makahleh, A., Christiaens, I., Vlerick, L., & Elkady, M. F. (2025) Laboratory safety and immunogenicity evaluation of live attenuated avian infectious bronchitis GI-23 virus vaccine. *Vaccine*, 45, 126659. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2024.126659>

- Kim, J.-Y., Le, H. D., Thai, T. N., Kim, J.-K., Song, H.-S., Her, M., & Kim, H.-R. (2025). Revealing a novel GI-19 lineage infectious bronchitis virus sub-genotype with multiple recombinations in South Korea using whole-genome sequencing. *Infection, Genetics and Evolution*, 128, 105717. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2025.105717>
- Legnardi, M., Poletto, F., Franzo, G., Harper, V., Bianco, L., Andolfatto, C., Blanco, A., Biarnés, M., Ramon, L., Cecchinato, M., & Tucciarone, C. M. (2024). Validation of an infectious bronchitis virus GVIII-specific RT-PCR assay and first detection of IB80-like strains (lineage GVIII-2) in Italy. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1514760. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1514760>
- Legnardi, M., Tucciarone, C. M., Franzo, G., & Cecchinato M. (2020). Infectious bronchitis virus evolution, diagnosis and control. *Veterinary Sciences*, 7 (2), 79. <https://doi.org/10.3390/vetsci7020079>
- Li, S., Chen, W., Shen, Y., Xia, J., Fan, S., Li, N., Luo, Y., Han, X., Cui, M., Zhao, Y., & Huang, Y. (2022). Molecular characterization of infectious bronchitis virus in Southwestern China for the protective efficacy evaluation of four live vaccine strains. *Vaccine*, 40(2), 255-265. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.11.072>
- Lin S., & Chen H. (2017). Infectious bronchitis virus variants: molecular analysis and pathogenicity investigation. *International Journal of Molekular Sciences*, 18 (10), 2030. <https://doi.org/10.3390/ijms18102030>
- Mendoza-González, L., Marandino, A., Panzera, Y., Tomás, G., Williman, J., Techera, C., Gayosso-Vázquez A., Ramírez-Andoney V., Alonso-Morales R., Realpe-Quintero M., & Pérez R. (2022). Research Note: High genetic diversity of infectious bronchitis virus from Mexico. *Poultry Science*, 101, 102076. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102076>
- Meng, X., Zhang, J., Wan, Z., Li, T., Xie, Q., Qin, A., Shao, H., Zhang, H., & Ye, J. (2024). Molecular epidemiology of infectious bronchitis virus in eastern and southern China during 2021–2023. *Poultry Science*, 103(8), 103939. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103939>
- Peng, S., Wang, Y., Zhang, Y., Song, X., Zou, Y., Li, L., Zhao, X., & Yin, Z. (2022). Current knowledge on infectious bronchitis virus non-structural proteins: the bearer for achieving immune evasion function. *Frontiers Veterinary Science*, 9, 820625. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.820625>
- Pereira, N. A., Alessi, A. C., Montassier, H. J., Pereira R. J. G., Taniwaki S.A., Botosso V.F., Rui B. R., & Richtzenhain L. J. (2019). Gonadal pathogenicity of an infectious bronchitis virus strain from the Massachusetts genotype. *Brazilian Journal of Microbiology*, 50, 313–320. <https://doi.org/10.1007/s42770-018-0007-4>
- Petzoldt, D., Vogel, N., Bielenberg, W., Haneke, J., Bischoff, H., Liman, M., Rönchen, S., Behr, K.-P., & Menke, T. (2022). IB80—A novel infectious bronchitis virus genotype (GVIII). *Avian Diseases*, 66(3), 291–298. <https://doi.org/10.1637/aviandiseases-D-22-00020>
- Rafique, S., Jabeen, Z., Pervaiz, T., Rashid, F., Luo S., Xie, L. & Xie, Z. (2024). Avian infectious bronchitis virus (AIBV) review by continent. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 14, 1325346. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1325346>
- Rautenschlein, S., & Philipp, H-C. (2021). Infektiöse Bronchitis: 80 Jahre Bekämpfungsanstrengungen zur Kontrolle einer Coronavirus-Infektion beim Geflügel. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 134, 1-8.
- Sadeghi, M., Banakar, A., Minaei, S., Orooji, M., Shoushtari, A., & Li, G. (2023). Early detection of avian diseases based on thermography and artificial intelligence. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(14), 2348. <https://doi.org/10.3390/ani13142348>
- Seger, W., GhalyanchiLangeroudi, A., Karimi, V., Madadgar O., Marandi M. V., & Hashemzadeh M. (2016). Genotyping of infectious bronchitis viruses from broiler farms in Iraq during 2014-2015. *Archives of Virology*, 161, 1229–1237. <https://doi.org/10.1007/s00705-016-2790-2>
- Shah, A. U., Peddireddi, L., Wood, B., & Hemida, M. G. (2025). Some novel field isolates belonging to lineage-1 of the genotype GI-avian infectious bronchitis virus (AIBV) show strong evidence of recombination with field/vaccinal strains. *Infection, Genetics and Evolution*, 129, 105723. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2025.105723>
- Shen, Y., Li, W., Xia, J., Du, J., Li, S., Chen, W., Cui, M., Han, X., & Huang, Y. (2021). Research note: Effects of Escherichia coli co-infection on the protective efficacy assessment of two common infectious bronchitis vaccines. *Poultry Science*, 100 (9), 101324. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101324>
- Soltis P. S., & Soltis D. E. (2003). Applying the bootstrap in phylogeny reconstruction. *Statistical Science*, 18(2), 256-267. <https://doi.org/10.1214/ss/1063994980>

- Tegegne, D., Deneke, Y., Sori, T., Abdurahaman, M., Kebede, N., Cecchinato, M., & Franzo, G. (2020). Molecular epidemiology and genotyping of infectious bronchitis virus and avian metapneumovirus in backyard and commercial chickens in jimma zone, southwestern Ethiopia. *Veterinary Sciences*, 7(4), 187. <https://doi.org/10.3390/vetsci7040187>
- Valastro, V., Holmes, E. C., Britton, P., Fusaro, A., Jackwood, M. W., Cattoli, G., & Monne, I. (2016). S1 gene-based phylogeny of infectious bronchitis virus: An attempt to harmonize virus classification. *Infection, Genetics and Evolution*, 39, 349–364. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2016.02.015>
- Yan, S., Chen, Y., Zhao, J., Xu, G., Zhao, Y. & Zhang, G. (2016). Pathogenicity of a TW-Like strain of infectious bronchitis virus and evaluation of the protection induced against it by a QX-Like strain. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1653. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01653>
- Zhao, C., Yuan, C., Zhao, Q., Xia, A., Dong, Y., Xu, S., Chen, S., Yuan, Y., & Wang, Y. (2025). Research note: Establishment of a multiplex PCR detection system for different infectious bronchitis virus strain genotypes in laying hens. *Poultry Science*, 104(1), 104638. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104638>
- Zhao, J., Zhao, Y., & Zhang, G. (2023). Key aspects of coronavirus avian infectious bronchitis virus. *Pathogens*, 12(5), 698. <https://doi.org/10.3390/pathogens12050698>
- Гавриленко О. С. (2015). Обґрунтування доцільності специфічної профілактики інфекційного бронхіту курей. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, (4), 76-80.
- Масюк, Д. М., Василенко, Т. О., Кокарев, А. В., Густова, Ю. В., & Гаман, О. С. (2018). Інфекційний бронхіт курей: огляд епізоотичної ситуації та сучасні тенденції в діагностиці. *Здоров'я*, 10, 10–13.
- Нечипуренко О. О., Іващенко О.А., Гаташ С.І., Шаргородський К.В., & Єкімова М.О. (2024). Епізоотична ситуація щодо вірусу інфекційного бронхіту курей та бактеріальна коінфекція. *Сучасне птахівництво*, (3-4) 8-11. <https://dx.doi.org/10.31548/poultry2024.03-04.006>
- Пархоменко Л. І., & Жуковська А. В. (2023). Актуальність моніторингу коронавірусної інфекції птиці в Україні. *International scientific conference* 80-84. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-387-3-21>



2025. Номер 12, С. 88 – 98.

Отримано: 07.04.2025 Прийнято: 24.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.07

UDC 636.592.09:616.993:519.22/.25

MATHEMATICAL-STATISTICAL ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL INTERACTION OF MEMBERS OF PARASITOCENOSES OF THE INTESTINAL CANAL OF TURKEYS AND ITS PROGNOSTIC VALUE

P.V. Liulin

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

E-mail: liulinpetr@gmail.com

Annotation. The results of the mathematical and statistical analysis of the biological interaction of co-members of the parasitic coenoses of the intestinal canal of turkeys are presented, the status of the pathogens, correlation interdependencies and their significance in ensuring the processes of self-regulation of ecological and parasitic systems and manifestations of the epizootic process are determined. *The purpose of the work:* to conduct a mathematical and statistical analysis of the biological interaction/interdependence of the co-members of the intestinal parasitic infections of turkeys. Clinical, epizootological, parasitological, mathematical analysis and statistical methods of research were used. According to the results of the research, the epizootic situation regarding the spread of intestinal invasions of turkeys (EI – 42,44%) was established, including parasitic infections of two-, three- and more component invasions (EI – 23,96%), which amounted to 56,46% of the number of infected turkeys. The biodiversity of parasitocenoses was studied, 15 species of pathogens were identified, of which 8 species are representatives of the simplest types of Apicomplexa, Zoomastophora and 7 species of helminths: 5 species of representatives of the nematode class, 2 species of the cestode class. The status of pathogens in parasitocenoses (main, secondary, additional) and their shares - the species index of parasitocenosis (SIP, %) were determined. A mathematical and statistical analysis of the correlation interdependencies of the co-members of parasitocenoses and the degree of their biological interaction was carried out. The highest statistical relationship between the total infestation and the dominant - the main pathogens of parasitocenoses *Eimeria* spp. (0,91); mixed invasions by *Histomonas meleagridis*, *Ascaridia* sp., *Capillaria* spp., *Raillietina* spp. at the level of 0,80 – 0,99 and a decrease in the correlation dependencies of the co-members of parasitocenoses in the presence of 4 or more component invasions with the participation of *Eimeria* spp., which is an indicator of the biological interaction of the co-members of the parasitocenosis – synergistic interaction of pathogens at high and competitive relationships, respectively at low levels of correlation, which is one of the mechanisms for ensuring self-regulation of the manifestations of the epizootic process and the functioning of ecological-parasitic systems.

Keywords: *intestinal invasions, biodiversity, parasitocenosis, correlation, turkeys.*

МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ БІОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ СПІВЧЛЕНІВ ПАРАЗИТОЦЕНОЗІВ КИШКОВОГО КАНАЛУ ІНДИКІВ ТА ЙОГО ПРОГНОСТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

П.В. Люлін

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

E-mail: liulinpetr@gmail.com

Анотація. Наведені результати математико-статистичного аналізу біологічної взаємодії співчленів паразитоценозів кишкового каналу індиків, визначено статус збудників, кореляційні взаємозалежності та їх значення у забезпеченні процесів саморегуляції еколого-паразитарних систем та проявах епізоотичного процесу. *Мета роботи:* провести математико-статистичний аналіз біологічної взаємодії/взаємозалежностей співчленів паразитоценозів кишкового каналу індиків. Використано клінічні, епізоотологічні, паразитологічні, математичного аналізу та статистичні методи досліджень. За результатами досліджень встановлена епізоотична ситуація щодо поширення кишкових інвазій індиків (EI – 42,44 %) в тому числі паразитоценозів двох-, трьох- і більше компонентних інвазій (EI – 23,96 %), що склало 56,46 % інвазованих індиків. Досліжено біорізноманіття паразитоценозів, ідентифіковано 15 видів збудників, із них 8 видів – представники найпростіших типів Apicomplexa, Zoomastycophora та 7 видів гельмінтів: 5 видів представників класу нематода, 2 види класу цестода. Визначено статус збудників у паразитоценозах (основний, другорядний, додатковий) та їх відносні частки – видовий індекс паразитоценозу (ВІП, %). Здійснено математико-статистичного аналіз кореляційних взаємозалежностей співчленів паразитоценозів та ступінь їх біологічної взаємодії. Встановлено наявність найвищого статистичного зв'язку між загальною інвазованістю та домінуючими – основними збудниками паразитоценозів *Eimeria* spp. (0,91); змішаними інвазіями за *Histomonas meleagridis*, *Ascaridia* sp., *Capillaria* spp., *Raillietina* spp. на рівні 0,80 – 0,99 та зниження кореляційних залежностей між співчленами паразитоценозів за наявності 4-х і більше компонентних інвазій за участі *Eimeria* spp., що є показником біологічної взаємодії співчленів паразитоценозу – синергічної взаємодії збудників за високих та конкурентних взаємовідносин, відповідно за низьких рівнів кореляції, що є одним з механізмів забезпечення саморегуляції проявів епізоотичного процесу та функціонування еколого-паразитарних систем.

Ключові слова: кишкові інвазії, біорізноманітність, паразитоценоз, кореляція, індики

Вступ. Світовий попит на продукти харчування зростатиме щонайменше ще 40 років (Godfray et al., 2010). Шляхами вирішення продовольчої безпеки та забезпечення населення м'ясом (українець з'їдає близько 52 кг м'яса в рік) є нарізання поголів'я тварин, інтенсифікація, впровадження промислових технологій виробництва основних – м'яса (свинини, курятини) та не основних корисних високобілкових дієтичних з низьким вмістом жиру, низькокалорійним видів м'яса, таких як м'ясо індички, яке є кращим продуктом за поживними та смаковими характеристиками за курятину. ([Agravery.com](https://agravery.com/uk/posts/show/ukrainski-indiki-comu-roste-eksport-koli-pogoliva-skorocuetse), <https://agravery.com/uk/posts/show/ukrainski-indiki-comu-roste-eksport-koli-pogoliva-skorocuetse>). Станом на 1 січня 2025 р. поголів'я індиків в Україні становило 1,35 мільйона голів, із них у населення та дрібних фермерських господарствах – 581,3 тис. голів ([Agrotimes](https://bizagro.com.ua/pogolivya-indykiv-u-promyslovomu-sektori-u-2024-rocziskorotylosya), <https://bizagro.com.ua/pogolivya-indykiv-u-promyslovomu-sektori-u-2024-rocziskorotylosya>). Їх вирощування здійснюється за екстенсивних технологій та вільно-вигульного утримання, що набирає популярності не тільки в Україні, а й країнах Європи та

Америці. Перехід до виробництва органічної продукції та системи вільно-вигульного утримання індиків призводить до збільшення навантаження на природні екосистеми, змін епізоотичної ситуації, структури і біорізноманіття паразитофаун, формування паразитоценозів та еколого-паразитарних систем. Останнім часом вітчизняні і зарубіжні дослідники все частіше повідомляють про зміни епізоотичної ситуації, значне поширення інвазій кишкового каналу у домашніх курей та індиків (Bogach et al., 2021), змішаних протозойно-гельмінтозних інвазій (Dipineto et al., 2013; Yeres'ko et al., 2017; Ilic et al., 2018; El-Dakhly et al., 2019; Liulin & Bogach, 2021a) та паразитоценозів (грец. *parasitos* – паразит і *koinos* – загальний) – сукупності усіх паразитів, що населяють організм, його органи й частини тіла (Liulin, & Bogach, 2021b), які перебувають у симбіотичних чи конкурентно-антагоністичних взаємовідносинах (Park & Shin, 2010) що, як зазначає Міністерство сільського господарства США, є значною перешкодою на шляху виробництва продукції птахівництва (Godfray et al., 2010; USDA, 2023). За важливістю, особливо еймеріоз, входить до трійки провідних захворювань (Dalloul & Lillehoj, 2006). На його тлі розвиваються еймеріозно-нематодозні інвазії та паразитоценози, а світова економіка щорічно втрачає понад 14,5 мільярда доларів США (Blake et al., 2020). У дорослих курей почастішали випадки протозойних інвазій (еймеріоз, гістомоноз, трихомоноз) (Dolka et al., 2015; Huang et al., 2017). Вони набули широкого поширення в більшості країн світу, особливо після заборони протистцидних препаратів (CEC, 2002), таких як нітроїмідазоли, нітрофурани, препарати миш'яку та деякі антигельмінтні препарати (Hess et al., 2015).

Враховуючи ветеринарне, медико-санітарне та соціально-економічне значення проблеми, актуальними залишаються дослідження з вивчення особливостей поширення паразитарних захворювань, особливо змішаних інвазій – паразитоценозів, особливостей взаємодії/взаємозалежностей їх співчленів та розвитку епізоотичного процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом ряд дослідників (Dipineto et al., 2013; Yeres'ko et al., 2017; Ilic et al., 2018; El-Dakhly et al., 2019; Kruchynenko, 2021; Liulin & Bogach, 2021a) зазначають про широке поширення кишкових, особливо змішаних інвазій у підсобних та фермерських господарствах за вільно-вигульної системи утримання птахів. Основна увага приділяється поширенню інвазій, розвитку інвазійного процесу та стану епізоотичної ситуації, визначенню та ідентифікації видової належності збудників, показників екстенсивності та інтенсивності інвазій. Проте, у розумінні процесів особливостей формування та функціонування паразитоценозів як системи, особливого значення набувають комплексні дослідження біологічної взаємодії та взаємозалежностей збудників – співчленів паразитоценозів і, відповідно, їх впливу на розвиток епізоотичного процесу, затухання чи спалахи інвазій та збереження рівноваги – гомеостазу паразитарних систем (Shevchuk, 2013; Carrera-Játiva et al., 2018). Враховуючи ветеринарне, медико-санітарне та соціально-економічне значення проблеми, актуальними залишаються дослідження з вивчення особливостей поширення кишкових інвазій, з'ясування особливостей формування паразитоценозів, визначення частки окремих видів збудників, біологічної взаємодії та статусу співчленів паразитоценозів, представників різних таксономічних груп – найпростіших, гельмінтів та їх поєднання.

Мета роботи: провести математико-статистичний аналіз біологічної взаємодії/взаємозалежностей співчленів паразитоценозів кишкового каналу індиків.

Завдання досліджень: дослідити епізоотичну ситуацію, поширення, структуру, біорізноманітність паразитоценозів кишкового каналу індиків за органічного виробництва, ступінь біологічної взаємодії, статус збудників та кореляційних взаємозалежностей співчленів паразитоценозів кишкового каналу індиків.

Матеріали і методи досліджень. Об'єктом дослідження було поголів'я індиків ($n = 384$) індивідуальних та двох фермерських господарств Східного регіону України (Харківська, Сумська обл.). Індики утримувались в окремих пташниках, часто сумісно з різновіковими групами молодняку поточного року народження, одно- та дворічного віку за вільно-вигульної системи утримання. В окремих особистих господарствах мало місце

сумісне утримання індиків з іншими видами птахів: курей та голубів і використання спільних вигулів. Годували індиків сумішшю зернових; спеціальним комбікормом для свійської птиці, періодично додавали цільне зерно пшениці та кукурудзи. Доступ до води був вільним.

Дослідження проводили поетапно: здійснювали збір анамнестичних даних, дослідження епізоотичної ситуації, вивчали поширення та біорізноманіття паразитоценозів, екстенсивність та інтенсивність інвазій кишкового каналу індиків за вільно-вигульного їх утримання в індивідуальних та фермерських господарствах. Наступним етапом було проведення математико-статистичного аналізу – визначення взаємозалежностей та біологічної взаємодії співчленів паразитоценозів.

Дослідження проводили у науковій лабораторії кафедри фармакології та паразитології факультету ветеринарної медицини Державного біотехнологічного університету (м. Харків). У процесі роботи були використані загально прийняті методи епізоотологічних, клінічних, паразитологічних, копроскопічних – гельмінтоскопії, гельмінтооскопії та математико-статистичних досліджень. Матеріалом досліджень слугували фекалії, які відбирали методом випадкової вибірки за дефекації та індивідуально з клоаки. Проби фекалій досліджували методами нативного мазка, висячої, роздавленої краплі та флотаційним методом Фюллеборна (Halat et al., 2004).

Для діагностики гістомонозу та трихомонозу індиків готували вологі мазки із свіжовиділених фекалій, та додатково, для виявлення *Trichomonas gallinae* фіксували метанолом 3–5 хв, фарбували методом Романовського-Гімзи, досліджували мікроскопічно (мікроскоп *Axioscop-40* (Zeiss), збільшення $\times 400$). Ідентифікацію гістомонад/трихомонад здійснювали морфологічно – за наявністю 1–4 джгутиків у гістомонад; аксостилію та джгутиків, один з яких прикріплений ундулюючою мембраною – у трихомонад (Menezes et al., 2016). Підрахунок кількості збудників гістомонад/трихомонад в 1 г/мл фекалій здійснювали методом Манжоса О.Ф., Сумцова В.С. (Manzhos & Sumtsov, 1982). Ооцити еймерій/яйця гельмінтів виявляли методом флотації по Фюллеборну (Halat et al., 2004). Інтенсивність інвазії (кількість ооцитів/яєць гельмінтів в 1 г фекалій) визначали за методом Макмастера (Vadlejch et al., 2011).

Видову належність збудників *Eimeria* spp. встановлювали морфологічно, враховували форму ооцист, колір оболонки, наявність/відсутність мікропіле, полярних гранул, залишкового тіла як в ооцистах, так і в спороцистах, та за їх біологічними характеристиками: термінів споруляції, тривалості препатентного та патентного періодів. Отримані результати порівнювали з даними з таблиць-визначення (Pellerdy, 1974).

Видову належність збудників гельмінтозів встановлювали за морфологічними показниками овоскопічних елементів та виявлених гельмінтів за світлової мікроскопії при збільшенні ($\times 80$; $\times 100$) (мікроскоп *Axioscop-40*, Німеччина), порівнюючи отримані дані з морфологічними описами визначників – спеціальних атласів диференціальної діагностики (Dakhno et al., 2001; Salfelder et al., 1992). Диференціацію онкосфер цестод (райєтин) здійснювали шляхом фарбування яєць брильянтовым зеленим в розведенні 1:10000 (Bohach et al., 2013a).

Поширення інвазій/паразитоценозів серед птахів визначали за показниками екстенсивності (EI %). Дольову частку збудників – співчленів паразитоценозів визначали за показниками індексу зараженості (ІЗ), видового індексу паразитоценозу (ВІП %) (Nakopetskiy, 2010) за формулою:

$$EI = n / N \times 100\%,$$

де: n – кількість інвазованих особин; N – загальна кількість обстежених особин.

Індекс зараженості (ІЗ) визначали за формулою:

$$IZ = EI / n,$$

де: IZ – індекс зараженості; EI – екстенсивність інвазії; n – кількість виявлених видів збудників. Видовий індекс паразитоценозу (ВІП, %) визначали за формулою:

$$\text{ВІП \%} = \frac{I_{3\text{вид}}}{\sum I_{1-n}} \times 100\%$$

де, ВІП, % – видовий індекс паразитоценозу; $\sum I_{1-n}$ – сума індексів зараженості компонентами паразитоценозу; $I_{3\text{вид}}$ – індекс зараженості окремим видом збудника.

Статус збудників у паразитоценозах (основний, другорядний, додатковий) встановлювали відповідно до гіпотези Ханскі методом Буша і Холмса за показниками індексу зараженості (ІЗ) та видового індексу паразитоценозу (ВІП %) (Hanski, 1982; Bush et al., 1997).

Дослідження взаємодії/взаємозв'язків між збудниками встановлювали за результатами проведення математико-статистичного аналізу (кореляційний, двохфакторний аналіз) у програмному забезпеченні *MS Excel*, при цьому визначали середню та абсолютну похибки за рівнем довіри $p > 95\%$, що відповідає рівню статистичної значущості $p < 0,05$ за критерієм Ст'юдента.

Результати досліджень та їх обговорення. За результатами копроскопічних досліджень різновікових груп індиків ($n = 384$) індивідуальних підсобних та фермерських господарств за вільно-вигульного утримання у Харківській і Сумській обл. встановлено особливості епізоотичної ситуації. Виявлено широке поширення кишкових інвазій – ЕІ – 42,44 %, що узгоджується з даними інших дослідників (Park & Shin, 2010; Dipineto et al., 2013; Yeres'ko et al., 2017; Ilıc et al., 2018; El-Dakhly et al., 2019; Kruchynenko, 2021; Liulin & Bogach, 2021a). При цьому двох-, трьох- і більше компонентні інвазії паразитоценози кишкового каналу реєстрували серед 23,96 % поголів'я, що склало 56,46 % інвазованих індиків. Видове біорізноманіття паразитоценозів кишкового каналу такої птиці було представлено найпростішими типів *Apicomplexa*, *Zoomastigophora*, гельмінтами класів *Cestoda*, *Secernentea* та *Adenophorea*. Виявлено та ідентифіковано 8 видів найпростіших, 7 видів гельмінтів, із них – 5 видів нематод, 2 види цестод:

1. *Eimeria meleagridis* (Tyzzer, 1927)
2. *Eimeria adenoides* (Moore et Brown, 1951)
3. *Eimeria gallopavonis* (Hawkins, 1950)
4. *Eimeria meleagrimitis* (Tyzzer, 1929)
5. *Eimeria innocua* (Moore et Brown, 1952)
6. *Isospora heissini* (Svanbaev, 1955)
7. *Histomonas meleagridis* (Tyzzer, 1919)
8. *Trichomonas gallinae* (Rivolta, 1878)
9. *Ascaridia dissimilis* (Vigueras, 1931)
10. *Ascaridia galli* (Schränk, 1788)
11. *Heterakis gallinarum* (Schränk, 1788)
12. *Capillaria obsignata* (Madsen, 1945)
13. *Capillaria caudinflata* (Molin, 1858)
14. *Railletina tetragona* (Molin, 1858)
15. *Railletina echinobotrida* (Molin, 1858)

Домінуючими збудниками в структурі паразитоценозів виявились протозоози (табл. 1).

Найпоширенішими з них були збудники *Eimeria* spp. (ЕІ – 29,16 %) за інтенсивності інвазії до 7848 ± 126 ооцист в 1 г фекалій. Менш поширеними виявились *Histomonas meleagridis* (ЕІ – 4,42 %) та *Trichomonas gallinae* (ЕІ – 2,86 %) за інтенсивності інвазії відповідно $190 \pm 12,4$ та $224,7 \pm 23,2$ збудників в 1 г фекалій. Широке поширення мали гельмінти – аскаридії, гетеракиси, капілярії, райєтини, відповідно ЕІ становила 10,15 %; 7,29 %; 14,84 %; 1,82 %, що узгоджується з даними ряду дослідників Liulin (2003), Huang et al. (2017), Kruchynenko (2021), Tsegaye & Miretie (2021). Частка збудників у паразитоценозах (ВІП %) – протозоозів становила 51,58 %, із них *Eimeria* spp. – 41,41 %, *Histomonas meleagridis* – 6,26 %, *Trichomonas gallinae* – 3,97 %. Відносна частка збудників гельмінтозів (ВІП %) у паразитоценозах кишкового каналу становила 48,42 %, в т.ч., капілярій – 21,14 %; аскаридій, гетеракисів відповідно – 14,41 % та 10,33 %; райєтин – 2,58 %. Протозоози

реєстрували серед 16,92 % індексів. Домінуючими збудниками моноінвазій були *Eimeria* spp. (EI – 15,88 %). Незначне поширення мали моноінвазії *Histomonas meleagridis* та *Trichomonas gallinae* – 0,26 % та 0,78 %, *Ascaridia* sp. (EI – 0,26 %), *Capillaria* spp. (EI – 1,3 %).

Таблиця 1

Поширення паразитоценозів кишечника індексів з особистих та фермерських господарств (n=384, M±m)

№ п/п	Збудники	Досліджено (гол.)	Інвазовано (гол.)	EI, %	П в 1 г фекалій	ІЗ	ВП %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Eimeria</i> spp.	384	112	29,16	7848±126	4,17	41,41
2	<i>Histomonas meleagridis</i>	384	17	4,42	190±12,4	0,63	6,26
3	<i>Trichomonas gallinae</i>	384	11	2,86	224,7±23,2	0,4	3,97
4	<i>Ascaridia</i> sp.	384	39	10,15	456,9±66,3	1,45	14,4
5	<i>Heterakis gallinarum</i>	384	28	7,29	306,5±24,6	1,04	10,33
6	<i>Capillaria</i> spp.	384	57	14,84	1196±75,6	2,12	21,14
7	<i>Raillietina</i> spp.	384	7	1,82	231±21,5	0,26	2,58
у т.ч. моноінвазії					% від ін-х		
8	<i>Eimeria</i> spp.	384	61	15,88	37,42	2,26	22,44
9	<i>Histomonas meleagridis</i>	384	1	0,26	0,61	0,03	0,3
10	<i>Trichomonas gallinae</i>	384	3	0,78	1,84	0,11	1,09
11	<i>Ascaridia</i> sp.	384	1	0,26	0,61	0,03	0,3
12	<i>Capillaria</i> spp.	384	5	1,3	3,06	0,18	1,79
у т.ч. асоціативні							
13	E + Hi	384	2	0,52	1,22	0,07	0,7
14	E + T	384	8	2,08	4,9	0,29	2,88
15	E + A	384	1	0,26	0,61	0,03	0,3
16	E + H	384	2	0,52	1,22	0,07	0,7
17	E + C	384	17	4,42	10,42	0,63	6,26
18	E + R	384	6	1,56	3,68	0,22	2,18
19	Hi + H	384	14	3,64	8,58	0,52	5,16
20	A + H	384	4	1,04	2,45	0,14	1,39
21	A + C	384	23	5,98	14,11	0,85	8,44
22	E + A + H	384	3	0,78	1,84	0,11	1,09
23	E + A + C	384	6	1,56	3,68	0,22	2,18
24	E + K + H	384	5	1,3	3,06	0,18	1,79
25	E + A + H + C + R	384	1	0,26	0,61	0,03	0,3
Всього		384	163	42,44			

Примітка: E – *Eimeria* spp., Hi – *Histomonas meleagridis* T – *Trichomonas gallinae*, A – *Ascaridia* sp., H – *Heterakis gallinarum*, C – *Capillaria* spp., R – *Raillietina* spp.

У популяціях індексів за вільно-вигульного утримання частіше виявляли змішані інвазії (паразитоценози), що становили 56,46 %. Із них 2-х компонентні інвазії серед них становили 47,19 %, 3-х компонентні – 8,58 %; чотирьох- і більше компонентні інвазії до 0,61 % від інвазованих індексів. Отримані нами дані узгоджуються з інформацією Kruchynenko (2021), Da Silva Barbosa et al. (2019), Berhe et al. (2019) стосовно поширення паразитоценозів в інших птахів за вільно-вигульного утримання у приватних, фермерських та інших господарствах, що значно відрізняється від поширення кишкових інвазій за промислових систем утримання птиці, на що вказують Tefera & Wasiyhun (2025). Однією з причин зниження ступеня поширення трьох- і більше компонентних інвазій за вільно-вигульного утримання індексів є набуття природньої несприятливості та біологічної, а саме

конкурентно-антогоністичної взаємодії співчленів паразитоценозів і зниження вірогідності інвазування збудниками з причин вільного переміщення територією та відносного зниження концентрації птахів, на що вказують Da Silva Barbosa et al. (2019), Berhe et al. (2019), Kvapil et al. (2017).

Основними збудниками паразитоценозів кишкового каналу індиків (ВІП %) виявились *Eimeria* spp., відносна частка яких становила 13,26 %, що становило 30,91 % від кількості інвазованих птахів, які напевно мають значний біологічний вплив та взаємодіють з іншими співчленами паразитоценозу, впливають на епізоотичний процес, прояви інших інвазій та можуть мати суттєві наслідки щодо стабільності еколого-паразитарної системи. Це підтверджується даними Lafferty et al. (2006) та результатами проведеного нами математико-статистичного аналізу отриманих даних (табл. 1), які свідчить про особливості біологічної взаємодії співчленів паразитоценозів. За вільно-вигульного утримання індиків нами виявлена висока ($0,8 < R < 0,9$) та дуже висока ($0,9 < R$) кореляції між поширеністю окремих інвазій та формуванням паразитоценозів (рис. 1, табл. 2–4), виявлені дуже висока кореляція між загальною інвазованістю та моноінвазіями (0,901) і висока зі змішаними інвазіями – 0,859; середня – 0,551 між моно- та змішаними інвазіями.

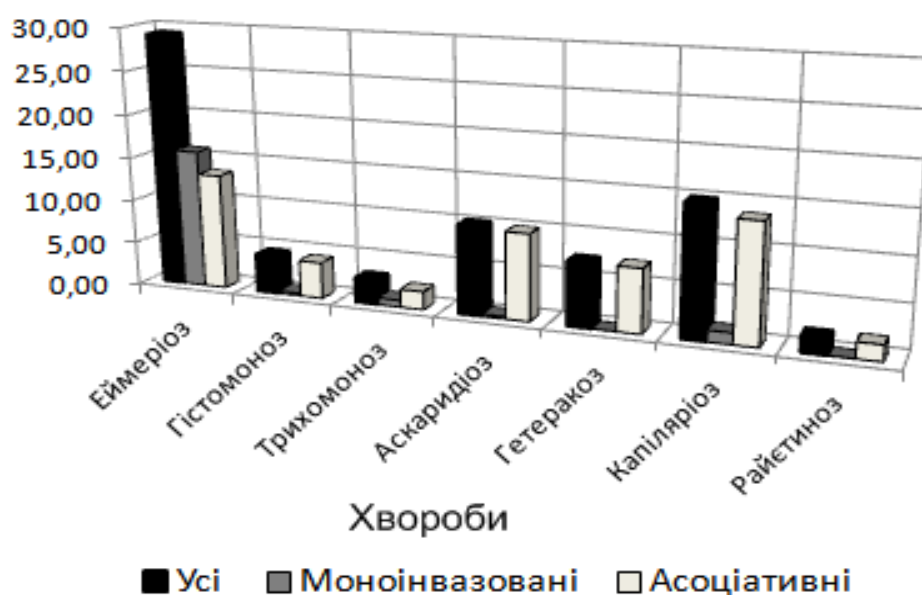


Рис. 1. Поширення паразитоценозів в кишечнику індиків фермерських господарств Полтавської обл., %.

Таблиця 2

Кореляційна матриця між загальною інвазованістю, моно- та асоціативними інвазіями кишечнику індиків

Прояви інвазій	Загальна інвазованість	Моноінвазії	Асоціативні
Загальна інвазованість	1		
Моноінвазії	0,901	1	
Асоціативні	0,859	0,551	1

Між окремими співчленами паразитоценозів (табл. 3) виявлено слабку кореляцію між *Eimeria* spp. і *Histomonas meleagridis* (0,413); між *Eimeria* spp. і *Ascaridia* sp. (0,383), *Heterakis gallinarum* (0,362), *Capillaria* spp. (0,442), *Raillietina* spp. (0,362), яка вказує на наявність конкурентних взаємовідносин між ними; середня між *Eimeria* spp. і *Trichomonas gallinae* (0,682), що вказує на можливість їх взаємодій та співіснування; але дуже висока між *Histomonas meleagridis* та *Ascaridia* sp. (0,999), *Heterakis gallinarum* (0,998), *Capillaria* spp. (0,999) і *Raillietina* spp. (0,998); між *Trichomonas gallinae* та *Ascaridia* sp. (0,937), *Heterakis gallinarum* (0,929), *Capillaria* spp. (0,957), *Raillietina* spp. (0,929); між *Ascaridia* sp. та *Heterakis gallinarum* (0,999), *Capillaria* spp. (0,998) і *Raillietina* spp. (0,999).

Дуже висока кореляція виявлена між *Heterakis gallinarum* та *Capillaria* spp. (0,996) і *Raillietina* spp. (0,999), між *Capillaria* spp. та *Raillietina* spp. (0,996), що вказує на наявність конкурентних, індіферентних чи синергічних взаємовідносин між збудниками.

Таблиця 3

Кореляційна матриця співчленів паразитоценозів кишечника індиків

Збудники	<i>Eimeria</i> spp.	<i>Histomonas meleagridis</i>	<i>Trichomonas gallinae</i>	<i>Ascaridia</i> sp.	<i>Heterakis gallinarum</i>	<i>Capillaria</i> spp.	<i>Raillietina</i> spp.
<i>Eimeria</i> spp.	1						
<i>Histomonas meleagridis</i>	0,413	1					
<i>Trichomonas gallinae</i>	0,682	0,948	1				
<i>Ascaridia</i> sp.	0,383	0,999	0,937	1			
<i>Heterakis gallinarum</i>	0,362	0,998	0,929	0,999	1		
<i>Capillaria</i> spp.	0,442	0,999	0,957	0,998	0,996	1	
<i>Raillietina</i> spp.	0,362	0,998	0,929	0,999	0,999	0,996	1

При цьому основний вплив (66,28 %, $p < 0,001$) на формування паразитоценозів мали співчлени паразитоценозів та їх взаємодія, збудники моно- та змішаних інвазій (18,09 %, $p < 0,01$) та випадкові фактори (15,63 %) (табл. 4).

Таблиця 4

Результати застосування двофакторного дисперсійного аналізу для оцінки кореляції взаємовідносин співчленів паразитоценозів кишечника індиків

Дисперсійний аналіз						
Джерело варіації	SS	Df	MS	F фактичне	p-значення	F критичне
Окремі хвороби	729,1794	6	121,5299	8,481843	0,000946	2,99612
Прояви хвороб	199,0176	2	99,50882	6,944943	0,009915	3,885294
Випадкові фактори	171,9389	12	14,32824			
Разом:	1100,136	20				
Вплив на захворюваність, %						
Окремі хвороби	66,28					
Прояви хвороб	18,09					
Випадкові фактори	15,63					
Разом:	100,00					

Таким чином, розрахунки коефіцієнтів кореляції вказують на наявність найвищого статистичного зв'язку між загальною інвазованістю та домінуючими збудниками *Eimeria* spp. (0,91); змішаними інвазіями за *Histomonas meleagridis*, *Ascaridia* sp., *Capillaria* spp., *Raillietina* spp. на рівні 0,80 – 0,99. За наявності 4-х і більше компонентних інвазій, за участі *Eimeria* spp., кореляційні залежності знижуються. Таким чином, наявність високих кореляцій вказує на наявність синергічної взаємодії збудників-співчленів паразитоценозів, і відповідно низьких – про наявність конкурентних взаємовідносин, що є одним з механізмів забезпечення саморегуляції проявів епізоотичного процесу та функціонування еколого-паразитарних систем.

Висновки

1. Встановлено широке поширення кишкових інвазій (EI – 42,44 %), у т.ч., числі паразитоценозів (EI – 56,46 %) за вільно-вигульної системи утримання індиків. Біорізноманіття паразитоценозів індиків представлено найпростішими типів Apicomplexa, Zoomastigophora гельмінтами класів Cestoda, Secernentea та Adenophorea зі статусом основних (ВІП %) – *Eimeria* spp. – 41,41 %; другорядних – *Capillaria* spp., *Ascaridia* sp., *Heterakis gallinarum* – 21,14 %, 14,10 % і 10,33 %; додаткових – *Histomonas meleagridis*, *Trichomonas gallinae* – 6,26 %, 3,97 %, *Raillietina* spp. – 2,58 %;

2. Визначено ступінь біологічної взаємодії співчленів кишкових паразитоценозів та встановлені кореляційні взаємозалежності: слабка кореляція між еймеріями та гістомонадами і гельмінтами (0,362 – 0,442); середня (0,682) – з трихомонадами; висока (0,948 – 0,999) – між гістомонадами, трихомонадами та гельмінтами, що вказує на наявність синергічних, індиферентних і конкурентно-антагоністичних взаємовідносин.

3. Встановлено дуже високу та високу кореляцію між *Eimeria* spp. та нематодами і цестодами; між нематодами *Ascaridia columbe* та *Capillaria* spp. і *Trichosngylus tenuis*; дуже слабка кореляція між *Eimeria* spp. і *Trichomonas gallinae*., а також між *Ascaridia columbae*, *Capillaria* spp. та *Trichomonas gallinae*, що свідчить відповідно про наявність синергічних та конкурентних взаємовідносин між компонентами паразитоценозів.

4. Математико-статистичний аналіз кореляційних взаємозалежностей співчленів паразитоценозів кишкового каналу індиків свідчить про ступінь біологічної взаємодії і може застосовуватись за математичного моделювання еколого-паразитарних систем з метою прогнозування епізоотичної ситуації.

References

- [Agravery.com](https://agravery.com/uk/posts/show/ukrainski-indiki-comu-roste-eksport-koli-pogoliva-skorocuetas). <https://agravery.com/uk/posts/show/ukrainski-indiki-comu-roste-eksport-koli-pogoliva-skorocuetas>
- [Agrotimes](https://bizagro.com.ua/pogolivya-indykiv-u-promyslovomu-sektori-u-2024-rocziskorotylosya/), <https://bizagro.com.ua/pogolivya-indykiv-u-promyslovomu-sektori-u-2024-rocziskorotylosya/>
- Barbosa, A. D. S., Pinheiro, J. L., Dos Santos, C. R., de Lima, C. S. C. C., Dib, L. V., Echarte, G. V., Augusto, A. M., Bastos, A. C. M. P., Antunes Uchôa, C. M., Bastos, O. M. P., Santos, F. N., Fonseca, A. B. M., & Amendoeira, M. R. R. (2020). Gastrointestinal parasites in captive animals at the Rio de Janeiro zoo. *Acta parasitologica*, 65(1), 237–249. <https://doi.org/10.2478/s11686-019-00145-6>
- Berhe, M., Mekibib, B., Bsrat, A., & Atsbaha, G. (2019). Gastrointestinal Helminth Parasites of Chicken under Different Management System in Mekelle Town, Tigray Region, Ethiopia. *Journal of veterinary medicine*, 1307582. <https://doi.org/10.1155/2019/1307582>
- Blake, D. P., Knox, J., Dehaeck, B., Huntington, B., Rathinam, T., Ravipati, V., Ayoade, S., Gilbert, W., Adebambo, A. O., Jatau, I. D. (2020). Re-calculating the cost of coccidiosis in chickens. *Veterinary Research*, 51(1), 115. <https://www.doi.org/10.1186/s13567-020-00837-2>
- Bogach, M., Paliy, A., Liulin, P., Perots'ka, L., Bohach, O., Pyvovarova, I., & Paliy, A. (2021). Parasites of domestic and wild pigeons in the south of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 29(2), 135-139. <https://doi.org/10.15421/012118>
- Bohach, M. V., Stehniy, B. T., Stepanova, N. O., Shaydyuk, I. V. (2013a) Metodyka pryzyhttyevoyi dyferentsiatsiyi onkosfer.Daveneoz i raytynoz ptakhiv: pat. na korysnu model' 78451, Ukrayina. № u201208044; zayava 02.07.12; opublikovano 25.03.13, Byul. № 6. 2 s.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., & Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *The Journal of Parasitology*, 83(4), 575. <https://doi.org/10.2307/3284227>
- Carrera-Játiva, P. D., Morgan, E. R., Barrows, M., & Wronski, T., (2018). Gastrointestinal parasites in captive and free-ranging bird and potential cross-transmission in a zoo environment. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 49(1), 116-128. <https://doi.org/10.1638/2016-0279r1.1>

- Commission of European Communities (CEC) (2002). Council regulation (EC) No. 1756/2002 of 23 September 2002 amending directive 70/524/EEC concerning additives in feedingstuffs as regards withdrawal of the authorisation of an additive and amending commission regulation (EC) No 2430/1999. Official Journal, L181: 1-2.
- Dalloul, R.A. & Lillehoj, H. S. (2006). Poultry coccidiosis: Recent advancements in control measures and vaccine development. *Expert Review of Vaccines*, 5(1), 143-163. <https://www.doi.org/10.1586/14760584.5.1.143>
- Dakhno, I. S., Berezovs'kyi, A. V., Halat, V. F., Aranchiy, S. V., Yevstafyeva, V. O., Dakhno, H. P., & Prykhod'ko, YU. O. (2001). *Atlas hel'mintiv tvaryn*. Vetinform, 118.
- Dipineto, L., Borrelli, L., Pepe, P., Fioretti, A., Caputo, V., Cringoli, G., & Rinaldi, L. (2013). Synanthropic birds and parasites. *Avian diseases*, 57(4), 756–758. <https://doi.org/10.1637/10602-062713-Reg.1>
- Dolka, B., Żbikowski, A., Dolka, I., & Szeleszczuk, P. (2015). Histomonosis – an existing problem in chicken flocks in Poland. *Veterinary Research Communications*, 39, 189-195. <https://www.doi.org/10.1007/s11259-015-9637-2>
- El-Dakhly, K. M., El-Seify, M. A., Mohammed, E. S., Elshahawy, I. S., Fawy, S. A., & Omar, M. A. (2019). Prevalence and distribution pattern of intestinal helminths in chicken and pigeons in Aswan, Upper Egypt. *Tropical Animal Health and Production*, 51(3), 713–718. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1725-1>
- Godfray, H. C., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M., & Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science (New York, N.Y.)*, 327(5967), 812–818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Halat, V. F., Berezovs'kyi, A. V., Prus, M. P., & Soroka, N. M. (2004). Parazytolohiya ta invazyini khvoroby tvaryn. Praktykum Kyiv : Vyshcha osvita, 0-12. [Parasitology and invasive diseases of animals. Practicum]
- Hanski, I. (1982). Dynamics of Regional distribution: The core and satellite species hypothesis. *Oikos*, 38(2), 210–221. <https://doi.org/10.2307/3544021>.
- Hess, M., Liebhart, D., Bilic, I., & Ganas, P. (2015). Histomonas meleagridis--new insights into an old pathogen. *Veterinary Parasitology*, 208(1-2): 67-76. <https://www.doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.12.018>
- Huang, Y., Ruan, X., Li, L., & Zeng, M. (2017). Prevalence of Eimeria species in domestic chickens in Anhui province, China. *Journal of Parasitic Diseases*, 41(4), 1014–1019. <https://doi.org/10.1007/s12639-017-0927-1>
- Ilic, T., Becskei, Z., Gajic, B., Ozvegy, J., Stepanovic, P., Nenadovic, K., & Dimitrijeviic, S. (2018). Prevalence of endoparasitic infections of birds in zoo gardens in Serbia. *Acta Parasitology*. 63(1), 134-146. <https://doi.org/10.1515/ap-2018-0015>
- Kruchynenko, O. V. (2021). Spreading of hen gastrointestinal parasitosis. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 236–241. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.29>
- Kvapil, P., Kastelic, M., Dovc, A., Bartova, E., Cizek, P., Lima, N., & Strus, S. (2017). An eight-year survey of the intestinal parasites of carnivores, hoofed mammals, primates, ratites and reptiles in the Ljubljana zoo in Slovenia. *Folia parasitologica*, 64, 2017.013. <https://doi.org/10.14411/fp.2017.013>
- Lafferty, K. D., Dobson, A. P., & Kuris, A. M. (2006). Parasites dominate food web links. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(30), 11211–11216. <https://doi.org/10.1073/pnas.0604755103>
- Liulin, P. V. (2003). Deiaki pytannia epizootolohii eimeriozno-nematodoznykh invazii shlunkovokyshkovoho traktu kurei ta indykiv. *Veterynarna Medytsyna: Mizhvidomchyi Tematychnyi Naukovyi Zbirnyk*, 81, 202–204. [In Ukrainian].
- Liulin, P. V., & Bogach, M. V. (2021a). Strukturne bioriznomanittya parazytotsenoziv kyshkovoho kanalu indykiv Skhidnoho rehionu Ukrayiny. *Scientific Progress & Innovations*, (2), 220–228. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.28>
- Liulin P. V., & Bohach M. V. (2021b). Vzayemozalezhnist' ta bioriznomanittya zbudnykiv kyshkovykh parazytiv kurey u skhidnomu rehioni Ukrayiny. *Veterynarna Medytsyna*, 107, 83–89. <https://doi.org/10.36016/VM-2021-107-15>
- Manzhos, A. F., & Sumtsov, V. S. (1982). Diagnostika balantidioza sviney. *Veterinariya*, (3), 43–44.
- Menezes, C. B., Mello, M. D. S., & Tasca, T. (2016). Comparison of permanent staining methods for the laboratory diagnosis of Trichomoniasis. *Revista Do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 58, 5. <https://doi.org/10.1590/S1678-994620160005>

- Nakonechniy, I.V. (2010). Strukturno-funkcionalna organisathia parazutocenotuchnich ugrupuvan ecosystem Pivdennogo Pruchornomoria. Doctor's thesis. *Ukrainskyi institut agroecologyi*, Kyiv. [In Ukrainian].
- Park, S. I., & Shin, S. S. (2010). Concurrent Capillaria and Heterakis infections in zoo rock partridges, *Alectoris graeca*. *The Korean journal of parasitology*, 48(3), 253–257. <https://doi.org/10.3347/kjp.2010.48.3.253>
- Pellerdy, L. P. (1974). Coccidia and coccidiosis, 2nd Edition. Akademiai Kiado., Budapest, 959.
- Salfelder, K., De Liscano, T. R., & Sauerteig, E. (1992). *Atlas of Parasitic Pathology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-2228-3>
- Shevchuk, T. I. (2013). Pryntsypy vzayemovidnosyn v systemi parazyt-khazyayin. *Visnyk problemy biolohiyi i medytsyny*, (100), 39–41. <https://dspace.vnmu.edu.ua/123456789/3289>.
- Tsegaye, A. A., & Miretie, A. A. (2021). Chicken Ascariasis and Heterakiasis: prevalence and associated risk factors, in Gondar City, Northwest Ethiopia. *Veterinary medicine (Auckland, N.Z.)*, 12, 217–223. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S323284>
- Tefera, M., & Wasiyhun, M. (2025). Coprological detection of gastrointestinal nematodes in intensively managed poultry farms in Bishoftu, Ethiopia. *Journal of parasitology research*, 9138062. <https://doi.org/10.1155/japr/9138062>
- United States Department of Agriculture (USDA) (2023). Livestock and poultry: World markets and trade. Foreign Agricultural Service. 1-18.
- Vadlejch, J., Petrtyl, M., Zaichenko, I., Čadková, Z., Jankovská, I., Langrová, I., & Moravec, M. (2011). Which McMaster egg counting technique is the most reliable? *Parasitology Research*, 109(5), 1387–1394. <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2385-5>.
- Yeres'ko, V. I., & Kovalenko, V. O. (2017). Kapilyarioz u skladi mikstinvaziy travnoho kanalu husey. *Visnyk Poltavs'koyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi*, 17(4), 143-145.



2025. Номер 12, С. 99 – 109.

Отримано: 10.09.2025 Прийнято: 02.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.08

UDC 636.7.09:616.34-002

REHABILITATION POTENTIAL IN DOGS WITH GASTROENTERITIS

O.V. Matsenko, O.V. Ilina, O.P. Tymoshenko, V.V. Sidelov, E.V. Bublyk

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

E-mail: ilynaoxana@gmail.com

Annotation. Gastroenteritis is one of the most common gastrointestinal disorders in dogs, recorded among representatives of all breeds and age groups, with such clinical signs as anorexia, depression, vomiting, and diarrhea. These symptoms are complex in nature, encompassing both local gastrointestinal disturbances and systemic changes caused by dehydration and intoxication. In this study, for the first time, the diagnostic informativeness of a methodological approach based on determining the rehabilitation potential of sick animals was analyzed. The criteria for this assessment include hematological and biochemical blood parameters. Rehabilitation potential is an indicator of the animal's potential ability to achieve complete recovery within a certain period of time. This method was first proposed and implemented in 2024–2025 at the Department of Internal Diseases and Clinical Diagnostics of Animals of the State Biotechnological University during the examination of clinically healthy dogs kept in an animal shelter. Determining the rehabilitation potential made it possible to qualitatively and quantitatively assess the adaptive capabilities of dogs' organisms during long-term shelter maintenance. Previously, this methodological approach had not been applied to the examination of animals suffering from gastroenteritis.

Analysis of laboratory test results revealed a significant decrease in hemoglobin, erythrocytes, and eosinophilic leukocytes, as well as an increase in the total number of leukocytes. Biochemical studies showed elevated activity of aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), and alkaline phosphatase (ALP), along with reduced levels of total protein, albumin, and potassium in the blood of affected dogs. These changes were caused by inflammatory processes of the gastric and intestinal mucosa, dehydration, hepatic hypoxia, and the action of toxic substances due to intestinal barrier dysfunction. Calculations of the degree of rehabilitation potential provided an integral assessment of the health status of sick dogs and the potential adaptive capacity of their organisms, which was determined to be low.

The obtained results may be useful for developing effective treatment methods for dogs with gastroenteritis. The informativeness of the animals' rehabilitation potential, based on hematological and biochemical serum parameters, is emphasized.

Keywords: *dogs, gastroenteritis, rehabilitation potential, cellular and biochemical profile.*

РЕАБІЛІТАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЗА ГАСТРОЕНТЕРИТУ СОБАК

О.В. Маценко, О.В. Ільїна, О.П. Тимошенко, В.В. Сидельов, Є.В. Бублик

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

E-mail: ilynaoxana@gmail.com

Анотація. Гастроентерит є одним з найбільш поширених захворювань шлунково-кишкового тракту в собак, що реєструється серед представників усіх порід та вікових груп з такими клінічними ознаками, як анорексія, депресія, блювота та діарея. Ці симптоми мають комплексний характер, охоплюючи локальні порушення шлунково-кишкового тракту та системні зміни, спричинені зневодненням та інтоксикацією. У межах цього дослідження вперше було проаналізовано діагностичну інформативність такого методичного підходу як визначення реабілітаційного потенціалу хворих тварин, критеріями якого є гематологічні і біохімічні показники крові. Реабілітаційний потенціал – це показник потенціальної можливості організму тварини досягти повної реабілітації за певний період часу. Ця методика вперше була запропонована і впроваджена у 2024-25 роках на кафедрі внутрішніх хвороб та клінічної діагностики тварин Державного біотехнологічного університету під час обстеження клінічно здорових собак, що утримувались у притулку для тварин. Визначення реабілітаційного потенціалу дозволило якісно і кількісно визначити адаптаційні можливості організму собак під час довготривалого утримання у притулку. Для обстеження хворих на гастроентерит тварин цей методичний підхід раніше не застосовувався.

Аналіз результатів лабораторних досліджень дозволив встановити достовірне зменшення вмісту гемоглобіну, еритроцитів та еозинофільних лейкоцитів, а також підвищення загальної кількості лейкоцитів. Біохімічні дослідження виявили підвищення активності аспартатамінотрансферази (АсАТ), аланінамінотрансферази (АлАТ) та лужної фосфатази (ЛФ), а також зниження вмісту загального білка, альбумінів та Калію у крові хворих собак. Ці зміни були зумовлені запальними процесами слизової оболонки шлунку та кишечника, зневодненням, печінковою гіпоксією та дією токсичних речовин через порушення кишкового бар'єру. Розрахунки ступеню реабілітаційного потенціалу дозволили одержати інтегральну оцінку стану здоров'я хворих собак і потенційні адаптивні можливості їх організму, які було визначено як низькі.

Отримані результати можуть бути корисними для розробки ефективних методів лікування собак за гастроентериту. Підкреслюється інформативність реабілітаційного потенціалу тварин на основі визначення гематологічних і біохімічних показників сироватки крові.

Ключові слова: собаки, гастроентерит, реабілітаційний потенціал, клітинний та біохімічний профіль.

Вступ. *Актуальність теми.* Серед шлунково-кишкових розладів гастроентерит є найбільш поширеною проблемою, що зустрічається серед всіх вікових груп і порід собак і спричиняється поліетіологічними чинниками паразитарного, вірусного, бактеріального та незаразного походження. Через таку багатофакторну етіологію достатньо важко діагностувати етіологічний чинник не тільки за клінічними ознаками, а й за результатами дослідження крові, ультразвукової діагностики, вірусних та паразитарних досліджень (Shima et al., 2021, Rallis et al., 2000).

Поширення гастроентериту становить 41,2 % серед собак з клінічними ознаками діареї, блювоти з кров'ю або без крові, лихоманки, анемії та зневоднення (Bilnytska & Sharandak, 2023). Більшість собак, хворих на гастроентерит, мають ознаки зневоднення,

млявості, діареї, блювоти та підвищення температури тіла (Agnihotri, 2017, Deepika et al., 2020).

Але дуже важливо розуміти механізм розвитку та джерело походження порушень показників крові. Клітинні та біохімічні зміни за гастроентериту зумовлені значною втратою рідини та електролітів, що викликає порушення нормальної роботи організму. Одним із ключових патофізіологічних процесів розвитку гастроентериту є проникнення токсичних речовин через пошкоджену слизову оболонку кишечника в порталний кровотік і системний кровообіг, що зумовлює розвиток печінкової гіпоксії. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню активності ферментів, таких як АЛАТ, АсАТ та ЛФ. Такі зміни є показником порушення функції печінки та можуть спостерігатися під час тяжкого перебігу гастроентериту (Surendhar et al., 2018). Руйнування слизової оболонки кишечника спричиняє порушення процесу всмоктування амінокислот через пошкоджені ворсинки, що негативно впливає на обмін речовин. Таким чином, реєструють збільшення вмісту в сироватці крові креатиніну, сечовини та зменшення – загального білка, альбумінів, глобулінів та глюкози (Rathore et al., 2024).

Порушення електролітного балансу включають зменшення кількості Калію та Натрію у плазмі крові собак з гастроентеритом (Patel et al., 2022). Надмірні втрати електролітів, порушення всмоктування та перерозподіл Калію призводять до гіпокаліємії, яка негативно впливає на діяльність серцево-судинної системи (Kogika & Morais, 2017).

Тому важливим та актуальним питанням у діагностиці гастроентериту залишається проведення комплексного аналізу крові за клітинними та біохімічними показниками, які вказують на дисфункцію органів під час цього захворювання. Саме застосування такого інтегрального критерію як реабілітаційний потенціал, з нашої точки зору, може забезпечити комплексну оцінку потенціальних можливостей організму тварини протидіяти впливу патогенних чинників (Тимошенко & Сидельов, 2024, 2025; Кібкало & Сидельов, 2024).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зміни клітинного та біохімічного профілю в собак з ознаками гастроентериту, а саме зниження вмісту гемоглобіну, загальної кількості лейкоцитів, еритроцитів, альбумінів та збільшення кількості лімфоцитів, активності АЛАТ та АсАТ встановив Richa et al. (2018). Rathore et al. (2024) вказують на зниження в крові вмісту гемоглобіну, кількості тромбоцитів та лейкоцитів. Збільшення вмісту нейтрофільних лейкоцитів і зменшення кількості лімфоцитів у крові хворих собак реєструвала Castro et al. (2013). Bhat et al. (2015) визначали нейтрофілію зі збільшеним вмістом паличкоядерних клітин та лімфопенію в собак з діареєю та блювотою, що пов'язували з сильною запальною реакцією, спричиненою бактеріальною інфекцією.

Аналогічні клітинно-біохімічні зміни визначали Shima et al. (2022) у собак з ознаками гастроентериту, а саме, анемію, моноцитопенію, лімфоцитоз, лейкопенію, нейтропенію, тромбоцитопенію, помірну гіперглікемію, гіпер- та гіпопротеїнемію, гіперглобулінемію, гіпер- та гіпоальбумінемію, підвищення співвідношення альбуміни/глобуліни, активності АЛАТ та ЛФ, зниження активності АсАТ, гіперкреатинінемію, гіпокаліємію, гіпонатріємію, гіперкальціємію.

Minnat et al. (2017) виявили анемію з еозинофільним лейкоцитозом у крові собак із ознаками гастроентериту. Біохімічні показники включали помірне підвищення вмісту ферментів АЛАТ, АсАТ та ЛФ без змін концентрації креатиніну та сечовини, а також зменшення вмісту загального білка сироватки крові та підвищення вмісту фібриногену. Подібні зміни, зокрема зниження рівня альбуміну та підвищення активності АЛАТ і АсАТ, були зафіксовані Rathore et al. (2024). Отже, результати лабораторних досліджень за даними різних авторів не є однозначними, що ускладнює діагностику захворювання і свідчить про відсутність системного підходу до цієї проблеми.

Мета роботи: Встановити діагностичну інформативність такого показника, як реабілітаційний потенціал в собак, хворих на гастроентерит, на основі визначення гематологічних та біохімічних показників крові для забезпечення більш точної діагностики і розробки ефективних методів лікування.

Завдання дослідження: Визначити клінічні симптоми та оцінити діагностичну інформативність гематологічних та біохімічних показників сироватки крові в собак з гастроентеритом і наявність кореляційних зв'язків між клінічними симптомами та лабораторними показниками. Розрахувати ступінь реабілітаційного потенціалу клінічно здорових і хворих на гастроентерит собак.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження проводили на базі приватної ветеринарної клініки «Зоолукс» м. Бровари Київської обл. Об'єктом дослідження були хворі собаки різних порід, у віці 2–12 міс. з попереднім діагнозом гастроентерит. Визначення клінічного статусу хворих тварин проводили за загальноприйнятою схемою. Діагноз на гастроентерит ставили на підставі анамнезу, клінічних ознак, результатів гематологічного та біохімічного досліджень сироватки крові собак, ультразвукового дослідження органів черевної порожнини та застосування імунохроматографічного експрес-тесту для якісного визначення парвовірусної інфекції та *Giardia intestinalis* (*Lambli*a) (рис. 1).

Усього було обстежено 10 хворих тварин, які мали порушення з боку шлунково-кишкового тракту, саме блювоту з піною, діарею, зниження апетиту.

Для досліду тварин поділяли на дві групи: група А (здорові тварини, 5 гол.) та група В (з ознаками гастроентериту, 10 гол.). Клінічний аналіз крові проводили за уніфікованою методикою за допомогою напівавтоматичного біохімічного аналізатору *Stat FaxDF51* у лабораторії ветеринарної клініки «Зоолукс». Визначали гематологічні параметри, а саме вміст гемоглобіну, еритроцитів, гематокриту (НСТ тест), лейкоцитів та диференційний підрахунок лейкоцитів, а серед біохімічних показників сироватки крові – активність аланінамінотрансферази (АлАТ), аспартатамінотрансферази (АсАТ), лужної фосфатази (ЛФ), вміст креатиніну, сечовини, холестеролу, білірубину, глюкози, альбумінів, глобулінів, мікроелементів та макроелементів.



Рис.1. Результати імунохроматографічного експрес-тесту на парвовірусну інфекцію та *Giardia intestinalis*.

Ультразвукове дослідження проводили за допомогою апарату *Mindray DC-7* (*Mindray*, USA, *Mahwah*). Оцінювали структурний та функціональний стан печінки, підшлункової залози, селезінки, нирок, шлунку, кишечника та жовчного міхура.

Статистичний аналіз проводили за допомогою програми *Stat 1* (*StatSoft*). Середнє значення і стандартне відхилення ($\text{Mean} \pm \text{SD}$) визначали за загальноприйнятими стандартними математичними методами в *Excel* (*MS Office 2010*). Достовірність показників оцінювали за значеннями ймовірності за допомогою програми статистичного аналізу *Stat 1*: ** $p \leq 0,05$, *** $p \leq 0,01$, **** $p \leq 0,001$.

Реабілітаційний потенціал визначали за методикою, запропонованою і впровадженою Сидельов & Тимошенко (2025), Кібкало & Сидельов (2024). У тварин відбирали зразки крові за стандартними методами і визначали гематологічні показники та біохімічні тести, описані вище, в якості критеріїв стану здоров'я хворих тварин. Одержані результати оформлювали у вигляді таблиці, в яку вносили значення всіх гематологічних і біохімічних показників у формі їх лімітів (*Lim*) найменшого і найбільшого кожного з тестів (*min – max*). Далі виконували порівняння лімітів кожного з цих показників з лімітами відповідної норми, які також присутні в таблиці. У тих випадках, коли ліміти показника

(незалежно верхній або нижній) не співпадали з лімітами норми, такий показник фіксували, відмічали в таблиці жирним шрифтом. Потім проводили підрахунок сумарної кількості таких відхилень. Кінцевий результат оцінювали у відсотках лабораторних показників, ліміти яких не увійшли в межі норми, від загальної кількості визначених тестів. Для цього була розроблена шкала визначення ступеню реабілітаційного потенціалу в якісному і кількісному варіантах (табл. 1).

Таблиця 1

**Ступінь реабілітаційного потенціалу
(у % кількість лабораторних показників, що відрізняються від меж норми)**

Високий	0–24 %
Середній	25–49 %
Низький	50–74 %
Дуже низький	75–100 %

Це дало змогу інтегрувати результати і перевести суб'єктивну оцінку стану хворих тварин у числові виміри, що перетворило методику визначення їх реабілітаційного потенціалу в діючий науковий інструмент.

Результати досліджень та їх обговорення. У проведених дослідженнях було встановлено, що найбільш поширеними симптомами в собак, хворих на гастроентерит, були блювота, діарея, дегідратація та апатія. Відмічали зниження апетиту, слабкість, а під час пальпації черевної стінки реєстрували незначний біль. У собак спостерігали часту дефекацію, кал містив слиз з домішками крові. Температура тіла в більшості тварин була в межах норми (рис. 2).

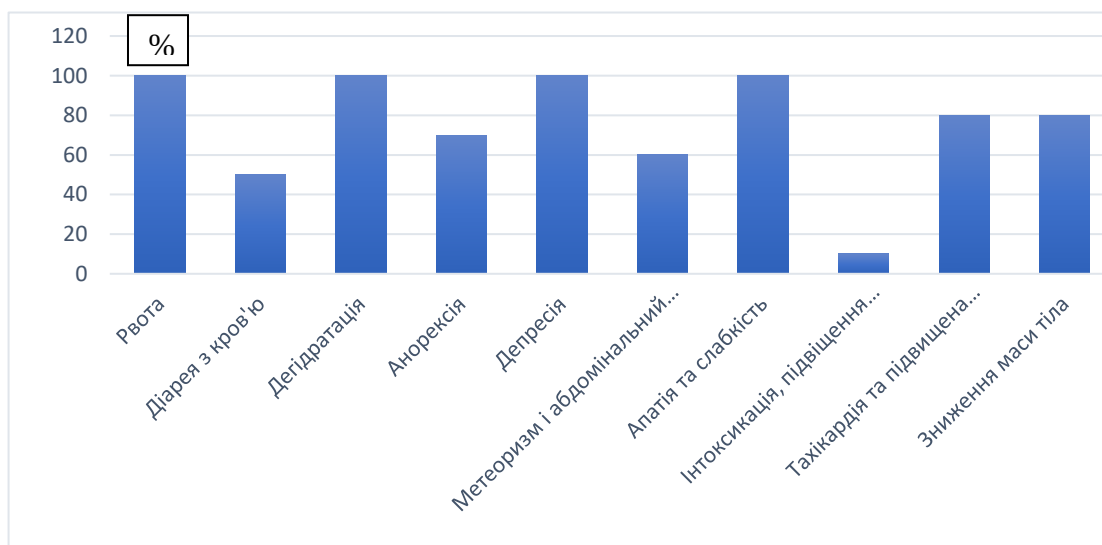


Рис. 2. Клінічні симптоми у собак із гастроентеритом.

Блювоту спостерігали в більшості випадків, вона включала вміст шлунку, слиз, жовч або кров, що свідчило про подразнення слизової оболонки шлунку. Інтенсивність блювоти залежала від тяжкості перебігу захворювання. Рідкі випорожнення з кров'ю були зафіксовані у 65 % випадків і супроводжувалися зниженням загального тону організму. Метеоризм і абдомінальний дискомфорт реєстрували у 60 % тварин. Вони проявлялися бурчанням у животі та болісними реакціями під час пальпації, що свідчило про застійні процеси в кишечнику та надмірне утворення газів. Значна втрата рідини внаслідок блювоти та діареї призводила до розвитку дегідратації. Цей стан проявлявся сухістю слизових оболонок, зниженням еластичності шкіри та западанням очей. Дегідратація також супроводжувалася тахікардією і підвищенням частоти дихання, що було зумовлено інтоксикацією організму та розладами водно-електролітного балансу.

Таким чином, клінічні ознаки гастроентериту в собак мали комплексний характер, охоплюючи локальні порушення з боку шлунково-кишкового тракту та системні зміни, викликані зневодненням та інтоксикацією. Під час ультразвукової діагностики було ідентифіковано структурні та функціональні зміни, характерні для гастроентериту в собак (табл. 2).

Таблиця 2

Результати ультразвукового дослідження внутрішніх органів у собак з ознаками гастроентериту

Назва органів	Патологічні зміни
Печінка	не збільшена, не виступає за межі реберної дуги, контур чіткий, рівний, ехоструктура однорідна, ехогенність без змін
Підшлункова залоза	патологічних змін не виявлено
Селезінка	контур чіткий, нерівний, ехогенність у нормі
Нирки	не збільшені в розмірах, овальної форми, контур чіткий та рівний, судинний малюнок виражений помірно, миска та сечовід не розширені
Шлунково-кишковий тракт	шлунок: помірно наповнений неоднорідним анехогенним вмістом із включеннями газів; поверхня слизової оболонки потовщена, гіперехогенна. кишечник: стінка потовщена до 3,6-3,8 мм; співвідношення шарів змінене, із потовщенням підслизового шару; просвіт слабо заповнений однорідним ехогенним вмістом; поверхня слизової оболонки гіперехогенна.
Жовчний міхур	помірно наповнений, анехогенний, стінки непотовщені, протоки не розширені, форма типова

Дані ультразвукового дослідження дозволили оцінити структурні та функціональні зміни органів черевної порожнини, а саме потовщення слизової оболонки шлунку та кишечника, послаблення перистальтики та наявність газів в органах шлунково-кишкового тракту собак із клінічними ознаками гастроентериту.

Під час проведення гематологічних досліджень у собак виявили достовірне зменшення вмісту гемоглобіну, еритроцитів та лімфоцитів ($p \leq 0,01$) (табл. 3).

У наших дослідженнях у хворих собак встановлено розвиток нормоцитарної (нормохромної) анемії, за якої середній об'єм еритроцитів (MCV) та середній вміст гемоглобіну в еритроциті (MCH) залишались в межах норми. Еритроцити за розміром і забарвленням були нормальними, проте їх кількість – недостатньою, що призводило до зниження загального вмісту гемоглобіну.

Bhat et al. (2013), Minnat et al. (2017), Deepika et al. (2020) пов'язують ці відхилення з анемією, дегідратацією, механічною обструкцією, масивним злущуванням кишкових епітеліальних клітин та пошкодженням капілярів ворсинок у кишечнику, що призводить до кровотеч. За даними Радзиховський et al. (2017), такий стан може бути пов'язаний з гострою або хронічною крововтратою, дегідратацією та втратою рідини, а також із порушенням засвоєння поживних речовин (заліза, вітамінів) у кишечнику або токсичними впливами, що пригнічують процеси еритропоезу.

У собак із гастроентеритом виявлено характерні зміни у складі крові, що свідчили про розвиток запального процесу та ускладнень, пов'язаних із патологією шлунково-кишкового тракту. Зокрема, визначали еозинопенію та лейкоцитоз, зумовлений підвищенням кількості сегментоядерних нейтрофілів і лімфоцитів, що є типовою реакцією організму на початкових етапах запалення (Dash et al., 2013). Naigamwalla et al. (2012) та Torrente et al. (2015) описали розвиток мікроцитарної гіпохромної анемії, яка формується внаслідок дефіциту Заліза. Його виникнення може бути пов'язане з кишковими крововтратами та запальними процесами у шлунку. Водночас нейтрофілія, за даними Richa et al. (2018), розглядається як результат активації імунної системи, спрямованої на нейтралізацію умовно-патогенних бактерій на ранніх стадіях захворювання.

Аналізуючи значення лімітів усіх гематологічних показників і відповідних норм, нами було встановлено, що в групі А, в якій присутні тільки клінічно здорові собаки, із

загальної кількості показників, а саме 13-и, тільки один (концентрація гемоглобіну) перевищувала межі норми, що становило 7,69 % від загальної кількості тестів. Згідно зі шкалою визначення ступеню реабілітаційного потенціалу це відповідало рівню «Високий».

Таблиця 3

**Гематологічний профіль собак за гастроентериту (група В, 10 гол.),
порівняно з показниками здорових тварин (група А, 5 гол.), Mean $\pm$ SD**

Показники, од. виміру	Норма	Група А	Група В
Гемоглобін, г/л Lim (min – max)	120-180	161,75 $\pm$ 17,2 141-182	109,00 $\pm$ 19,5** 84-120
Еритроцити 10 ¹² /л Lim. (min – max)	4,80-9,30	6,82 $\pm$ 0,71 5,77- 7,27	4,79 $\pm$ 0,48** 3,33-5,78
НСТ, % Lim. (min – max)	36-55	48,00 $\pm$ 4,69 43-54	41,33 $\pm$ 12,10 23-55
Середній об'єм еритроцита (MCV), fl Lim. (min – max)	58-79	71,2 $\pm$ 3,09 64,8 - 77,3	69,56 $\pm$ 3, 09 65,4-71,2
Середній вміст гемоглобіну в еритроциті (MCH), pg Lim.(min-max)	19-28	22,4 $\pm$ 1,68 20,4-27,6	23,51 $\pm$ 1,68 21,5-25,7
Середня концентрація гемо-глобіну в еритроциті (MCHC) G/L Lim. (min – max)	300-380	340,4 $\pm$ 18,30 326-374	338,29 $\pm$ 18,30 313-362
Розподіл еритроцитів по об'єму RDW-CV, % Lim. (min – max)	0-19	15,2 $\pm$ 1,81 13,6-17,9	14,73 $\pm$ 1,81 14,0-18,1
Лейкоцити, 10 ⁹ /л Lim. (min – max)	4,5-15,5	10,64 $\pm$ 2,67 7,4- 13,3	17,46 $\pm$ 1,75** 16,3-25,2
Сегментоядерні нейтрофіли, % Lim. (min – max)	60-77	70,75 $\pm$ 6,70 64,0-77,0	83,71 $\pm$ 8,16 75,0-91,0
Еозінофіли, % Lim. (min – max)	2-10	2,75 $\pm$ 0,50 2,0-3,0	1,40 $\pm$ 0,50** 0,0-2,3
Моноцити, % Lim. (min – max)	0-10	3,25 $\pm$ 0,96 2,0-4,0	3,57 $\pm$ 1,90 1,0-6,0
Лімфоцити, % Lim. (min – max)	12-30	23,25 $\pm$ 6,24 17,0-30,0	11,71 $\pm$ 2,34** 5,0-23,0
Тромбоцити, 10 ⁹ /л Lim. (min – max)	170-500	310,2 $\pm$ 104,2 184-434	256,3 $\pm$ 77,7 0,0-256

Примітка: *** $p \leq 0,01$, **** $p \leq 0,001$ **** порівняно з показниками групи здорових тварин. Жирним шрифтом виділені випадки, коли ліміти показників виходять за верхні або нижні межі норми

У групі В, тобто, в собак, хворих на гастроентерит, за даними гематологічних досліджень з 13 показників за межі норми вийшли 8 показників, що становило 61,54 % від загальної кількості тестів, що відповідало рівню реабілітаційного потенціалу «Низький».

Отже, оцінка стану здоров'я собак, хворих на гастроентерит, за даними гематологічних досліджень, спираючись на результати визначення реабілітаційного потенціалу, свідчить про низьку спроможність систем еритро- і лейкоцитопоезу тварин чинити опір розвитку патологічного процесу, що вимагає відповідного і своєчасного лікування.

За результатами біохімічних досліджень сироватки крові в собак із гастроентеритом встановлено достовірне підвищення активності АсАТ ($p \leq 0,001$), АлАТ ($p \leq 0,001$) та ЛФ ($p < 0,001$) (табл. 4). Також відбувалось зниження вмісту загального білка, альбуміну та Калію порівняно з групою клінічно здорових тварин. Водночас активність ЛФ, незважаючи на достовірне зростання, залишалась у межах фізіологічної норми.

Гіпоальбумінемію та гіпопротеїнемію в собак із гастроентеритом підтвердили Dossin & Lavour (2011), пов'язуючи ці зміни із запаленням кишечника та розвитком

печінкової недостатності. Bhat et al. (2015) відзначали зниження вмісту альбуміну та підвищення активності АсАТ у сироватці крові у випадках гастроентериту собак, що було наслідком ураження печінки та тяжкої ентеропатії з втратою білка через пошкодження ворсинок кишечника і кишкову кровотечу.

Подібні зміни, за даними Shima et al. (2022), асоціюються з гепатодистрофією та проникненням токсичних речовин у системний кровообіг внаслідок втрати цілісності кишкового бар'єру.

Таблиця 4

**Біохімічні показники сироватки крові здорових собак (група А)
та з ознаками гастроентериту (група В), Mean $\pm$ SD (10 голів)**

Показники, од. виміру	Норма	Група А	Група В
АсАТ, од/л	5,0 – 55,0	27,05 $\pm$ 4,70	128,30 $\pm$ 11,09****
Lim. (min – max)		21,7 – 31,1	121 – 151
АлАТ, од/л	5,0 – 107,0	37,30 $\pm$ 9,86	204,77 $\pm$ 32,83****
Lim. (min – max)		27,9 – 51,2	124 – 255
Креатинін, мкмоль/л	44,0 – 138,0	77,03 $\pm$ 8,05	76,93 $\pm$ 3,39
Lim. (min – max)		65,7 – 84,4	37 – 109
Сечовина, ммоль/л	2,5 – 9,6	6,80 $\pm$ 1,19	7,70 $\pm$ 5,8
Lim. (min – max)		5,5 – 8,3	3,3 – 21,5
Холестерол, мг/дл	92,0 – 324,0	237,83 $\pm$ 37,4	166,47 $\pm$ 35,99
Lim. (min – max)		206,5 – 291,0	156 – 208
Гамма-глутамілтрансфераза, од/л.	0,0 – 14,0	8,68 $\pm$ 2,21	8,04 $\pm$ 7,90
Lim. (min – max)		6,8 – 11,3	2,3 – 25,6
Кальцій загальний, ммоль/л	2,2 – 3,0	2,53 $\pm$ 0,12	2,20 $\pm$ 0,11
Lim. (min – max)		2,37 – 2,67	2,0 – 2,27
Калій, ммоль/л	3,6 – 5,5	4,23 $\pm$ 0,39	3,95 $\pm$ 0,47**
Lim. (min – max)		3,74 – 4,66	3,11 – 4,50
Фосфор неорганічний, ммоль/л	0,68 – 2,0	1,11 $\pm$ 0,24	1,41 $\pm$ 0,56
Lim. (min – max)		0,85 – 1,43	0,54 – 2,12
Магній, ммоль/л	0,7 – 1,1	0,92 $\pm$ 0,09	0,84 $\pm$ 0,10
Lim. (min – max)		0,82 – 1,01	0,60 – 0,98
Глюкоза, ммоль/л	3,9 – 8,3	5,73 $\pm$ 0,58	6,42 $\pm$ 2,60
Lim. (min – max)		4,95 – 6,33	2,55 – 9,87
Лужна фосфатаза, од/л	10,0 – 150,0	32,53 $\pm$ 6,57	102,0 $\pm$ 14,20***
Lim. (min – max)		25,4 – 41,0	105,8 – 130,5
Білірубін загальний, мг/дл	0,0 – 5,0	0,23 $\pm$ 0,19	0,45 $\pm$ 0,32
Lim. (min – max)		0,06 – 0,50	0,052 – 1,00
Білірубін прямий, мг/дл	0,0 – 3,0	0,14 $\pm$ 0,12	0,16 $\pm$ 0,11
Lim. (min – max)		0,03 – 0,31	0,021 – 0,30
Білірубін непрямий, мг/дл	0,0 – 1,0	0,08 $\pm$ 0,07	0,30 $\pm$ 0,28
Lim. (min – max)		0,03 – 0,19	0,03 – 0,70
Білок загальний, г/л	51,0 – 78,0	67,35 $\pm$ 4,28	50,36 $\pm$ 3,80 **
Lim. (min – max)		63,7 – 72,7	50,0 – 52,6
Альбуміни, г/л	24,0 – 44,0	28,53 $\pm$ 2,87	20,89 $\pm$ 1,22**
Lim. (min – max)		26,2 – 32,6	17,4 – 26,7
Глобуліни, г/л	28,0 – 46,0	38,83 $\pm$ 3,69	39,63 $\pm$ 9,18
Lim. (min – max)		36,3 – 44,3	29,8 – 55,7

Примітка: *** $p \leq 0,01$, **** $p \leq 0,001$ **** порівняно з показниками групи здорових тварин. Жирним шрифтом виділені випадки, коли ліміти показників виходили за верхню або нижню межу норми.

За даними Fathy et al. (2023), кишкові порушення супроводжуються втратою рідини, електролітів, білків, пошкодженням клітин і розвитком запалення слизової оболонки шлунку та кишечника, що поглиблює ці розлади. Дегідратація за діареї призводить до гіповолемії та електролітного дисбалансу, що негативно впливає на функцію скелетних

м'язів і може спричиняти їх пошкодження. Це відображається підвищенням рівня АсАТ у крові, що виступає позитивним предиктором тяжкості патологічного процесу.

Bhat et al. (2015), у крові собак із гастроентеритом спостерігали зменшення концентрації загального білка, альбуміну, Калію та Хлоридів, а також значне підвищення АлАТ і рівня азоту сечовини. За нашими даними, рівні сечовини та креатиніну в сироватці крові хворих собак залишалися в межах норми, що, ймовірно, залежало від тяжкості захворювання та наявності ускладнень з боку сечовидільної системи.

Аналізуючи значення лімітів всіх біохімічних тестів і їх відповідних норм, нами встановлено, що у групі А, в якій присутні клінічно здорові собаки, із загальної кількості показників, а саме 18-и, в жодному з випадків ліміти показників не виходили за межі норми, що становило 0,00 % від загальної кількості тестів. Згідно зі шкалою визначення ступеню реабілітаційного потенціалу це відповідало рівню «Високий».

У групі В, тобто в собак, хворих на гастроентерит, за даними біохімічних досліджень з 18-и показників за межі норми вийшли 13 тестів, що становило 72,22 % від загальної кількості і відповідало рівню реабілітаційного потенціалу «Низький».

Отже, оцінка стану здоров'я собак, хворих на гастроентерит, за даними біохімічних досліджень, спираючись на результати визначення реабілітаційного потенціалу, свідчила про низьку опірність організму тварин впливу ушкоджуючих факторів, неспроможність систем гомеостазу протистояти патологічному процесу без відповідних засобів фармакологічної корекції.

Таким чином, за гастроентериту собак до початку лікування за даними як гематологічних, так і біохімічних досліджень, ступінь реабілітаційного потенціалу виявився за шкалою визначення однаковим, одержавши якісну інтегративну оцінку як «Низький», порівняно із клінічно здоровими тваринами, ступінь реабілітаційного потенціалу яких було визначено як «Високий». Ці результати підкреслюють важливість проведення гематологічного, біохімічного аналізів для діагностики гастроентериту та оцінки тяжкості патологічного процесу. Визначення цих показників у собак з гастроентеритом, а також ступеня реабілітаційного потенціалу, залишається актуальним напрямом наукових досліджень і потребує подальшого розвитку в напрямі інтегральної оцінки ефективності лікування.

Висновки

1. Уперше визначення реабілітаційного потенціалу для оцінки стану здоров'я собак за гастроентериту дозволило інтегрувати багаточисленні лабораторні дані і представити їх в інтегрованому якісному і кількісному вигляді. За даними гематологічних досліджень, ступінь реабілітаційного потенціалу хворих тварин кількісно оцінюється у 61,74 %, за результатами біохімічних досліджень – у 72,22 %. Шляхом якісної оцінки в цілому, за даними лабораторних досліджень, ступінь реабілітаційного потенціалу за гастроентериту собак визначено як «Низький».
2. За результатами проведених досліджень у собак з гастроентеритом спостерігали зниження рівня гемоглобіну, кількості еритроцитів, еозинофілів та розвиток нормоцитарної анемії, підвищення загальної кількості лейкоцитів за рахунок збільшення кількості сегментоядерних нейтрофілів.
3. Під час біохімічного дослідження сироватки крові собак, хворих на гастроентерит, виявили підвищення вмісту аспартатамінотрансферази ($p \leq 0,001$) та аланінамінотрансферази ($p \leq 0,001$), лужної фосфатази ($p \leq 0,001$) та зниження вмісту загального білка, альбумінів та Калію в порівнянні з групою здорових тварин. Ці результати свідчать про початковий етап запального процесу, який супроводжується кишковими крововтратами, пошкодженням слизової оболонки, втратою білків і печінкових клітин.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що гастроентерит у собак супроводжується численними порушеннями систем гомеостазу, які потребують

комплексного підходу до діагностики та лікування. Метод визначення реабілітаційного потенціалу виявився інформативним як допоміжний в діагностиці гастроентериту собак, оскільки дав можливість інтегрувати результати лабораторних досліджень, визначити опірність організму і дати об'єктивну кількісну і якісну оцінку його спроможності протидіяти впливу патогенних чинників.

References

- Кібкало, Д. В., & Сидельов, В. В. (2024). Порівняльний аналіз реабілітаційного потенціалу котів за різних типів годівлі. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Ветеринарна медицина*, 67(4), 47–56. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.27>
- Радзиховський, М. (2017). Гематологічні та біохімічні показники крові собак, уражених коронавірусним ентеритом. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 19, 77–84. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7737>
- Сидельов, В. В. (2025). Порівняльний аналіз реабілітаційного потенціалу собак у притулках за різних типів годівлі. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Серія: Ветеринарні науки*, 27(117), 34–43. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11705>
- Сидельов, В. В., & Тимошенко, О. П. (2025). Оцінка протоколу визначення ступеню адаптації котів та собак до умов притулку для тварин. Комарицький, М. Л. (Ред.), *II Міжнародна науково-практична конференція «Global trends in science and education»* (с. 41–44). Київ: Scientific Publishing Center.
- Тимошенко, О. П., & Сидельов, В. В. (2024). Лабораторні критерії стану здоров'я свійських котів в умовах утримання у притулках для тварин. *Ветеринарія, Технології тваринництва та природокористування*, 9(1), 224–236. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11705>
- Тимошенко, О. П., & Сидельов, В. В. (2024). Оцінка реабілітаційного потенціалу собак у притулку за динамікою показників крові та фізіологічних параметрів. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Серія: Ветеринарні науки*, 26(116), 109–117. <https://doi.org/10.32718/nvlvet116>
- Agnihotri, D., Yudhvir, S., Sushila, M. & Jaini, V. (2017). Molecular detection clinic-hematological study of viral gastroenteritis in dogs. *Haryana Veterinary*, 56(1), 72–76.
- Bhat, A., Wadhwa, D., Preet, D. & Singh, I. (2013). Hematological and biochemical analysis in canine enteritis, *Veterinary World*, 6, 380–383. <http://dx.doi.org/10.5455/vetworld.2013.380-383>.
- Bhat, A., Wadhwa, D., Mandial, R. & Sharma, D. (2015). Clinico-biochemical alterations and therapeutic management of canine gastroenteritis. *Journal of Animal Research*, 5, 149–153. <http://dx.doi.org/10.5958/2277-940X.2015.00025.X>
- Bilnytska, S., Sharandak, P. (2023). Prevalence of gastroenteritis in dogs. *Proceedings of the 7th International scientific and practical conference «International Scientific Discussion: problems, tasks and Prospects»*, 245–252. 6(6), 119–123. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.10.2023.021>
- Castro, T., Luciana, P., Gonçalves, R. & Mendes-de-Almeida, F. (2013). Clinical, hematological, and biochemical findings in puppies with coronavirus and parvovirus enteritis, *Canadian Veterinary Journal*, 54(9), 885–888.
- Dash, S., Singh, C., Ahuja C. & Singh, D. (2013). Comparative study of some hematological and serum biochemical parameters of clinically healthy labrador and Spitz, *International Journal of Advanced Veterinary Science and Technology*, 2(1), 52–58.
- Deepika, K., Divya A., Jain, V. & Tarun, K. (2020). A prevalence study on dogs suffering from gastroenteritis. *The Pharma Innovation Journal*, 9(2), 176–179.
- Dossin, O. & Lavour, R. (2011). Protein-losing enteropathies in dogs. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*, 41, 399–418. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.02.002>
- Fathy, A., Mahmoud, A., Asmaa, S. & Abdelkhalek, O. (2023). Assessment of the degree of dehydration in dogs based on biochemical parameters using ordinal logistic regression. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 13, 437–442.
- Kogika, M., De Morais, H. (2017). A quick reference on hypokalemia. *Veterinary Clinical Small Animals Practical*. 47(2), 229–234. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2016.10.010>

- Minnat, T., Al-Bassam, L., Rasheed, Y. (2017). Eosinophilic gastro-enteritis in a German shepherd dog: clinical, hematological and biochemical study. *Journal of Kerbala for Agricultural Sciences*, 4(5), 191–201. <http://dx.doi.org/10.59658/jkas.v4i5.704>
- Naigamwalla, D., Webb, J., Giger U. (2012). Iron deficiency anemia. *Canadian Veterinary Journal*, 53, 250–256.
- Patel, H., Rao, N., Patel, N., Gohil, N. (2022). Haemato-biochemical changes and therapeutic efficacy of adjuvant therapy on canine parvovirus gastroenteritis. *Pharma Innovation Jornal*, 1, 2314–2320.
- Rallis, T., Papazoglou, R., Adamama-Moraitou, A. (2000). Acute enteritis or gastroenteritis in young dogs as a predisposing factor for intestinal intussusception: a retrospective study. *Veterinary Medicine*, 47, 507–511. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2000.00318.x>
- Rathore, D., Tarunpreet, D., Khemada, D., Pandey, N., Jagdish, D. (2024). Study of haemato-biochemical alterations in gastroenteritis affected dogs. *Veterinary Practitioner*, 25(1), 11–14.
- Richa, A., Arpit, T., Shekhar, S. & Niddhi, A. (2018). Haemato-biochemical alterations in gastroenteritis affected dogs. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(5), 972-974.
- Shima, F., Omotosho, O., Apaa, T. & Nottidge, A. (2021). A retrospective study of the prevalence of gastroenteritis in dogs attending some veterinary clinics in Nigeria. *Revue vétérinaire Clinique*, 56, 170–176. <https://doi.org/10.1016/j.anicom.2021.09.001>
- Shima, F., Ternenge, A., Terzungwe, M. & Oyebukola, N. (2022). Clinopathological findings in some cases of canine gastroenteritis in Nigeria. *Journal of Animal Research and Veterinary Science*, 6, 2–5. <http://dx.doi.org/10.24966/ARVS-3751/100033>
- Shima, F., Tersoo, U., Ternenge, U. & Nottidge, H. (2022). Predictors of the duration of management and clinical outcomes in dogs with acute gastroenteritis, *Current Trends Biostatistics & Biometrics*, 02, 400–408.
- Surendhar, M., Bharathi, M., Selvaraju, G., Rathnapraba, S. & Kumar, R. (2018) Molecular epidemiology and evaluation of haematobiochemical parameters in canine parvoviral enteritis dogs in Chennai. *International Journal of Chemical Studies*, 6(6): 119-123.
- Torrente, C., Manzanilla, E., Bosch, L. & Fresno, L. (2015). Plasma iron, C-reactive protein, albumin, and plasma fibrinogen concentrations in dogs with systemic inflammatory response syndrome. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 25, 611–619. <https://doi.org/10.1111/vec.12340>



2025. Номер 12, С. 110 – 117.

Отримано: 07.10.2025 Прийнято: 24.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.09

UDC 619:616.728.2-001-085:636.7

CLINICAL AND HEMATOLOGICAL INDICATORS UNDER DIFFERENT METHODS OF DOGS TREATMENT WITH SACROILIAC JOINT INSTABILITY

V.O. Novytskyi, D.V. Sliusarenko

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine,

E-mail: vsevolod55573@gmail.com

Annotation. The aim of the study was to develop an algorithm for the clinical examination of dogs with traumatic sacroiliac joint (SIJ) instability and to compare hematological changes under different surgical intervention methods and anesthetic protocols. The study was conducted on 21 dogs with traumatic SIJ instability, divided into three groups of 7 animals each, at the “Discovery” veterinary clinic (Dnipro, Ukraine, 2020–2025). The first group underwent open surgical intervention with postoperative analgesia using lidocaine (2 mg/kg/h intravenously). The second group received minimally invasive closed surgery with the same analgesia protocol. The third group underwent minimally invasive surgery with postoperative epidural analgesia using 0.2% bupivacaine. Diagnosis was based on clinical signs (pain syndrome, lameness, movement asymmetry) and radiographic findings. Hematological parameters (erythrocytes, hemoglobin, leukocytes, platelets) were analyzed before surgery and on days 3, 7, 14, 21, and 48 post-surgery. In the first group, a significant decrease in erythrocytes and hemoglobin ($p < 0.05$) was observed on days 3–7, indicating a pronounced systemic response to trauma. In the second and third groups, red blood cell parameters stabilized faster, and leukocyte counts normalized by day 14 (compared to day 48 in the first group), suggesting a reduced inflammatory response with minimally invasive methods. Platelet levels showed a tendency to decrease in the early days across all groups but normalized by days 14–21. In the third group, platelet levels were significantly higher ($p < 0.05$) on day 48, though within normal limits. The results indicate that minimally invasive surgical methods provide faster recovery and a reduced inflammatory response. The closed minimally invasive method is recommended for treating SIJ instability in dogs.

Key words: *dogs, sacroiliac joint, surgical modification, postoperative analgesia, blood parameters, inflammation intensity.*

ХАРАКТЕРИСТИКА КЛІНІЧНИХ ТА ГЕМАТОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ОРГАНІЗМУ ЗА РІЗНИХ МЕТОДІВ ЛІКУВАННЯ СОБАК З НЕСТАБІЛЬНІСТЮ КРИЖОВО-КЛУБОВОГО СУГЛОБА

В.О. Новицький, Д.В. Слюсаренко

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

E-mail: vsevolod55573@gmail.com

Анотація. Метою дослідження була розробка алгоритму клінічного обстеження собак із нестабільністю крижово-клубового суглоба (ККС) травматичного походження, а також порівняння гематологічних змін за різних методів оперативного втручання і анестезіологічних протоколів. Дослідження проводили на 21 собаці з травматичною нестабільністю ККС, поділених на три групи по 7 тварин, які виконувались на базі клініки «Діскавері» (м. Дніпро, 2020–2025 рр.). Тваринам першої групи застосовували відкритий метод оперативного втручання з післяопераційною аналгезією лідокаїном (2 мг/кг/год внутрішньовенно), другій – малоінвазивний закритий метод із аналогічною аналгезією, третій – малоінвазивний метод із післяопераційною епідуральною аналгезією бупівакаїном (0,2%). Діагноз встановлювали на основі клінічних ознак (больовий синдром, кульгавість, асиметрія рухів) та рентгенографічних даних. Гематологічні показники (уміст еритроцитів, гемоглобіну, лейкоцитів, тромбоцитів) аналізували до операції та на 3, 7, 14, 21, 48 добу після неї. У тварин першої групи виявлено достовірне зменшення кількості еритроцитів і гемоглобіну ($p < 0,05$) на 3–7 добу, що вказує на виражену системну реакцію на травму. У тварин другої і третьої груп показники червоної крові стабілізувалися швидше, а кількість лейкоцитів нормалізувалась до 14 доби (порівняно з 48 добою у тварин першої групи), що свідчить про меншу запальну реакцію за використання малоінвазивного метода. Уміст тромбоцитів у крові собак всіх груп мав тенденцію до зниження в перші дні, але нормалізувався до 14–21 доби. У крові тварин третьої групи на 48 добу кількість тромбоцитів була достовірно більшою ($p < 0,05$), але в межах норми. Результати досліджень свідчать про те, що застосування малоінвазивного методу оперативного втручання забезпечує швидше відновлення та меншу запальну відповідь. Рекомендується використовувати закритий малоінвазивний метод для лікування нестабільності ККС у собак.

Ключові слова: *собаки, крижово-клубовий суглоб, модифікація операції, післяопераційна аналгезія, показники крові, інтенсивність запалення.*

Вступ. *Актуальність теми.* Таз є складною анатомічною структурою, яка забезпечує передачу навантаження від кінцівок до хребта, підтримує внутрішні органи та бере участь у забезпеченні рухової активності тварини (Johnson, 2014; Fossum, 2019). Кістки тазу, з'єднані між собою і укріплені зв'язковим апаратом, являють собою обмежену рухому систему важелів, стабільність якої регулюється величиною навантаження, що діє на неї (Gregory, 1986; Jacobson & Schrader, 1987; Shales et al., 2010). Крижово-клубові зв'язки мають важливе значення для надійної фіксації крижової кістки між крилами клубових кісток. При цьому дорсальний відділ тазу порівнюють з висячим мостом, де дорсальна крижово-клубова зв'язка грають роль несучих тросів, а крижова кістка – власне моста (Burger et al. 2004; Singh, 2015). Рухи в крижово-клубовому суглобі відбуваються одночасно в різних площинах (Charles et al., 1985; Shales et al., 2010).

Актуальність хвороб ділянки тазу зумовлена тим, що вони суттєво впливають на якість життя тварин і їх можливість вільно рухатись. Пошкодження або патологічні зміни у ділянці таза – зокрема переломи, вивихи, дегенеративні процеси у кульшовому та крижово-клубовому суглобах спостерігаються як наслідок травм, надмірних фізичних

навантажень або вторинних системних порушень (Piermattei & Flo, 2016). Травми тазу, спричинені дорожньо-транспортними пригодами чи іншими механічними факторами, становлять значну частку у структурі ветеринарних ортопедичних випадків (DeCamp et al., 2016).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Травматичні ураження тазу становлять до 25–30 % усіх переломів у собак, причому значна їх частка супроводжується ураженням нервових структур, що ускладнює лікування і відновлення функцій (Denny & Butterworth, 2015).

Особливу клінічну значущість мають патології, пов'язані з нестабільністю крижово-клубового з'єднання (sacroiliac joint instability), які нерідко залишаються недіагностованими на ранніх етапах через неспецифічність симптомів (Suwankong et al., 2008). Такі стани призводять до хронічного болю, компенсаторних змін ходи, атрофії м'язів тазових кінцівок і порушення неврологічного контролю. Сучасні підходи до діагностики дозволяють більш точно визначати характер уражень, що сприяє розробці ефективних стратегій лікування (Tomlinson, 2012; Fossum, 2019). Водночас, профілактика та раннє виявлення цих захворювань залишаються ключовими для зниження їхньої поширеності та покращення прогнозу.

Через глибоке розташування суглоба та потужний м'язово-зв'язковий апарат клінічна симптоматика, що спостерігається за його хвороб, варіабельна, і, іноді, маскується під інші ортопедичні або неврологічні патології (Dyce et al., 2019). Своєчасна діагностика та адекватне лікування хвороб тазової ділянки мають важливе значення не лише для збереження функціональної здатності тварини, але й для запобігання розвитку вторинних дегенеративних процесів у хребті та кінцівках. З огляду на це, дослідження особливостей клінічного перебігу, діагностики та методів лікування патологій тазу у собак залишається актуальним напрямом ветеринарної ортопедії.

Складність проблеми полягає у варіабельності клінічних проявів та труднощах діагностики, оскільки симптоматика може імітувати інші захворювання тазостегнових суглобів, попереково-крижового відділу хребта чи м'язово-зв'язкового апарату. Недостатня кількість комплексних досліджень у ветеринарній медицині ускладнює розробку ефективних методів раннього виявлення та стандартизованих підходів до лікування цієї патології.

Серед оперативних методів лікування собак із нестабільністю ККС традиційно застосовується відкритий метод, який зазвичай потребує великого розсічення м'яких тканин та відтягування крила клубової кістки для прямої візуалізації крижово-клубового суглоба і подальшого розміщення гвинта (DeCamp & Braden, 1985). Але вказана методика може призводити до виникнення ускладнень, які супроводжуються болем і супутніми неврологічними явищами (Cher et al., 2016).

Разом з цим, у гуманній медицині існує ряд публікацій (Baskin et al., 2004; Sciulli et al., 2007; Smith et al., 2013), які описують закритий малоінвазивний метод фіксації кісток тазу за крижово-клубової нестабільності. Дана методика малоінвазивного втручання вважається також вигідною з економічної точки зору (Zygourakis & Kahn, 2015).

У ветеринарній медицині кількість подібних досліджень є обмеженою, і в зв'язку з цим нами було проведено порівняння застосування відкритого і закритого методів оперативного втручання за нестабільності ККС у собак. У результаті цих досліджень було встановлено, що серед оперативних методів лікування собак з крижово-клубовою нестабільністю більш ефективним є оперативний закритий малоінвазивний спосіб (Новицький & Слюсаренко, 2024). Тому він є більш рекомендованим порівняно з консервативним і оперативним з традиційним доступом.

Для більш глибокого вивчення нестабільності ККС у собак нами проведено наступну серію досліджень, що включала порівняння змін в організмі тварин за різних методів оперативного втручання та анестезіологічних протоколів з детальним аналізом клінічних

показників організму, динаміки показників крові та оцінкою ефективності післяопераційної аналгезії.

Метою роботи було розробити алгоритм клінічного обстеження собак з урахуванням їхнього загального стану та здійснити порівняльний аналіз змін гематологічних показників організму за різних методів виконання оперативних втручань і застосування анестезіологічних протоколів при нестабільності ККС.

Завдання дослідження:

- розробити алгоритм клінічного обстеження собак з нестабільністю ККС;
- сформувати три групи собак з нестабільністю ККС, які потребують оперативного лікування;
- виконати остеосинтез в першій групі відкритим методом з післяопераційною аналгезією шляхом внутрішньовенного введення розчину лідокаїну;
- в другій групі – закритим малоінвазивним з післяопераційною аналгезією шляхом внутрішньовенного введення розчину лідокаїну;
- в третій – закритим малоінвазивним з післяопераційною епідуральною аналгезією бупівакаїном;
- порівняти ефективність трьох методів лікування на основі гематологічних показників.

Матеріали і методи досліджень. Матеріалом для дослідження були три групи собак по 7 голів в кожній із нестабільністю ККС травматичної етіології, які надходили до клініки ветеринарної медицини «Діскавері» м. Дніпро, у період 2020-2025 рр. Дослідження проводили відповідно до закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» від 28.03.2006 р. № 27 і правил Європейської конвенції захисту хребетних тварин, які використовуються в експериментальних та інших наукових цілях від 18.03.1986 р. № 994 та Наказу МОН № 416/20729 від 16 березня 2012 р. «Про затвердження Порядку проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах».

Тварини отримували травму внаслідок автомобільної аварії, падінь із висоти та через створення тиску на ділянку тазу. Діагноз на нестабільність ККС ставили на підставі клінічних ознак, які характеризувалися комплексом проявів, що відображають порушення стабільності тазового пояса та функції кінцівок та рентгенологічного дослідження.

Тваринам першої дослідної групи (n=7) виконували хірургічне втручання відкритим традиційним методом з розсіченням м'яких тканин у ділянці оперативного доступу і в післяопераційний період внутрішньовенне крапельне введення лідокаїну в дозі 2 мг/кг на годину протягом перших трьох годин після операції.

У тварин другої дослідної групи (n=7) проводили малоінвазивне оперативне втручання і післяопераційно застосовували внутрішньовенне крапельне введення лідокаїну в дозі 2 мг/кг на годину протягом перших трьох годин після операції.

У тварин третьої дослідної групи (n=7) проводили малоінвазивне оперативне втручання і застосовували післяопераційно 0,2% розчин бупівакаїну епідурально.

Операційне анестезіологічне забезпечення для собак першої і другої груп складалось із таких препаратів: дексмедисон – 5 мкг/кг, далі 0,5 мкг/кг/год (у якості премедикації), реланія 0,2 мг/кг, пропофол індукція 6 мг/кг, далі 2-3 мг/кг, телазол болусно (0,5 мг/кг) далі – (1,5 мг/кг) внутрішньовенно.

У тварин третьої групи застосовувалась та ж сама схема знеболювання, за виключенням використання телазолу, і у них застосовували операційну епідуральну анестезію 2% розчином лідокаїну та післяопераційну епідуральну аналгезію 0,2% розчином бупівакаїну.

Дози місцевих анестетиків лідокаїну і бупівакаїну розраховували, виходячи з довжини тулуба від потилиці до кореня хвоста – 0,5 мл на кожні 10 см, або маси тіла тварини – 0,35 мл на 1 кг. Люмбосакральну епідуральну блокаду виконували із застосуванням одноразових наборів «Perifix 300» (B.braun), до складу яких входять голка Tuohy, шприц для тесту «втрати опору», катетер та перехідник для з'єднання катетера зі

шприцом. Катетер фіксували шляхом підшкірного тунелювання його проксимального кінця в ділянці попереково-крижової ділянки.

Проби крові у тварин всіх груп відбирали в першу добу після отримання травми до проведення оперативного втручання, а також на 3-, 7-, 14-, 21-, 48-у добу після виконання оперативного втручання. Додатково нами були відібрані проби крові у клінічно здорових собак і створена контрольна група ($n=10$) для порівняння показників у здорових контрольних і хворих дослідних тварин. Гематологічне дослідження проводили на апараті «VetScan HM5 Abaxis», визначали показники вмісту лейкоцитів, еритроцитів, гемоглобіну, тромбоцитів.

Статистичну обробку даних проводили з використанням *MS Excel* загальноприйнятими методами варіаційної статистики з вирахуванням середнього арифметичного значення (M) та стандартної похибки середнього значення ($\pm m$). Достовірними вважали відмінності між групами $p < 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення. У результаті клінічного дослідження тварин з нестабільністю ККС нами було виявлено, що основною ознакою нестабільності був больовий синдром з локалізацією в ділянці тазу або попереку. Під час пальпації ділянки тазу та навколишніх тканин спостерігали болючість, частіше з одного боку, що можна пояснити тим, що у всіх досліджуваних тварин травма мала односторонній характер. Біль у тварин посилювався при підйомі із лежачого положення, стрибках або різких рухах, що пов'язано з підвищеним навантаженням на уражений суглоб. Собаки демонстрували кульгавість частіше однієї або двох тазових кінцівок, часто без вираженої локалізації болю у кульшовому чи колінному суглобах. Фаза опори ураженої кінцівки скорочувалася, рухи ставали асиметричними, іноді спостерігали надмірну рухливість тазу вбік під час руху. Ураження крижово-клубового суглобу знижувало силу поштовху тазовими кінцівками, що проявлялося труднощами при підйомі сходами або під час намагання рухатись швидше. Тварини з нестабільністю ККС уникали тривалих фізичних навантажень. У стоячому положенні постановка тіла змінювалася внаслідок компенсаторного перерозподілу навантаження: таз був нахилений або зміщений убік, формувалася компенсаторна дуга у поперековому відділі хребта. Для оцінки больової реакції у тварин з підозрою на нестабільність ККС застосовували провокаційні мануальні тести: натискання на клубові крила, компресію або розтягування таза. У разі односторонньої нестабільності тварина реагувала болем лише, або більшою мірою при стимуляції ураженої сторони. Також тварини з нестабільністю ККС відчували дискомфорт при намаганні прийняти фізіологічну позу для дефекації та/або сечовипускання, через що поза могла виглядати вимушеною. Таким чином, нами було встановлено ряд клінічних ознак, які характеризують нестабільність ККС і дають можливість за наявності їх припустити це захворювання як попередній діагноз. Остаточний діагноз ставили за результатами рентгенологічного дослідження, яке проводили за допомогою апарату «General Electric Brivo XR285» та системи для комп'ютерної радіографії *Kodak DirectView CR 975*.

Значну увагу в післяопераційному періоді приділяли проявам больового синдрому та ефективності аналгезії. У собак першої групи протягом перших трьох діб після операції відмічали атаксію (2-4 бали), а також виражені візуальні прояви болю – кульгавість та помітну асиметрію рухів. У собак другої групи ці прояви були менш вираженими (атаксія 2-3 бали), але кульгавість і асинхронність рухів були присутні. У тварин третьої групи, яким аналгезію проводили шляхом епідурального введення бупівакаїну, атаксія становила 1-2 бали і у цих тварин прояви кульгавості і асиметрії рухів були найменш вираженими порівняно з тваринами першої і другої груп.

З боку гематологічних показників у всіх досліджуваних собак із нестабільністю ККС у перші три доби після виникнення травми спостерігали зменшення кількості еритроцитів в порівнянні з нижньою межею нормативних значень (табл. 1).

У той же час, у першу добу після травми у тварин першої групи виявлено достовірне зменшення вмісту еритроцитів порівняно із здоровими тваринами, і ці явища зберігались

упродовж наступного періоду досліджень – на 3 добу після отримання травми. У тварин другої групи, яким виконували оперативне втручання закритим малоінвазивним методом і в післяопераційному періоді застосовували внутрішньовенне введення розчину лідокаїну, було зареєстровано достовірне зниження кількості еритроцитів на 3 добу після травматизації. В третій групі тварин, яким проводили втручання закритим малоінвазивним методом на фоні аналгезії бупівакаїном, у післяопераційному періоді за всі періоди досліджень достовірних змін показників еритроцитів порівняно зі здоровими тваринами не виявлено.

Також в першу добу після травми і на 3 добу, тобто в ранній післяопераційний період у тварин всіх трьох груп виявляли зниження вмісту гемоглобіну порівняно з нижньою межею нормативних значень. Разом з цим, у тварин першої групи спостерігали достовірне ($p < 0,05$) зменшення кількості гемоглобіну на 3 та 7 добу після травми. У той же час, на 3 добу після травми, на відміну від тварин першої групи, у собак другої та третьої груп, яким проводили малоінвазивне оперативне втручання, вміст гемоглобіну був близьким до нормативних значень. Загалом, показники червоної крові мали закономірні зміни, характерні для реакції організму на травму і оперативне втручання. Однак, характер оперативного втручання безпосередньо впливав на інтенсивність цих змін.

Таблиця 1

Динаміка гематологічних показників у собак з нестабільністю ККС

Групи тварин		Показники			
		Еритроцити, Т/л	Гемоглобін, г/л	Лейкоцити, Г/л	Тромбоцити, Г/л
Контрольна група (n=10)		7,1±0,9	158,6±26,2	12,3±3,6	254,3±75,4
Дослідні групи 1 доба	1 група (n=7)	4,9±0,3*	103,4±8,2	19,8±2,2	202,4±32,4
	2 група (n=7)	5,1±0,4	105,0±14,0	19,0±3,5	196,6±43,5
	3 група (n=7)	4,7±0,2*	110,2±18,5	21,6±2,9	254,8±25,5
Дослідні групи 3 доба	1 група (n=7)	4,8±0,32*	95,4±8,2*	22,6±2,3*	170,4±12,7
	2 група (n=7)	4,9±0,24*	103,0±8,4	20,2±1,5	185,8±18,2
	3 група (n=7)	5,0±0,75	118,4±10,4	19,5±0,7	196,5±18,2
Дослідні групи 7 доба	1 група (n=7)	4,9±0,68	98,4±6,4*	20,43±1,8	175,2±18,3
	2 група (n=7)	5,1±0,34	117,2±6,0	18,8±0,7	198,2±13,9
	3 група (n=7)	6,9±1,02	122,2±8,4	17,3±1,8	277,6±82,6
Дослідні групи 14 доба	1 група (n=7)	4,9±0,84	122,4±6,3	19,6±2,5	189,4±24,5
	2 група (n=7)	6,1±0,86	127,6±4,2	12,6±1,7	292,6±24,50
	3 група (n=7)	7,3±0,46	133,4±14,2	12,1±1,9	340,0±105,7
Дослідні групи 21 доба	1 група (n=7)	5,3±0,40	130±8,5	16,2±1,3	213,4±42,2
	2 група (n=7)	7,0±0,24	132,2±2,5	8,6±1,7	302,6±27,8
	3 група (n=7)	7,7±0,26	132,2±11,5	10,8±1,6	404,5±47,6
Дослідні групи 48 доба	1 група (n=7)	7,5±1,02	135,6±4,2	9,6±4,5	327,5±43,2
	2 група (n=7)	7,3±0,66	141,4±8,6	8,4±0,9	358,2±27,8
	3 група (n=7)	6,9±0,44	152,4±13,6	10,2±2,4	438,1±43,1*

Примітки: * - $p < 0,05$, дослідна група порівняно з показником контрольної групи.

Кількість лейкоцитів у крові всіх досліджуваних тварин упродовж тижня після травми була більшою, порівняно з верхньою межею референтних значень. І на 14 добу у тварин другої і третьої груп знизилась до норми, на відміну від тварин першої групи, у яких уміст лейкоцитів нормалізувався лише на 48 добу. Також, у тварин першої групи відмічено достовірне збільшення кількості лейкоцитів порівняно з показником здорових тварин на 3 добу після травми, тобто в ранній післяопераційний період. Виявлені зміни характеризували прояв гострої запальної реакції у відповідь на травму і оперативне

втручання. У випадку проведення хірургічного втручання малоінвазивним методом інтенсивність запалення була суттєво меншою, ніж за відкритого, яке супроводжувалось більшим ступенем операційної травми.

Показники рівня тромбоцитів загалом не мали суттєвих змін у крові собак, але виявлено, що в першу добу після отримання травми у всіх тварин цей показник наближався до нижньої межі норми, і на 3 добу відмічено тенденцію до його зниження. Ці явища можна пояснити тим, що під впливом оперативного втручання, коли активується система згортання крові, вивільняються медіатори запалення, виникає гостра фаза запальної реакції і закономірним в цій ситуації було виникнення транзиторної тромбоцитопенії. У подальші періоди дослідження у тварин усіх трьох груп вміст тромбоцитів дещо підвищувався і на 14 добу був в межах норми у тварин другої і третьої груп, а на 21 добу сягав нормативних значень у тварин усіх трьох груп. Порівнюючи кількість тромбоцитів у крові піддослідних і здорових тварин, слід відмітити, що лише в собак третьої групи на 48 добу їх вміст був достовірно вищим ($p < 0,05$) показника здорових тварин, і цей показник як у здорових, так і у дослідних тварин був в межах норми.

Висновки

1. Діагностика нестабільності крижово-клубового суглоба у собак ґрунтується на комплексному підході, що передбачає поєднання результатів детального клінічного обстеження (аналіз анамнезу, огляд, проведення мануальних тестів) із даними рентгенографічного дослідження. Своєчасне встановлення діагнозу має ключове значення для запобігання розвитку хронічного больового синдрому та вторинних дегенеративних змін у структурах хребта й тазових кінцівок.

2. У собак із нестабільністю крижово-клубового суглоба впродовж перших трьох діб після травми спостерігали зниження показників червоної крові відносно нижньої межі норми, що свідчить про розвиток посттравматичної анемії. У тварин першої групи, яким проводили оперативне втручання відкритим методом, зареєстровано достовірне ($p < 0,05$) зменшення кількості еритроцитів і гемоглобіну на 3–7 добу після травми. Це було проявом більш вираженої системної реакції на операційну травму та повільніше відновлення еритроцитарного профілю порівняно з тваринами, яким проводили малоінвазивне оперативне втручання.

3. У перший тиждень після травми в крові усіх тварин відзначали підвищення кількості лейкоцитів понад верхню межу норми, що характеризує прояв гострої запальної реакції. У собак другої і третьої груп лейкоцитарні показники нормалізувалися до 14 доби, тоді як у тварин першої групи – лише до 48 доби, що свідчить про більш тривалий запальний процес за умови більш травматичного втручання.

4. Показники кількості тромбоцитів у крові собак у перші дні після травми мали тенденцію до зниження, що пов'язано з активацією системи згортання крові та розвитком гострої фази запальної реакції. Надалі у всіх тварин відзначали поступове відновлення цих показників: на 14 добу – до норми у тварин другої і третьої груп, на 21 добу – всіх груп. На 48 добу у собак третьої групи вміст тромбоцитів у крові був достовірно більшим ($p < 0,05$), ніж у здорових, проте залишався у межах фізіологічної норми.

Отримані результати свідчать, що характер хірургічного втручання та метод післяопераційного знеболення безпосередньо впливають на вираженість гематологічних змін. Використання малоінвазивного методу у тварин другої і третьої групи забезпечував швидшу стабілізацію показників червоної крові, зменшення запальної відповіді, проявів кульгавості та больової реакції та оптимальні умови для відновлення тварин.

References

- Baskin K., Cahill, A., & Kaye, R. (2004). Closed reduction with CT-guided screw fixation for unstable sacroiliac joint fracture-dislocation. *Journal of the American Veterinary Association*, 34, 963-969. <https://doi.org/10.1007/s00247-004-1291-8>
- Burger, M., Forterre, F., & Brunnberg, L. (2004). Surgical anatomy of the feline sacroiliac joint for lag screw fixation of sacroiliac fracture-luxation. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 17(3), 146-51. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1632803>
- Cher, D., Frasco, M., & Arnold, R. (2016). Cost-effectiveness of minimally invasive sacroiliac joint fusion. *ClinicoEconomics and Outcomes Research*, 18, 1–14. <https://doi.org/10.2147/CEOR.S107803>
- De Camp C. E., & Braden T. D. (1985). The surgical anatomy of the canine sacrum for lag screw fixation of the sacroiliac joint. *Veterinary surgery*. 14 (2), 131-134 <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.1985.tb00842.x>
- DeCamp, C. E., Johnston, S. A., & Déjardin, L. M. (2016). *Brinker, Piermattei and Flo's Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair* (5th ed.). Elsevier Health Sciences. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-64185-4>
- Denny, H. R., & Butterworth, S. J. (2015). *A Guide to Canine and Feline Orthopaedic Surgery* (4th ed.). Blackwell Science.
- Dyce, K. M., Sack, W. O., & Wensing, C. J. (2020). *Textbook of veterinary anatomy*. Saunders. ISBN: 9780323442640
- Fossum, T. W. (2019). *Small animal surgery* (5th ed.). Elsevier. ISBN: 9780323443449
- Gregory, C. R. (1986). The Canine Sacroiliac Joint: Preliminary Study of Anatomy, Histopathology, and Biomechanics. *Spine*. 11 (10), 1044–1048.
- Jacobson, A., & Schrader, S. C. (1987). Peripheral nerve injury associated with fracture or fracture-dislocation of the pelvis in dogs and cats: 34 cases (1978-1982). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 190(5), 569–572.
- Johnson, K. (2014) Approach to the wing of the ilium and dorsal aspect of the sacrum. In: *Piermattei's Atlas of Surgical Approaches to the Bones and Joints of the Dog and Cat*. 5th ed. St. Louis: Elsevier, 312–315.
- Piermattei D. L., & Flo G. L. *Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair*. Saunders, 2016.
- Sciulli, R. L., Daffner, R. H., Altman, D. T., Altman, G. T. & Sewecke J. J. CTguided iliosacral screw placement: technique and clinical experience. *American Journal of Roentgenology* 2007; 188: W181-192. <https://doi.org/10.2214/AJR.05.0479>
- Shales, C., Moores, A., Kulendra, E., White, C., Toscano, M. & Langley-Hobbs, S. (2010). Stabilization of sacroiliac luxation in 40 cats using screws inserted in lag fashion. *Veterinary Surgery*, 39(6), 696-700. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950x.2010.00699.x>
- Singh, R. (2015). Ossification of anterior sacroiliac ligament and its clinical significance. *Journal of Morphological Sciences*, 32(4), 267–268. <https://doi.org/10.4322/jms.065213>
- Smith J., & Capobianco R. Open versus minimally invasive sacroiliac joint fusion: a multi-center comparison of perioperative measures and clinical outcomes. *Annals of Surgical Innovation and Research*. 2013; 7, 1–12. <https://doi.org/10.1186/1750-1164-7-12>
- Suwankong, N., Meij, B. P., Voorhout, G., de Boer, A. H., & Hazewinkel, H. A. (2008). Review and retrospective analysis of degenerative lumbosacral stenosis in 156 dogs treated by dorsal laminectomy. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 21(3), 285–293. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1617374>
- Tomlinson, J. (2012). Minimally invasive repair of sacroiliac luxation in small animals. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 42(5), 1069-77. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2012.06.005>
- Zygourakis, C., & Kahn, J. (2015). Cost-effectiveness research in neurosurgery. *Neurosurgery Clinics of North America*, 26(2), 189-96. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2014.11.008>
- Новицький, В. О., & Слюсаренко, Д. В. (2024). Порівняльна характеристика ефективності двох методів стабілізації крижово-клубового суглобу у собак. *Ветеринарія, технології тваринництва та природокористування*, 9, 190–196. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12783980>



2025. Номер 12, С. 118 – 125.

Отримано: 18.09.2025 Прийнято: 02.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.10

UDC 636.7:612.8:591.1:612.018

PSYCHO-EMOTIONAL STATE OF DOGS WITH DIFFERENT AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM TONES UNDER ACUTE STRESS

V.I. Redko¹, O.M. Bobrytska¹ L.A. Vodopianova¹, K.M. Sovik².

¹State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

²Incline veterinary hospital, Incline village, NV, USA

E-mail: olga.bobritskaya2410@gmail.com

Annotation. The problem of stress resistance in dogs is an important aspect of modern veterinary medicine and ethology, as it directly affects the health, behavior, and performance of animals in service, sport, and therapeutic activities. The autonomic nervous system (ANS) plays a key role in regulating the psycho-emotional state, determining the speed and intensity of responses to stress stimuli. The aim of the study was to determine the specific effects of different types of autonomic tone on the dynamics of the psycho-emotional state of dogs under conditions of acute stress and ordinary anxiety, and to identify the mechanisms of ANS involvement in the formation of behavioral responses. The study was conducted on 30 dogs with different autonomic statuses. The psycho-emotional state was assessed using the modified FAS scale (FAS-M) in dynamics. It was found that normotonic dogs under acute stress exhibited a moderate increase in psycho-emotional state, indicating balanced reactivity and adaptive capacity. Vagotonics had minimal baseline values (0.3–1.5 units), but in response to acute stress they sharply increased (up to 2.5 units), followed by a rapid decline by the end of the experiment (1.3 units), indicating unstable adaptation dynamics. Sympathicotonics showed consistently high excitability levels (1.9–2.3 units) and the most pronounced stress response (up to 3.1 units), maintaining elevated anxiety even during ordinary anxiety days (2.5–2.8 units), which reflects their low adaptability. Analysis of the influence of individual ANS branches showed the dominance of sympathicotonia at the initial stages (0.4 units on the first day) with a gradual decline to 0.04–0.31 units in the following days, while vagotonia displayed a phase-like pattern: from moderate values at the start (0.22–0.36 units) to suppression on days 2–3 (0–0.02 units), and a renewed increase on day 5 (0.46 units). Thus, the type of autonomic tone is a determining factor in shaping the stress response in dogs. This suggests that autonomic tone type can be considered a prognostic marker of individual stress resistance and a basis for developing practical correction methods in veterinary practice.

Keywords: dogs; autonomic status; sympathicotonia; vagotonia; normotonia; psycho-emotional state; stress; anxiety; adaptation

**ПСИХО-ЕМОЦІЙНИЙ СТАН СОБАК З РІЗНИМИ ТОНУСОМ
АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ ЗА ГОСТРОГО СТРЕСУ****В.І. Редько¹, О.М. Бобрицька¹, Л.А. Водоп'янова¹, К.М. Совік²**¹Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна²Ветеринарна лікарня Інклайн, селище Інклайн, Невада, СШАE-mail: olga.bobritskaya2410@gmail.com

Анотація. Проблема стресостійкості собак є важливим аспектом сучасної ветеринарної медицини та етології, оскільки вона безпосередньо впливає на здоров'я, поведінку й працездатність тварин у службовій, спортивній та терапевтичній діяльності. Автономна нервова система (АНС) відіграє ключову роль у регуляції психоемоційного стану, визначаючи швидкість і вираженість реакцій на стресові подразники. Метою дослідження було встановити особливості впливу різних типів вегетативного тону на динаміку психоемоційного стану собак за умов гострого стресу та звичайної тривожності та визначити механізми участі АНС у формуванні поведінкових реакцій. Дослідження проведено на 30 собаках різного вегетативного статусу. Психоемоційний стан оцінювали за шкалою FAS-M у динаміці. Встановлено, що у нормотоніків за умов гострого стресу відбувається помірне підвищення психоемоційного стану, що свідчить про збалансовану реактивність та адаптаційні можливості. У ваготоніків базові показники були мінімальними (0,3–1,5 ум. од.), однак у відповідь на гострий стрес вони різко зростали (до 2,5 ум. од.), з подальшим швидким зниженням до кінця експерименту (1,3 ум. од.), що вказує на нестійку динаміку адаптації. Симпатикотоніки мали стабільно високий рівень збудливості (1,9–2,3 ум. од.) та найвираженішу реакцію на стрес (до 3,1 ум. од.), зберігаючи підвищену тривожність навіть у дні звичайної тривожності (2,5–2,8 ум. од.), що відображає їхню низьку адаптивність. Аналіз впливу окремих ланок АНС показав домінування симпатикотонії на початкових етапах (0,4 ум. од. у перший день) із поступовим зниженням до 0,04–0,31 ум. од. у наступні дні, тоді як ваготонія мала фазовий характер: від помірних значень на старті (0,22–0,36 ум. од.) до пригнічення у 2–3 дні (0–0,02 ум. од.) та повторного зростання на 5-й день (0,46 ум. од.). Отже, тип вегетативного тону є визначальним чинником у формуванні стресової реакції собак. Це дозволяє розглядати тип вегетативного тону як прогностичний маркер індивідуальної стресостійкості та як основу для розробки практичних методів корекції у ветеринарній практиці.

Ключові слова: собаки; вегетативний статус; симпатикотонія; ваготонія; нормотонія; психоемоційний стан; стрес; тривожність; адаптація.

Introduction. Relevance of the topic. Stress is a universal biological phenomenon that significantly affects the physiological state, behavior, and overall well-being of dogs. In modern veterinary medicine, the issue of animal stress resistance is of particular importance, since dogs are widely involved not only as companion animals but also in service, sport, therapeutic, and search-and-rescue activities, where their ability to quickly adapt to extreme factors directly determines work efficiency (Salgirli Demirbas et al., 2023). It is well established that the autonomic nervous system (ANS) plays a leading role in regulating the stress response by integrating the effects of the sympathetic and parasympathetic divisions and coordinating the organism's response to external stimuli. The balance between these branches determines the nature, intensity, and duration of behavioral and physiological reactions to stressors (Koskela et al., 2024).

The sympathetic branch of the ANS ensures rapid mobilization of the body's resources through cardiovascular activation, catecholamine release, and the realization of the "fight-or-flight" response. This mechanism is critical in the initial stages of acute stress exposure; however,

its excessive or prolonged activation is associated with reduced adaptability, heightened anxiety, and the risk of pathological conditions (Wehrwein et al., 2016). The parasympathetic branch, in turn, plays a key role in the recovery phase, reducing excessive excitability and maintaining homeostasis. In recent years, special attention has been given to the role of vagotonic mechanisms in shaping delayed or chronic stress responses, which may be linked to the activation of the hypothalamic–pituitary–adrenal (HPA) axis and regulation of cortisol secretion (Mârza et al., 2024).

Thus, studying the role of different types of autonomic tone (normotonia, vagotonia, sympathicotonia) in regulating the psycho-emotional state of dogs provides new opportunities for understanding individual differences in stress resilience. Analysis of the interaction between sympathetic and parasympathetic influences not only helps explain different types of reactivity but also forms a theoretical basis for developing practical approaches to predicting, preventing, and correcting stress states in veterinary practice (Matsushita et al., 2022).

Analysis of Recent Studies and Publications. Recent research confirms the leading role of the autonomic nervous system (ANS) in shaping stress responses in dogs and highlights different aspects of its involvement. For instance, Flint et al. (2024) demonstrated that under acute emotional stimuli, dogs exhibit changes in heart rate, HRV, cortisol, and ACTH levels, with negative scenarios causing the most pronounced HRV reduction and elevation of hormonal stress markers (Flint et al., 2024). Dickinson et al. (2025) found that psychological stress in the form of frustration significantly decreased HRV and impaired search task performance in rescue dogs more than physical exertion, indicating the particular sensitivity of the ANS to emotional factors (Dickinson & Feuerbacher, 2025). Meanwhile, Koskela et al. (2024) reported a synchronization phenomenon of ANS responses in “dog–owner” pairs, revealing correlations between canine and human HRV, which underscores the complexity of psycho-emotional regulation and its dependence on social context (Koskela et al., 2024). Taken together, these findings suggest that acute stress in dogs is mediated by the close interaction of the sympathetic and parasympathetic branches of the ANS, manifested through changes in HRV and hormonal indicators, and can be modulated by both emotional and social factors.

Behavioral assessment of fear and anxiety in dogs has traditionally been carried out using various methods, including observational subjective categories, frequency recording of behavioral manifestations, ranking systems, or cumulative stress scores (Döring et al., 2009; Hauser et al., 2020; Kim et al., 2022; Stanford, 1981; Stephen & Ledger, 2005). However, the ambiguity of behavioral categories and the progressive nature of responses often complicate objective interpretation (Hauser et al., 2020). Existing tools, such as the Clinical Dog Stress Scale (Overall, 2013), demonstrate low to moderate inter-rater reliability (King et al., 2022; Mercier et al., 2023), while physiological indicators (e.g., cortisol, body temperature) do not always reflect the valence of stress (Beerda et al., 2000; Koolhaas et al., 2011). Therefore, the most promising approach is the development and validation of simple and reproducible behavioral scales suitable for practical use. One such tool is the Fear, Anxiety and Stress Scale (FAS; Fear Free, 2022) — an eight-point ordinal scale with illustrations and a color “traffic light” system, which allows for a quantitative assessment of stress responses in clinical settings: from 0 (green, calm) to 5 (red, severe aggression) (Gatehouse et al., 2025). At the same time, this scale does not fully meet the objectives of our study, as it was designed mainly for veterinary practice, has overly general descriptors, and does not account for the specifics of experimental conditions. Therefore, its application requires modification to include more detailed behavioral indicators and quantitative criteria, ensuring higher accuracy and reproducibility of results in our experiments.

Objective. To determine the specific effects of different types of autonomic tone (normotonia, vagotonia, sympathicotonia) on the dynamics of the psycho-emotional state of dogs under conditions of acute stress and anxiety, as well as to identify possible mechanisms of autonomic nervous system involvement in the formation of stress responses.

Research tasks: to assess the baseline psycho-emotional state of dogs with different autonomic nervous system tones; to determine the dynamics of psycho-emotional changes under

the influence of acute stress and ordinary anxiety; to compare the reactivity and adaptive capacity of dogs with normotonia, vagotonia, and sympathicotonia; to analyze the strength of influence of individual branches of the autonomic nervous system on the formation of psycho-emotional responses on different experimental days; to formulate conceptual statements on the role of the autonomic nervous system in regulating stress resistance in dogs and to outline prospects for the practical application of this knowledge in veterinary medicine.

Materials and Methods. The experiment was conducted on 30 dogs (*Canis familiaris*) of the German Shepherd breed, aged 2 to 5 years, with an average body weight of 4.0 ± 3.1 kg. Based on anamnesis, clinical examination, and complete blood count, all animals were classified as clinically healthy; no electrocardiographic or echocardiographic abnormalities were detected.

The state of autonomic regulation in dogs was assessed using the method of variational pulsometry. According to the results, three experimental groups were formed: dogs with normotonia (sympatho-vagal balance), dogs with sympathicotonia (sympathetic dominance), and dogs with vagotonia (parasympathetic dominance).

Acute stress was induced using the open field test. For this purpose, a 16 m² experimental arena (room) was equipped with a video camera to observe the dogs' behavior. Testing was carried out over five consecutive days at the same time (9:00–10:00 a.m.). On day 1, the dog was placed in the room and left alone for 10 minutes to adapt to the environment. On days 2 and 3, the dog was placed in the room, left alone for 3 minutes in silence, then exposed to thunder sound (90–100 dB) for 3 minutes, followed by 3 minutes of silence. On days 4 and 5, the dog was again placed in the same room and left alone for 5 minutes in silence (to assess baseline anxiety).

Behavioral responses were evaluated using an emotional and mental state scale developed as a modification of the Fear, Anxiety, Stress (FAS, Fear Free®, 2022) spectrum. The original FAS is an eight-point system used in veterinary practice to assess fear, anxiety, and stress (Gatehouse et al., 2025). In our study, the scale was adapted and simplified (FAS-M) to five levels (0–4): 4 = strong, pronounced aggression (attempt to attack the experimenter); 3 = pronounced arousal with increased locomotor activity and moderate aggression; 2 = excitability and fearfulness without aggression; 1 = worry or anxiety without aggressive or energetic movements; 0 = no visible changes in behavior. At all stages of the experiment, manifestations of acute stress were recorded, including fear, agitation and/or aggression, discomfort, trembling, yawning, protruded tongue, body posture (tail tucked between legs), as well as the dog's reactions to the owner and experimenter (Gutiérrez et al., n.d.; Kartashova et al., 2021). All data were entered into research protocols. The use of the modified FAS-M methodology ensured clear interpretation of the most significant behavioral manifestations.

Biometric data processing was performed using MS Excel 2019 with the built-in “Data Analysis” tool. Statistical analysis included descriptive statistics (means and standard deviations) and one-way analysis of variance (ANOVA). To quantify the effect size in one-way analysis of variance, the $\eta^2\chi$ (eta-squared) index was calculated, which reflects the proportion of the total variance of the studied parameter statistically explained by the effect of the analyzed factor. The probability of differences between mean values was verified using Student's t-test to assess statistical significance. Reliability of changes was determined at significance levels of $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$, and $P \leq 0.001$, ensuring robust interpretation of the results.

Results and Discussion. Autonomic tone is one of the key factors determining the individual reactivity of animals in stressful situations (Somppi et al., 2022). The psycho-emotional state of dogs, assessed using the FAS-M scale, reflects the level of their behavioral excitability and adaptive capacity under different testing conditions. Analysis of these dynamics in dogs with normotonia, vagotonia, and sympathicotonia revealed characteristic differences in stress responses and degrees of adaptation to experimental loads.

It was established that dogs with normotonia had moderate baseline values of psycho-emotional state (according to FAS-M), which gradually increased from 1.1 to 1.8 units before exposure during the experiment (Fig. 1). Under acute stress (days 2 and 3), their post-exposure values significantly rose (from 2.4 to 2.6 units), indicating a pronounced but moderate reaction.

During the evaluation of ordinary anxiety (days 4 and 5), the responses of normotonic dogs stabilized (2.3 units after exposure), reflecting partial adaptation to the testing conditions.

Dogs with vagotonia showed the lowest baseline psycho-emotional values (0.3–1.5 units) compared with normotonic dogs. However, in response to acute stress on day 2, they demonstrated a sharp increase from 0.5 to 2.5 units, nearly equaling or even exceeding the responses of normotonic dogs (2.4 units). In the following days, their reactivity declined more rapidly than in normotonic dogs, and by the end of the experiment they exhibited the lowest increases after exposure (1.3 units on day 5).

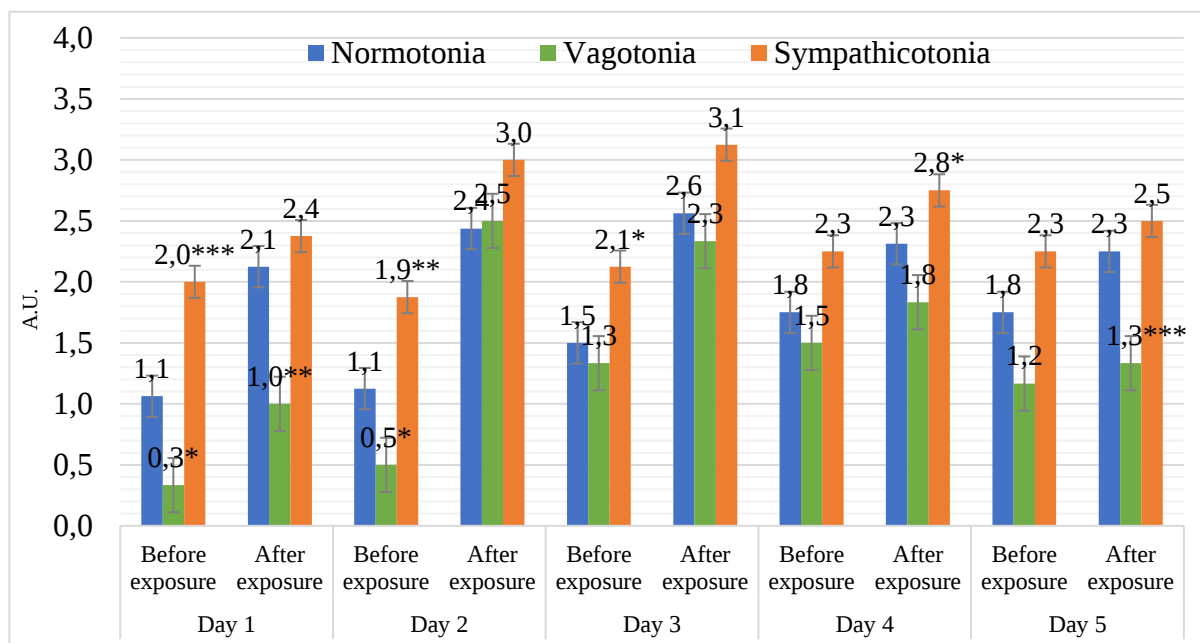


Fig. 1. Dynamics of the psycho-emotional state of dogs with different ANS tones under acute stress and anxiety during the experiment (arbitrary units).

Note. Significant differences compared with normotonic dogs: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

Dogs with sympathicotonia were characterized by consistently high baseline psycho-emotional values (1.9–2.3 units), considerably higher than those of normotonic dogs. Under acute stress, sympathicotonic dogs exhibited the strongest response (up to 3.1 units on day 3), significantly exceeding the values of normotonic dogs (2.6 units). During ordinary anxiety days (days 4 and 5), they maintained elevated levels of anxiety (2.8 and 2.5 units post-exposure), which indicates lower adaptability and a stronger tendency toward stress reactions compared with the normotonia group.

The interaction between the sympathetic and parasympathetic divisions determines the dynamics of adaptation processes, the level of anxiety, and the rate of recovery after load (Amaya et al., 2020). Assessing the strength of the influence of individual ANS branches on the behavioral responses of dogs on different experimental days makes it possible to trace their specific involvement at the initial stages of acute stress and during the further development of anxiety states. Figure 2 shows the dynamics of the influence of different branches of the autonomic nervous system on the psycho-emotional state of dogs during the five-day experiment, expressed as the impact strength index (η^2_{χ} ; arbitrary units). On the first day of the experiment, vagotonia exerted a moderate influence on the dogs' state before (0.22 units) and after exposure (0.36 units; $P < 0.001$). However, this effect decreased significantly in the following days (especially on days 2 and 3, reaching minimal values of 0 and 0.02 units). On day 5, a marked increase in vagotonic influence was recorded after exposure (up to 0.46 units; $P < 0.001$), indicating an enhanced role in shaping anxiety responses toward the end of the experiment.

Sympathicotonia, in contrast, exerted the most pronounced influence on the dogs' psycho-emotional state at the initial stages of the experiment, reaching a maximum before exposure on day 1 (0.4 units; $P < 0.001$). During the subsequent days (days 2–5), the influence of sympathicotonia gradually decreased both before and after exposure, ranging from 0.04 to 0.31 units.

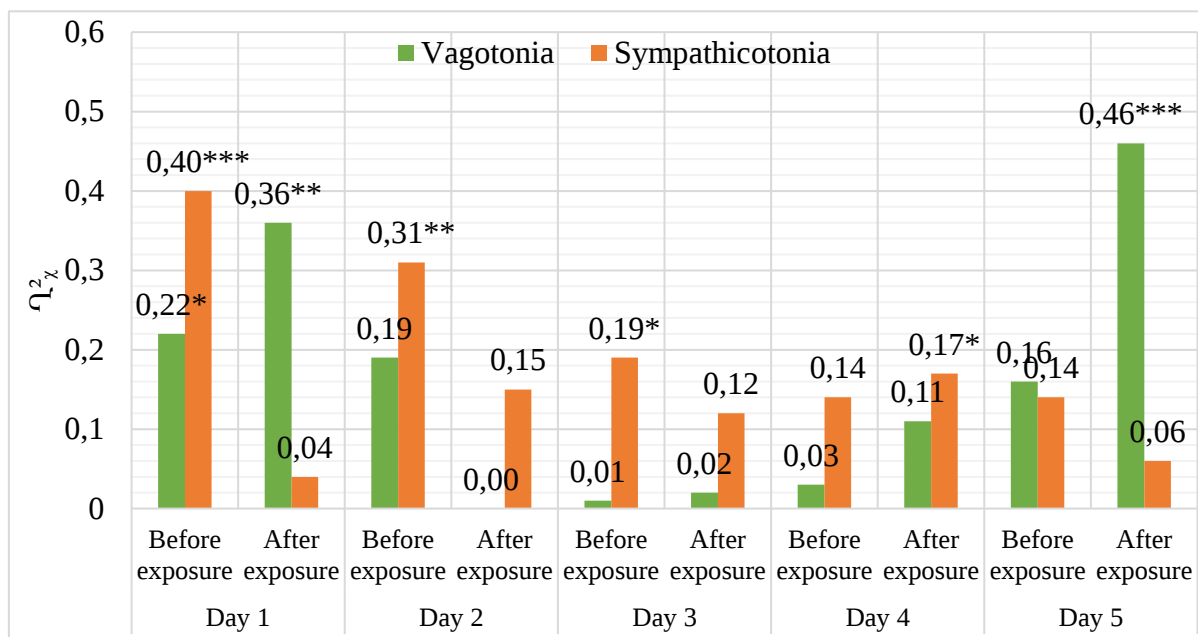


Fig. 2. Dynamics of the influence of different ANS branches on the psycho-emotional state of dogs during the experiment (η^2 ; arbitrary units).

Note. Significant differences: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

The influence of the autonomic nervous system (ANS) on the manifestation of stress responses in dogs can be regarded as an integrated mechanism in which the sympathetic and parasympathetic branches shape individual behavioral patterns and levels of adaptation (Teo et al., 2022). In normotonic dogs, the balanced activity of both branches results in moderate anxiety elevation during acute stress, followed by stabilization, reflecting an optimal type of regulation. Sympathicotonic dogs exhibit high baseline activation and the strongest response at the early stages of stress, explained by the dominance of the sympathetic branch responsible for mobilizing the organism ("fight-or-flight"), increasing catecholamine release (adrenaline, noradrenaline), and activating the cardiovascular system. However, excessive and prolonged activation of this branch reduces adaptability and leads to chronic strain (Hekman et al., 2014).

Vagotonic dogs, on the other hand, start with low anxiety levels and demonstrate a delayed, phase-like reaction: the parasympathetic system initially suppresses excessive excitability, but in later days becomes more active and contributes to heightened anxiety states. This may be associated with changes in the balance between acetylcholine-mediated regulation and activation of the hypothalamic–pituitary–adrenal (HPA) axis (Tóth & Dobolyi, 2025). Thus, the possible mechanism lies in the fact that the sympathetic branch ensures rapid mobilization of the organism, the parasympathetic branch provides compensatory recovery and modification of responses in the delayed phase, while normotonia guarantees the most optimal integration of these processes, reducing the risk of pathological stress and promoting adaptation (Amaya et al., 2020).

Conclusions.

1. Autonomic tone determines individual differences in stress reactivity in dogs. Normotonic dogs are characterized by moderate increases in psycho-emotional state followed by stabilization, indicating higher adaptability. Sympathicotonic dogs show a high baseline level of anxiety and the strongest response to acute stress (up to 3.1 units), reflecting their tendency toward chronic strain. Vagotonic dogs demonstrate low baseline activation but exhibit a sharp increase in

values in response to acute stress followed by a rapid decline, indicating unstable adaptation dynamics.

2. Analysis of the influence strength of individual ANS branches revealed a phase-like pattern of their involvement in stress responses. Sympathicotonia dominated at the initial stages of the experiment (0.4 units before exposure on day 1; $P < 0.001$), but its contribution gradually declined in subsequent days (0.04–0.31 units). Vagotonia, in contrast, had a moderate effect at the start (0.22–0.36 units), was almost completely suppressed on days 2–3 (0–0.02 units), but re-emerged by the end of the experiment (0.46 units on day 5; $P < 0.001$), indicating its role in delayed or cumulative stress effects.

3. The type of autonomic tone can be considered a prognostic marker of individual stress resilience in dogs and may serve as a theoretical basis for developing practical approaches to prediction, prevention, and correction of stress-related conditions in veterinary medicine.

References

- Amaya, V., Paterson, M. B. A., Descovich, K., & Phillips, C. J. C. (2020). Effects of Olfactory and Auditory Enrichment on Heart Rate Variability in Shelter Dogs. *Animals*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/ani10081385>
- Beerda, B., Schilder, M. B. H., Van Hooff, J., de Vries, H. W., & Mol, J. A. (2000). Behavioural and hormonal indicators of enduring environmental stress in dogs. *Animal Welfare*, 9(1), 49–62. <https://doi.org/10.1017/S0962728600022247>
- Dickinson, S., & Feuerbacher, E. N. (2025). Frustration and its impact on search and rescue canines. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1546412. <https://doi.org/10.3389/FVETS.2025.1546412/BIBTEX>
- Döring, D., Roscher, A., Scheipl, F., Küchenhoff, H., & Erhard, M. H. (2009). Fear-related behaviour of dogs in veterinary practice. *Veterinary Journal*, 182(1), 38–43. <https://doi.org/10.1016/J.TVJL.2008.05.006>
- Flint, H. E., Weller, J. E., Parry-Howells, N., Ellerby, Z. W., McKay, S. L., & King, T. (2024). Evaluation of indicators of acute emotional states in dogs. *Scientific Reports*, 14(1), 6406. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56859-9>
- Gatehouse, E., Bremhorst, A., Denenberg, S., & Loftus, L. (2025). Assessment of a behavioral scale for the measurement of fear, anxiety and stress in dogs visiting the veterinary practice. *Journal of Veterinary Behavior*, 81, 58–70. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jveb.2025.08.008>
- Gutiérrez, J., Gazzano, A., Pirrone, F., Sighieri, C., & Mariti, C. (n.d.). Investigating the role of prolactin as a potential biomarker of stress in castrated male domestic dogs. *Animals*. 2019; 9: 676. <https://doi.org/10.3390/ani9090676>
- Hauser, H., Campbell, S., Korpivaara, M., Stefanovski, D., Quinlan, M., & Siracusa, C. (2020). In-hospital administration of dexmedetomidine oromucosal gel for stress reduction in dogs during veterinary visits: A randomized, double-blinded, placebo-controlled study. *Journal of Veterinary Behavior*, 39, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2020.05.002>
- Hekman, J. P., Karas, A. Z., & Sharp, C. R. (2014). Psychogenic Stress in Hospitalized Dogs: Cross Species Comparisons, Implications for Health Care, and the Challenges of Evaluation. *Animals : An Open Access Journal from MDPI*, 4(2), 331–347. <https://doi.org/10.3390/ANI4020331>
- Kartashova, I. A., Ganina, K. K., Karelina, E. A., & Tarasov, S. A. (2021). How to evaluate and manage stress in dogs—a guide for veterinary specialist. *Applied Animal Behaviour Science*, 243, 105458. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105458>
- Kim, S. A., Borchardt, M. R., Lee, K., Stelow, E. A., & Bain, M. J. (2022). Effects of trazodone on behavioral and physiological signs of stress in dogs during veterinary visits: a randomized double-blind placebo-controlled crossover clinical trial. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260(8), 876–883. <https://doi.org/10.2460/JAVMA.20.10.0547>
- King, T., Flint, H. E., Hunt, A. B. G., Werzowa, W. T., & Logan, D. W. (2022). Effect of Music on Stress Parameters in Dogs during a Mock Veterinary Visit. *Animals*, 12(2), 187. <https://doi.org/10.3390/ANI12020187/S1>

- Koolhaas, J. M., Bartolomucci, A., Buwalda, B., de Boer, S. F., Flügge, G., Korte, S. M., Meerlo, P., Murison, R., Olivier, B., Palanza, P., Richter-Levin, G., Sgoifo, A., Steimer, T., Stiedl, O., van Dijk, G., Wöhr, M., & Fuchs, E. (2011). Stress revisited: A critical evaluation of the stress concept. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(5), 1291–1301. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.02.003>
- Koskela, A., Törnqvist, H., Somppi, S., Tiira, K., Kykyri, V.-L., Hänninen, L., Kujala, J., Nagasawa, M., Kikusui, T., & Kujala, M. V. (2024). Behavioral and emotional co-modulation during dog–owner interaction measured by heart rate variability and activity. *Scientific Reports* 2024 14:1, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-76831-x>
- Mârza, S. M., Munteanu, C., Papuc, I., Radu, L., Diana, P., & Purdoi, R. C. (2024). Behavioral, Physiological, and Pathological Approaches of Cortisol in Dogs. *Animals : An Open Access Journal from MDPI*, 14(23), 3536. <https://doi.org/10.3390/ANI14233536>
- Matsushita, S., Nagasawa, M., & Kikusui, T. (2022). Autonomic nervous system responses of dogs to human-dog interaction videos. *Plos One*, 17(11), e0257788. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257788>
- Mercier, P., Honeckman, L., Jokela, F., Dunham, A. E., & Overall, K. L. (2023). Using standardized scales to assess fear at veterinary visits: Intra- and inter-rater reliability. *Journal of Veterinary Behavior*, 62, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2023.02.004>
- Overall, K. (2013). Manual of Clinical Behavioral Medicine for Dogs and Cats-E-Book. *Elsevier Health Sciences*. 760–763. ISBN: 978-0-323-00890-7
- Salgirli Demirbas, Y., Isparta, S., Saral, B., Keskin Yılmaz, N., Adıay, D., Matsui, H., Töre-Yargın, G., Musa, S. A., Atilgan, D., Öztürk, H., Kul, B. C., Şafak, C. E., Ocklenburg, S., & Güntürkün, O. (2023). Acute and chronic stress alter behavioral laterality in dogs. *Scientific Reports*, 13(1), 4092. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31213-7>
- Somppi, S., Törnqvist, H., Koskela, A., Vehkaoja, A., Tiira, K., Väättäjä, H., Surakka, V., Vainio, O., & Kujala, M. V. (2022). Dog-Owner Relationship, Owner Interpretations and Dog Personality Are Connected with the Emotional Reactivity of Dogs. *Animals : An Open Access Journal from MDPI*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/ani12111338>
- Stanford, T. L. (1981). Behavior of dogs entering a veterinary clinic. *Applied Animal Ethology*, 7(3), 271–279. [https://doi.org/10.1016/0304-3762\(81\)90083-3](https://doi.org/10.1016/0304-3762(81)90083-3)
- Stephen, J. M., & Ledger, R. A. (2005). An Audit of Behavioral Indicators of Poor Welfare in Kenneled Dogs in the United Kingdom. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 8(2), 79–95. https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0802_1
- Teo, J. T., Johnstone, S. J., Römer, S. S., & Thomas, S. J. (2022). Psychophysiological mechanisms underlying the potential health benefits of human-dog interactions: A systematic literature review. *International Journal of Psychophysiology*, 180, 27–48. <https://doi.org/10.1016/J.IJPSYCHO.2022.07.007>
- Tóth, A., & Dobolyi, Á. (2025). Prolactin in sleep and EEG regulation: New mechanisms and sleep-related brain targets complement classical data. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 169, 106000. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2024.106000>
- Wehrwein, E. A., Orer, H. S., & Barman, S. M. (2016). Overview of the Anatomy, Physiology, and Pharmacology of the Autonomic Nervous System. *Comprehensive Physiology*, 6(3), 1239–1278. <https://doi.org/10.1002/J.2040-4603.2016.TB00714.X>



2025. Номер 12, С. 126 – 134.

Отримано: 07.10.2025 Прийнято: 24.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.11

UDC 619. 616: 617.7. 616.31

NOSOLOGICAL PROFILE OF OPHTHALMOLOGICAL AND DENTAL PATHOLOGY OF DOGS AND CATS IN THE CITY OF DNIPRO

V.V. Samoiliuk, P.M. Skliarov, D.V. Masiuk,

M.O. Lieshchova, V.V. Vakulik, S.M. Maslikov

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

E-mail: samoiliuk.v.v@dsau.dp.ua

Annotation. The prevalence of ophthalmological and dental pathology in dogs and cats was determined by analyzing statistical data obtained from veterinary clinics in the city of Dnipro. The most common ophthalmological diseases were conjunctivitis, blepharitis, and keratitis. Corneal ulcers and injuries to the eye and auxiliary apparatus were recorded more often in cats than in dogs, and among oncological diseases, lymphoma of the eye. Cataracts and prolapse of the third eyelid were diagnosed more frequently in dogs. Papillomatous lesions of the oral cavity were recorded only in young dogs. Male individuals were more often affected, and ophthalmological pathology was observed in mestizos and the following breeds: cocker spaniel, poodle, dachshund, shar pei, german shepherd, and labrador. Corneal lesions were often found in brachycephalic dogs. In cats, ophthalmological diseases were mainly diagnosed in mongrels and animals of scottish, persian, british breeds and sphinxes. Of the oncological diseases, eye lymphoma is significantly prevalent in animals, which was recorded with a higher frequency in cats. A significant prevalence of oral diseases in dogs and cats has been confirmed. Of the dental problems, periodontitis, tartar, malocclusion and gingivostomatitis were more frequently diagnosed. In dogs, malocclusion and tumors of the oral cavity were recorded with a higher frequency, and in cats, gingivostomatitis and injuries and fractures of the jaws. Periodontal disease and tartar are the most common dental problems in animals of both species. A predisposition to both ophthalmological and dental pathology is noted in brachycephalics. The conducted statistical analysis provides additional information about the prevalence of ophthalmological and dental pathology in dogs and cats, and the obtained research results may be useful for the diagnosis, treatment and prevention of these diseases.

Key words: *ophthalmological and dental pathology, dogs, cats, eye lymphoma, oral cavity, brachycephalic dogs*

НОЗОЛОГІЧНИЙ ПРОФІЛЬ ОФТАЛЬМОЛОГІЧНОЇ І СТОМАТОЛОГІЧНОЇ ПАТОЛОГІЇ СОБАК І КІШОК У МІСТІ ДНІПРО

**В.В. Самойлюк, П.М. Складаров, Д.М. Масюк,
М.О. Лещова, В.В. Вакулик, С.М. Масліков**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
E-mail: samoiliuk.v.v@dsau.dp.ua*

Анотація. Поширеність офтальмологічної і стоматологічної патології собак і кішок визначали шляхом аналізу статистичних даних, отриманих з клінік ветеринарної медицини м. Дніпро. Найпоширенішими офтальмологічними хворобами були кон'юнктивіт, блефарит і кератит. У кішок частіше, ніж у собак, реєстрували виразку рогівки та травми ока і допоміжного апарату, а серед онкологічних хвороб – лімфому ока. У собак з більшою частотою діагностували катаракту та пролапс третьої повіки. Папіломатозні ураження ротової порожнини реєстрували лише у собак молодого віку. Частіше хворіли особини чоловічої статі та офтальмологічна патологія спостерігалася у метисів і таких порід: кокер-спанієль, пудель, такса, шарпей, німецька вівчарка і лабрадор. У брахіцефалів часто зустрічали ураження рогівки. У кішок офтальмологічні хвороби в основному діагностували у безпорідних особин та тварин шотландської, перської, британської порід і сфінксів. З онкологічних захворювань суттєву поширеність у тварин мала лімфома ока, яку з більшою частотою реєстрували у кішок. Підтверджено значну поширеність захворювань ротової порожнини у собак і кішок. З стоматологічних проблем частіше діагностували пародонтоз, зубний камінь, неправильний прикус і гінгівостоматит. У собак з більшою частотою реєстрували неправильний прикус і пухлини ротової порожнини, а у кішок – гінгівостоматит та травми і переломи щелеп. Захворювання пародонту і зубний камінь були найпоширенішими стоматологічними проблемами у тварин обох видів. Схильність як до офтальмологічної, так і до стоматологічної патології відмічена у брахіцефалів. Проведений статистичний аналіз надає додаткову інформацію про поширеність офтальмологічної і стоматологічної патології собак і кішок та отримані результати досліджень можуть бути корисними для діагностики, лікування і профілактики цих хвороб.

Ключові слова: офтальмологічна і стоматологічна патологія, собаки, кішки, лімфома ока, ротова порожнина, брахіцефали

Вступ. Актуальність теми. Офтальмологічні хвороби та захворювання порожнини рота мають особливий вплив на добробут тварин (Summers et al, 2019; Niemiec et al, 2020), на їх загальний стан здоров'я, поведінку, тривалість та якість життя (Whyte et al, 2022). Неправильний прикус, деформація зубів та пародонтопатії викликають дискомфорт у тварини, а також ускладнення з боку серцево-судинної, дихальної та інших систем організму (Khomun et al, 2018). Тому вивчення цієї патології залишається складною і актуальною задачею, так як на дану статистику впливає безліч антропогенних факторів.

Великий відсоток собак, що обстежуються у клініках ветеринарної медицини, мають стоматологічні проблеми. Значне поширення цієї патології зумовлене недосконалістю діагностичних підходів, що призводить до зниження можливості раннього виявлення цих хвороб (Voloboiieva & Bilyi, 2024).

Орган зору є дуже чутливим і його функція може бути порушена через травму або інші місцеві або системні захворювання (Kupur et al, 2017; Kumar et al, 2018) та на нього впливають багато зовнішніх чинників (Catalkaya et al, 2023).

Покращене розуміння значень абсолютної та відносної поширеності тих чи інших захворювань може допомогти ветеринарним спеціалістам-практикам під час проведення диференціальної діагностики, а також у визначенні пріоритетів розведення тих чи інших

порід, та у дослідженнях і складанні стратегій контролю за здоров'ям тварин (O'Neill et al, 2014).

Значна поширеність та багатовекторний характер етіологічних факторів на тлі відсутності єдиного методичного підходу до верифікації патології ротової порожнини слугує підставою для необхідності подальших досліджень у галузі ветеринарної стоматології (Voloboieva et al, 2023).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Велика кількість публікацій свідчать про значну поширеність як офтальмологічних (Hugues & Torres 2022; Şirin et al, 2023; Park et al, 2023; Bonea et al, 2025) так і стоматологічних (Kyllar & Witter, 2005; Niemiec, 2008; Southerden, 2010; Gawor & Niemiec, 2014; Allmuca et al, 2016; O'Neill et al, 2023) хвороб у собак і кішок. Але останнім часом увага може бути зосереджена на певних захворюваннях залежно від виду, породи та віку (Whyte et al, 2022).

Та не дивлячись на це, все ще існує необхідність проведення подальших досліджень для кращого розуміння поширеності та клінічних особливостей офтальмологічних і стоматологічних захворювань дрібних тварин.

Мета роботи – визначення нозологічного профілю офтальмологічних і стоматологічних хвороб собак і кішок у м. Дніпро.

Завдання дослідження – провести статистичний аналіз поширеності офтальмологічної і стоматологічної патології собак і кішок в умовах мегаполісу.

Матеріал і методи досліджень. Для проведення аналізу використовували статистичні дані, отримані з клінік ветеринарної медицини м. Дніпро. Було проаналізовано 541 зареєстрований випадок офтальмологічних і 638 випадків стоматологічних хвороб собак і кішок. Оцінюючи цю інформацію, враховували, яка патологія найчастіше зустрічалася в залежності від виду тварин і породи.

Результати досліджень та їх обговорення. Статистичний аналіз показав значну поширеність офтальмологічних хвороб серед дрібних тварин. Ця патологія частіше реєструвалася у кішок. З 541 проаналізованого випадку 248 склали собаки і 293 кішки (45,8 % і 54,2 % відповідно). Більш детальні результати цих досліджень представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Нозологічний профіль офтальмологічної патології

Захворювання	Собаки		Кішки	
	гол.	%	гол.	%
Кон'юнктивіт	53	21,4	73	24,9
Блефарит	40	16,1	33	11,3
Кератит	32	12,9	67	22,9
Виразка рогівки	4	1,6	16	5,5
Травми ока і допоміжного апарату	18	7,3	24	8,2
Увеїт	10	4,0	14	4,8
Хвороби сітківки	6	2,4	9	3,1
Катаракта	45	18,2	12	4,1
Глаукома	4	1,6	6	2,0
Панеофтальміт	5	2,0	6	2,0
Ентропіон	6	2,4	8	2,7
Ектропіон	2	0,8	3	1,0
Пролапс третьої повіки	10	4,0	4	1,4
Онкологічні захворювання ока	13	5,3	18	6,1
З них лімфома ока	3	1,2	6	2,0
Всього	248	100	293	100

Встановлено, що офтальмологічні хвороби частіше реєструються у кішок ніж у собак, що узгоджується з даними Şengöz Şirin et al. (2023). Найпоширенішою офтальмологічною патологією як собак так і кішок були кон'юнктивіти (21,4 % і 24,9 %

відповідно), про що також повідомляють Akinrinmade & Ogungbenro (2015). За ними за поширеністю у собак слідували катаракта (18,2 %) і блефарит (16,1 %), потім кератит (12,9 %), далі травми ока і його допоміжного апарату (7,3 %), увеїт і пролапс третьої повіки (по 4,0 %). Отримані нами дані аналізу захворюваності собак на офтальмологічні хвороби показали значну поширеність катаракти, блефаритів і травми ока, що певною мірою співпадає з повідомленням Kim et al. (2015).

Онкологічні захворювання у собак зустрічалися не так часто як у кішок і склали 5,3 %. З них 1,2 % становила лімфома ока. Менш поширеними у собак були хвороби сітківки і ентропіон (по 2,4 %), а також панофтальміт (2,0 %), глаукома (1,6 %) і ектропіон (0,8 %).

У кішок, крім кон'юнктивітів, значну поширеність мали кератити (22,9 %) і блефарити (11,3 %). Слід відмітити, що у тварин цього виду частіше, ніж у собак, реєстрували виразку рогівки (5,5 % і 1,6 % відповідно). Дещо частіше у них діагностували травми ока і його допоміжного апарату (8,2 %), увеїти (4,8 %), хвороби сітківки (3,1 %). Приблизно на одному і тому самому рівні у тварин обох видів діагностували глаукому і панофтальміт (по 2 %), а також ентропіон (2,7 %) та ектропіон (1,0 %). Значно рідше, ніж у собак, у кішок діагностували катаракту (4,1 %) і пролапс третьої повіки (1,4 %). Онкологічні захворювання ока у кішок реєстрували частіше ніж у собак (6,1 %). З них 2,0 % складала лімфома ока. Крім лімфоми, у дрібних тварин нерідко також діагностували мейбомієву пухлину. Слід відмітити, що для більш об'єктивного і повного аналізу офтальмологічної онкологічної патології ця вибірка тварин є недостатньою за кількістю.

Але наші спостереження показали суттєву поширеність онкологічних захворювань ока у тварин обох видів, особливо лімфоми ока, яка значно частіше реєструвалася у кішок. Результати цих спостережень підтверджують дані, що отримали Ota-Kuroki et al. (2014). З онкологічних хвороб найчастіше реєстрували лімфому, як наслідок генералізованого враження, що виявлялося в периферичних лімфатичних вузлах, так і солітарна очна лімфома.

Таким чином, статистичний аналіз показав, що у собак найбільш поширеними офтальмологічними хворобами є кон'юнктивіти, блефарити і катаракта, а у кішок – кон'юнктивіти і враження рогівки. Згідно з даними, отриманими Uzunlu et al. (2020), Catalkaya et al. (2023), Şirin et al. (2023), Park et al. (2023), також однією з найпоширеніших патологій очей у кішок були ураження рогівки, що співпадає з нашими результатами.

Частіше хворіли особини чоловічої статі. На думку Pandey et al. (2018), вища захворюваність самців може бути пов'язана з більшою популяцією та агресивною поведінкою, що підвищує ризик травми ока під час бійок. Офтальмологічна патологія спостерігалася у метисів та таких порід собак: кокер-спанієль, пудель, такса, шарпей, німецька вівчарка і лабрадор. У брахіцефалів як кішок, так і собак, частіше, ніж у інших порід, реєстрували враження рогівки. Sebbag et al. (2023) пояснюють цей факт тим, що деякі анатомічні особливості будови ока у цих порід негативно впливають на захист очного яблука від ушкоджуючих чинників.

У кішок офтальмологічні хвороби в основному діагностували у безпорідних особин (50,9 %) та тварин шотландської (30,4 %), перської (8,5 %), британської (8,5 %) порід і сфінксів (2,7 %) (табл. 2).

Таблиця 2

Породна схильність кішок до офтальмологічних захворювань

Порода кішок	Кількість зареєстрованих випадків з офтальмологічними хворобами	%
Шотландська	89	30,4
Британська	25	8,5
Перська	10	3,4
Сфінкси	8	2,7
Інші породи	12	4,1
Безпорідні	149	50,9
Всього	293	100

Найпоширенішими ознаками захворювання очей у собак і кішок були: підвищена чутливість до яскравого світла, почервоніння і набряк органу зору, зміни у розмірі і формі зіниці, слъзотеча і свербіж очей, витікання різного характеру, помутніння кришталика або рогівки.

Наші дослідження також підтвердили високу поширеність захворювань ротової порожнини у собак і кішок. З 638 проаналізованих випадків 336 склали собаки і 302 кішки (45,8 % і 54,2 % відповідно). Нозологічний профіль стоматологічної патології представлений в табл. 3.

Найчастіше у собак реєстрували такі стоматологічні проблеми: пародонтоз (24,4 %), зубний камінь (22,3 %), неправильний прикус (11,6 %), гінгівостоматит (16,1 %), резорбція зубів (9,8 %), пухлини ротової порожнини та проліферативні ураження (7,7 %), переломи зубів (3,0 %), травми ротової порожнини і язика (2,8 %) та травми і переломи щелеп (1,5 %).

Таблиця 3

Нозологічний профіль стоматологічної патології

Захворювання	Собаки		Кішки	
	гол	%	гол	%
Захворювання пародонту	82	24,4	80	26,5
Зубний камінь	75	22,3	67	22,2
Неправильний прикус	39	11,6	12	4,0
Гінгівостоматит	54	16,1	70	23,2
Резорбція зубів	33	9,8	34	11,2
Пухлини ротової порожнини та проліферативні ураження	26	7,7	15	5,0
Папіломатоз ротової порожнини	4	1,2	-	-
Переломи зубів	10	3,0	8	2,6
Травми ротової порожнини і язика	8	2,4	7	2,3
Травми і переломи щелеп	5	1,5	9	3,0
Всього	336		302	

Результати проведених нами досліджень засвідчили високу поширеність захворювань ротової порожнини у собак та підтвердили, що захворювання пародонту і зубний камінь є найпоширенішими стоматологічними проблемами у собак і кішок. Частота змін пародонту та ступінь запалення збільшувалися зі збільшенням віку тварини. Зубний камінь та неправильний прикус реєстрували частіше у дрібних порід собак. З аномалій прикусу частіше зустрічалися олігодонтія, перекус і недокус. Що стосується переломів зубів, то частіше, як у собак, так і у котів травмувалися ікла верхньої і нижньої щелеп.

На думку Allmusa et al. (2016), пародонтит та зубний камінь також є одними з найпоширеніших захворювань у собак. Автори спостерігали зміни в відкладенні зубного каменю між верхньою та нижньою щелепами. У цей час, найбільше відкладень зубного каменю виявляли на верхній щелепі. Не спостерігалось жодної різниці між правим та лівим боками щелеп.

Про значне поширення хвороб пародонту у собак і котів повідомляють багато дослідників (O'Neill et al., 2014; Wallis et al., 2015; Khomyn et al., 2018; Silva et al., 2023; Peştean et al., 2024; Song et al., 2024; Velzen, 2025). Старіння визначено як найсильніший предиктор ризику виникнення цієї патології. Результати досліджень отримані O'Neill et al. (2023), доводять тісний зв'язок між захворюваннями пародонту та погіршенням загального здоров'я кішок. Значно поширеною стоматологічною проблемою у дрібних тварин є також зубний камінь (Pinto et al., 2020). Ця проблема частіше виникає у дрібних порід собак порівняно з великими, про що також повідомляють Naxhi et al. (2016).

Згідно повідомлення Aswathy et al. (2019), максимально часто з захворювань ротової порожнини та щелепно-лицьової системи собак зустрічається зубний камінь, потім – новоутворення ротової порожнини та гіпоплазія емалі.

У кішок з стоматологічною патологією результати проведеного нами статистичного аналізу були наступними: пародонтоз (26,5 %), зубний камінь (22,2 %), неправильний прикус (4,0 %), гінгівостоматит (23,2 %), резорбція зубів (11,2 %), пухлини ротової порожнини та проліферативні ураження (5,0 %), переломи зубів (2,6 %), травми ротової порожнини і язика (2,3 %) та травми і переломи щелеп (3,0 %).

У собак і кішок ми реєстрували резорбцію зубів – процес руйнування зубної тканини, що виникає внаслідок карієсу, пульпіту або травми зуба і в кінці кінців призводить до його втрати. Вона може початися в кореневій частині зуба та прогресувати до того моменту, коли зуб повністю руйнується та випадає. Про значну поширеність цієї проблеми, особливо у кішок, також повідомляють Pistor et al. (2023). Проведений нами статистичний аналіз показав певну поширеність травм зубів, особливо ікол як нижньої, так і верхньої щелеп, про що також свідчать дослідження Soukup et al. (2015).

Гінгівостоматит з ерозіями на язиці та слизовій оболонці ротової порожнини часто реєстрували у кішок з кальцивірусною інфекцією. У трьох випадках у тварин, що невчасно отримали необхідне лікування, була відсутня частина язика. Гінгівостоматит у деяких випадках діагностували у тварин, що мали хвороби шлунково-кишкового тракту, печінки та хронічну ниркову недостатність. У кішок стоматит іноді виникав внаслідок злизування подразнюючих речовин. Наші спостереження стосовно впливу вірусних захворювань на поширення гінгівостоматиту у кішок, зокрема кальцивірусної інфекції, підтверджують повідомлення Fontes et al. (2023), Kim et al. (2023). На думку Dokuzeylul et al. (2016), патологія ротової порожнини може бути ознакою певних системних захворювань у кішок, особливо у випадках вірусної інфекції, що співпадає з нашими результатами. Широкий спектр системних захворювань може призвести до уражень у ротовій порожнині, включаючи імуноопосередковані захворювання, побічні реакції на ветеринарні препарати, вірусні та бактеріальні інфекції, а також метаболічні та аутоімунні захворювання (Dosenberry et al., 2025).

Травми слизової оболонки рота та язика виникали через сторонні предмети у ротовій порожнині. Переломи щелеп, особливо перелом синфіза нижньої щелепи, частіше реєстрували у кішок, а пухлини ротової порожнини, навпаки, у собак. У ротовій порожнині новоутворення виявляли в основному на яснах. З проліферативних уражень, в основному, зустрічали гіперплазію ясен. Папіломатозні ураження ротової порожнини реєстрували лише у собак молодого віку.

Онкологічна патологія включає одонтогенні та неодонтогенні пухлини. Новоутворення у ротовій порожнині частіше виявляються на яснах (Ozturk-Gurgen et al., 2023), що співпадає з нашими даними. Найпоширенішими одонтогенними пухлинами є периферична одонтогенна фіброма та акантоматозна амелобластома. Найпоширенішими неодонтогенними новоутвореннями є злоякісна меланома та плоскоклітинний рак. На думку Verhaert (2010), пухлини ротової порожнини становлять приблизно 5–10 % усіх пухлин у собак та кішок. У собак значна частина проліферацій є реактивними або доброякісними, тоді як у кішок більшість проліферацій є злоякісними. Автори повідомляють, що найчастіше новоутворення ротової порожнини у собак представлені меланою ротової порожнини і фіброматозним епулісом, що є непухлинними ураженнями, найчастіше представленим гіперплазією ясен (Delgado et al, 2023), що узгоджується з нашими результатами.

Схильність як до офтальмологічної, так і до стоматологічної патології була відмічена у кішок і собак брахіцефалів. Зокрема, у великої кількості цих тварин спостерігали неправильний прикус і пародонтит. Собаки і кішки брахіцефали через анатомічні особливості мають шлунково-кишкові, офтальмологічні, дерматологічні, репродуктивні та стоматологічні проблеми (Ekenstedt et al., 2020). Дослідження, проведені Mestrinho et al. (2018) засвідчили, що через свою брахіцефалію перські та екзотичні кішки мають унікальні особливості ротової порожнини та зубів, що робить їх схильними до виникнення стоматологічних захворювань (наприклад, резорбції зубів і пародонтиту), та

офтальмологічної патології (Sebbag & Sanchez, 2023), що співпадає з результатами наших спостережень. Знання конкретних зубних аномалій, поширених у брахіцефальних кішок, може допомогти у ранньому виявленні та лікуванні стоматологічних захворювань у цих порід.

Результати наших досліджень надають додаткову інформацію про поширеність офтальмологічної і стоматологічної патології собак і кішок та можуть бути корисними для діагностики, лікування і профілактики цих хвороб.

Висновки.

З офтальмологічних хвороб у собак і кішок найчастіше реєструються кон'юнктивіт, блефарит і кератит, а з стоматологічних – пародонтоз, зубний камінь, неправильний прикус і гінгівостоматит. Захворювання пародонту і зубний камінь є найпоширенішим стоматологічними проблемами у собак і кішок. Тварини-брахіцефали обох видів мають схильність до виникнення офтальмологічної і стоматологічної патології.

References

- Akinrinmade, J. F., & Ogungbenro, O. I. (2015). Incidence, diagnosis and management of eye affections in dogs. *Sokoto Journal of Veterinary Sciences*, (13), 9–13. <https://doi.org/10.4314/sokjvs.v13i3.2>
- Allmuca, H., Zalla, P., Andoni, E., & Mazari, B. (2016). Prevalence of oral diseases in dogs in Tirana urban area. *Indian Journal of Animal Research*, 50(5), 740–746. <https://doi.org/10.18805/ijar.9418>
- Aswathy, P., Narayanan, M. K., Devanand, C. B., Sudheesh, S. N., & Ambily, R. (2019). Oral and maxillofacial disorders in canines-an incidence study. *Journal of Veterinary and Animal Science*, 50 (2), 85–88.
- Bonea, E., Igna, C. D., Ocnean, M., Lungu, B. C., & Hutu, I. (2025). Epidemiological studies on eye diseases in centers for stray dogs in northwestern Romania. *Veterinary Sciences*, 12(5), 480. <https://doi.org/10.3390/vetsci12050480>
- Çatalkaya, E., Kanay, B. E., Yayla, S., Saylak, N., & Bayat A. (2023). Evaluation of eye diseases encountered in cats: a retrospective study (2020-2023). *Dicle University Journal of Faculty of Veterinary Medicine*, 16(2), 108–111. <https://doi.org/10.47027/duvetfd.1373419>
- Delgado, L., Brillhante-Simões, P., Prada, J., & Monteiro, L. (2023). Oral pathology in portuguese dogs: an eight-year biopsy-based retrospective study. *Journal of Veterinary Dentistry*, 40(1), 28–37. <https://doi.org/10.1177/08987564221098>
- Dosenberry, C., Arzi, B., Palm, C., Vapniarsky, N. & Soltero-Rivera, M. (2025). An update on oral manifestations of systemic disorders in dogs and cats. *Frontiers in Veterinary Science*, 11:1511971. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1511971>
- Dokuzeylul, B., Kayar, A., & Or, M. E. (2016). Prevalence of systemic disorders in cats with oral lesions. *Veterinari Medicina*, 61(4), 219–223. <https://doi.org/10.17221/8823-VETMED>
- Ekenstedt, K. J., Crosse, K. R., & Risselada, M. (2020). Canine brachycephaly: anatomy, pathology, genetics and welfare. *Journal of Comparative Pathology*, 176, 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2020.02.008>
- Fontes, A. C., Vieira, M. C., Oliveira, M., Lourenço, L., Viegas, C., Faísca, P., Seixas, F., Requicha, J. F., & Pires, M. A. (2023). Feline calicivirus and natural killer cells: A study of its relationship in chronic gingivostomatitis, *Veterinary World*, 16(8): 1708–1713. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.1708-1713>
- Gawor, J., & Niemiec, B. A. (2014). Oral pathology in dog and cat: overview of selected problems. *The Veterinary Nurse*, 5(1), <https://doi.org/10.12968/vetn.2014.5.1.10>
- Haxhi, A., Pllumb, Z., Egon, A., & Brunilda, M. (2016). Prevalence of oral diseases in dogs in Tirana urban area. *Indian Journal of Animal Research*, 50(5), 740–746. <http://dx.doi.org/10.18805/ijar.9418>
- Hugues, B., & Torres, M. (2022). Diseases of the ocular system diagnosed in dogs and cats from Havana, Cuba. Period 2014–2020. *RIVEP*, 33(2), e22589
- Khomyn, N., Mysak, A., Iglitskej, I., Pritsak, V., Semeniuk, N., & Nazaruk, N. (2018). Dental diseases in cats. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20(83), 282–285. <https://doi.org/10.15421/nvlvet8356>

- Kyllar, M., & Witter, K. (2005). Prevalence of dental disorders in pet dogs. *Veterinary medicina-Praha*, 50(11), 496. <https://doi.org/10.17221/5654-VETMED>
- Kim, J-Y, Kim, K-H, Williams, D. L., & Lee, W-C. (2015). Epidemiological and clinical features of canine ophthalmic diseases in Seoul from 2009 to 2013. *Journal of Veterinary Clinics*, 32(3), 235–238. <http://dx.doi.org/10.17555/jvc.2015.06.32.3.235>
- Kim, D. H, Kwak, H. H, & Woo, H. M. (2023). Prevalence of feline chronic gingivostomatitis in feral cats and its risk factors. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 25(1). <https://doi.org/10.1177/1098612X221131453>
- Kumar, T., Punia, M., Agnihotri, D., Sindhu, N., & Jain, V. K. (2018). Incidence of ophthalmic affections in dogs—a short study. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(9), 1560–1565. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.709.187>
- Kurup, K. R, Parikh, P. V, Mahla, J. K, & Ratnu, D. A. (2017). Optimized ophthalmic: advances in the treatment of ocular diseases in animals. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 1(6), 1617–1620. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2017.01.000500>
- Mestrinho, L. A., Louro, J. M., Gordo, I. S., Niza, M. M. R. E., Requicha, J. F., Force, J. G., & Gawor, J. P. (2018). Oral and dental anomalies in purebred, brachycephalic persian and exotic cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 253(1), 66–72.
- Niemiec, B. A. (2008). Oral Pathology. *Topics in Companion Animal Medicine*, 23(2), 59–71. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2008.02.002>
- Niemiec, B., Gawor, J., Nemec, A., Clarke, D., McLeod, K., Tutt, C., & Jouppe, R. (2020). World small animal veterinary association global dental guidelines. *Journal of Small Animal Practice*, 61 (7), 36–161. <https://doi.org/10.1111/jsap.131>
- O'Neill, D. G., Church, D. B., McGreevy, P. D., Thomson, P. C., & Brodbelt, D. C. (2014). Prevalence of disorders recorded in cats attending primary-care veterinary practices in England. *The Veterinary Journal*, 202: 286–291. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.08.004>
- O'Neill, D. G., Gunn-Moore, D., Sorrell, S., McAuslan, H., Church, D. B., Pegram, C., & Brodbelt, D. C. (2023). Commonly diagnosed disorders in domestic cats in the UK and their associations with sex and age. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 25(2). <https://doi.org/10.1177/1098612X231155016>
- O'Neill, D. G., Blenkarn, A., Brodbelt, D. C., Church, D. B., & Freeman, A. (2023). Periodontal disease in cats under primary veterinary care in the UK: frequency and risk factors. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 1–12. <https://doi.org/10.1177/1098612X231158154>
- Ota-Kuroki, J., Ragsdale, J. M., Bawa, B., Wakamatsu, N., & Kuroki, K. (2014). Intraocular and periocular lymphoma in dogs and cats: a retrospective review of 21 cases (2001-2012). *Veterinary Ophthalmology*, 17(6): 389–96. <https://doi.org/10.1111/vop.12106>
- Ozturk-Gurgen, H., Kecici, P. D., Sonmez, K., & Gurel, A. (2022). Retrospective evaluation of pathological lesions of the oral cavity in dogs. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(2), 129–135. <https://doi.org/10.32707/ercivet.1142611>
- Pandey, P., Shahi, A., Kumar, D., & Shukla, M. K. (2018). Incidence of eye affections in dogs. *The Indian Journal Of Veterinary Sciences and Biotechnology*, 13(04), 65–67. <http://dx.doi.org/10.21887/ijvsbt.v13i4.11561>
- Park, J., Kang, S., Lee, E. & Seo, K. (2023). Prevalence of feline ophthalmic disorders in South Korea: a retrospective study (2009–2021). *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 25(2). <https://doi.org/10.1177/1098612X231151478>
- Pinto, C. F. D., Lehr, W., Pignone, V. N., Chain, C. P., & Trevizan, L. (2020). Evaluation of teeth injuries in Beagle dogs caused by autoclaved beef bones used as a chewing item to remove dental calculus. *Plos One*, 15(2), e0228146. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228146>
- Pistor, P., Janus, I., Janeczek, M., & Dobrzyński, M. (2023). Feline tooth resorption: a description of the severity of the disease in regard to animal's age, sex, breed and clinical presentation. *Animals*, 13(15), 2500. <https://doi.org/10.3390/ani13152500>
- Sebbag, L., Silva, A. P., Santos, Á. P. B., Raposo, A. C. S., & Oriá, A. P. (2023). An eye on the Shih Tzu dog: Ophthalmic examination findings and ocular surface diagnostics. *Veterinary Ophthalmology*, 26, 59–71. <https://doi.org/10.1111/vop.13022>
- Sebbag, L., & Sanchez R. F. (2023). The pandemic of ocular surface disease in brachycephalic dogs: The brachycephalic ocular syndrome. *Veterinary Ophthalmology*, 26(1), 31–46. <https://doi.org/10.1111/vop.13054>

- Şengöz Şirin, Ö., Çetin, M. N., & Neyse, B. (2023). Evaluation of eye diseases in cats and dogs: a retrospective study: 200 cases (2021-2022). *MAE Vet Fak Derg*, 8 (1) :44–49. <https://doi.org/10.24880/maeuvfd.1234185>
- Silva, C., Requicha, J., Dias, I., Bastos, E. & Viegas, C. (2023). Genomic medicine in canine periodontal disease: a systematic review. *Animals*, 13(15), 2463. <https://doi.org/10.3390/ani13152463>
- Şirin, Ö. Ş., Çetin, M. N., & Neyse, B. (2023). Evaluation of eye diseases in cats and dogs: a retrospective study: 200 cases (2021-2022). *MAE Vet Fak Derg*, 8(1), 44–49. <https://doi.org/10.24880/maeuvfd.1234185>
- Song, P., Hao, Y., Lin, D., Jin, Y. & Lin, J. (2024). Evaluation of the antibacterial effect of Epigallocatechin gallate on the major pathogens of canine periodontal disease and therapeutic effects on periodontal disease mice. *Frontiers in Microbiology*, 14:1329772. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1329772>
- Soukup, J. W., Hetzel, S., & Paul, A. (2015). Classification and epidemiology of traumatic dentoalveolar injuries in dogs and cats: 959 injuries in 660 patient visits (2004–2012). *Journal of veterinary dentistry*, 32(1), 6–14. <https://doi.org/10.1177/089875641503200101>
- Southerden P. (2010). Review of feline oral disease. *In Practice*, 32(2), 51–56. <https://doi.org/10.1136/inpract.32.2.51>
- Summers, J. F., O'Neill, D. G., Church, D., Collins, L., Sargan, D. & Brodbelt, D. C. (2019). Health-related welfare prioritisation of canine disorders using electronic health records in primary care practice in the UK. *BMC Veterinary Research*, 15:163. <https://doi.org/10.1186/s12917-019-1902-0>
- Uzunlu, E. O., Aras, S., Zamirbekova, N., Akyol, E. T., & Arıcan, M. (2020). Kedi ve köpeklerde görülen yaygın göz hastalıkları: retrospektif çalışma (2018-2019). *Veterinary Sciences*, 1, (1–2), 17–22.
- Velzen, H. (2025). Periodontitis in dogs and cats: what it is and why it matters. *In Practice*, 47(4), 164–171. <https://doi.org/10.1002/inpr.534>
- Verhaert, L. (2010). Oral proliferative lesions in the dog and cat. *EJCAP*, 20(3), 252–264.
- Voloboieva, U. I., Bilyi, D. D., & Stotskyi, O. (2023). Prevalence and risk factors of dental disease in dogs (overview). *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, (3(62), 21–28. <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2023.3.3>
- Voloboieva, U. I., & Bilyi, D. D. (2024). Clinical rationale of diagnostic approaches in the dental examination of dogs. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 12(2), 24–30. <https://doi.org/10.32819/2024.12009>
- Wallis, C., Marshall, M., Colyer, A., O'Flynn, C., Deusch, O. & Harris, S. (2015). A longitudinal assessment of changes in bacterial community composition associated with the development of periodontal disease in dogs. *Veterinary Microbiology*, 181(3–4), 271–282. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.09.003>
- Whyte, A., San Roman-Lorens, F., Whyte, J., Monteagudo, L. V., & Tejedor, M. T. (2022). Prevalence of common oral conditions in dogs and cats attending a veterinary teaching hospital in Spain. *Revue vétérinaire clinique*, 57(1), 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.anicom.2021.12.003>



2025. Номер 12, С. 135 – 147.

Отримано: 03.10.2025 Прийнято: 16.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.12

UDC 636.98.09:611.33

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE STOMACH OF THE YEMENI CHAMELEON (*CHAMAELEO CALYPTRATUS*)

S.M. Skachko, M.M. Kushch

State Biotechnological University, Kharkov, Ukraine

E-mail: serhiiskachko97@gmail.com

Annotation. Abstract. Stomach disease in Yemeni chameleons (*Chamaeleo calyptratus*) is a fairly common pathology of the digestive tract. At the same time, information on the features of its microscopic structure is absent. The features of the histological structure, age-related morphometric indicators of the stomach of Yemeni chameleons of 1-, 7-, 14-day-old, 1-, 2-, 3, 6-8-month-old and 1-year-old were determined. Histological preparations were made from a cross-section of the middle part of the stomach, stained with hematoxylin and eosin, according to Mallory, in the PAS test. Based on histological, histochemical, and morphometric studies, a morphofunctional characteristic of the stomach of the Yemeni chameleon of 9 age groups during the first year of the postnatal period of ontogenesis was provided. Four layers were found in the stomach wall of the Yemeni chameleon: mucosa, submucosa, muscularis, and serosa. The mucosa consists of three layers: epithelial, lamina propria, and muscularis propria. The epithelial layer is represented by a single-layered, single-row prismatic epithelium. Two main cell populations were found in the epithelial layer: superficial, represented by mucocytes, and deep, represented by oxynticopeptic cells. Mucocytes cover the finger-shaped protrusions of the lamina propria between the openings of the glands and form villi. Oxynticopeptic cells are immersed in the lamina propria of the mucosa and form deep tubular glands. The muscularis mucosae consists of two thin layers of smooth muscle cells: an outer longitudinal layer and an inner circular layer, which extends to the base of the villi and, together with loose fibrous connective tissue, is located between the secretory departments of the glands. The submucosal base, in the form of a thin plate, which is built of loose fibrous connective tissue, separates the mucous membrane from the muscularis. The muscularis consists of two layers, which are built of smooth muscle tissue: a thick inner circular layer and a thin outer longitudinal layer. The increase in the thickness of the stomach wall occurred due to the mucous membrane and, to a much greater extent, due to the muscularis. The increase in the thickness of the mucous membrane occurred due to an increase in the depth of the tubular glands. The most stable morphometric indicators, which did not have a significant difference in animals of different age groups, were the width of the secretory departments of the glands, the height of the villi, and the thickness of the serous membrane.

Key words: *Yemeni chameleon, stomach, histological structure, morphometric indicators.*

ГІСТОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ШЛУНКУ ЄМЕНСЬКОГО ХАМЕЛЕОНУ (*CHAMAELEO CALYPTRATUS*)

С.М. Скачко, М.М. Куш

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

E-mail: serhiiskachko97@gmail.com

Анотація. Захворювання шлунку в єменських хамелеонів (*Chamaeleo calyptratus*) є достатньо поширеною патологією травного каналу. У той же час, інформація стосовно особливостей його мікроскопічної будови відсутня. Визначали особливості гістологічної будови, вікові морфометричні показники шлунку єменських хамелеонів 1-, 7-, 14-добового, 1-, 2-, 3, 6- 8-місячного і 1-річного віку. Гістологічні препарати виготовляли з поперечного зрізу середньої ділянки шлунку, що забарвлювали гематоксиліном і еозином, за Маллорі, у ШИК-реакції. На основі гістологічних, гістохімічних і морфометричних досліджень надано морфофункціональну характеристику шлунку єменського хамелеону 9 вікових груп упродовж першого року постнатального періоду онтогенезу. У стінці шлунку єменського хамелеону виявлено чотири оболонки: слизову, підслизову основу, м'язову і серозну. Слизова оболонка складається з трьох шарів: епітеліального, власної пластинки і м'язової пластинки. Епітеліальний шар представлений одношаровим однорядним призматичним епітелієм. У складі епітеліального шару виявлено дві основні популяції клітин: поверхневу, що представлена мукоцитами і глибоку, що представлена оксикоптичними клітинами. Мукоцити вкривають пальцеподібної форми випини власної пластинки між отворами залоз і утворюють ворсинки. Оксикоптичні клітини занурені у власну пластинку слизової оболонки і утворюють трубкоподібної форми глибокі залози. М'язова пластинка слизової оболонки складається з двох тонких шарів клітин гладкої м'язової тканини: зовнішнього поздовжнього і внутрішнього циркулярного, що заходить до основи ворсинок і разом з пухкою волокнистою сполучною тканиною розташовується між секреторними відділами залоз. Підслизова основа у вигляді тонкої пластинки, що побудована з пухкої волокнистої сполучної тканини, відмежовує слизову оболонку від м'язової. М'язова оболонка складається з двох шарів, що побудовані з гладкої м'язової тканини: товстого внутрішнього циркулярного і тонкого зовнішнього поздовжнього. Збільшення товщини стінки шлунку відбулось за рахунок слизової оболонки і, в значно більшій мірі, за рахунок м'язової оболонки. Збільшення товщини слизової оболонки відбулось за рахунок збільшення глибини трубкоподібних залоз. Найбільш стабільними морфометричними показниками, що не мали достовірної різниці у тварин різних вікових груп, були ширина секреторних відділів залоз, висота ворсинок і товщина серозної оболонки.

Ключові слова: єменський хамелеон, шлунок, гістологічна будова, морфометричні показники.

Вступ. Актуальність теми. Рептилії стають все більш популярними домашніми тваринами в багатьох країнах світу. За даними Aduriz et al. (2024) з 202 видів сімейства Chamaeleonidae 38,6 % знаходяться під загрозою зникнення. Незважаючи на те, що численні види цього класу тварин широко вивчаються дослідниками, інформація, що описує детальну будову окремих органів у багатьох рептилій, відсутня (Cizek et al., 2019). Як стверджують Mitchell & Diaz-Figueroa (2005), рептилії успішно адаптувалися до екологічних ніш і вижили в умовах конкуренції з боку вищих хребетних, таких як птахи та ссавці. Ця еволюція призвела до відмінностей в анатомії та фізіології різних систем органів як між різними групами рептилій, так і всередині них. З усіх різних систем найбільша

різноманітність характерна саме для шлунково-кишкового тракту. Ця мінливість в анатомії та фізіології шлунково-кишкового тракту рептилій може створити особливу проблему для ветеринарів, коли вони намагаються давати рекомендації щодо харчування, інтерпретувати діагностичні тести та розробляти схему лікування.

Як відомо, процеси травлення відіграють вирішальну роль у регулюванні збереження та розширення популяції тварин, є ключовим фактором для виживання (Wehrle & German 2023; Parks et al., 2025). Більшість ящірок є універсальними комахоїдними, які можуть змінювати типи своєї здобичі (Chabaud et al., 2023).

З органами травлення рептилій пов'язані захворювання різної етіології: незаразні, інфекційні, паразитарні, онкологічні, токсикологічні тощо. Рептилії відомі тим, що є носіями численних шлунково-кишкових паразитів (Hallinger et al., 2019). У цих тварин описані різноманітні паразитарні захворювання: криптоспоридіоз у сенегальського хамелеона (*Chamaeleo chamaeleo senegalensis*) (Dillehay et al., 1986), зелених ігуан (*Iguana iguana*) (Gałęcki & Sokół, 2018). Популяції ящірки полинової (*Sceloporus graciosus*) є паратенічними господарями для личинок третьої стадії *Ascarops* sp., личинки якої були знайдені в підслизових гранульомах шлунка (Goldberg & Bursey, 1989). Поширеними серед рептилій є онкологічні захворювання: новоутворення у східноіндійської водяної ящірки (*Hydrosaurus ambionensis*) (Schmidt, 1977), метастатична нейроендокринна карциному шлунка у бородатої агами (*Pogona vitticeps*) (Lyons et al., 2010), бородатої агами (*Pogona* spp) (LaDouceur et al., 2022). Нерідко причиною захворювання органів травлення є інфекційні збудники (Schmidt et al., 2017). Викид забруднюючих речовин у вигляді гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів у навколишнє середовище вважається одним із шести основних факторів, що сприяють глобальному скороченню популяції рептилій. Хоча такі тварини можуть стикатися зі серйозним ризиком від забруднюючих речовин через свою екологію та фізіологію, наразі вони вивчені менше, ніж інші групи хребетних (Simbula et al., 2021). За отруєнь змієголовки красивої (*Ophisops elegans*) карбарилом найважливіші гістологічні дефекти було виявлено саме в шлунку (Cakici & Akat, 2012).

Broughton et al. (2022) наголошують, що, враховуючи, що рептилії, як правило, є стоїчними тваринами, тільки ретельний фізикальний огляд у поєднанні з рутинними клініко-патологічними даними, що базується на детальному розумінні тонкої будови організму може виявитися неоціненним у виявленні захворювання та своєчасному застосуванні відповідної терапії.

Вуалевий хамелеон (*Chamaeleo calyptratus*) та пантерний хамелеон (*Furcifer pardalis*) є двома найпопулярнішими домашніми хамелеонами, і, як наслідок, ці види часто оцінюються у ветеринарній практиці (Melero et al., 2023). Враховуючи, що лускоподібні рептилії складають приблизно одну третину всіх живих амніот, вуалеві хамелеони все частіше використовуються як модель організму для вивчення цих та інших явищ розвитку та еволюції (Diaz et al., 2015). Як вказує Gould (1977), у більшості тварин молоді особини не є просто мініатюрними виданнями дорослих особин. Насправді вони відрізняються за багатьма аспектами, включаючи морфологію, анатомію, фізіологію, рухову здатність і харчові переваги, тому для ефективного утримання, годівлі і лікування вкрай важливим є розуміння їх вікових особливостей.

Отже, аналіз останніх публікацій свідчить про значну поширеність серед різних видів ящірок хвороб органів травлення, в т.ч., шлунку, що вимагає точної інформації стосовно особливостей його будови і функції. Знання його макро- і мікроморфології є важливим для інтерпретації клінічних ознак патологічних процесів і стану організму, для виконання діагностичних процедур, що дає змогу поставити правильний діагноз та надати якісне лікування.

Мета роботи – встановити вікові особливості гістологічної будови шлунку еменського хамелеону (*Chamaeleo calyptratus*) в період з добового до 1-річного віку.

Завдання дослідження: дати опис мікроскопічної будови, визначити основні морфометричні показники гістологічних структур шлунку єменського хамелеону в перший рік постнатального періоду онтогенезу.

Матеріал і методи досліджень. Матеріалом для морфологічних досліджень були зразки шлунку єменського хамелеону 9 груп: 1-, 7-, 14-добового, 1-, 2-, 3-, 6-, 8-місячного і 1-річного віку ($n=5$). Утримання тварин та маніпуляції з ними виконували відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовують для дослідних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986). Деяку кількість трупів тварин отримали з приватного розплідника рептилій, що опинився в зоні бойових дій на сході України, в якому сталися неможливі умови для утримання тварин. Деякі хамелеони з ветеринарних клінік загинули спонтанно з причин, не пов'язаних з хворобами апарату травлення. Тіла таких тварин, або їх органи були зафіксовані у 10% розчині нейтрального формаліну.

Після фіксації отримані зразки шлунків, що представляли собою поперечні зрізи в сегментальній площині, промивали у проточній воді, зневоднювали і ущільнювали в розчинах спирту зростаючої концентрації, надалі просвітлювали в розчинах спирту і парафіну в хлороформі і заливали в парафін. З парафінових блоків на мікротомі MC-2 готували тонкі гістологічні зрізи. Отримані зрізи забарвлювали гематоксиліном і еозином, за Маллорі і в ШИК- (PAS-) реакції. Дослідження гістологічних препаратів здійснювали на мікроскопі «Jenamed 2» (Carl Seiss Jena, Germany). За допомоги окулярної сітки на препаратах визначали величину мікроскопічних структур: зовнішній діаметр, товщину оболонок і їх шарів, висоту ворсинок, глибину і ширину секреторних відділів залоз.

Встановлені морфометричні показники мікроструктур шлунку обробляли за допомоги однофакторного дисперсійного аналізу (ANNOVA) з використанням програми статистичного аналізу *Biostat LE 7.3*. з визначенням середнього арифметичного – M і його стандартного відхилення – Sd . Достовірність різниці показників шлунку хамелеонів між віковими групами визначали за критерієм Тьюкі, достовірними вважали різницю за $p < 0,05$.

Під час характеристики певних морфометричних параметрів шлунку їх порівнювали з таким попереднього віку. Під час огляду наукових джерел використовували дані стосовно морфологічних особливостей органів травлення інших представників підряду Ящірки ряду Лускаті класу Плазуни (Рептилії).

Результати досліджень та їх обговорення. За результатами розтину було встановлено, що шлунок єменського хамелеону мав циліндричну форму. Чітку межу між стравоходом і порожнім шлунком встановити важко. Пілорична частина шлунку переходила у дванадцятипалу кишку без різкої межі; остання відрізнялась значно меншим діаметром. Рельєф слизової оболонки мав кілька поздовжніх складок. Візуально макроскопічно поділу на відділи шлунку хамелеонів не встановлено, що узгоджується з відповідними даними Skripka et al. (2020) стосовно прудкої ящірки (*Lacerta agilis*). Стінка шлунку єменського хамелеону, як і в інших ящірок (Kosa & Gürcü, 2011, складалась з чотирьох оболонок: слизової, підслизової, м'язової і серозної. У слизовій оболонці нами було виявлено три шари: епітеліальний, власну пластинку і м'язову пластинку (рис. 1). Під м'язовою пластинкою розташована підслизова основа, що була побудована з пухкої сполучної тканини, містила дрібні кровоносні судини і відмежовувала слизову оболонку від м'язової.

На поперечному зрізі шлунку виявляли від однієї до шести складок слизової оболонки, до яких входили всі її шари, а також підслизова основа.

Епітеліальний шар слизової оболонки шлунку єменського хамелеону утворений одношаровим однорядним призматичним епітелієм, що узгоджується з даними стосовно його будови у інших представників рептилій: в ігуани звичайної (*Iguana iguana*) (Serra-Campos et al., 2021), чорно-білого теґу (*Salvator merianae*) (Betancourt et al., 2022). Серед клітин такого епітелію нами було виділено два типи клітин: поверхневі слизові, що знаходились між отворами залоз і оксикопетичні клітини залоз, що були щільно розташовані у вигляді трубок у власній пластинці слизової оболонки. Такі дані

узгоджуються з інформацією Giraud et al. (1979) стосовно клітинного складу епітеліального шару слизової оболонки шлунку звичайного синьоязикового сцинка (*Tiliqua scincoides*).

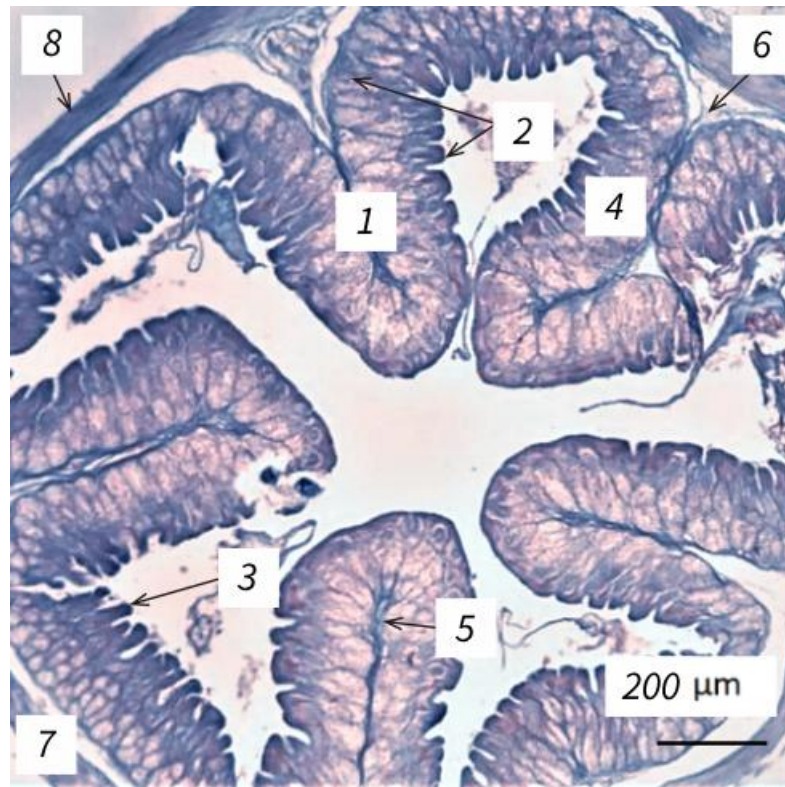


Рис. 1. Стінка шлунку єменського хамелеону 14-добового віку. Гістологічний препарат. 1 – складка слизової оболонки; 2 – власна пластинка слизової оболонки; 3 – ворсинки; 4 – секреторні відділи залоз шлунку; 5 – м'язова пластинка слизової оболонки; 6 – підслизова основа; 7 – м'язова оболонка; 8 – серозна оболонка; забарвлення за Маллорі.

Власна пластинка слизової оболонки шлунку єменського хамелеону містила щільно розташовані трубочкоподібні залози (рис. 2), між якими виявляли тонкі прошарки пухкої сполучної тканини і клітини гладкої м'язової тканини, що узгоджується з відповідною інформацією Hamdi et al. (2014) стосовно будови залоз шлунку африканського хамелеону (*Chamaeleon africanus*), Rodrigues Sartori et al. (2011) стосовно шлунку напівпалого геккону (*Hemidactylus tabouia*). Стінка таких залоз утворена одним шаром оксинтико-пептичних епітеліальних клітин, що, як відомо (Betancourt et al., 2022) синтезують такі основні компоненти шлункового соку, як пепсиноген і солі соляної кислоти. У складі таких залоз Koca & Gürcü (2011) у Агáми стеліона (*Lacerta stellio*) виділили три області: основу, шийку і перешийок. За результатами наших досліджень виявлено, що в базальній частині такі залози у єменського хамелеона мали більший діаметр порівняно з середньою, і округлої форми основою межували з м'язовою пластинкою. Епітеліоцити залоз мали кубічну або призматичну форму, слабо оксифільну цитоплазму і округлої форми ядро, що було розташовано переважно біля базального полюсу (рис. 3).

Між отворами таких залоз ділянки власної пластинки, вкриті епітелієм, утворювали випини, подібні до ворсинок. Епітеліоцити, розташовані на таких ворсинках, утворювали віялоподібні структури. Такі епітеліальні клітини мали призматичну форму з виражено оксифільною цитоплазмою і базально розташованим овальної форми ядром. За даними Liquori et al. (2000) серед клітин епітелію слизової оболонки шлунку руїнної ящірки (*Podarcis sicula*) виділено три типи клітин: слизові, оксинтикопептичні та ендокринні. В епітелії слизової оболонки шлунку чорно-білого тегу Betancourt et al. (2022) було виявлено келихоподібні клітини. За результатами наших досліджень таких клітин в епітелії слизової оболонки шлунку єменських хамелеонів не виявлено.

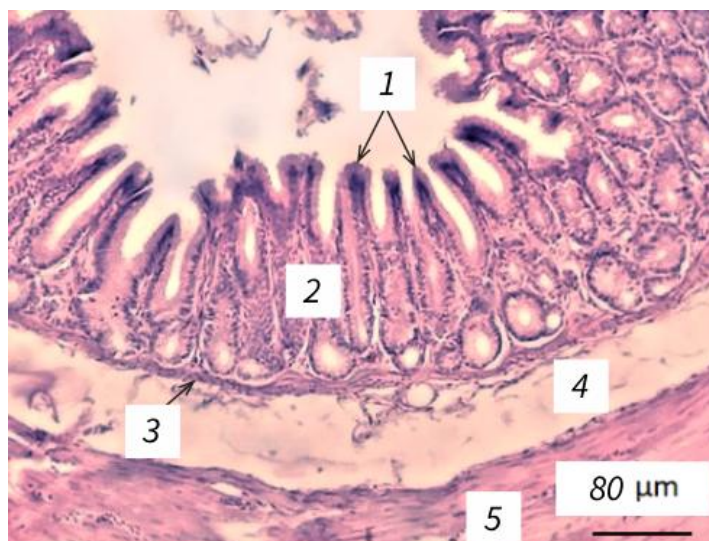


Рис. 2. Стінка шлунку єменського хамелеону 7-добового віку. Гістологічний препарат. 1 – ворсинки; 2 – секреторні відділи залоз; 3 – м'язова пластинка слизової оболонки; 4 – підслизова основа; 5 – внутрішній шар м'язової оболонки; забарвлення гематоксилін і еозин.

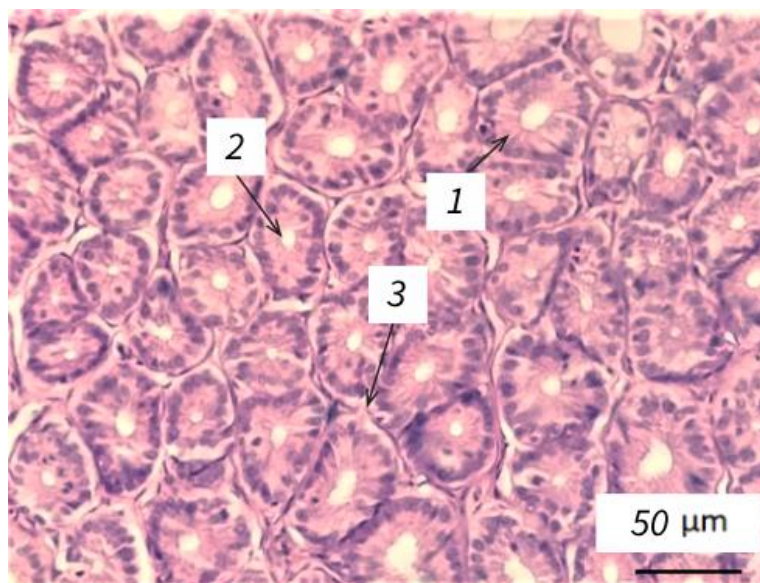


Рис. 3. Поперечний зріз секреторних відділів залоз шлунку єменського хамелеону 1-місячного віку. Гістологічний препарат. 1 – епітеліоцити секреторних відділів; 2 – просвіт трубок секреторних відділів; 3 – пухка сполучна тканина і гладка м'язова тканина між трубками секреторних відділів; забарвлення гематоксилін і еозин.

Як відомо (Awaad et al., 2023), муцини, що вкривають епітелій слизових оболонок, складаються переважно з глікопротеїнів і відіграють життєво важливу роль захисного бар'єру проти різноманітних шкідливих молекул та мікробних інфекцій. Крім того, сіалові кислоти, як і глікопротеїни, що входять до їх складу, вважаються основним компонентом епітеліальних муцинів і відіграють важливу роль у слизовому імунітеті. За результатами забарвлення у ШИК-реакції виявлено її PAS-позитивність: переважно в мукоцитах і клітинах глибоких залоз шлунку єменського хамелеона, що вказує на наявність нейтральних муцинів (рис. 4). Отримані нами дані стосовно гістохімічного складу слизу, який утворюють епітеліоцити поверхневих і глибоких залоз шлунку хамелеона узгоджуються з відповідними даними Ferri & Liguori (1994) стосовно шлунку руїної ящірки (*Podarcis sicula*), Koca & Gürcü (2011) стосовно агамі стеліона (*Lacerta stellio*), Serra-Campos et al., 2021 стосовно ігуани звичайної (Benchaya et al., 2024) стосовно амазонської пірнаючої ящірки (*Uranoscodon superciliosus*).

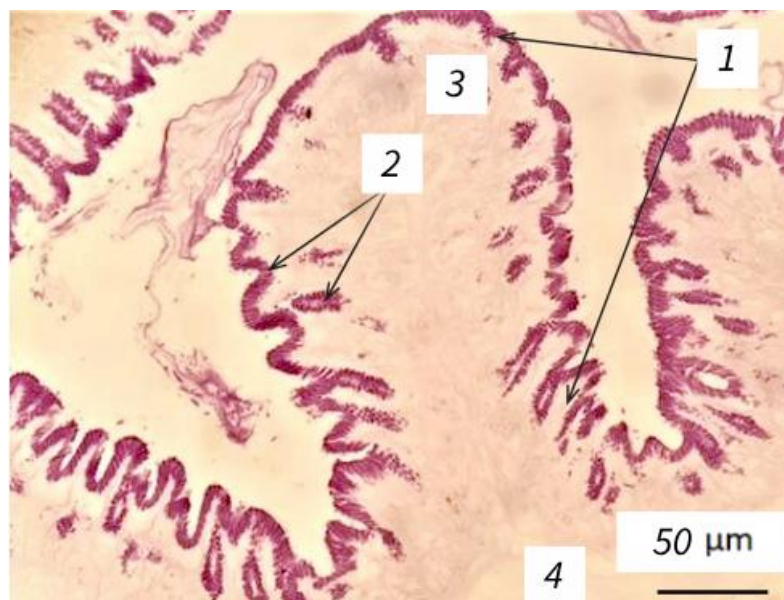


Рис. 4. Слизова оболонка шлунку єменського хамелеону 2-місячного віку. Гістологічний препарат. 1 – складки слизової оболонки; 2 – ШИК-позитивний матеріал; 3 – власна пластинка слизової оболонки; 4 – м'язова оболонка; забарвлення ШИК-реакція.

За даними деяких дослідників серед ділянок слизової оболонки різних видів ящірок виділяють кілька ділянок: фундальну і пілоричну у руїнної ящірки (*Podarcis sicula campestris*) (Liquori et al., 2000); аборальну, фундальну і пілоричну у агами стеліона (*Laudakia stellio*) (Koca & Gürcü, 2011), фундальну та пілоричну у шипохвіста єгипетського (*Uromastix aegyptiaca*). Відмінностей між будовою шлункових залоз в кардіальній, донній і пілоричній ділянках шлунку єменського хамелеону нами виявлено не було, що узгоджується з відповідними даними Benchaya et al. (2024) відносно амазонської пірнаючої ящірки.

Безпосередньо під донною частиною глибоких залоз шлунку єменського хамелеону розташовувалась тонка м'язова пластинка, що складалась з двох шарів: внутрішнього і зовнішнього, що була побудована з гладкої м'язової тканини товщиною в одну-дві клітини. Внутрішній шар мав їх циркулярний напрям розташування, зовнішній – поздовжній, що узгоджується з відповідною інформацією Zaher et al. (2012) стосовно її будови у шипохвіста єгипетського (*Uromastix aegyptiaca*) і Skripka et al. (2020) – у прудкої ящірки. Причому значна частина внутрішнього шару м'язової пластинки розташовувався поміж секреторними відділами залоз, що заходила до основи ворсинок між їх отворами.

У складі м'язової оболонки було виділено два шари: внутрішній – з циркулярним напрямком клітин гладкої м'язової тканини і зовнішній – з їх поздовжнім напрямком, що узгоджується з відповідними даними Koca & Gürcü (2011) стосовно Агама стеліона (*Lacerta stellio*) і даними Zaher et al. (2012) стосовно шипохвіста єгипетського. Слід відмітити, що з віком на тлі збільшення загальної товщини оболонки в найбільшій мірі збільшувався її зовнішній шар (рис. 5 і 6). Враховуючи харчову поведінку хамелеонів, що живляться переважно великими за розміром комахами, які після захвату цілком потрапляють до травного каналу, така особливість будови м'язової оболонки відображає механізм транспорту корму у шлунку.

У складів підслизової основи і у зовнішньому шарі м'язової оболонки іноді виявляли елементи нервових сплетень – нервові вузли і пучки нервових волокон.

Серозна оболонка була найтоншою і що представляла собою тонку сполучнотканинну пластинку, на якій був розташований мезотелій – одношаровий плоский епітелій.

За результатами морфометричних досліджень нами були встановлені основні мікроскопічні параметри стінки шлунку єменського хамелеону різного віку, що наведено у

табл. 1 – 3. Товщина стінки їх шлунку в тварин 1-добового віку становила $219,3 \pm 19,6$ мкм (табл. 1). За перший місяць вона збільшилась на 55,1 %, за другий – на 13,1 %, за третій – на 44,7 %, з 3- до 6-місячного віку – на 27,1 %, з 6- до 8-місячного віку – на 18,2 %, у період з 8-місячного до 1-річного віку – на 27,1 %. Упродовж першого місяця за перший тиждень вона збільшилась на 29,3 %, другого – на 13,4 %, третього і четвертого – на 5,9 %. Отже, найбільш інтенсивно збільшення товщини стінки шлунку відбувалось упродовж першого місяця, а в цей період – упродовж першого тижня.

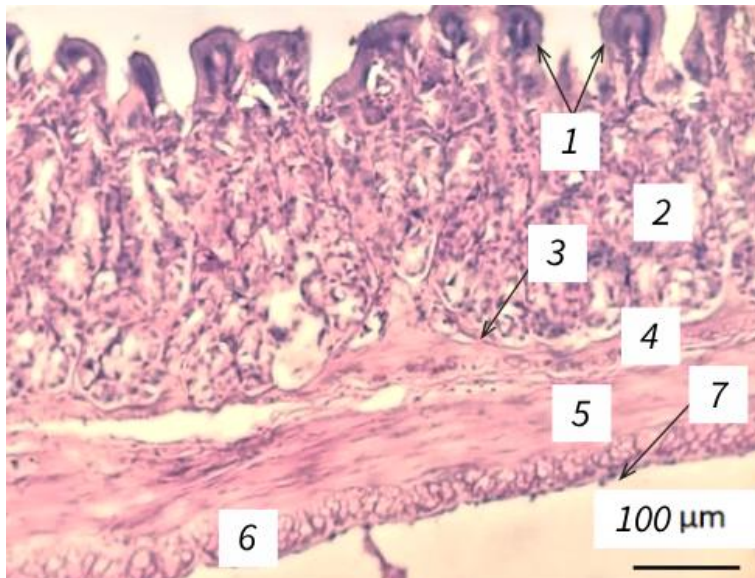


Рис. 5. Стінка шлунку єменського хамелеону 14-добового віку. Гістологічний препарат. 1 – ворсинки; 2 – секреторні відділи залоз; 3 – м'язова пластинка слизової оболонки; 4 – підслизова основа; 5 – внутрішній шар м'язової оболонки; 6 – зовнішній шар м'язової оболонки; 7 – серозна оболонка; забарвлення гематоксилін і еозин.

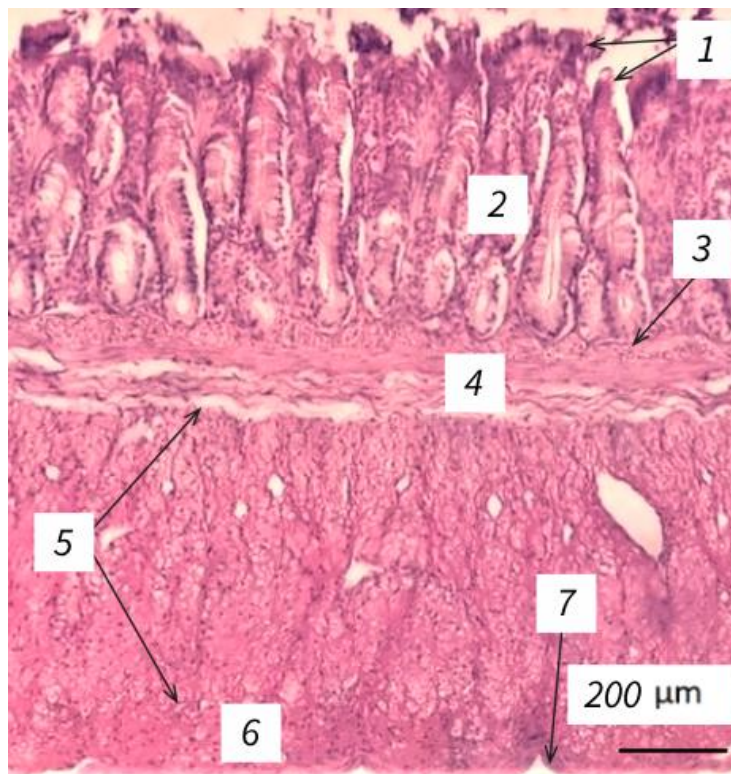


Рис. 6. Стінка шлунку єменського хамелеону 8-місячного віку. Гістологічний препарат. 1 – ворсинки; 2 – секреторні відділи залоз; 3 – м'язова пластинка слизової оболонки; 4 – підслизова основа; 5 – внутрішній шар м'язової оболонки; 6 – зовнішній шар м'язової оболонки; 7 – серозна оболонка; забарвлення гематоксилін і еозин.

**Морфометричні показники стінки шлунку єменського хамелеону 1-добового –
1-річного віку ($M \pm Sd$, $n=5$)**

Вік, діб	Товщина стінки, мкм	Товщина слизової оболонки, мкм	Відносна товщина слизової оболонки, %	Товщина м'язової оболонки, мкм	Відносна товщина м'язової оболонки, %	Товщина серозної оболонки, мкм
1 доба	219,3 $\pm$ 19,6 ^a	176,3 $\pm$ 8,2 ^a	80,4	22,0 $\pm$ 1,1 ^a	10,0	13,2 $\pm$ 1,1 ^a
7 діб	283,5 $\pm$ 21,3 ^{ab}	232,8 $\pm$ 14,0 ^{ab}	82,1	35,1 $\pm$ 2,1 ^b	12,4	9,3 $\pm$ 0,7 ^a
14 діб	321,4 $\pm$ 24,0 ^{ab}	254,6 $\pm$ 16,2 ^{ab}	79,2	47,4 $\pm$ 3,7 ^{bc}	14,7	10,7 $\pm$ 0,5 ^a
1 міс.	340,2 $\pm$ 29,3 ^{ab}	261,8 $\pm$ 20,4 ^{ab}	77,0	55,7 $\pm$ 3,6 ^{bc}	16,4	11,4 $\pm$ 0,7 ^a
2 міс.	384,9 $\pm$ 31,5 ^b	288,8 $\pm$ 23,3 ^b	75,0	66,7 $\pm$ 5,2 ^c	17,3	12,7 $\pm$ 0,9 ^a
3 міс.	556,8 $\pm$ 49,8 ^{bc}	289,4 $\pm$ 17,2 ^{bc}	52,0	240,9 $\pm$ 18,4 ^d	43,3	11,1 $\pm$ 0,4 ^a
6 міс.	708,4 $\pm$ 92,4 ^{bc}	383,3 $\pm$ 22,4 ^{bc}	54,1	289,3 $\pm$ 22,5 ^d	40,8	15,4 $\pm$ 0,8 ^a
8 міс.	837,4 $\pm$ 70,5 ^c	476,2 $\pm$ 41,0 ^{bc}	56,9	319,4 $\pm$ 24,9 ^d	38,1	12,1 $\pm$ 0,8 ^a
1 рік	899,5 $\pm$ 78,0 ^c	528,4 $\pm$ 47,9 ^c	58,7	330,3 $\pm$ 28,0 ^d	36,7	13,7 $\pm$ 0,8 ^a

Примітки: різні літери позначають значення, що суттєво відрізняються одне від одного в межах стовпця за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферроні.

У той же час, товщина слизової і м'язової оболонки стінки шлунку відповідно за перший місяць збільшилась на 48,5 і 153,2 %, за другий – на 10,3 і 19,7 %, за третій – на 0,2 і 259,7 %, з 3- до 6-місячного віку – на 32,5 і 19,9 %, у період з 6- до 8-місячного – на 24,3 і 10,4 %, з 8-місячного до 1-річного віку – на 11,0 і 3,4 %. Упродовж першого місяця за перший тиждень вони збільшились відповідно на 32,0 і 59,5 %, другого – на 9,4 і 35,0 %, третього і четвертого – на 2,8 і 17,5 %. Слід відмітити, що таке збільшення товщини стінки відбулось переважно за рахунок м'язової оболонки: в період з 1-добового до 1-річного віку товщина стінки збільшилась на 310,2 %, слизової оболонки – на 199,7 %, м'язової оболонки – на 1401,4 %.

Найбільш інтенсивно збільшення товщини слизової оболонки відбувалось у період до 1-місячного віку, а в цей період – до 7-добового віку, а м'язової оболонки – до 2-місячного віку, а в цей період – до 14-добового віку. Про цей факт свідчить і зменшення з віком тварин відносної товщини слизової оболонки і відповідне збільшення відносної товщини м'язової оболонки стінки шлунку хамелеонів. Причому найбільше значення відносної товщини слизової оболонки встановлено у тварин 7-добового віку, а м'язової оболонки – у тварин 2-місячного віку.

Як свідчать дані табл. 2, збільшення товщини слизової оболонки шлунку відбувалось переважно за рахунок подовження секреторних відділів залоз. Так, за перший місяць їх глибина збільшилась на 57,3 %, за другий – на 12,2 %, за третій – на 14,1 %, з 3- до 6-місячного віку – на 42,4 %, з 6- до 8-місячного віку – на 34,4 %, у період з 6-місячного до 1-річного віку – на 7,7 %. Упродовж першого місяця за перший тиждень вона збільшилась на 45,4 %, другого – на 19,5 %. У той же час, ширина таких секреторних відділів за весь час спостережень достовірно не змінилась і визначалась в межах від 38,7 $\pm$ 1,6 до 51,2 $\pm$ 2,4 мкм. Висота ворсинок, що знаходились поміж гирлами залоз, теж не мали достовірної різниці у тварин різного віку, проте мали тенденцію до збільшення у період від народження до 2-місячного віку з наступним зменшенням у старшому віці.

Товщина м'язової пластинки слизової оболонки найтоншою була у хамелеонів 1-добового віку і становила 11,1 $\pm$ 1,0 мкм. З віком тварин вона поступово була товщою. Порівняно з попереднім віком у тварин 7-добового віку вона була більшою на 15,3 %, 14-добового – на 0,8 %, 1-місячного – на 58,1 %, 2-місячного – на 8,3 %, 3-місячного – на 14,1 %, 6-місячного – на 22,8 %, 8-місячного – на 3,1 % і 1-річного – на 58,0 %. Загальною

закономірністю динаміки показників підслизової основи було збільшення її з віком. У той же час, у деяких випадках, порівняно з попереднім віком, вона була тоншою: у 7-добовому, 3-місячному і 1-річному віці. Найменше значення товщини підслизової основи виявлено у 7-добовому віці, коли цей показник становив $6,3 \pm 0,4$ мкм, найбільше – у 8-місячному, відповідно, $29,7 \pm 1,8$ мкм.

Таблиця 2

Морфометричні показники слизової оболонки і підслизової основи стінки шлунку єменського хамелеону 1-добового – 1-річного віку ($M \pm Sd$, $n=5$)

Вік	Глибина залоз, мкм	Ширина трубок, мкм	Висота ворсинок, мкм	Товщина м'язової пластинки, мкм	Товщина підслизової основи, мкм
1 доба	$97,1 \pm 7,2^a$	$43,4 \pm 2,4^a$	$68,1 \pm 4,3^a$	$11,1 \pm 1,0^a$	$7,8 \pm 0,4^{ab}$
7 діб	$140,8 \pm 8,4^{ab}$	$46,8 \pm 2,0^a$	$79,2 \pm 5,7^a$	$12,8 \pm 1,0^{ab}$	$6,3 \pm 0,4^a$
14 діб	$168,3 \pm 11,3^{ab}$	$41,8 \pm 1,7^a$	$73,4 \pm 5,9^a$	$12,9 \pm 1,1^{ab}$	$8,7 \pm 0,5^{ab}$
1 міс.	$152,7 \pm 12,5^{ab}$	$47,3 \pm 1,9^a$	$88,7 \pm 7,8^a$	$20,4 \pm 1,7^b$	$11,3 \pm 0,5^b$
2 міс.	$171,3 \pm 14,5^b$	$38,7 \pm 1,6^a$	$95,4 \pm 7,7^a$	$22,1 \pm 1,8^{bc}$	$16,7 \pm 1,1^{bc}$
3 міс.	$195,5 \pm 13,3^{bc}$	$43,7 \pm 2,1^a$	$70,2 \pm 5,7^a$	$23,7 \pm 1,4^{bc}$	$15,4 \pm 1,0^{bc}$
6 міс.	$278,3 \pm 19,0^{bc}$	$51,2 \pm 2,4^a$	$75,9 \pm 5,2^a$	$29,1 \pm 1,9^{bc}$	$20,4 \pm 1,3^c$
8 міс.	$374,1 \pm 22,6^c$	$38,4 \pm 1,8^a$	$72,1 \pm 4,1^a$	$30,0 \pm 1,4^c$	$29,7 \pm 1,8^c$
1 рік	$402,7 \pm 27,2^c$	$40,8 \pm 2,7^a$	$78,3 \pm 6,8^a$	$47,4 \pm 2,1^d$	$27,1 \pm 1,8^c$

Примітки: дивись Таблиця 1.

Стосовно особливостей вікової динаміки різних шарів м'язової оболонки стінки шлунку встановлено наступне. Найменших значень товщина як внутрішнього, так і зовнішнього шарів була у хамелеонів 1-добового віку (табл. 3).

Таблиця 3

Морфометричні показники м'язової і серозної оболонки стінки шлунку єменського хамелеону 1-добового – 1-річного віку ($M \pm Sd$, $n=5$)

Вік	Товщина внутрішнього шару м'язової оболонки, мкм	Відносна товщина внутрішнього шару м'язової оболонки, %	Товщина зовнішнього шару м'язової оболонки, мкм	Відносна товщина зовнішнього шару м'язової оболонки, %	Товщина м'язової оболонки, мкм
1 доба	$11,3 \pm 0,8^a$	51,4	$10,7 \pm 0,7^a$	48,6	$22,0 \pm 1,1^a$
7 діб	$22,7 \pm 1,3^b$	64,7	$12,4 \pm 0,8^{ab}$	35,3	$35,1 \pm 2,1^b$
14 діб	$34,2 \pm 2,5^{bc}$	72,2	$13,2 \pm 1,0^{ab}$	27,8	$47,4 \pm 3,7^{bc}$
1 міс.	$38,4 \pm 3,3^c$	68,9	$17,3 \pm 1,3^{ab}$	31,1	$55,7 \pm 3,6^{bc}$
2 міс.	$47,3 \pm 3,4^{cd}$	70,9	$19,4 \pm 1,5^{ab}$	29,1	$66,7 \pm 5,2^c$
3 міс.	$211,8 \pm 18,0^d$	87,9	$29,1 \pm 1,9^b$	12,1	$240,9 \pm 18,4^d$
6 міс.	$257,9 \pm 22,1^d$	89,1	$31,4 \pm 2,2^{bc}$	10,9	$289,3 \pm 22,5^d$
8 міс.	$271,3 \pm 20,7^d$	84,9	$48,1 \pm 3,9^{bc}$	15,1	$319,4 \pm 24,9^d$
1 рік	$273,1 \pm 22,9^d$	82,7	$57,2 \pm 4,1^c$	17,3	$330,3 \pm 28,0^d$

Примітки: дивись Таблиця 1.

З віком ці показники збільшувались. У тварин 1-місячного віку порівняно з такими 1-добового, товщина внутрішнього і зовнішнього шару була відповідно більшою на 239,8 і 61,7 %, 2-місячного – на 23,2 і 12,1 %, 3-місячного – на 347,8 і 50,0 %, 6-місячного – на 21,8 і 7,9 %, 8-місячного – на 5,2 і 53,2 % 1-річного – на 0,7 і 18,9 %. У період до 1-місячного віку у хамелеонів 7-добового віку порівняно з попереднім, товщина внутрішнього шару була більшою на 100,9 %, зовнішнього – на 18,7 %, у 14-добовому віці відповідно на 50,7 і 6,5 %, 1-місячному – на 12,3 і 31,1 %. Отримані нами дані стосовно більшої товщини внутрішнього шару порівняно з зовнішнім узгоджуються з відповідно інформацією Betancourt et al. (2022) відносно чорно-білих тегу. Отже, найбільш інтенсивно з віком

тварин збільшувався саме внутрішній шар м'язової оболонки і до 3-місячного віку. Про таку закономірність свідчать показники відносної товщини цих шарів: збільшення з віком цього показника внутрішнього шару і відповідне зменшення зовнішнього. Слід відмітити, що такі зміни мали не рівномірний і асинхронний характер.

Таким чином, отримані нами дані показників мікроструктур шлунку єменського хамелеона вказують про їх значні відмінності у тварин різних вікових груп. Загальною закономірністю таких змін було їх збільшення, причому переважно до 1-3-місячного віку. Слід відмітити, що такі зміни відбувались асинхронно і не рівномірно. Тобто, порівняно з попереднім віком в одні вікові проміжки певні морфометричні показники мікроструктур збільшувались, або були меншими. В один віковий період відбувалось збільшення показника одних структур шлунку і зменшення інших.

Висновки

На основі гістологічних, гістохімічних і морфометричних досліджень надано морфофункціональну характеристику шлунку єменського хамелеону 1-добового – 1-річного віку 9 вікових груп. У стінці шлунку виявлено чотири оболонки: слизову, підслизову основу, м'язову і серозну. Слизова оболонка складається з трьох шарів: епітеліального, власної пластинки і м'язової пластинки. У складі епітеліального шару виявлено дві популяції клітин: поверхневу, що представлена мукоцитами, що розміщені між отворами залоз і оксикоптичними клітинами, що занурені у власну пластинку і утворюють трубочкоподібні глибокі залози. М'язова пластинка слизової оболонки складається з двох тонких шарів клітин гладкої м'язової тканини: внутрішнього циркулярного і зовнішнього поздовжнього. Підслизова основа, що побудована з пухкої волокнистої сполучної тканини, відмежовує слизову оболонку від м'язової. М'язова оболонка складається з двох шарів гладкої м'язової тканини: товстого внутрішнього циркулярного і тонкого зовнішнього поздовжнього. У період з 1-добового до 1-річного віку хамелеонів товщина стінки шлунку збільшилась на 310,2 %, що відбулось за рахунок слизової оболонки – на 199,7 %, і в значно більший мірі – м'язової оболонки – на 1401,4 %. Збільшення товщини слизової оболонки відбулось за рахунок збільшення на 314,7 % глибини трубочкоподібних залоз.

Перспективою подальших досліджень вважаємо визначення мікроскопічної будови інших органів травного каналу єменського хамелеону – стравоходу, кишечника, печінки і підшлункової залози.

References

- Aduriz, A., Lanthier, I., Lair, S., & Vergneau-Grosset, C. (2024). Evaluation of mortality causes and prevalence of renal lesions in zoo-housed chameleons: 2011-2022. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 55(2), 381–392. <https://doi.org/10.1638/2023-0023>
- Awaad, A., Rushdy, A., & Adly, M. A. (2023). Localization of alpha 2,6-linked sialic acid residues in gastrointestinal tract compartments of some tetrapod's representatives: Comparative histochemical study. *Acta Histochemica*, 125(5), 152055. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2023.152055>
- Benchaya, G. A., Ramires, A. C., Picelli, A. M., & Magalhães, M. D. S. (2024). Morphological description of the digestive tract of the Amazonian Diving Lizard *Uranoscodon superciliosus* (Linnaeus, 1758) and its associations to the diet and foraging mode. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 96(3), e20220650. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202420220844>
- Betancourt, S., Irizarry, K. J. L., Falk, B. G., Rutllant, J., & Khamas, W. (2022). Micromorphological study of the upper digestive tract of the Argentine tegu (*Salvator merianae*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 51(2), 259–268. <https://doi.org/10.1111/ah.12786>
- Broughton, C., & Webb, K. L. (2022). Diagnostic clinical pathology of the bearded dragon (*Pogona vitticeps*). *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 25(3), 713–734. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2022.06.002>

- Cakici, O., & Akat, E. (2012). Histopathological effects of carbaryl on digestive system of snake-eyed lizard, *Ophisops elegans*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88(5), 685–90. <https://doi.org/10.1007/s00128-012-0571-5>
- Chabaud, C., Brusch, G. A., Pellerin, A., Lourdais, O., & Le Galliard, J. F. (2023). Prey consumption does not restore hydration state but mitigates the energetic costs of water deprivation in an insectivorous lizard. *Journal of Experimental Biology*, 226(17), jeb246129. <https://doi.org/10.1242/jeb.246129>
- Cizek, P., Hamouzova, P., Kvapil, P., & Kyllar, M. (2019). Light and scanning electron microscopy of the tongue of the sand lizard (*Lacerta agilis*). *Folia Morphol (Warsz)*, 78(1), 101–106. <https://doi.org/10.5603/fm.a2018.0064>
- Diaz, R. E. Jr, Anderson, C. V., Baumann, D. P., Kupronis, R., Jewell, D., Piraquive, C., Kupronis, J., Winter, K., Greek, T. J., & Trainor, P. A. (2015). Captive care, raising, and breeding of the Veiled chameleon (*Chamaeleo calypttratus*). *Cold Spring Harbor Protocols*, 10, 943–9. <https://doi.org/10.1101/pdb.prot087718>
- Dillehay, D. L., Boosinger, T. R., & MacKenzie, S. (1986). Gastric cryptosporidiosis in a chameleon. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 189(9), 1139–40.
- Ferri, D., & Liquori, G. E. (1994). Immunohistochemical investigations on the pyloric glands of the ruin lizard (*Podarcis sicula campestris* de Betta). *Acta Histochemica*, 96(1), 96–103. [https://doi.org/10.1016/s0065-1281\(11\)80015-2](https://doi.org/10.1016/s0065-1281(11)80015-2)
- Gałęcki, R., & Sokół, R. (2018). Treatment of cryptosporidiosis in captive green iguanas (*Iguana iguana*). *Veterinary Parasitology*, 252, 17–21. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.01.018>
- Giraud, A. S., Yeomans, N. D., & St John, D. J. (1979). Ultrastructure and cytochemistry of the gastric mucosa of a reptile, *Tiliqua scincoides*. *Cell and Tissue Research*, 197(2), 281–94. <https://doi.org/10.1007/bf00233920>
- Goldberg, S. R., & Bursey, C. R. (1989). Larval nematodes (*Ascarops* sp.) in stomach granulomas of the sagebrush lizard, *Sceloporus graciosus*. *Journal of Wildlife Diseases*, 25(4), 630–3. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-25.4.630>
- Gould, S. J. (1977). Ontogeny and phylogeny. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 501.
- Hallinger, M. J., Taubert, A., Hermosilla, C., & Mutschmann, F. (2019). Captive agamid lizards in Germany: prevalence, pathogenicity and therapy of gastrointestinal protozoan and helminth infections. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious*. 63, 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2019.01.005>
- Hamdi, H., El-Ghareeb, A.-W., Zaher, M., Essa, A. & Lahsik, S. (2014). Anatomical, histological and histochemical adaptations of the reptilian alimentary canal to their food habits: II-*Chamaeleon africanus*. *World Applied Sciences Journal*, 30(10), 1306–1316, <https://doi.org/10.31548/veterinary2.2024.138>
- Koca, Y. B., & Gürcü, B. (2011). Morphological and histochemical investigations of esophagogastric tract of a lizard, *Laudakia stellio* (Agamidae, linnaeus 1758). *Acta Biologica Hungarica*, 62(4), 376–387. <https://doi.org/10.1556/abiol.62.2011.4.4>
- LaDouceur, E. E., Argue, A., & Garner, M. M. (2022). Alimentary tract neoplasia in captive bearded dragons (*Pogona* spp). *Journal of Comparative Pathology*, 194, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2022.03.007>
- Liquori, G. E., Ferri, D., & Scillitani, G. (2000). Fine structure of the oxynticopeptic cells in the gastric glands of the ruin lizard, *Podarcis sicula campestris* De Betta, 1857. *Journal of Morphology*, 243(2), 167–71. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-4687\(200002\)243:2%3C167::aid-jmor5%3E3.0.co;2-g](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-4687(200002)243:2%3C167::aid-jmor5%3E3.0.co;2-g)
- Lyons, J. A., Newman, S. J., Greenacre, C. B., & Dunlap, J. (2010). A gastric neuroendocrine carcinoma expressing somatostatin in a bearded dragon (*Pogona vitticeps*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 22(2), 316–20. <https://doi.org/10.1177/104063871002200230>
- Mans, C., & Braun, J. (2014). Update on common nutritional disorders of captive reptiles. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 17(3), 369–95. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2014.05.002>
- Melero, A., Verdés, J., Espada, Y., Novellas, R., Encinoso, M., & Martorell, J. (2023). Computed tomography of the coelomic cavity in healthy veiled chameleons (*Chamaeleo calypttratus*) and panther chameleons (*Furcifer pardalis*). *Open Veterinary Journal*, 13(9), 1071–1081. <https://doi.org/10.5455/ovj.2023.v13.i9.2>

- Mitchell, M. A., & Diaz-Figueroa, O. (2005). Clinical reptile gastroenterology. *Veterinary clinics: Exotic Animal Practice*, 8(2), 277–298. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2005.01.008>
- Parks, B. C., Mollett, A., Gangloff, E. J., & Litmer, A. R. (2025). The effects of meal size and feeding frequency on digestion in common wall lizards (*Podarcis muralis*). *Journal of Experimental Biology*, 228(16): jeb250509. <https://doi.org/10.1242/jeb.250509>
- Rodrigues Sartori, S. S., Nogueira, K. O. P. C., Rocha, A. S., & Neves, C. A. (2011). Morphology of the stomach of the tropical house gecko *Hemidactylus mabouia* (Squamata: Gekkonidae). *Acta Zoologica* (Stockholm), 92, 179–186.
- Schmidt R. E. (1977). Plasma cell tumor in an East Indian water lizard (*Hydrosaurus amboinensis*). *Journal of Wildlife Diseases*, 13(1), 47–8. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-13.1.47>
- Schmidt, V., Klasen, L., Schneider, J., Hübel, J., & Pees, M. (2017). Fungal dermatitis, glossitis and disseminated visceral mycosis caused by different *Metarhizium granulomatis* genotypes in veiled chameleons (*Chamaeleo calyptratus*) and first isolation in healthy lizards. *Veterinary Microbiology*, 207, 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.06.005>
- Serra-Campos, A. O., Abreu-Junior, A. N. G., Nascimento, A. A., Abidu-Figueiredo, M., Lima, M. S. C. S., & Machado-Santos, C. (2021). Gastroesophageal tube of the *Iguana iguana* (Iguanidae): histological description, histochemical and immunohistochemical analysis of 5-HT and SS cells. *Brazilian Journal of Biology*, 83, e242086. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.242086>
- Simbula, G., Moltedo, G., Catalano, B., Martuccio, G., Sebbio, C., Onorati, F., Stellati, L., Bissattini, A. M., & Vignoli, L. (2021). Biological responses in pesticide exposed lizards (*Podarcis siculus*). *Ecotoxicology*, 30(6), 1017–1028. <https://doi.org/10.1007/s10646-021-02440-3>
- Skripka, M. V., Panikar, I. I., Kyrychko, B. P., Tul, O. I. (2020). The Morphological features of the digestive tube in sand lizards, *Lacerta agilis* (Sauria, Lacertidae). *Zoodiversity*, 54(5), 375–382. <https://doi.org/10.15407/zoo2020.05.375>
- Wehrle, B. A., & German, D. P. (2023). Reptilian digestive efficiency: Past, present, and future. *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 277, 111369. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2023.111369>
- Zaher, M., El-Ghareeb, A.-W., Hamdi, H., Essa, A., & Lahsik S. (2012). Anatomical, histological and histochemical adaptations of the reptilian alimentary canal to their food habits: I. *Uromastix aegyptiaca*. *Life Science Journal*, 9(3), 84–104.



2025. Номер 12, С. 148 – 159.

Отримано: 30.09.2025 Прийнято: 16.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.13

UDC 619:612.3-092:615.874.1

COMPREHENSIVE TREATMENT OF DOGS WITH GASTROINTESTINAL DISEASES ACCOMPANIED BY MALABSORPTION SYNDROME

O.S. Khilobok

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

E-mail: sanjakhlbk5@gmail.com

Annotation. Malabsorption syndrome in dogs is a complex multifactorial condition characterized by impaired digestion and absorption of nutrients in the small intestine. The main clinical signs include chronic or intermittent diarrhea, steatorrhea, flatulence, weight loss, decreased appetite, poor coat quality, general lethargy, and signs of secondary malnutrition. Comprehensive treatment involved pharmacological therapy tailored to the underlying disease and specialized diet therapy using veterinary diets with nutraceutical properties. Within the first two weeks of treatment, improvements were observed, including reduced defecation frequency, normalization of stool consistency, disappearance of mucus and fat inclusions, improved appetite, increased activity, and enhanced coat condition. Post-treatment coprological examinations indicated restored digestive processes: stools became well-formed, signs of enzymatic insufficiency disappeared, and fecal pH stabilized. Serial blood biochemistry analyses demonstrated normalization of protein, lipid, and mineral metabolism, as well as a reduction in inflammatory markers. These included increased levels of total protein, albumin, cobalamin, and 25(OH)D, alongside decreased ALP activity, cholesterol, and C-reactive protein (CRP), indicating reduced inflammation and improved intestinal function. Ultrasound examinations revealed decreased intestinal wall thickness, improved motility, and resolution of lymphangiectasia, excessive gas, and signs of inflammation in most dogs. In some cases, normalization of liver and pancreatic echogenicity and reduced size of mesenteric lymph nodes confirmed positive structural dynamics. Thus, the results of this clinical study confirm the efficacy of a comprehensive therapeutic approach to canine malabsorption syndrome, with diet therapy playing a central role. The use of hydrolyzed proteins, prebiotics, omega-3 fatty acids, and antioxidants contributed to faster and more sustained clinical recovery, normalization of laboratory parameters, and restoration of gastrointestinal morphology and function.

Keywords: *malabsorption syndrome, chronic enteropathy, diet therapy, hydrolyzed protein, prebiotics, omega-3 fatty acids, vitamin B₁₂, 25(OH)D, dysbiosis, SIBO, clinical efficacy, dogs*

КОМПЛЕКСНЕ ЛІКУВАННЯ СОБАК ЗІ ШЛУНКОВО-КИШКОВИМИ ХВОРОБАМИ, ЩО СУПРОВОДЖУЮТЬСЯ СИНДРОМОМ МАЛЬАБСОРБЦІЇ

О.С. Хілобок

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

E-mail: sanjakhlbk5@gmail.com

Анотація. Синдром мальабсорбції у собак є складним мультифакторним станом, що супроводжується порушенням травлення та всмоктування поживних речовин у тонкому кишечнику. До основних клінічних ознак належать хронічна або періодична діарея, стеаторея, метеоризм, зниження маси тіла, погіршення апетиту, якість шерстного покриву, загальна млявість і ознаки вторинної мальнутриції. Комплексне лікування тварин включало медикаментозну терапію з урахуванням основного захворювання та спеціалізовану дієтотерапію із застосуванням ветеринарних кормів із нутрицевтичними властивостями. У результаті лікування вже у перші два тижні було відзначено зменшення частоти дефекацій, нормалізацію консистенції калу, зникнення в ньому слизу та жирових включень, покращення апетиту, активності та стану шерстного покриву. Копрологічні дослідження після завершення курсу терапії свідчили про відновлення процесів травлення: кал набув сформованого вигляду, зникли ознаки ферментативної недостатності, стабілізувався рівень кислотності. Біохімічні аналізи крові в динаміці вказували на нормалізацію обміну білків, жирів, мінералів і запальних маркерів, зокрема підвищення рівня загального білка, альбуміну, кобаламіну та 25(OH)D, а також зниження активності ALP, холестерину та С-реактивного білка (CRP), що вказувало на зменшення запальної реакції та покращення функціонального стану кишкового тракту. За даними ультразвукового обстеження, у більшості собак після лікування зменшилася товщина стінок кишечника, покращилася моторика, зникли ознаки лімфоектазії, надмірного газоутворення та запального процесу. У деяких тварин також спостерігалася нормалізація ехогенності печінки та підшлункової залози, зменшення розмірів мезентеріальних лімфовузлів, що підтверджувало позитивну динаміку структурних змін. Таким чином, результати клінічного дослідження підтвердили ефективність комплексного підходу до терапії синдрому мальабсорбції у собак, в якому ключову роль відігравала дієтотерапія із включенням гідролізованого білка, пребіотиків, омега-3 жирних кислот та антиоксидантів. Їхнє застосування сприяло більш швидкому та стійкому клінічному одужанню, нормалізації лабораторних показників і морфофункціонального стану шлунково-кишкового тракту.

Ключові слова: синдром мальабсорбції, хронічна ентеропатія, дієтотерапія, гідролізований білок, пребіотики, омега-3 жирні кислоти, вітамін B₁₂, 25(OH)D, дисбіоз, SIBO, клінічна ефективність, собаки.

Вступ. Синдром мальабсорбції у собак є ключовим компонентом хронічної запальної ентеропатії (Chronic Inflammatory Enteropath, CIE), яка реєструється приблизно у 1–2 % випадків у ветеринарних референтних установах та досягає 20–30 % серед первинних звернень зі шлунково-кишковими проявами (блювання, діарея) (Pilla & Suchodolski, 2021). Хоча епідеміологічні дані залишаються варіабельними, згідно з дослідженнями, до 60–70 % випадків CIE у загальній популяції собак мають характер харчово-чутливої енеропатії у собак (Food-responsive enteropathy, FRE), тобто піддаються корекції раціону впродовж 2–4 тижнів. Враховуючи високу частоту харчово-чутливих форм CIE, дієтична терапія тварин

набуває провідного значення. Використання кормів на основі гідролізованого білка або елементарних дієт із вільними амінокислотами дозволяє знизити антигенне навантаження, покращити всмоктування поживних речовин та сприяти клінічному одужанню хворих тварин (Tolbert et al., 2022).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Додавання пребіотиків (фруктолігосахаридів (Fructooligosaccharides (FOS)) та мананолігосахаридів (Mannanoligosaccharides (MOS)) позитивно впливає на стан кишкової мікрофлори, зокрема сприяє зростанню популяцій *Faecalibacterium* та *Blautia*, знижує рівень дисбіозу, що корелює з відновленням функції кишківника (Pilla & Suchodolski, 2021; Tanprasertsuk et al., 2021; McGrath et al., 2024; Xia et al., 2024). Крім того, омега-3 жирні кислоти (EPA/DHA) та антиоксиданти (вітаміни E, A) чинять протизапальну дію, стабілізують клітинні мембрани ентероцитів та сприяють регенерації кишкового бар'єру (Minamoto et al., 2024). Використання лікувальних дієт, що не містять глютену та включають гідролізовані або амінокислотні білки, пребіотики, омега-3 жирні кислоти та антиоксиданти, є патогенетично обґрунтованим підходом до дієтотерапії собак із синдромом мальабсорбції (Malik & Nguyen, 2025). Для об'єктивної оцінки ефективності терапії доцільно застосовувати динамічний моніторинг біохімічних показників сироватки крові, які відображають стан абсорбції, нутритивний статус та активність запального процесу (Jergens et al., 2022).

Серед показників, доступних для визначення у ветеринарних лабораторіях України, найбільш інформативними є сироватковий кобаламін (вітамін B₁₂), кількість якого знижується за порушення абсорбції в клубовій кишці або дисбіозі, а його зростання на тлі лікування свідчить про позитивну динаміку функціонального стану кишківника (Okanishi et al., 2021; Pilla & Suchodolski, 2021); загальний білок та альбумін, рівень яких знижується за мальабсорбції та втратах білка, тоді як їх нормалізація вказує на покращення нутритивного статусу; холестерин, який є маркером ліпідної абсорбції, підвищення якого є свідченням відновлення ліпідного обміну; 25-гідроксивітамін D (25(OH)D) – жиророзчинний вітамін, рівень якого часто знижений за хронічної запальної ентеропатії (CIE) та ентеропатії з втратою білку (Protein-losing enteropathies, PLE), а зростання його концентрації асоціюється з ремісією та зниженням запальної активності; С-реактивний білок (CRP), що являється неспецифічним індикатором системного запалення і використовується для оцінки активності патологічного процесу та ефективності терапії (Dandrieux, 2016).

Окрім зазначених, у сучасній ветеринарній гастроентерології набувають значення інноваційні маркери (Chantawong, 2023), що характеризуються високою чутливістю та специфічністю до активних ентеропатій, однак наразі не входять до рутинної лабораторної практики в Україні.

Серед них фекальний калпротектин (S100A8/A9), який є маркером нейтрофільного запалення і корелює з тяжкістю CIE та показниками клінічного індексу активності хронічної ентеропатії (Canine Chronic Enteropathy Clinical Activity Index, CCECAI) у собак (Pilla et al., 2021); калграулін С (S100A12) – додатковий фекальний білок, який маркує активність ентериту (Otoni et al., 2020); фекальний альфа-1-протеїназний інгібітор (α1-PI), що використовується для виявлення білкововтрачаючої ентеропатії (PLE); індекс дисбіозу (DI), аналіз мікробіому кишечника – молекулярні методи оцінки стану мікрофлори та ефективності пробіотичної/дієтичної терапії (Pilla & Suchodolski, 2021); інтестинальна лужна фосфатаза (IAP) – ендогенний фермент епітелію кишечника, чутливий до запальних уражень (Suchodolski, 2021).

У клінічній практиці доцільно комбінувати доступні біохімічні показники (кобаламін, альбумін, холестерин, 25(OH)D, CRP) з комплексною клінічною оцінкою стану тварини

(масою тіла, апетитом, якістю випорожнень). Перспективні фекальні та молекулярні маркери слід розглядати як об'єкт подальших досліджень або як інструмент діагностики у спеціалізованих ветеринарних закладах.

Мета роботи. Визначити ефективність безглютенових лікувальних кормів із включенням функціональних інгредієнтів (гідролізованого білка, пребіотиків FOS/MOS, омега-3 жирних кислот та антиоксидантів) у комплексній терапії собак із синдромом мальабсорбції.

Завданням дослідження було проаналізувати клінічні ознаки синдрому мальабсорбції у собак, провести комплексне лабораторне та інструментальне обстеження тварин, оцінити динаміку біохімічних показників крові та копроцитогам до і після курсу лікування, порівняти клінічну ефективність дієтотерапії з використанням кормів *Farmina Vet Life Gastrointestinal* та *Royal Canin Gastrointestinal*, встановити вплив функціональних інгредієнтів (гідролізованого білка, пребіотиків, омега-3 жирних кислот, антиоксидантів) на відновлення функції тонкого кишечника та обґрунтувати доцільність включення нутрицевтичних дієт у схеми терапії тварин із синдромом мальабсорбції.

Матеріал і методи досліджень. У дослідженні було використано 10 собак віком від 2 до 7 років, у яких синдром мальабсорбції встановлювали на основі даних анамнезу, клінічних ознак, результатів лабораторних досліджень крові, аналізу фекалій та інструментальної діагностики (УЗД). Виявлені випадки мальабсорбції мали різне походження, зокрема хронічна ентеропатія, харчова гіперчутливість, дисбіоз кишківника, ентеропатія, вторинна до екзокринної недостатності підшлункової залози, реакція на глютен, хронічна діарея нез'ясованого генезу, хронічний коліт, синдром надлишкового бактеріального росту (SIBO), постентеритична мальабсорбція та ліпідна мальабсорбція. Перед початком експерименту всі тварини пройшли клінічне обстеження, що включало оцінку загального стану, апетиту, маси тіла, якості випорожнень та характеру шкірно-волосного покриву. Усі показники фіксувалися у стандартному протоколі спостереження (Dandrieux, 2016).

Біохімічні дослідження сироватки крові проводили на автоматичному фотометричному аналізаторі (*VetTest 8008*) з використанням ветеринарно-адаптованих тест-систем для визначення загального білка, альбуміну, холестерину, лужної фосфатази (ALP), аланінамінотрансферази (ALT) (Yamazaki et al., 2020; Pilla & Suchodolski, 2021). Для визначення сироваткового кобаламіну (вітамін B₁₂) та 25-гідроксिवітаміну D (25(OH)D) використовували метод імуноферментного аналізу (ELISA), застосовуючи комерційні набори (*NovaTec VetLine*). Метод дозволяв кількісно визначити концентрацію цих вітамінів у сироватці крові (Okanishi et al., 2021).

Зразки сироватки центрифугували на швидкості 3000 об/хв протягом 10 хв і зберігали за температури –20 °C до моменту аналізу (Pilla et al., 2022; Szkopek et al., 2024). Рівень С-реактивного білка (CRP) визначали за допомогою імунохроматографічного експрес-тесту (*VetExpert Canine CRP Test*), який дозволяв оцінити гострофазову відповідь організму (Dandrieux, 2016). Оцінку фекалій проводили за такими критеріями: макроскопічні характеристики: консистенція, колір, запах, наявність слизу, крові, неперетравлених залишків (Toresson et al., 2023; Mares et al., 2024); мікроскопія нативного мазка (зabarвленого розчином Люголя або метиленовим синім): кількість крохмалю, м'язових волокон, нейтрофілів, краплі жиру (Sudan III); визначення рН фекалій (за допомогою індикаторного паперу) (Suchodolski et al., 2022). Ультразвукове дослідження кишечника собак проводили на апараті *Mindray DC-40 Vet* з використанням конвексного і лінійного датчиків частотою 5–10 МГц. Оцінювали товщину стінки кишечника, ехогенність і збереженість шарів слизової оболонки, наявність рідини в кишкових петлях, збільшення

мезентеріальних лімфовузлів (Pelligra et al., 2022). Рентгенографію з барієвим контрастом (барієва суспензія 20 мл/кг перорально) проводили у 2 тварин для виключення сторонніх тіл та обструкції. Серія знімків виконували у проекціях: вентродорсальній та бічній, у динаміці 0, 15, 30, 60 хв (Cridge et al., 2025).

Після встановлення діагнозу тварин було поділено на дві групи, в яких проводили комплексне лікування згідно з виявленими первинними патологіями на тлі дієтичної терапії з використанням різних лікувальних кормів. Згідно з умовами дослідження, усі тварини з клінічними проявами синдрому мальабсорбції отримували лікувальні дієтичні корми, проте за принципом контрольованого порівняння були розподілені на дві групи залежно від типу призначеного корму.

Тварини дослідної групи I (n=5) отримували лікувальний безглютеновий корм *Farmina Vet Life Gastrointestinal*, до складу якого входить гідролізований білок, пребіотики (FOS, MOS), омега-3 жирні кислоти та антиоксиданти. Тварини контрольної групи II (n=5) отримували корм *Royal Canin Gastrointestinal*, який застосовується для підтримки функції шлунково-кишкового тракту, проте не містить пребіотичних компонентів, зокрема FOS та MOS, відрізняється використанням не гідролізованого білка, нижчим вмістом омега-3 жирних кислот та відсутністю додаткового антиоксидантного комплексу.

Результати досліджень та їх обговорення. До початку дієтотерапії в усіх собак, включених у дослідження, відзначали клінічні ознаки, характерні за синдрому мальабсорбції, проте з певними індивідуальними особливостями перебігу. Найбільш поширеними клінічними проявами були хронічна або інтермітуюча діарея, стеаторея, наявність слизу у фекаліях, залишки неперетравленого корму, метеоризм та позиви до дефекації після прийому корму, що згідно даним Jergens et al. (2022), Barko et al. (2023) зумовлювалося функціональною неспроможністю тонкого кишечника до повноцінного травлення та абсорбції внаслідок запальних змін слизової оболонки, зниження ензимної активності або розвитку дисбіозу.

У більшості тварин констатовано поступове зниження маси тіла, м'язову слабкість, апатію або занепокоєння після годівлі, що за даними Okanishi et al. (2021) є наслідком дефіциту поживних речовин, вітамінів та мікроелементів, зокрема жиророзчинних, на тлі порушеного всмоктування. Деякі пацієнти мали дерматологічні розлади – тьмяність та ламкість шерсті, її випадіння, сухість шкіри, перианальний дерматит, свербіж після вживання корму. Такі клінічні ознаки свідчили не лише про трофічні розлади, спричинені нутритивною недостатністю, але й, за даними Cridge et al. (2024), про можливу кормову гіперчутливість або імунозалежне запалення кишечника.

У частини тварин також відзначали ранкову блювоту, галітоз, помірне здуття черева, що, згідно даним Mares et al. (2024), було зумовлено надлишковим бактеріальним ростом у тонкому кишечнику, порушенням моторики або рефлюксом жовчі на тлі дисбіозу. Таким чином, клінічна картина у собак із синдромом мальабсорбції свідчила про багатофакторне ураження тонкого кишечника, що охоплювало запальні, імунні, мікробіологічні, ферментативні та метаболічні порушення (Pilla & Suchodolski, 2020). Це зумовлювало необхідність комплексного, патогенетично обґрунтованого підходу до лікування із урахуванням етіологічних чинників та індивідуального перебігу захворювання (Pilla & Suchodolski, 2021).

У табл. 1 наведено результати біохімічного дослідження сироватки крові собак із встановленим синдромом мальабсорбції до початку дієтотерапії. Оцінювали основні маркери порушення трофологічного статусу: аналіз сироваткових білків (альбумін, загальний білок), визначення мікронутрієнтів (вітамін B₁₂, 25(OH)D), кількість холестерину, лужної фосфатази та наявності системного запалення.

Біохімічні показники крові собак до лікування

№	Загальний білок (г/л)	Альбумін (г/л)	Кобаламін В ₁₂ (пг/мл)	ЛФ (ALP)(Од/л)	Холестерин (ммоль/л)	25(OH)D (нг/мл)	CRP (мг/л)
<i>Норма</i>	55–75	25–40	200–600	до 150–200	3,1–7,8	3,0–5,0	<i>CRP: <20</i>
1	58	28	210	450	9,8	3,6	17
2	60	30	180	385	8,6	3,4	22
3	52	24	140	295	7,2	2,8	30
4	50	23	130	510	10,4	2,6	35
5	55	27	160	370	8,2	3,1	28
6	62	31	200	420	9,1	3,5	19
7	57	26	170	310	7,5	3,0	25
8	54	25	150	468	9,9	2,9	27
9	49	22	120	399	8,7	2,5	33
10	51	23	125	280	6,9	2,7	31
M±m	54,8±1,39	25,9±0,97	158±9,8	338±24	8,6±0,38	3,01±0,1	26,7±2

У більшості тварин виявлено зниження рівня загального білка та альбуміну порівняно з фізіологічними показниками (55–75 г/л та 25–40 г/л, відповідно), що, за даними Pilla & Suchodolski (2021) свідчить про порушення всмоктування амінокислот, зниження синтетичної функції печінки та можливу втрату білка через кишковий бар'єр. Як відомо, гіпоальбумінемія є типовою ознакою мальабсорбції, особливо у випадках супутньої білкововтратної ентеропатії (PLE). Зниження сироваткового кобаламіну (вітаміну В₁₂), яке спостерігали у 8 із 10 собак, згідно Okanishi et al. (2021), є маркером порушення абсорбції в клубовій кишці або ознакою дисбіозу кишківника, що супроводжувалось надмірним бактеріальним споживанням вітаміну В₁₂. Рівень кобаламіну <200 пг/мл асоціювався з порушенням кишкового транспорту та часто був індикатором тяжкого перебігу хронічної ентеропатії (Cridge et al., 2024).

Значення рівня лужної фосфатази (ALP) перевищували референтні межі (до 150–200 Од/л) у всіх випадках, досягаючи 510 Од/л в однієї тварини, тоді як рівень холестерину в цього ж собаки становив 10,4 ммоль/л при нормі до 7,8 ммоль/л. Така біохімічна картина характерна за хронічних ентеропатій (CIE, PLE), екзокринної недостатності підшлункової залози, а також порушень жовчовиділення та ліпідного обміну (Cridge & Steiner, (2022).

Концентрація 25-гідроксिवітаміну D (25(OH)D) у частини тварин також була зниженою (<3,0 нг/мл), що свідчило про мальабсорбцію жиророзчинних вітамінів у тонкому кишечнику. Такий дефіцит вітаміну D пов'язаний із підвищеним ризиком метаболічних порушень, зниженням м'язового тону та ослабленням бар'єрної функції слизової. У всіх тварин із клінічними ознаками загострення або втрати маси тіла відзначено підвищення рівня С-реактивного білка (CRP) — неспецифічного гострофазового білка, що, за даними Szkopek et al. (2024) відображає системну запальну реакцію. Рівень CRP понад 20 мг/л вважається клінічно значущим за хронічних ентеропатій, оскільки корелює з інтенсивністю запального процесу в кишечнику. Таким чином, сукупність виявлених змін біохімічного профілю крові підтверджувало наявність хронічного порушення кишкової абсорбції у тварин досліджуваної вибірки, що проявлялось мультикомпонентною мальнутрицією, дефіцитом вітамінів і системною запальною відповіддю.

До початку застосування лікувального раціону у всіх тварин проводили дослідження фекалій із метою оцінки якості перетравлення та абсорбції поживних речовин, а також виявлення можливих ознак запалення або дисбіозу. Консистенція випорожнень у більшості собак була нестійкою: спостерігали кашкоподібні, рідкі або водянисті фекалії, іноді з

включенням слизу або неперетравлених залишків корму, що, згідно Pilla & Suchodolski (2021), вказує на функціональну недостатність тонкого кишечника.

У трьох тварин візуально виявлено домішки жиру, що надавало фекаліям блиску, світлого забарвлення та характерного запаху, що являлось типовою ознакою стеатореї, яка за даними Monnet et al. (2023), є діагностичним критерієм порушення жирової абсорбції. У 7 із 10 собак під час мікроскопічного аналізу зразків фекалій було зафіксовано значну кількість крохмальних зерен та м'язових волокон, що свідчило про ензимну недостатність, швидке транзитне проходження кишковим трактом або неповне перетравлення корму (Cridge et al., 2025). У деяких зразках були наявні нейтрофіли та слиз, що, згідно Jergens et al. (2022), розцінюється як ознака місцевої запальної реакції слизової оболонки.

Кислотність (pH) фекалій хворих собак мала тенденцію до зниження (у межах 5,5–6,0), що, за даними Mares et al. (2024), також відповідало порушенню ферментативної активності кишкової мікрофлори та можливій надмірній бактеріальній ферментації в товстому кишечнику. Окремим неспецифічним, але частим симптомом була наявність підвищеного газоутворення та часті позиви до дефекації після прийому корму, що фіксувалося з анамнезу у 6 собак. Такі ознаки вказували на синдром надлишкового бактеріального росту (SIBO) або функціональні порушення моторики кишечника (Velasco-Aburto, 2025). Загалом, результати копрологічного аналізу підтвердили наявність у досліджуваних тварин мальдигестії та мальабсорбції, з порушенням гідролізу білків, жирів і вуглеводів, що, за даними Barko et al. (2023) посилювало клінічні прояви синдрому мальабсорбції.

Ультразвукове дослідження проводили всім тваринам з метою оцінки морфологічного стану органів шлунково-кишкового тракту та виключення супутніх патологій печінки, підшлункової залози й мезентеріальних лімфатичних вузлів (Pittaway et al., 2020; Pelligra et al., 2022). У більшості собак виявляли дифузні зміни слизової оболонки тонкого кишечника у вигляді гіпоехогенності та потовщення стінки, що свідчило про набряк та інфільтрацію. Збереження чіткої шарової структури вказувало на хронічний перебіг процесу. У частини тварин спостерігали помірну кількість рідини в просвіті кишкових петель та збільшені мезентеріальні лімфатичні вузли, що трактували як реактивну лімфаденопатію. Констатували зміну характеру перистальтики, зокрема, як її посилення, так і зниження, описані також Velasco-Aburto (2025), що підтверджувало їхню типову наявність за хронічних ентеропатій. Печінка та селезінка зазвичай не мали виражених відхилень, проте в окремих випадках виявляли ознаки гіпоплазії або атрофії підшлункової залози, характерні для екзокринної недостатності, що узгоджується з даними Barko et al. (2023), Szkorek et al. (2024).

У кількох тварин додатково проводили рентгенографію з барієвим контрастом, яка дозволила виключити обструктивні процеси, але виявила уповільнену евакуаторну функцію кишечника та нерівномірне просування контрастної речовини, що вказувало на моторні порушення та дискоординацію перистальтики на тлі хронічного запалення. Отримані рентгенологічні зміни – сповільнений пасаж контрасту, нерівномірне заповнення та ділянки розширення кишкових петель відповідали неспецифічним ознакам патології тонкої кишки. За даними Thrall (2017) вони можуть спостерігатися за хронічних ентеропатій, зокрема станів із мальабсорбцією. Інтерпретація потребує диференціації з обструкцією та іншими причинами порушення моторики кишечника (дисмотилітет) (Merck & Co, 2025).

Комплексне клініко-лабораторне, копрологічне та інструментальне обстеження досліджуваних тварин дозволило підтвердити наявність синдрому мальабсорбції, який супроводжував перебіг різних первинних патологічних станів шлунково-кишкового тракту.

У всіх собак діагностовано хронічну ентеропатію різного генезу, включаючи гіперчутливість до кормових компонентів, дисбіоз, постентеритні ураження, екзокринну недостатність підшлункової залози, білкововтратну ентеропатію.

Отже, наявність характерних клінічних симптомів (хронічна діарея, стеаторея, зниження маси тіла, метеоризм), зміни у біохімічному профілі крові (гіпоальбумінемія, гіповітаміноз, підвищення CRP), порушення перетравлення та абсорбції за результатами копрологічного аналізу, а також ультразвукові та рентгенологічні ознаки морфофункціональної дисфункції кишечника свідчили про системне ураження слизової оболонки тонкого кишечника з розвитком мальабсорбційного синдрому. Отримані результати стали підґрунтям для призначення цілеспрямованої дієтотерапії та подальшої оцінки її ефективності. Так, упродовж перших 7–10 діб лікування у тварин обох груп спостерігалось поступове покращення клінічного стану, однак вираженість і швидкість регресу симптомів значно відрізнялися.

У собак дослідної групи I, які отримували корм *Farmina Vet Life Gastrointestinal*, позитивну динаміку фіксували раніше й вона була більш стабільною. Вже на 5–7 день зменшувалась частота дефекацій, кал набував сформованої консистенції, зникали слиз і стеаторея, значно зменшувався метеоризм та бурчання в черевній порожнині. Візуально тварини ставали активнішими, охоче приймали корм, зникали ознаки анорексії або харчової гіперчутливості. У 4-х з 5-ти собак спостерігали відновлення блиску шерсті та зменшення свербіжу, якщо він був наявний до лікування.

У тварин контрольної групи II, які отримували корм *Royal Canin Gastrointestinal*, клінічні ознаки зникали повільніше. Покращення стану спостерігали здебільшого після 10–14 днів лікування. У ряді випадків зберігались ознаки нестійкого травлення: м'яка консистенція фекалій, помірний метеоризм, аускультативна активність у ділянці кишечника.

У 2-х тварин до кінця 30-добового курсу терапії фіксували залишкові симптоми: легка стеаторея, знижений апетит або нестабільна консистенція фекалій. Покращення загального стану відзначали, однак було менш вираженим у порівнянні з тваринами дослідної групи.

Загалом, у тварин, які отримували дієтичну годівлю з додаванням пребіотиків, гідролізованого білка та імуномодуючих компонентів, клінічна відповідь була швидшою, стабільнішою та повнішою. Це підтверджувало позитивний вплив зазначених нутрицевтичних компонентів на стан шлунково-кишкового тракту та загальну клінічну картину за синдрому мальабсорбції.

Після завершення курсу комплексного лікування, що включав медикаментозну терапію та дієтичну годівлю, на 30-й день від початку лікування у всіх досліджених собак було проведено повторне біохімічне обстеження з метою оцінки ефективності терапевтичних заходів. Динаміка основних метаболічних показників свідчила про ефективність проведеного лікування (табл. 2).

Так, рівень загального білка у сироватці крові нормалізувався у всіх тварин, досягнувши значень у межах 65–73 г/л, що свідчило про відновлення білкового обміну та поліпшення абсорбції амінокислот у кишечнику. Аналогічну тенденцію відзначено і щодо альбуміну, концентрація якого підвищилась до фізіологічних меж (32–38 г/л), що є маркером відновлення синтетичної функції печінки та зменшення втрат білка через стінку кишечника, особливо у тварин із попереднім діагнозом PLE або вторинною ентеропатією (Dandrieux, 2016). Рівень кобаламіну (вітаміну B₁₂) підвищився, досягнувши значень у межах 355–420 пг/мл, що свідчило про покращення всмоктування в клубовій кишці та зниження бактеріального навантаження, яке раніше призводило до надмірного споживання цього вітаміну мікрофлорою (Okanishi et al., 2021). За даними Mares et al. (2024), особливо

значущими були ці зміни у тварин із ознаками синдрому надлишкового бактеріального росту в тонкому кишечнику та за хронічної діареї. Активність лужної фосфатази (ALP) знизилась у середньому на 45–60 % у порівнянні з показниками до лікування. У жодної з тварин не фіксували перевищення референтних меж (до 200 Од/л), що свідчило про зниження навантаження на гепатобіліарну систему та усунення хронічного ендотоксикозу, що згідно Szkopek et al. (2024), характерно для порушеного кишкового бар'єру. Також зафіксовано зниження рівня загального холестерину з $8,6 \pm 0,38$ ммоль/л до середніх значень 6,4–6,9 ммоль/л, що є позитивною динамікою, оскільки, за даними Barko et al. (2023), гіперхолестеринемія за мальабсорбції часто є вторинним проявом компенсації дефіциту жирів або ознакою функціональних розладів печінки.

Таблиця 2

Біохімічні показники крові собак після завершення курсу лікування

№	Загальний білок (г/л)	Альбумін (г/л)	Кобаламін В ₁₂ (пг/мл)	ЛФ (Од/л)	Холестерин (ммоль/л)	25(OH)D (нг/мл)	CRP (мг/л)
<i>норма</i>	55–75	25–40	200–600	до 150–200	3,1–7,8	3,0–5,0	CRP: <20
I (дослідна) група							
1	67	34	370	160	6,3	4,0	13
2	72	37	390	170	6,7	4,2	11
3	73	38	420	175	6,6	4,4	8
4	71	36	400	158	6,2	4,2	10
5	65	32	355	172	6,6	3,8	13
M±m	69,6±1,5	35,4±1,08	387±11,	167±3,4	4,5±0,1	4,12±0,1	11±0,95
II (контрольна) група							
1	70	36	410	180	6,9	4,3	9
2	66	33	360	195	7,1	3,9	14
3	69	35	385	165	6,5	4,1	12
4	68	34	380	185	6,8	4,0	11
5	66	33	365	155	6,4	3,9	12
M±m	67,8±0,8	34,2±0,6	380±8,8	176±7,1	6,7±0,13	4,04±0,1	11,6±0,8

Концентрація 25(OH)D (вітаміну D) зросла у всіх собак у середньому до 3,8–4,4 нг/мл, що відображало покращення кишкового всмоктування жиророзчинних вітамінів. У тварин із ліпідною мальабсорбцією та хронічною ентеропатією цей показник був особливо низьким до лікування, а позитивна динаміка свідчила про ефективність дієтичної та ферментної підтримки. Рівень С-реактивного білка (CRP) знизився у всіх випадках майже до нормальних значень (<20 мг/л), що свідчило про зменшення системного запального процесу. Найбільше зниження CRP фіксували у тварин із вираженим запальним компонентом — вторинною ентеропатією, SIBO, хронічним колітом.

Отже, результати біохімічного дослідження, проведеного на 30-й день терапії, свідчили про достовірний позитивний терапевтичний ефект і відновлення провідних метаболічних показників, що знаходило підтвердження у даних клінічного моніторингу. Найбільш стабільну нормалізацію показників фіксували у тварин, які отримували корм із пребіотичними інгредієнтами.

Копроцитограма тварин дослідної групи на 21–28 день вказувала про зникнення ознак порушеного травлення, що проявлялося у нормалізації рН, відсутності нейтрального жиру, крапель жовчних кислот і клітковини та значному зменшенні кількості лейкоцитів. У контрольній групі залишкові мікроскопічні ознаки мальдигестії зберігалися у 2 із 5 тварин на 30-й день.

Результати ультразвукового дослідження, проведеного на 30–35-й день лікування, підтвердили позитивну динаміку у тварин дослідної групи: нормалізувалася товщина кишкових стінок, відновилися чітка шарова структура слизової оболонки, зменшилися розміри мезентеріальних лімфовузлів, покращилася ехогенність паренхіми печінки та підшлункової залози. Отримані дані узгоджуються з результатами, наведеними у роботах Pittaway et al. (2020), Pelligra et al. (2022) та Cridge et al. (2024), які також відзначали аналогічні структурно-функціональні зміни при застосуванні комплексного лікувального підходу. У контрольній групі тварин зберігалися помірні структурні зміни, зокрема гіперехогенність окремих ділянок кишкової стінки та неоднорідність структури печінки, що узгоджувалось з відповідними даними Barko et al. (2023) та Szkopek et al. (2024).

На рентгенограмі тварини дослідної групи фіксували нормалізацію моторики шлунково-кишкового тракту, відсутність явищ метеоризму та застійних процесів. У собак контрольної групи зберігались помірні прояви затримки пасажу та газоутворення.

Отже, результати проведених досліджень засвідчили, що у тварин, яким було призначено комплексне лікування із включенням дієтичної корекції, спостерігали відновлення клінічного стану, нормалізацію лабораторних показників і регрес патологічних змін за даними інструментальної діагностики.

Отримані результати підтвердили доцільність включення дієтотерапії до протоколів лікування собак із синдромом мальабсорбції. Позитивний ефект у тварин дослідної групи був зумовлений застосуванням лікувального корму *Farmina Vet Life Gastrointestinal*, збагаченого функціональними інгредієнтами. Натомість у тварин контрольної групи, де використовували *Royal Canin Gastrointestinal*, раціон мав лише загальнозміцнювальну формулу без додаткових компонентів, що, ймовірно, викликало менш виражені клінічні та біохімічні зміни. Таким чином, результати дослідження підкреслюють важливість комплексного нутрицевтичного складу лікувальних раціонів для підвищення ефективності терапії собак із синдромом мальабсорбції

Висновки:

1. Характерними симптомами ентеропатій із синдромом мальабсорбції є хронічна або інтермітуюча діарея, стеаторея, метеоризм, наявність слизу або залишків неперетравленого корму у фекаліях, зниження маси тіла, тьмяність і ламкість шерсті, нестійкий апетит, а також загальна млявість і ознаки вторинної мальнутриції, що свідчить про глибокі порушення травлення й абсорбції у тонкому кишечнику, а також супутні метаболічні зміни.
2. Комплексна терапія, що включала медикаментозне лікування та індивідуально підібрану дієтотерапію, сприяла поступовому регресу клінічних симптомів і нормалізації загального стану тварин, причому виражене клінічне покращення відзначали переважно впродовж 7–14 днів від початку лікування.
3. На 30-й день терапії у більшості тварин встановлено стійке покращення біохімічних показників: зросли показники вмісту загального білка (69,3 проти 54,8 г/л), альбуміну (35,1 проти 25,9 г/л), вітаміну В₁₂ (388 проти 158 пг/мл) та 25(ОН)D (4,1 проти 3,01 нг/мл), тоді як активність лужної фосфатази, холестерин і С-реактивний білок істотно знизились, що відображало відновлення метаболічної рівноваги та зменшення системного запалення.
4. За результатами копрологічного дослідження після лікування у більшості собак спостерігали відновлення кишкової перистальтики та функцій травлення: фекалії набули сформованої консистенції, були без домішків слизу, нейтрального жиру та залишків неперетравленого корму; констатували нормалізацію кислотності фекалій у межах 6,5–7,0,

що свідчило про стабілізацію мікробіоти товстого кишечника та ефективність застосованої терапії.

5. За результатами ультразвукового дослідження на 30-й день терапії у тварин встановлено зменшення товщини стінок тонкого кишечника, відсутність ознак лімфоектазії, зниження ехогенності слизової оболонки та нормалізацію моторики; у більшості випадків не виявлялося надмірного газоутворення, що свідчило про зменшення запального процесу та підтверджувало позитивну динаміку на тлі комплексного лікування.

6. Тварини дослідної групи, які отримували лікувальний корм *Farmina Vet Life Gastrointestinal*, демонстрували швидше та більш повне клінічне одужання, а також достовірно кращу біохімічну динаміку порівняно з контрольною групою, що підтверджувало переваги нутрицевтичної підтримки у формі гідролізованого білка, омега-3 жирних кислот, антиоксидантів та відсутності глютену та зумовило кращу ефективність терапії.

7. Отримані результати підтвердили доцільність включення індивідуально підібраної дієтотерапії з функціональними компонентами до стандартних протоколів лікування тварин із синдромом мальабсорбції, що значно підвищило ефективність клінічного ведення пацієнтів.

References

- McGrath A. P., Motsinger L. A., Brejda J., & Hancock L. (2024). Prebiotic fibre blend supports growth and development and improves gastrointestinal health in puppies. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, Article 1409394. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1409394>
- Barko, P. C., Rubin, S. I., Swanson, K. S., McMichael, M. A., Ridgway, M. D., & Williams, D. A. (2023). *Untargeted analysis of serum metabolomes in dogs with exocrine pancreatic insufficiency*. *Animals*, 13(14), 2313. <https://doi.org/10.3390/ani13142313>
- Chantawong, P. (2023). Clinical applications of current biomarkers in canine chronic enteropathies. *Veterinary Integrative Sciences*, 22(3), 713–737. <https://doi.org/10.12982/VIS.2024.048>
- Cridge, H., Scott, N., & Steiner, J. M. (2022). Risk factors and clinical presentation in dogs with increased serum pancreatic lipase concentrations – a descriptive analysis. *Animals*, 12(12), 1581. <https://doi.org/10.3390/ani12121581>
- Cridge, H., Williams, D. A., & Barko, P. C. (2024). Exocrine pancreatic insufficiency in dogs and cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 262(2), 246–255. <https://doi.org/10.2460/javma.23.09.0505>
- Dandrieux, J. R. S. (2016). Inflammatory bowel disease versus chronic enteropathy in dogs: are they one and the same? *Journal of Small Animal Practice*, 57(11), 589–599. <https://doi.org/10.1111/jsap.12588>
- Jergens, A. E., & Heilmann, R. M. (2022). Canine chronic enteropathy – current state-of-the-art *Veterinary Science*, 9, 923013. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.923013>
- Malik, Z., & Nguyen, M. (2025). *General information about malabsorption*. In The Merck Manual – Consumer Version. Merck & Co., Inc. Retrieved September 23, 2025, from
- Mares, C. R., Săsăran M. O., & Mărginean C. O. (2024). The relationship between small intestinal bacterial overgrowth and gastrointestinal symptoms. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 14, 1431660. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1431660>
- Minamoto, Y., Minamoto, T., Isaiah, A., Sattasathuchana, P., Buono, A., Rangachari, V. R., McNeely, I. H., Lidbury, J., Steiner, J. M., & Suchodolski J. S. (2019). Fecal short-chain fatty acid concentrations and dysbiosis in dogs with chronic enteropathy. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33, 1608–1618. <https://doi.org/10.1111/jvim.15520>
- Okanishi, H., Yoshioka, R., Kagawa, Y., & Watari, T. (2021). Serum cobalamin and folate as prognostic factors in canine exocrine pancreatic insufficiency: a cohort study of 299 dogs. *The Veterinary Journal*, 243, 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.11.003>
- Pelligra, T., Puccinelli, C., Marchetti, V., & Citi, S. (2022). Ultrasonographic findings of exocrine pancreatic insufficiency in dogs. *Veterinary Sciences*, 9(8), 407. <https://doi.org/10.3390/vetsci9080407>

- Pilla, R., & Suchodolski, J. S. (2020). The role of the canine gut microbiome and metabolome in health and gastrointestinal disease. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 498. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00498>
- Pilla, R., Suchodolski, J. S., Jergens, A. E., & Heilmann, R. M. (2022). *Biomarkers and microbiota-based tools for the diagnosis and monitoring of chronic enteropathies in dogs*. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 9782517. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.9782517>
- Suchodolski, J. S. Intestinal microbiota of dogs and cats: a bigger world than we thought. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 41(2), 261-72. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.12.006>
- Szkopek, D., Pierzynowski, S. G., Pierzynowska, K., Zaworski, K., Kondej, A., Wychowański, P., Konieczka, P., Seklecka, B., Donaldson, J., Jank, M., & Woliński, J. A. (2024). A review: Pancreatic enzymes in the treatment of chronic pancreatic insufficiency in companion animals. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 38(4), 2026–2033. <https://doi.org/10.1111/jvim.17096>
- Tanprasertsuk, J., Zeamer, A., Hall, A., Armstrong, K., Tengvall, S., & Licht, T. R. (2021). The microbiota of healthy dogs demonstrates individualized responses to synbiotic supplementation. *Animal Microbiome*, 3, Article 98. <https://doi.org/10.1186/s42523-021-00098-0>
- Tolbert, M. K., Murphy, M., Gaylord, L., & Witzel-Rollins, A. (2022). Dietary management of chronic enteropathy in dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 63(6), 425–434. <https://doi.org/10.1111/jsap.13471>
- Toresson, L., Suchodolski, J. S., Spillmann, T., Lopes, B. C., Shih, J., Steiner, J. M., & Pilla, R. (2023). *The intestinal microbiome in dogs with chronic enteropathies and cobalamin deficiency or normocobalaminemia – a comparative study*. *Animals*, 13(8): 1378. <https://doi.org/10.3390/ani13081378>
- Velasco-Aburto, S. (2025). Nutritional approach to small intestinal bacterial overgrowth: a systematic review. *Nutrients*, 17(9), 1410. <https://doi.org/10.3390/nu17091410>
- Xia, J., Cui, Y., Guo, Y., Liu, Y., Deng, B., & Han, S. (2024). The function of probiotics and prebiotics on canine intestinal health and their evaluation criteria. *Microorganisms*, 12(6), Article 1248. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12061248>



2025. Номер 12, С. 160 – 167.

Отримано: 10.10.2025 Прийнято: 24.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.14

UDC 636:575.222.5:595.34

GENETIC IMPLICATIONS OF INBREEDING IN FARM ANIMALS: EVIDENCE FROM A CASE OF CYCLOPIA

T.I. Yakymenko, O.M. Denysova, V.V. Chyzhov

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine,

E-mail: tatyankayakimenko51@gmail.com

Annotation. Inbreeding, or close-relative mating, is a traditional and highly effective tool in the selection of farm animals, primarily aimed at fixing desirable economic traits. However, uncontrolled and intensive inbreeding carries significant genetic risks that fundamentally alter the genotypic structure of a population. The primary genetic consequence is a sharp increase in homozygosity, which inevitably leads to the expression of harmful, sublethal, or lethal recessive mutations. This phenomenon, known as inbreeding depression, often severely impairs both biological and economic performance.

This study analyzes the theoretical genetic aspects of inbreeding and the phenomenon of inbreeding depression in the context of commercial animal husbandry. Furthermore, we present a series of clinical cases of severe congenital malformations-namely, cyclopia, holoprosencephaly, and otocephaly - documented in various farm animal species, including horses, sheep/goats, and rabbits. These severe anomalies, often fatal and associated with mutations in key developmental regulatory genes, are used as direct indicators of genetic risk. The described cases provide concrete evidence of the increased vulnerability of populations with a narrow gene pool to the manifestation of rare recessive genetic defects.

The research materials include a review of classical genetic models, statistical data on the prevalence of anomalies, and documented clinical cases, including our own results from full-sibling crossings in rabbits. The results of this integrated analysis underscore the necessity of meticulous genetic monitoring and the implementation of molecular screening in all breeding populations. We recommend maintaining the inbreeding coefficient below 5 – 6 % over five generations, consistently rotating unrelated sires, and systematically excluding known carriers of lethal recessive mutations to mitigate the negative consequences of genetic load.

Keywords: *homozygosity, cyclopia, holoprosencephaly, genetic anomalies.*

ГЕНЕТИЧНІ НАСЛІДКИ ІНБРИДИНГУ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН: ПРИКЛАД ЦИКЛОПІЇ (клінічний випадок)

Т.І. Якименко, О.М. Денисова, В.В. Чижов

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

E-mail: tatyankayakimenko51@gmail.com

Анотація. Інбридинг, або близькоспоріднене схрещування, є традиційним та високоефективним інструментом у селекції сільськогосподарських тварин, спрямованим насамперед на закріплення бажаних економічних ознак. Неконтрольований та інтенсивний інбридинг несе значні генетичні ризики, які фундаментально змінюють генотипічну структуру популяції. Його основним генетичним наслідком є різке збільшення рівня гомозиготності, що неминуче призводить до виявлення та прояву шкідливих, сублетальних або летальних рецесивних мутацій. Це явище відоме як інбридингова депресія, і його наслідки часто згубно впливають на біологічну та економічну ефективність. У даній роботі проаналізовано теоретичні генетичні аспекти інбридингу та феномен інбридингової депресії в контексті комерційного тваринництва. Крім того, представлено серію клінічних випадків тяжких вроджених вад розвитку, а саме циклопії, голопрозенцефалії та отоцефалії, задокументованих у різних сільськогосподарських тварин, включаючи коней, овець, кіз та кроликів. Ці тяжкі аномалії, часто фатальні та пов'язані з мутаціями в ключових генах-регуляторах розвитку, використовуються як прямі маркери генетичного ризику. Описані випадки служать конкретним доказом підвищеної вразливості популяцій з вузьким генофондом до прояву рідкісних рецесивних генетичних дефектів. Матеріали дослідження включають огляд класичних генетичних моделей, статистичних даних про поширеність аномалій та задокументованих клінічних випадків, включаючи власні результати схрещування братів і сестер у кроликів. Результати даного інтегрованого аналізу підкреслюють необхідність ретельного генетичного моніторингу та впровадження молекулярного скринінгу у всіх племінних популяціях. У висновках рекомендується підтримувати коефіцієнт інбридингу нижче 5–6 % упродовж п'яти поколінь, постійно ротувати неспоріднених плідників та систематично виключати відомих носіїв летальних рецесивних мутацій для пом'якшення негативних наслідків генетичного навантаження.

Ключові слова: гомозиготність, циклопія, голопрозенцефалія, генетичні аномалії.

Вступ. *Актуальність теми.* Історичний розвиток селекції сільськогосподарських тварин значною мірою ґрунтувався на використанні спорідненого розведення (інбридингу) – цілеспрямованого парування генетично близьких особин. Цей метод став потужним інструментом, що дозволив швидко закріпити та гомозиготувати бажані господарсько-корисні ознаки (зокрема, високу продуктивність чи специфічний екстер'єр), заклавши основу для формування сучасних порід (Falconer & Mackay, 1996; Yadav et al., 2019; Doekes et al., 2019; Doekes et al., 2021; MU Extension, 2021). Інбридинг є однією з найпотужніших генетичних сил, що впливають на структуру популяції: він не змінює загальну частоту алелів у генофонді, але різко модифікує частоту генотипів, зміщуючи баланс на користь гомозиготності (MU Extension, 2021; Xu et al., 2021; Bem et al., 2024; Liu et al., 2025).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Головний ефект інбридингу полягає у підвищеному відсотку гомозиготних особин за рахунок гетерозиготних. Кількісно це вимірюється за допомогою коефіцієнта інбридингу (F), вперше описаного Wright (1922).

Цей коефіцієнт представляє ймовірність того, що нащадок успадкує обидві копії одного й того ж алеля від спільного предка, що в кінцевому підсумку призведе до фіксації генів у гомозиготному стані (Star & Spencer, 2013).

Попри переваги швидкого закріплення позитивних рис, зростання гомозиготності неминуче призводить до прояву шкідливих, сублетальних або летальних рецесивних алелів, які до того були ефективно приховані в гетерозиготному стані. Сукупність негативних фізіологічних наслідків, спричинених цим накопиченням, відома як інбридна депресія (Inbreeding Depression) (Lerner, 1954).

Інбридна депресія, широко задокументована у всіх видів сільськогосподарських тварин, проявляється у багатофакторному зниженні біологічної ефективності: погіршенні темпів росту та конверсії корму; зниженні плодючості (зростання мертвонароджуваності та неплідності); ослабленні імунної системи. Особливо критичним є підвищення частоти вроджених вад розвитку.

Завдяки впровадженню масивів генотипування, генетичні прогнози (особливо для м'ясної худоби) стали значно точнішими, що є ключовим чинником прискорення сучасних селекційних програм. Baller et al. (2022) розробили методи, що підвищують ефективність геномного прогнозування навіть при використанні об'єднаних даних з пропущеними значеннями.

Сучасні методи використовують геномну інформацію для точнішої оцінки інбридингу та спорідненості (coancestry) між особинами. Це дозволяє селекціонерам ефективніше керувати коефіцієнтом F у плеєнних програмах, мінімізуючи ризики реалізації генетичного тягаря (Spangler, 2023; Martínez et al., 2025).

Мета роботи. Метою даної роботи є аналіз генетичних механізмів інбридингу, які підвищують ризик прояву рідкісних рецесивних дефектів, та презентація клінічних випадків важких вроджених вад у різних видів сільськогосподарських тварин як прямого доказу реалізації генетичного тягаря.

Завдання дослідження: проаналізувати теоретичні генетичні механізми, за допомогою яких інбридинг досягне ризику прояву рідкісних рецесивних дефектів та представити серію клінічних випадків важких вроджених вад у різних сільськогосподарських тварин (коней, овець та кролів), які забезпечують прямий доказ зв'язку між високим коефіцієнтом спорідненості та реалізацією генетичного тягаря.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження базується на інтегративному підході, що включає огляд літературних даних щодо генетики інбридингу та рецесивних мутацій, а також аналіз задокументованих випадків вродженого розвитку сільськогосподарських тварин, які мають чіткий інбридинговий анамнез (Northcutt et al., 2002; Schalles et al., 2002; Keuhn & Olson, 2021).

У теоретичній частині використано математичну модель підвищення коефіцієнта інбридингу (F) за Sewall Wright's (1922) для оцінки ймовірності гомозиготності у нащадків від близькоспорідненого парування. Обговорюється механізм, відповідно до якого підвищення F корелює зі зростанням ризику прояву рідкісних рецесивних мутацій (наприклад, мутацій у генах-регуляторах ембріонального розвитку, таких як *SHH*). Матриці спорідненості є основою для оцінки інбридингу та родинних зв'язків між особинами (Ху, 2022).

У даній роботі розглянуті три клінічні випадки важкого розвитку вади, що пов'язані з порушенням поділу переднього мозку та формування морди:

1. Випадок коня: аналіз патологічних ознак абортів плоду коня (8-й місяць вагітності), описаний ветеринарним факультетом (De Amicis et al., 2019) Університету Терамо (США).

2. Випадок вівці: аналіз дистрофії плода з дисморфічною мордою та голопрозенцефалією, що виникла внаслідок ймовірного близькоспорідненого парування (брат-сестра) (Raju et al., 2024).
3. Власний випадок кроля: детальне дослідження наслідків незапланованого народження від брата та сестри кролів одного виводку, що призвело до абортів на 21-й день. Проводився зовнішній огляд плода та розтин тіла для оцінки стану внутрішніх органів.

Результати досліджень та їх обговорення. Інбридинг (споріднене розведення) прямо пропорційно підвищує ймовірність того, що особина успадкує ідентичні алелі від обох батьків, які походять від спільного предка. Це підвищення гомозиготності є обоюстороннім гострим інструментом. З одного боку, воно дозволяє ефективно закріпити бажані ознаки, з іншого – робить популяцію вразливою до прояву шкідливих рецесивних мутацій.

Слід зазначити, що інбридинг був не лише потенційним ризиком, а й ключовою технікою у формуванні сучасного тваринництва. Класичні селекціонери, як-от Р. Бейквелл у XVIII ст. використовували лайнбридинг (лінійне розведення) для створення унікальних порід, наприклад, Лейстерських овець. Цей цілеспрямований, але помірний інбридинг дозволив концентрувати гени видатних предків, забезпечуючи швидкий селекційний прогрес (Simm et al., 2021; Spangler, 2023). Однак, навіть у той час було виявлено, що інтенсивний інбридинг (особливо при паруванні типу батько-дочка або брат-сестра) несе пряму загрозу життєздатності та призводить до виродження (дегенерації) (Baller et al., 2022).

У племінних популяціях, особливо тих, що мають вузьку генетичну базу (наприклад, малий розмір популяції, активне використання обмеженої кількості видатних самців-плідників, так званий «ефект засновника»), відбувається непомітне накопичення спорідненості та зростання коефіцієнта інбридингу. Як наслідок, реєструється зростання частоти мертвонароджуваності; зниження якості сперми; підвищення сприйнятливості до хвороб. Найбільш очевидний прояв вроджених вад розвитку.

Циклопія є драматичним проявом порушення формування мозку та лицевого відділу черепа. Це важка вроджена вада розвитку, що характеризується наявністю одного ока, розташованого по центру лицевого відділу голови, часто з різним ступенем подвоєння внутрішніх структур ока (International Clearinghouse for Birth Defects Monitoring and Research). Ця мальформація, зазвичай, є частиною цілого комплексу аномалій, відомого як голопрозенцефалія (Holoprosencephaly), коли порушується поділ ембріонального переднього мозку на дві симетричні півкулі.

Загальна поширеність циклопії становить приблизно 1 на 100 000 народжених. Хоча циклопія може бути викликана й потужними тератогенами (наприклад, алкалоїдом вератрумом у овець), значна частина випадків пов'язана саме з рецесивними генетичними мутаціями, які контролюють ембріональний розвиток, зокрема, сигнальний шлях SHH (*Sonic Hedgehog*). У цьому випадку депресія інбридингу підвищує гомозиготність за мутантним алелем, різко збільшує ймовірність прояву патології (Weller, 2016).

У науковій літературі описано багато прикладів генетичних дефектів, пов'язаних з інбридингом основних видів сільськогосподарських тварин (Sanchez-Villagra, 2022). Так, широке використання високопродуктивних биків-плідників шляхом штучного осіменіння призвело до поширення аутосомно-рецесивних летальних дефектів: дефіцит адгезії лейкоцитів великої рогатої худоби та комплексна мальформація хребта. Ці мутації походять від одного предка і викликають загибель або слабкість в боротьбі з різними інфекціями. Виявлення цих дефектів у 1990-х роках змусило запровадити масове генетичне тестування та виключення з розмноження носіїв у всьому світі (Shuster et al., 1995; Star & Spencer, 2013).

Розведення свиней на зменшення жиру включало інбридинг та лінійне розведення. Це в результаті призвело до підвищення частоти рецесивної мутації в гені *RYR1*, що викликає розвиток порцинового стресового синдрому (ПСС) або злоякісної гіпертермії. Тварини-гомозиготи дуже чутливі до різного виду стресу, що може призводити до смерті під час транспортування або забою, завдаючи значних матеріальних збитків і знижує якість м'яса, яке стає бліде, м'яке, ексудативне (Fujii et al., 1991).

Було задокументовано випадок циклопії у плода коня, абортіваного на 8-му місяці вагітності (De Amicis et al., 2019). Плід продемонстрував явні вади розвитку черепа та лицевого черепа, виключно з вираженим верхньощелепним брахігнатизмом та одним великим середнім оком (рис. 1). При розтині було виявлено відкриті півкулі головного мозку (церебральна аплазія), що супроводжувалась гідроцефалією. Решта внутрішніх органів і скелет виглядали нормально розвиненими.



Рис. 1. Фото плода коня з циклопією:

а. Плід коня. Плід виглядав добре розвиненим, єдиною очевидною аномалією був змінений череп.

б. При фронтальному огляді череп мав серйозні вади розвитку, було присутнє одне велике серединне око.

с. Після розтину черепа його порожнина була майже повністю заповнена жовтувато-червонуватою рідиною. Також були очевидні серйозні вади розвитку носових, верхньощелепних та нижньощелепних кісток.

(https://www.izsler.it/wpcontent/uploads/sites/16/2023/05/Agaalctiae_Lombardia2019LAR.pdf)

З огляду на надзвичайну рідкість циклопії у коней, цей випадок є свідченням того, що вразливість популяції до рідкісних генетичних дефектів може бути посилена через невідомий ступінь близькосторідності (De Amicis et al., 2019).

Наступний випадок з вівцею-первісткою (рис. 2), яка, ймовірно, парувалася з братом.

Було виявлено дистрофію плода, його циклопію, атрезію носових раковин та мікрогнатію (Raju et al., 2024).

Ультразвукове та рентгенографічне обстеження плода вівці підтвердило наявність голопрозенцефалії – мозкової вади, що розвивається внаслідок порушення поділу мозку на симетричні півкулі приблизно через 2-3 тижні після запліднення. Дослідники даного випадку підкреслили, що голопрозенцефалія та пов'язана з нею циклопія мають спадкову

природу, а близькоспоріднені пари в анамнезі стада значно збільшують частоту прояву рецесивних мутацій, які є причиною цієї патології (Raju et al., 2024).



Рис. 2: Фото дисморфного лиця плода вівці з атрезією носових пазух. Онхей, мікрогнатія та одне центрально локалізоване око (циклопія).

<https://www.notulaebiologicae.ro/index.php/nsb/article/view/11648/9662>

Власне дослідження стосувалося незапланованого парування двох кролів, які були братом та сестрою з одного виводку. На 21-й день кролиця абортувала плід (рис. 3).



Рис. 3: Фото автора плода кроленяти з комплексом аномалій:

- одне око (циклопія);
- зрощені вуха, розташовані по центру, трохи спереду голови (синотія);
- незначна вада нижньої щелепи.

Цей комплекс вад є прямою вказівкою на отоцефалію (*Otocephaly*), яка часто включає циклопію та агнатію (відсутність нижньої щелепи). Внутрішні органи плода мали типове розташування, розміри та колір, що вказує на те, що летальний дефект був зосереджений у структурах голови та мозку.

Цей випадок є прямим експериментальним підтвердженням того, що близькоспоріднене схрещування (інбридінг) з високим коефіцієнтом спорідненості (брат-сестра) значно підвищує ризик появи рідкісних рецесивних мутацій, що призводять до фатальних вад розвитку.

Особливо небезпечним інбридінг є в невеликих популяціях, наприклад, у племінних господарствах, які спеціалізуються на рідкісних породах або мають високий генофонд. У таких умовах високий рівень інбридингу незначний, що сприяє накопиченню спадкових аномалій і значно збільшує частоту народження нежиттєздатного потомства (Restoux et al., 2022; Sponenberg, 2023).

Описані випадки циклопії, разом із фатальними мальформаціями, свідчать, що інбридінг є «генетичною бомбою уповільненої дії, яка може вибухнути» у великих комерційних популяціях через несподівану гомозиготність за рідкісним шкідливим алелем.

Висновки.

1. Проведене дослідження підтверджує, що інбридинг, як інструмент селекції, вимагає регулярного суворого контролю через високий ризик генетичних ускладнень.

2. Підвищення рівня гомозиготності збільшує відсоток прояву драматичних рецесивних мутацій. Для мінімізації негативних проявів необхідно проводити постійний моніторинг коефіцієнту інбридингу, затримання його на рівні, що не перевищує 5–6 % за п'ять поколінь, та регулярна ротація самців-плідників.

Ключовим елементом стратегії розведення тварин є елімінація носіїв рецесивних дефектів, ідентифікацію яких необхідно проводити за допомогою сучасних методів молекулярної генетики.

References

- Baller, J. L., Kachman, S. D., Kuehn, L. A., & Spangler, M. L. (2022). Using pooled data for genomic prediction in a bivariate framework with missing data. *Journal of animal breeding and genetics = Zeitschrift fur Tierzucht und Zuchtungsbiologie*, 139(5), 489–501. <https://doi.org/10.1111/jbg.12727>
- Bem, R. D., Benfica, L. F., Silva, D. A., Carrara, E. R., Brito, L. F., Mulim, H. A., Borges, M. S., Cyrillo, J. N. S. G., Canesin, R. C., Bonilha, S. F. M., & Mercadante, M. E. Z. (2024). Assessing different metrics of pedigree and genomic inbreeding and inbreeding effect on growth, fertility, and feed efficiency traits in a closed-herd Nellore cattle population. *BMC Genomics*, 25, Article 738. <https://doi.org/10.1186/s12864-024-10641-3>
- De Amicis, I., Marruchella, G., Mariani, C., Giangaspero, B., Contri, A., & Robbe, D. (2019). Cyclopia, cerebral aplasia and hydrocephalus in an equine foetus. *Large Animal Review*, 25(5), 251–252.
- Doekes, H. P., Bijma, P., & Windig, J. J. (2021). How Depressing Is Inbreeding? A Meta-Analysis of 30 Years of Research on the Effects of Inbreeding in Livestock. *Genes (Basel)*, 12(6), 926. <https://doi.org/10.3390/genes12060926>
- Doekes, H. P., Veerkamp, R. F., Bijma, P., de Jong, G., Hiemstra, S. J., & Windig, J. J. (2019). Inbreeding depression due to recent and ancient inbreeding in Dutch Holstein–Friesian dairy cattle. *Genetics Selection Evolution*, 51(1), 54. doi: <https://doi.org/10.1186/s12711-019-0497-z>
- Falconer, D. S., & Mackay, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics* (4th ed.). Longman Group Ltd. *Introduction To Quantitative Genetics 4th Edition*
- Fujii, J., Otsu, K., Zorzato, F., de Leon, S., Khanna, V. K., Weiler, J. E., O'Brien, P. J., & MacLennan, D. H. (1991). Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science (New York, N.Y.)*, 253(5018), 448–451. <https://doi.org/10.1126/science.1862346>
- Keuhn, L., & Olson, T. (2021). *Genetic diseases in cattle*. Cornell Applied Dairy Cattle Genetics.
- Lerner, I. M. (1954). *Genetic homeostasis*. Oliver and Boyd.
- Liu, Y., Li, G., Ayalew, W., Zhong, Z., Liu, X., Sun, J., & Li, J. (2025). Runs of homozygosity: Preliminary investigation in pig breeds. *Animals*, 15(7), Article 988. <https://doi.org/10.3390/ani15070988>
- Martínez, C. A., Khare, K., Rahman, S., & Báez, G. M. (2025). Graphical model selection to infer the partial correlation network of allelic effects in genomic prediction with an application in dairy cattle. *Journal of animal breeding and genetics = Zeitschrift fur Tierzucht und Zuchtungsbiologie*, 142(5), 537–549. <https://doi.org/10.1111/jbg.12921>

- Northcutt, S. L., Buchanan, D. S., & Clutter, A. C. (2002). *Inbreeding in cattle* (AFS-3165). Oklahoma Cooperative Extension Service.
- Raju, S., Sureshkumar, A., Rasool, A., Thulasiraman, S., Chidambaram, P., & Krishnakumar, K. (2024). Unveiling a rare case: Cyclopia and its radiographic features in a non-descript primiparous heifer. *Notulae Scientia Biologicae*, 16, Article 11648. <https://doi.org/10.15835/nsb16111648>
- Restoux, G., Rognon, X., Vieaud, A., Guemene, D., Petitjean, F., Rouger, R., Brard-Fudulea, S., Lubac-Paye, S., Chiron, G., & Tixier-Boichard, M. (2022). Managing genetic diversity in breeding programs of small populations: The case of French local chicken breeds. *Genetics Selection Evolution*, 54, Article 56. <https://doi.org/10.1186/s12711-022-00746-2>
- Schalles, R. R., Leipold, H. W., & McCraw, R. L. (2002). *Congenital defects in cattle* (BCH-1900). Beef Cattle Handbook. Iowa Beef Center. [f](#)
- Shuster, D. E., Kehrli, M.E., Jr., & Dietz, A. B. (1995). Bovine leukocyte adhesion deficiency (BLAD): Genetics and implications for the dairy industry. *Preventive Veterinary Medicine*, 24(3), 163–172. <https://doi.org/10.1292/jvms.66.1475>
- Simm, G., Pollott, G., Mrode, R., Houston, R., & Marshall, K. (2021). *Genetic improvement of farmed animals*. CABI. <https://doi.org/10.1079/9781789241723.0000>
- Spangler, M. L. (Ed.). (2023). *Animal breeding and genetics*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2460-9>
- Sponenberg, D. P. (2023). *Genetic management of small closed populations*. Leicester Longwool Sheep Breeders Association.
- Star, B., & Spencer, H. G. (2013). Effects of genetic drift and gene flow on the selective maintenance of genetic variation. *Genetics*, 194(1), 235–244. <https://doi.org/10.1534/genetics.113.149781>
- University of Missouri Extension. (2021). *Inbreeding: Its meaning, uses and effects on farm animals* (Publication G2911).
- Weller, J. I. (2016). *Genomic selection in animals*. Wiley-Blackwell.
- Wright, S. (1922). Coefficients of inbreeding and relationship. *The American Naturalist*, 56, 330–338. <https://doi.org/10.1086/279872>
- Xu, S. (2022). *Quantitative genetics*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-83940-6>
- Xu, Z., Mei, S., Zhou, J., Zhang, Y., Qiao, M., Sun, H., Li, Z., Li, L., Dong, B., Oyelami, F. O., Wu, J., & Peng, X. (2021). Genome-wide assessment of runs of homozygosity and estimates of genomic inbreeding in a Chinese composite pig breed. *Frontiers in Genetics*, 12, Article 720081. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.720081>
- Yadav, A., Jain, A., Sahu, J., Dubey, A.P., Gadpayle, R., Barwa, D.K., & Kumar, V. (2019). A review on the concept of inbreeding and its impact on livestock. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 6, 23–30.



2025. Номер 12, С. 168 – 180.

Отримано: 01.10.2025 Прийнято: 16.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.15

UDC 639.09:619:579.62(477)

DIAGNOSIS OF ANTHRAX UNDER MARTIAL LAW IN UKRAINE: PROBLEMS AND WAYS OF IMPROVEMENT

U.M. Yanenko¹, H.A. Zaviriukha², N.G. Sorokina³, N.I. Kos'yanchuk³, O.P. Lytvynenko¹

¹*Institute of Laboratory Diagnostics and Veterinary-Sanitary Expertise Kyiv, Ukraine*

²*Institute of Molecular Biology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

³*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

E-mail: ulyanakuzzyk@ukr.net

Annotation. Anthrax remains a highly relevant zoonotic disease that poses a serious threat to animal and human health. Recent years have seen an increase in the frequency and spatial expansion of anthrax outbreaks in different regions of the world, including Ukraine. The resilience of *Bacillus anthracis* spores in the environment, as well as the potential for the pathogen's deliberate use, necessitate ongoing epidemiological monitoring and improved diagnostic approaches. This study aims to assess the current epizootic situation of anthrax in Ukraine and analyze the effectiveness of diagnostic methods used by veterinary laboratories. The research is based on the official reporting data of the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection (Form No. 2-Vet). Standard epizootological, statistical, and retrospective methods were employed to evaluate the incidence and detection trends of anthrax in different regions. The results reveal isolated outbreaks in certain territories with the identification of environmental foci, indicating incomplete decontamination of anthrax-prone sites. The findings highlight the need to update risk assessment models and reinforce biosafety protocols in veterinary practice. The article outlines priority directions for strengthening anthrax surveillance in Ukraine under current epidemiological and geopolitical conditions.

Keywords: anthrax, *Bacillus anthracis*, Ukraine, epizootic situation, biosafety, veterinary monitoring

ДІАГНОСТИКА СИБІРКИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ: ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ

У.М. Яненко¹, Г.А. Завірюха², Н.Г. Сорокіна³, Н.І. Кос'янчук³, О.П. Литвиненко¹

¹ Державний науково-дослідний інститут лабораторної діагностики та
ветсанекспертизи, м. Київ, Україна

² Інститут молекулярної біології і генетики Національної академії наук України,
м. Київ, Україна

³ Національний університет біоресурсів і природокористування України м. Київ, Україна
E-mail: ulyanakuzuk@ukr.net

Анотація. Сибірка (антракс) є однією з найнебезпечніших зоонозних хвороб, яка має вагомое значення для епізоотичної та епідеміологічної безпеки. Збудник *Bacillus anthracis* здатний утворювати спори, що зберігаються в ґрунті десятиліттями, створюючи постійну загрозу виникнення нових випадків інфікування. В Україні виявлено понад 2800 сибіркових скотомогильників, багато з яких розташовані на територіях, що зазнали бойових дій або є тимчасово окупованими. На даний час питання біологічної безпеки населення та захисників України має особливе значення через бойові дії у країні. Велика кількість неконтрольованих територій створює ризики для розвитку захворювань, і тому численні регіони можуть бути зонами ризику. Руйнування та втрата контролю над цими об'єктами підвищує ризик виникнення нових спалахів. В умовах війни ускладнено моніторинг епізоотичної ситуації, що вимагає адаптації діагностичних підходів до сучасних реалій. У статті проаналізовано основні виклики, пов'язані з діагностикою сибірки: недостатнє лабораторне оснащення, відсутність зареєстрованих ПЛР-тестів, складність диференціації *Bacillus anthracis* від споріднених видів, а також низький рівень обізнаності серед медичних і ветеринарних фахівців. Розглянуто нормативно-правову базу, що регулює лабораторну діагностику та епідеміологічний нагляд, із вказівкою на її невідповідність і обмеженість в умовах війни. Особливу увагу приділено молекулярно-генетичним методам, що дозволяють швидко й точно ідентифікувати збудника в біологічних та екологічних зразках. Підкреслено потребу в оновленні нормативних документів, модернізації лабораторій, створенні національної бази даних поховань тварин, а також у налагодженні міжвідомчої взаємодії. Запропоновано впровадження сучасних методів моніторингу та діагностики для запобігання поширенню сибірки та забезпечення належного рівня біобезпеки.

Ключові слова: спороутворююча бацила, *Bacillus anthracis*, ПЛР, індикація, біобезпека, скотомогильник.

Вступ. Сибірка є одним із стародавніх зоонозів, відомих людству. Збудник сибірки – грампозитивна бактерія *Bacillus anthracis*. Сибірка є однією з найнебезпечніших зоонозних бактеріальних інфекцій, яка характеризується гострим перебігом і високою летальністю серед сприйнятливих тварин та людей (Maxson et al., 2022). Збудник хвороби – *Bacillus anthracis* здатен утворювати спори, які зберігають життєздатність у ґрунті десятиліттями, та можуть бути застосовані як інгаляційний агент (Mondange et al., 2022; Tin et al., 2023).

Актуальність теми визначається через потенційну загрозу використання сибірки, як біологічної зброї (Sangwan et al., 2025). За даними Європейського центру з профілактики та контролю захворюваності (ECDC) (2023), з 1981 по 2018 рік у світі було здійснено 37 біотерористичних атак. Центр контролю та профілактики захворювань у США (Атланта, Джорджія) визначає категорію «А», як найнебезпечніші біологічні бойові агенти. *Bacillus anthracis* вважається одним з провідних агентів (Beale et al., 2021).

Щорічно реєструється від 2000 до 20000 випадків сибірки серед людей. У період з 2007 по 2019 роки у Європі було підтверджено 97 випадків захворювання у людей. У 2020 та 2021 роках випадки сибірки серед тварин відзначалися в Італії, Хорватії та Румунії. Нещодавні дослідження доводять актуальність проблеми моделювання ризиків виникнення спалахів в окремих географічних регіонах, зокрема в басейні Чорного моря (Arede et al., 2024).

В Україні нараховується близько 6 тис. ґрунтових вогнищ збудника сибірки, які становлять загрозу (Iovenko et al., 2023). З лютого 2014 року Росія проводить військове вторгнення на території України, а з 24 лютого 2022 року повномасштабну війну. В умовах війни контроль за упорядкованістю поховань тварин значно ускладнився, що збільшує ризик виникнення нових спалахів сибірки.

Питання біобезпеки та ефективного епізоотичного моніторингу набувають особливої ваги в умовах воєнного стану, що потребує перегляду підходів до діагностики і профілактики сибірки. Саме тому, актуальним завданням є удосконалення методів ідентифікації збудника, молекулярно-генетичних підходів, та впровадження протоколів біозахисту в умовах підвищеного ризику зараження (Ashique et al., 2024). Відсутність контролю на окупованих територіях та в зоні бойових дій створює ризик розповсюдження сибірки, що потребує вдосконалення нормативних документів та рекомендацій щодо запобігання виникнення сибірки на території України.

Мета роботи. Аналіз сучасного стану діагностики сибірки в Україні в умовах воєнного стану, зокрема, в контексті загроз біобезпеці.

Завдання дослідження. Виявити основні проблеми, що ускладнюють діагностику, епізоотичний нагляд, оцінити ефективність діючих нормативних документів, обґрунтувати необхідність запровадження сучасних молекулярно-генетичних методів для швидкої ідентифікації *Bacillus anthracis*.

У дослідженні застосовано комплексний підхід до аналізу сучасних проблем діагностики сибірки в Україні. По-перше, проведено системний огляд літературних джерел з використанням наукових баз даних, що дозволило виявити ключові тенденції та виклики в сфері епідеміологічного моніторингу. По-друге, проаналізовано нормативно-правову документацію та офіційні статистичні дані, представлені Міністерством охорони здоров'я та Європейським центром з контролю за захворюваннями з метою оцінки ефективності існуючих профілактичних заходів і діагностики. По-третє, здійснено порівняльний аналіз методів молекулярно-генетичної, мікробіологічної та імунологічної діагностики для визначення оптимальних алгоритмів виявлення *Bacillus anthracis*. Отримані результати сприяють формуванню рекомендацій для подальших досліджень та оптимізації системи моніторингу сибірки, підвищуючи біозахист країни.

Результати досліджень та їх обговорення. Проблематика діагностики сибірки (антраксу) в Україні пов'язана з низкою організаційних, технічних, економічних та епідеміологічних факторів. Низька частота захворювання та недостатня обізнаність пов'язана з тим, що сибірка є рідкісним захворюванням в Україні, що знижує рівень настороженості серед медичних працівників.

Поширення сибірки на території України. В Україні сьогодні прогнозують можливе ускладнення епідемічної ситуації, пов'язане із сибіркою. За останні 23 роки в країні зареєстрували 35 випадків цього захворювання серед населення в 11 областях. Найсерйозніший спалах зафіксували в 1999 році, головним чином у Херсонській області (8 випадків), а також у Вінницькій (4) та Черкаській (2). У 2001 році загальна кількість хворих досягла 9 осіб, більшість з яких захворіли в Київській області (7 випадків). З того часу поодинокі випадки реєстрували в різних регіонах, зокрема, у Харківській, Чернівецькій, Миколаївській та Одеській областях. Поширення сибірки на території України за останні два десятиліття свідчить про збереження актуальності цієї інфекції.

Захворювання серед тварин за цей період також спостерігали в 10 областях. Найсерйозніше постраждали Київська область із 70 випадками в 2001 році та Херсонська з

53 випадками у 1999 році. Крім того, у Донецькій області у 2002 році виявили збудник сибірки у вовні овець, а в Сумській області – у ґрунті, що підкреслює масштабність проблеми. Останні зафіксовані випадки захворювання в Одеській області (2018 і 2020 роки) свідчать про те, що основні недоліки в профілактиці залишаються невирішеними.

Серед основних причин поширення сибірки виділяють недостатнє охоплення тварин вакцинацією, порушення ветеринарних норм і нехтування правилами особистої безпеки персоналу. Розслідування цих випадків показало, що деякі люди інфікувалися через участь у забої худоби без проведення відповідної ветеринарної експертизи. У випробувальному центрі Одеської області підтвердили наявність збудника захворювання у біологічних зразках. На сьогодні основними проблемами залишаються несвоєчасна діагностика захворювання у людей і тварин, а також недостатня інформаційно-просвітницька робота серед населення. Для боротьби із цією небезпечною хворобою необхідний комплексний підхід і чітка взаємодія всіх суспільних структур (Shapoval et al., 2020).

Аналіз показує, що одними з ключових причин поширення сибірки є: зниження рівня щеплення сільськогосподарських тварин; слабкий контроль за старими скотомогильниками; недостатній епізоотичний моніторинг у регіонах ризику; не своєчасне виявлення випадків інфекції у людей і тварин. Важливою залишається проблема низької обізнаності лікарів первинної ланки щодо сибірки та обмежений рівень просвітницької роботи серед населення щодо заходів профілактики та безпечного поводження з тваринною продукцією.

Основні аспекти діагностики сибірки. Діагностування сибірки базується на комплексному аналізі епідеміологічних, клінічних та лабораторних даних. Потрібно отримати інформацію про випадки захворювання у тварин та випадки їх загибелі від хвороб, що нагадують сибірку. Важливо також з'ясувати, чи є в досліджуваному районі місця поховання тварин або їхніх залишків.

Для лабораторної діагностики використовують бактеріологічний метод, що дозволяє ізолювати збудника сибірки з карбункулів, крові, мокротиння, блювоти, чи калу. Крім цього, проводять шкірну алергічну пробу з токсином збудника сибірки та визначають титр антитіл у крові за допомогою ELISA.

Сибірка спричиняється бактерією *Bacillus anthracis*, що є грампозитивним мікроорганізмом, який може функціонувати як аеробно, так і факультативно анаеробно, здатний утворювати ендоспори. Ці бактерії мають значні розміри, досягаючи у ширину від 1,0 до 1,5 мкм і в довжину від 3 до 8 мкм; вони нерухомі й можуть бути як окремими, так і в коротких ланцюжках. У природі *Bacillus anthracis* існує у формі спор, які можуть залишатися в сухому ґрунті десятиліттями, демонструючи високу стійкість до дезінфекції та коливань температури. Життєвий цикл цієї бактерії включає вегетативну фазу та стадію спорового спокою. Спори утворюються як захисний механізм у відповідь на несприятливі умови для росту патогену. Вони витримують різні екологічні стреси, що забезпечує їхнє виживання та передачу між господарями. Потрапляючи в організм через шкіру, шлунково-кишковий тракт, інгаляційно або через ін'єкції, спори швидко проростають і продукують токсини, які поширюються через кровообіг по всьому організму. Це призводить до клінічних симптомів від набряку і некрозу до сепсису та венозного колапсу. У разі інгаляційної форми сибірки спори переміщуються до регіональних лімфатичних вузлів, де вони проростають та переходять у вегетативну форму. Проростання біля місця входу чи в епітеліальних та нелімфоїдних тканинах спостерігається при шкірних формах захворювання, проте його роль у розвитку хвороби ще не повністю з'ясована (Song et al., 2022; Railean et al., 2024).

B. anthracis поширюється за рахунок своїх спор, що відзначаються високою стійкістю до умов навколишнього середовища і можуть виживати в ґрунті, воді тощо протягом тривалого періоду (Doganay et al., 2023).

Спори сибірки демонструють високу стійкість до тепла, висихання та деяких дезінфікуючих засобів. Вони можуть виживати протягом десятиліть у залежності від

матеріалу зараження та умов навколишнього середовища. Спори можуть зберігатися не лише у ґрунті, поверхневих водах і бруді, а й на шкурах, хутрі, вовні, волоссі, копитах, рогах, кістках хворих тварин, а також на таких поверхнях, як дерево та метал. Були знайдені життєздатні спори у 200-річних кістках під час археологічних робіт у Національному парку Крюгера. Крім того, *B. anthracis* був виділений із висушеного ґрунту, котрий зберігався понад шістьдесят років. Спори, що перебувають у стані спокою в навколишньому середовищі, сприяють виживанню *B. anthracis* у природі, наприклад у ґрунтових осередках чи нозоареалах, де тварини можуть заразитися під час випасу. Оскільки ґрунт є головним резервуаром для *B. anthracis*, сибірку раніше називали ґрунтовою інфекцією. Травоядні і, можливо, гризуни, підтримують епізоотичний цикл сибірки навіть після тривалого латентного періоду, завдяки передачі з різних живих і неживих резервуарів таких як ґрунт. Цей фактор несе небезпеку щодо забруднення збудником сибірки на невизначені території. Отже наявність неконтрольованих сибіркових поховань є потенційною загрозою виникнення спалахів сибірки (Finke et al., 2020).

Нормативні документи що регулюють протиепідемічні заходи, профілактику та діагностику сибірки. Діагностика сибірки в Україні регулюється низкою нормативних документів, які встановлюють порядок. Основні діючі документи, що стосуються діагностики сибірки, включають: Наказ МОЗ України № 321 від 21.08.2002 «Про затвердження інструкції з лабораторної діагностики сибірки у людей, в сировині тваринного походження та об'єктах довкілля». Цей документ містить: детальні інструкції щодо лабораторної діагностики сибірки, зокрема методи ідентифікації збудника (*Bacillus anthracis*) у біологічних матеріалах, сировині та об'єктах навколишнього середовища; вимоги до протиепідемічного режиму під час роботи з матеріалами, підозрілими на зараження збудниками I-II груп патогенності; процедури направлення виділених культур *Bacillus anthracis* до референс-лабораторії Центральної санітарно-епідеміологічної станції МОЗ України для остаточної ідентифікації; Інструкції з лабораторної діагностики сибірки у людей, в сировині тваринного походження та об'єктах довкілля (Instructions for laboratory diagnostics of anthrax in humans, in raw materials of animal origin and environmental objects, 2002).

Існують державні санітарні правила 9.9.5.035-99 «Безпека роботи з мікроорганізмами I-II груп патогенності». Ці правила встановлюють вимоги до безпечної роботи з небезпечними мікроорганізмами, включно зі збудником сибірки, під час лабораторної діагностики (Organization of laboratory work in the study of material containing biological pathogenic agents of pathogenicity groups I-IV by molecular genetic methods. State Sanitary Norms and Rules, 2008).

Інструкція про заходи з профілактики та боротьби з сибіркою тварин (затверджена наказом Мінагропрому України № 4 від 25.01.2000) стосується переважно ветеринарної практики, але вона містить положення про діагностику сибірки у тварин, що є важливим для епідеміологічного нагляду, оскільки тварини є основним джерелом інфекції для людини (Instruction on measures for the prevention and control of anthrax in animals, 2000).

Методичні рекомендації з епідеміології та профілактики сибірки у людей уточнюють процедури епідеміологічного нагляду, діагностики та профілактичних заходів у людей, зокрема на ендемічних територіях (Order on measures to prevent anthrax, 2003).

Діагностика сибірки має ключові аспекти, а саме: лабораторна діагностика включає мікроскопію мазків (фарбування за Грамом), бактеріологічний посів на селективні середовища, ПЛР для виявлення ДНК *Bacillus anthracis* та імунологічні методи для виявлення маркерів інфекції. Референс-лабораторія Центру громадського здоров'я МОЗ України проводить остаточну ідентифікацію штамів. Діагностика проводиться з урахуванням клінічних проявів (шкірна, легенева, кишкова форми) та епідеміологічних даних (контакт із тваринами, робота з сировиною).

Згідно з діючими інструкціями, мікробіологічні методи дослідження є ключовими для встановлення заключного діагнозу на сибірку. Ідентифікація збудника здійснюється за

такими характеристиками: морфологія мікроорганізму, наявність капсули в мазках з досліджуваного матеріалу або органів загиблих лабораторних тварин, культуральні властивості, гемоліз, нерухливість, чутливість до пеніциліну, вплив специфічних фагів та патогенність для лабораторних тварин, проведення реакції Асколі. Наявність штамів, стійких до пеніциліну, а також нетипові ознаки ускладнюють процес ідентифікації. Відповідно до Інструкції з лабораторної діагностики сибірки у людей, а також у сировині тваринного походження та об'єктах навколишнього середовища, ідентифікація збудника проводиться за такими ознаками: морфологія мікроорганізму, включаючи наявність капсул у мазках з досліджуваного матеріалу або органів загиблих лабораторних тварин; культуральні властивості; чутливість до пеніциліну; чутливість до специфічних фагів; патогенність для лабораторних тварин.

В українських діагностичних лабораторіях для ідентифікації сибірки застосовують реакцію термопреципітації (Асколі). Це пов'язано з тим, що іноді виділяються штами, стійкі до пеніциліну, або мікроорганізми *B. anthracis* демонструють нетипові ознаки. Подібні ознаки можуть проявлятися також у ізолятів *B. cereus*, як повідомляють Carroll et al. (2022).

Реакція термопреципітації Асколі є різновидом реакції кільцепреципітації. Вона ґрунтується на здатності преципітиногенів зберігати стійкість до високих температур, витримуючи тривале кип'ятіння і зберігаючи при цьому здатність реагувати з антитілами. Згідно з Інструкцією, мікроскопічний метод обробки дослідного матеріалу необхідно здійснювати в день його надходження; бактеріологічний метод — до трьох діб; біологічний метод — до десяти діб. Інструкція є чинною, проте потребує доопрацювання, оскільки в ній відсутні рекомендації щодо використання молекулярних методів діагностики сибірки. Існують набагато точніші і більш чутливі тести для виявлення збудника антраксу (World Health Organization. Improvements public health preparedness for the threat of epidemics and response to her: anthrax network, 2003). Заключний діагноз підтверджується за допомогою специфічної ПЛР. Цей метод базується на ідентифікації плазмід рХО1 та рХО2 і генів *pag* та *cap*, що є специфічними для цих плазмід. Методи, засновані на ампліфікації ДНК, мають переваги — можливість тестування неактивованих зразків, що робить ці методи безпечнішими за традиційні та дозволяє отримати результати протягом кількох годин (Ochai et al., 2024).

Вірулентність *Bacillus anthracis* значною мірою визначається наявністю двох великих плазмід — рХО1 і рХО2, які відповідають за синтез трикомпонентного токсину та антифагоцитарної капсули. Плазміда рХО1 містить гени, що кодуєть летальний фактор (*lef*), фактор набряку (*суа*) та захисний антиген (*pagA*), тоді як плазміда рХО2 забезпечує експресію генів, відповідальних за формування капсули з полі-уД-глутамінової кислоти (PGA) (*capBCADE*). Молекулярна діагностика *B. anthracis* найчастіше базується на ідентифікації цих вірулентних факторів, а методи ПЛР дозволяють ампліфікувати невеликі фрагменти ДНК, присутні в рХО1, рХО2 і хромосомній ДНК цього патогену (Sabin et al., 2024).

ПЛР діагностика сибірки має свої особливості. Діагностика антраксу за допомогою ПЛР стикається із певними труднощами, зумовленими особливостями збудника. Зокрема, *B. anthracis* може перебувати у вегетативній формі в живому організмі та у спорівій формі в навколишньому середовищі, що визначає інфекційну природу бактерій. Тому вибір методу дослідження залежить від типу зразка — чи це клінічний зразок, чи зразок з навколишнього середовища. Складність ідентифікації бактерії також пов'язана із високою фенотиповою та генетичною схожістю *B. anthracis* з *Bacillus cereus* та іншими близькими видами бацил. Подібність настільки значна, що деякі дослідники вважають *B. anthracis* патогенним варіантом *B. cereus*. Група *Bacillus cereus* (*B. cereus sensu lato*) включає шість генетично споріднених видів: *B. cereus*, *B. anthracis*, *B. thuringiensis*, *B. mycoides*, *B. weihhanstephanensis* та *B. Pseudomycoides* (Abdelli et al., 2023).

Чутливі методи виявлення, такі як ПЛР, ІФА та різноманітні хроматографічні підходи, потребують спеціалізованого обладнання і, зазвичай, базуються на трудомістких

протоколах та інструментах, що не підходять для польових умов. Окрім того, ці методи є вразливими до забруднення та вимагають попереднього очищення зразків, щоб уникнути пригнічення сигналу через вплив забрудників із навколишнього середовища. Ідентифікація *B. anthracis* також може здійснюватися за допомогою тестів на фагочутливість, які є простим і доступним методом, однак поступаються за специфічністю ПЛР-тестам. Таким чином, традиційні засоби виявлення виявляються малоефективними для вимірювань в умовах *in situ*, де перевага надається швидким, зручним у використанні, компактним та портативним рішенням (Tuśkiewicz et al., 2023).

Молекулярні методи діагностики мають переваги над традиційними підходами. Ідентифікація *B. anthracis* ускладнюється через наявність як спорових, так і вегетативних форм, а також схожість з іншими бацилами. В Україні виникла проблема з використанням ПЛР для виявлення збудника сибірки, оскільки відсутні зареєстровані ПЛР-тести (як вітчизняні, так і закордонні) для цього захворювання. Щоб запобігти епізоотії та забезпечити біологічну безпеку від сибірки, важливо розробити швидкі та чутливі ПЛР-тести. Ефективна та специфічна діагностика дозволяє швидко локалізувати спалахи хвороби і усунути загрози біологічної небезпеки.

Діагностичні лабораторії України мають бути забезпечені чутливими та специфічними діагностичними наборами для підтримки біобезпеки країни, особливо під час військового стану. Традиційні мікробіологічні методи ідентифікації сибірки займають до п'яти діб і несуть ризик зараження співробітників лабораторії. Традиційні хромогенні та селективні агари для ізоляції *Bacillus anthracis*, зокрема PLET-агари, є складними та дорогими для лабораторій, які виявляють лише поодинокі випадки сибірки раз на кілька років, як зазначають (Owen et al., 2013).

Ще однією проблемою є використання альтернативних комерційних барвників метиленового синього M'Fadyean, які часто дають неоднозначні результати та спричиняють діагностичні помилки. Натомість, проведення ПЛР-дослідження займає лише три години, і при цьому зразок є інактивованим (Stora, 2000).

Особливості перебігу сибірки як антропозоонозу. Лікарі, особливо в первинній ланці, можуть не розглядати антракс як диференційний діагноз, що призводить до затримки діагностики. Симптоми (зокрема шкірної форми) можуть бути сплутані з іншими інфекціями, такими як фурункульоз чи стафілококові ураження (Ozera et al., 2018).

Шкірна форма сибірки становить 95 % всіх випадків у людей, при цьому інфікування відбувається, коли спори потрапляють на шкіру, перетворюючись на вегетативні форми з інкубаційним періодом від 1 до 7 діб. Характерна виразка часто стає чорною, що й дало назву «антракс», яке в перекладі з грецької означає «вугілля». Симптоми можуть варіюватися в залежності від тяжкості хвороби — від набряку і лімфаденопатії — до лихоманки. У неускладнених випадках шкірні ураження гояться за 2-3 тижні без рубців, а системні симптоми зустрічаються рідко. При пустульозній формі спостерігаються яскраво виражені симптоми, значний набряк і можливий розвиток сепсису. У пацієнтів зі шкірною формою може бути не зафіксовано системних симптомів (Sivakumar et al., 2022).

Шлунково-кишкова форма сибірки виникає через споживання недовареного інфікованого м'яса або інших заражених продуктів. Вона має два різновиди: орофарингеальна, що вражає слизову оболонку рота, щік, язика і задньої стінки глотки; та кишкова, яка заселяє слизову оболонку термінального відділу клубової чи сліпої кишки після проникнення спор. Інкубаційний період становить 3-7 діб. Симптоми можуть охоплювати лихоманку, біль у животі, нудоту, блювоту, кривавий пронос і можуть нагадувати гострий живіт. Через 3-4 доби можливий розвиток перитоніту і сепсису, а потім і смерті. Сепсис частіше зустрічається у випадках з інгаляційною або шлунково-кишковою формою сибірки. Пацієнти можуть мати системні симптоми, і КТ може показувати наявність рідини в черевній порожнині. Зараження було ймовірне через споживання інфікованого м'яса (Bossi et al., 2004; Chambers et al., 2023).

Діагноз шкірної форми сибірки ставиться на основі епідеміологічної історії та характерних шкірних уражень. Діагностувати шлунково-кишкову чи інгаляційну форму складніше, тому важливо враховувати історію пацієнта.

Диференціальний діагноз для шлунково-кишкової форми включає харчове отруєння, гострий живіт з іншими причинами і геморагічний гастроентерит. Остаточний діагноз ставиться шляхом демонстрації агента за допомогою забарвлення за Грамом або посіву крові. Метод посіву крові є золотим стандартом діагностики. Забарвлення може дати негативний результат при впливі антибіотика, тому використовують ПЛР та імуногістологічні методи. Діагноз ставиться через збір анамнезу та за результатами посіву крові пацієнта зі шлунково-кишковою формою сибірки. У випадках із шкірною формою діагноз ставиться на основі спостереження характерних виразок та анамнезу. Через попереднє вживання антибіотиків, пацієнти можуть проходити ПЛР-тестування на сибірку, що підтверджує наявність інфекції (Nooral et al., 2022).

Легенева форма сибірки, коли людина вдихає спори сибірки, може розвинути в інгаляційну сибірку. Інфекція зазвичай розвивається протягом тижня після зараження; проте, цей розвиток може тривати до 2 місяців. Без лікування виживають лише близько 10–15% пацієнтів, інфікованих легеневою формою сибірки. Однак при агресивному лікуванні виживають близько 55% пацієнтів. Клінічна картина легеневої форми сибірки протікає у дві стадії. Спочатку фізичні ознаки зазвичай неспецифічні включають лихоманку, задишку, кашель, головний біль, блювання, слабкість, біль у животі та грудях. Друга стадія розвивається раптово і включає раптову лихоманку, задишку, потовиділення та шок. Рання діагностика складна і вимагає високого ступеня підозрілості (Sangwan et al., 2025; Wondmnew, 2023).

Ін'єкційна сибірка є найрідкіснішою формою захворювання, спричиненою проникненням *Bacillus anthracis* через внутрішньовенну, підшкірну або внутрішньом'язову ін'єкцію заражених речовин. Інфекція викликає значний набряк у місці введення, що може призвести до абсцесу або некротизуючого фасціїту. На даний момент в Європі зафіксовано три спалахи ін'єкційної сибірки серед споживачів героїну, з рівнем смертності до 35%. Лікування включає антибіотики та хірургічне видалення ураженої ділянки. Менінгіт, викликаний інфекцією *Bacillus anthracis*, є рідкісною, але смертельною формою сибірки. Бацили можуть проникати через шкіру, орально чи через дихальні шляхи, поширюючись через кров або лімфу до центральної нервової системи, де провокують менінгіт після подолання гематоенцефалічного бар'єру (Hendricks et al., 2022; Zasada, 2018).

Біобезпека і біозахист щодо сибірки. Системи біобезпеки та біозахисту запроваджуються по всьому світу для зменшення ризиків, що виникають через небезпечні патогени в лабораторіях. Ветеринарні лабораторії мають особливу відповідальність перед працівниками та суспільством за безпечне й надійне поводження з патогенними мікроорганізмами, оскільки багато з мікроорганізмів, що досліджуються там, здатні інфікувати не тільки тварин, а й людей (Sidwa et al., 2020).

Інфекційні захворювання серед худоби становлять серйозну загрозу для здоров'я тварин у світі, і їхній контроль є ключовим для підтримки міжнародних торговельних зв'язків щодо худоби та продукції тваринництва. Лабораторна діяльність, яка включає дослідження патогенів, розробку діагностичних інструментів, створення фармацевтичних препаратів і вакцин, а також ідентифікацію та аналіз етіологічних агентів, відіграє вирішальну роль у більшості успішних ініціатив щодо контролю (Tomley & Shirley, 2009).

Робота з інфекційними патогенами, включаючи їх ізоляцію, зберігання та утилізацію, пов'язана із серйозними ризиками. Ці ризики стосуються лабораторної безпеки, здоров'я персоналу, довкілля, місцевих громад і навіть глобальної безпеки. В матеріалах Всесвітньої організації охорони здоров'я тварин (МЕБ) (2015), зазначено, що біобезпека лабораторій базується на принципах і практиках, спрямованих на запобігання ненавмисному вивільненню чи випадковому впливу біологічних агентів і токсинів. Водночас біозахист лабораторій визначається, як заходи фізичного контролю над

біологічними агентами та токсинами з метою уникнення їхньої втрати, крадіжки, неправильного використання або несанкціонованого доступу чи вивільнення.

Лабораторні аварії та ненавмисне вивільнення патогенів із ветеринарних лабораторій становлять ризик інфікування як людей, так і тварин. У США лабораторія тимчасово припинила діяльність після того, як її працівники заразилися бруцельозом і зазнали впливу лихоманки Ку (Lim et al., 2004; Kaiser, 2007).

Лабораторії та дослідницькі установи, які працюють із патогенами тваринного походження, стикаються з ризиком зоонозних інфекцій. Такі збудники створюють суттєву небезпеку як для персоналу, так і для навколишніх спільнот людей і тварин. В 2007 році в графстві Суррей, Велика Британія, через витік лабораторних штамів вірусу ящура зі стічної труби інфекція потрапила до місцевого сільського господарства. Зараження худоби відбулося через транспортні засоби, які стали носіями забруднених відходів. Вірус було виявлено на десяти фермах, що призвело до значного хаосу в тваринницькому секторі. Ліквідація наслідків обійшлася в понад 100 мільйонів фунтів стерлінгів (Jaouhari, 2022).

Можливі загрози випадкового поширення патогенів, політика та заходи лабораторної біобезпеки мають ключове значення для будь-якої установи, яка працює зі збудниками, що несуть ризик для здоров'я людей і тварин. Навмисне поширення небезпечних патогенів, поряд із випадковим вивільненням є ще більшою загрозою. Зростання терористичної активності у поєднанні з прогресом у біологічних науках підвищує ймовірність використання патогенів у тероризмі (Gaudioso & Salerno, 2004).

Сибірка, викликана бактерією *Bacillus anthracis*, становить значну загрозу як у природному середовищі, так і в умовах біотерористичних дій. Її здатність уражати широкий спектр організмів, включно з людьми та тваринами, разом із потенційним використанням, як біологічної зброї підкреслює важливість глибшого вивчення цього захворювання та вдосконалення заходів боротьби з ним (Kanwar, 2025).

Процес застосування біологічного агента для завдання шкоди є багатоступеневим і складним. Він включає доступ до чистого та високовірулентного патогена, його достатнє виробництво та ефективне поширення. Терористи частіше звертаються до біологічних лабораторій для отримання вже очищених і перевірених на вірулентність патогенів, оскільки це простіше, ніж ізолювати їх від природних джерел, чи під час спалахів (Salerno & Gaudioso, 2007).

У численних дослідницьких, діагностичних і фармацевтичних лабораторіях патогени ізолюють, посилюють і зберігають для виконання наукових завдань, діагностики захворювань і розробки методів лікування. Через це вони стають потенційними об'єктами для крадіжки та зловмисного використання. У зв'язку з цим критично важливим є впровадження програм лабораторної біобезпеки для захисту цих матеріалів. Лише після інциденту з поширенням лабораторного штаму *Bacillus anthracis* через поштову систему США кілька країн запровадили жорсткі регуляції для посилення систем біобезпеки (Brass et al., 2017).

Лабораторна біобезпека та біозахист є ключовими складовими управління біоризиками і мають впроваджуватися у всіх дослідницьких лабораторіях, виходячи з оцінки ризику. Лабораторна біобезпека враховує ймовірність небезпечних подій, таких як випадкове інфікування або навмисне вивільнення, та можливі наслідки цих подій. Системи лабораторної біобезпеки включають інженерні засоби контролю, стандартні робочі процедури та використання засобів індивідуального захисту. Біозахист охоплює заходи з фізичної безпеки, захисту персоналу, інформаційної безпеки, контроль безпеки транспортування, а також управління матеріалами й їх підзвітність, як зазначно в European committee for standardization (CEN) (2011).

Одним із ключових аспектів забезпечення глобальної безпеки у сфері охорони здоров'я є належне управління біологічними ризиками в лабораторіях. Для ефективної роботи ізольованих лабораторій, включно з ветеринарними, необхідно впроваджувати системи управління біоризиками. Вони мають включати відповідні заходи біобезпеки та

біозахисту, що спрямовані на запобігання витоку чи впливу інфекційних матеріалів. Обробка, ізолювання, зберігання та утилізація патогенних мікроорганізмів створюють невідворотні ризики для безпеки не лише самих лабораторій та їхнього персоналу, але й суспільства, довкілля та навіть глобального рівня. Через це системи біобезпеки та біозахисту повинні стати обов'язковою складовою будь-якої лабораторії, що працює з небезпечними мікроорганізмами, забезпечуючи превенцію випадкового чи навмисного витоку матеріалів (Sodjinou, 2021).

Стандарт управління біологічними ризиками ветеринарній лабораторії складається з компонентів управління біоризиками: ідентифікація біологічної небезпеки, оцінка біологічного ризику, управління ризиками, комунікація ризиків, верифікація з постійним удосконаленням, як зазначено в World organisation for animal health (OIE) (2015).

Процеси збору, транспортування, ізоляції та зберігання біологічних агентів до лабораторії несуть значні ризики. Щоб забезпечити ефективний та своєчасний контроль над небезпечними спалахами інфекційних захворювань і підвищити якість лабораторної діяльності, ці ризики потребують ретельного управління. Заходи біозахисту та відповідна інфраструктура повинні розвиватися синхронно, створюючи ефективні об'єкти, які гарантують безпеку працівників, захист довкілля, відповідний рівень утримання продуктів (дослідницьких, діагностичних або вакцинних) і контроль над біологічними патогенами (Zaki, 2010).

Для захисту працівників лабораторій від можливого контакту з біологічними агентами застосовуються комбінації лабораторних методів і процедур, спеціального обладнання (первинних бар'єрів) та засобів захисту (вторинних бар'єрів). Таке поєднання створює так звані рівні біобезпеки (Biosafety Level – BSL). Класифікація лабораторій за рівнями біобезпеки здійснюється з урахуванням їх функціонального призначення, конструктивних особливостей, наявного обладнання, а також практик і процедур для роботи з патогенами різних груп ризику. Відповідно до рівня біобезпеки лабораторії поділяються на чотири категорії: базові (рівень біобезпеки 1), середні базові (рівень біобезпеки 2), ізольовані (рівень біобезпеки 3) та максимально ізольовані (рівень біобезпеки 4). Вибір необхідного рівня біобезпеки для конкретних завдань визначається фахівцями на основі оцінки ризиків (Zubareva et al., 2022).

Різні установи мають неоднаковий рівень фінансових та організаційних можливостей для зменшення біологічних ризиків. Головними викликами, з якими стикаються лабораторії по всьому світу, залишаються нестабільне енергопостачання, недосконала інфраструктура, проблеми географічного розміщення та забезпечення захисту, непередбачувані погодні умови, а також необхідність у навчанні персоналу. Водночас застосування підходу до зниження біологічних ризиків, заснованого на попередній їхній оцінці, дозволяє персоналу краще усвідомлювати існуючі або потенційні загрози в лабораторії та можливі наслідки цих загроз для співробітників, їхніх родин і ширшого населення.

Отже, стратегії зниження ризиків значно варіюватимуться залежно від особливостей конкретної лабораторії, установи чи країни. Ефективний контроль небезпек у лабораторії забезпечить безпеку не лише її співробітників або осіб у будівлі, де вона розташована, а й загалом усіх людей у суспільстві, як зазначено в Biosafety in microbiological and biomedical laboratories (2020) та Laboratory biosafety and biosecurity risk assessment technical (2014).

Обмежені лабораторні можливості пов'язані з функціонуванням лабораторій із різним рівнем біозахисту, що має свої національні особливості. Визначення належності мікроорганізму до певної групи патогенності може відрізнятися залежно від країни. У Європі існує власний список патогенів, який має специфічні особливості порівняно з рекомендаціями, запропонованими МЕБ. Список захворювань, обов'язкових для контролю в країнах ЄС, включає сибірку.

Важливим елементом забезпечення біобезпеки та біозахисту є функціонування центрів референс-експертизи. Сьогодні вони виконують роль нагляду та сприяють розробці

й імплементації стандартів біобезпеки на національному, регіональному та глобальному рівнях. Експертиза проводиться на різних рівнях. Перший, і найбільш значущий для ефективності системи, це національний рівень. У країнах ЄС, Азії та на американському континенті функціонують національні нормативи й правила щодо контролю захворювань із потенційними ризиками. Ці нормативи постійно перевіряються та вдосконалюються за допомогою національних референс-лабораторій, як зазначають (Stegniy et al., 2010). Більшість регіональних лабораторій не мають сучасного обладнання для швидкої та точної ідентифікації *Bacillus anthracis* (наприклад, ПЛР-систем або автоматизованих бактеріологічних аналізаторів). Остаточна ідентифікація збудника проводиться в референс-лабораторіях Центру громадського здоров'я, але транспортування зразків із віддалених регіонів може бути ускладненим через логістичні проблеми та вимоги до біобезпеки.

Робота з патогенами I-II груп патогенності, до яких належить *Bacillus anthracis*, а за класифікацією Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ.) відноситься до третьої групи патогенності (особливо небезпечних інфекцій (ОНІ)), вимагає спеціальної підготовки, якої бракує в багатьох регіональних установах.

Лабораторії, які проводять дослідження на сибірку, повинні відповідати суворим вимогам біобезпеки (згідно з ДСП 9.9.5.035-99). Однак не всі установи мають належні умови для роботи з такими патогенами, що підвищує ризик контамінації або інфікування персоналу. Недостатнє фінансування ускладнює забезпечення засобами індивідуального захисту та підтримання належного рівня біобезпеки.

Національні референс-лабораторії активно співпрацюють із міжнародними, розробляючи й верифікуючи ефективність заходів у галузях тваринного здоров'я та біобезпеки. Як приклад ефективної співпраці можна навести референс-інституції ЄС. Їх розташування визначається двома основними принципами — наявністю високого досвіду та територіальною зручністю. Ці установи постійно взаємодіють із національними лабораторіями через верифікацію методик діагностики, спільні моніторингові проекти, освітні програми та підготовку звітів.

Отримані результати свідчать про наявність системних проблем у сфері діагностики сибірки в Україні, що посилюються у контексті воєнного конфлікту. Залишається незадовільною ситуація з оновленням лабораторного обладнання та впровадженням сучасних методів виявлення *Bacillus anthracis*, зокрема ПЛР та імуноферментного аналізу. Існуюча нормативна база часто не враховує сучасних молекулярних методів, а відсутність зареєстрованих в Україні ПЛР-наборів для виявлення сибірки ускладнює оперативне реагування на спалахи.

Незважаючи на наявність відповідних інструкцій і санітарних норм, їх практичне застосування обмежується браком фінансування, дефіцитом кадрів і низькою обізнаністю фахівців щодо діагностики рідкісних зоонозів. Відсутність централізованого доступу до актуалізованої карти сибіркових скотомогильників також перешкоджає здійсненню ефективного епізоотичного контролю, що є критичним у період активних бойових дій та на тимчасово окупованих територіях.

Особливу небезпеку становить недооцінка ризику повторної активації спорової форми збудника в результаті порушення ґрунтового покриву, будівельних або військових робіт. У зв'язку з цим актуалізується потреба у системному підході до моніторингу ґрунтових осередків, контролю за потенційно небезпечними ділянками, а також підвищення рівня взаємодії між державними установами, науковими центрами та громадськими організаціями.

З огляду на виклики, з якими зіштовхується система біобезпеки України, необхідно терміново розробити і впровадити чіткі алгоритми дій для діагностичних лабораторій у випадку виявлення сибірки, забезпечити навчання персоналу, оновити діагностичні протоколи і стандарти відповідно до міжнародних рекомендацій (ВОЗ, ОІЕ).

Висновки.

1. Проведене дослідження підтвердило, що сибірка залишається одним із найбільш актуальних епізоотичних і біобезпечових викликів в Україні, особливо в умовах воєнного конфлікту, що суттєво ускладнює здійснення ефективного епізоотичного нагляду, діагностики та контролю за сибірковими скотомогильниками. У результаті аналізу встановлено, що чинна нормативно-правова база, методичне забезпечення та технічна оснащеність лабораторій не відповідають сучасним вимогам до виявлення збудника *Bacillus anthracis*.

2. Дослідження показало, що мікробіологічні та серологічні методи, які домінують у лабораторній практиці, є недостатньо ефективними у випадках латентного або спорового перебігу інфекції. Зокрема, брак зареєстрованих в Україні ПЛР-наборів для діагностики сибірки значно обмежує можливості швидкого реагування на потенційні спалахи. Крім того, через високий ступінь морфологічної і генетичної схожості *Bacillus anthracis* з іншими представниками групи *Bacillus cereus* виникають труднощі у точній ідентифікації патогена.

3. Аналіз статистичних даних свідчить про збереження активних епізоотичних осередків у ряді регіонів, зокрема в зонах бойових дій і тимчасової окупації. Виявлено, що більшість сибіркових могильників залишаються без постійного нагляду, що створює ризики повторного інфікування внаслідок механічного порушення ґрунту.

3. На основі отриманих результатів обґрунтовано доцільність термінового оновлення нормативної документації з урахуванням вимог міжнародних організацій (ВОЗ, WHOAN), впровадження ПЛР-діагностики в практику державних лабораторій, створення національної геоінформаційної бази сибіркових захоронень, а також посилення міжвідомчої співпраці у сфері біобезпеки. Необхідним є також підвищення рівня професійної підготовки фахівців та розробка алгоритмів дій для екстреного реагування на підозру або підтвердження випадків сибірки серед тварин чи людей.

Перспективи подальших досліджень у сфері діагностики та контролю сибірки в Україні полягають у розробці і впровадженні високочутливих та специфічних молекулярних тест-систем, зокрема вітчизняних ПЛР-наборів, адаптованих до особливостей місцевих штамів *Bacillus anthracis*. Важливим напрямом є створення інтегрованої інформаційної платформи для системного моніторингу сибіркових осередків та скотомогильників із залученням геоінформаційних технологій (GIS). Необхідно розширити дослідження щодо впливу військових дій на поширення спорової форми збудника у ґрунті та можливих шляхів її мобілізації у довкіллі. Особливу увагу слід приділити вивченню імунної відповіді тварин і людей на різні форми інфекції, що дозволить удосконалити профілактичні заходи і схеми вакцинації. Також важливо підвищувати кваліфікацію фахівців у галузі ветеринарної та гуманної медицини, впроваджуючи сучасні методи навчання з урахуванням біобезпеки і біозахисту при роботі з патогенами I-II груп небезпеки.

References

- Abdelli, M., Charlotte, F., Morineaux, V. H., Cumont, A., Taysse, L., Raynaud, F., & Ramisse, V. (2023). Get to know your neighbors: Characterization of close *Bacillus anthracis* isolates and toxin profile diversity in the *Bacillus cereus* group. *Microorganisms*, 11(11), 2721. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11112721>
- Anthrax annual epidemiological. (2023). European Centre for Disease Prevention and Control.
- Arede, M., Allepuz, A., Beltran-Alcrudo, D., Casal, J., & Romero-Alvarez, D. (2024). Suitability of anthrax (*Bacillus anthracis*) in the Black Sea basin through the scope of distribution modeling. *PLOS ONE*, 19(2), e0303413. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0303413>
- Ashique, S., Biswas, A., Mohanto, S., Srivastava, S., Hussain, M. S., Ahmed, M. G., & Subramaniyan, V. (2024). Anthrax: A narrative review. *New Microbes and New Infections*, 62, 101501. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2024.101501>

- Beale, S., Rava, Z. T., & Mace, F. C. (2021). A scoping review on category A agents as bioweapons. *Prehospital and Disaster Medicine*, 36(6), 767–773. <https://doi.org/10.1017/S1049023X21001072>
- Biosafety in microbiological and biomedical laboratories. (2020). Centers for Disease Control and Prevention (CDC).
- Bossi, P., Tegnell, A., Baka, A., Van Loock, F., Hendriks, J., Werner, A., Maidhof, H., & Gouvras, G. (2004). Bichat guidelines for the clinical management of anthrax and bioterrorism-related anthrax. *Eurosurveillance*, 9(12), 21–22. <https://doi.org/10.2807/esm.09.12.00500-enr>
- Iovenko, I., Zaviriukha, H., Sorokina, N., & Yanenko, U. (2023). Anthrax outbreaks under environmental instability: Ukrainian model of biosecurity threats. *One Health Reports*, 2(1), 101046. <https://doi.org/10.1016/j.ohr.2023.101046>
- Railean, S., Popa, M., Topor, D., & Muntean, A. (2024). Environmental persistence of *Bacillus anthracis*: A new approach to risk assessment. *Microbial Risk Analysis*, 20, 100203. <https://doi.org/10.1016/j.mran.2024.100203>
- Shapoval, V. F., Pivovar, S. M., Rudenko, L. M., & Matsiychuk, P. V. (2020). Anthrax prevention – everything you need to know. *Pathogens*, 9(5), 370. <https://doi.org/10.3390/pathogens9050370>
- Sidwa, T., Salzer, J. S., Traxler, R., Swaney, E., Sims, M. L., Bradshaw, P., & Hendricks, K. (2020). Control and prevention of anthrax, Texas, USA, 2019. *Emerging Infectious Diseases*, 26(12), 2815–2824. <https://doi.org/10.3201/eid2612.200470>
- Sivakumar, A., Kalimuthu, A., & Munisamy, M. (2022). Cutaneous anthrax. *JAMA Dermatology*, 158(9), 1065. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2022.3216>
- Sodjinou, V. D., Ayelo, P. A., Achade, A. G. A., Affolabi, D., & Ouendo, D. E.-M. (2021). Assessment of the biosafety and biosecurity in the reference veterinary laboratory of Parakou in Benin. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 6(3), 146. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed6030146>
- Song, X., Zhang, W., Zhai, L., Guo, J., Zhao, Y., Zhang, L., ... & Yang, W. (2022). Aerosolized intratracheal inoculation of recombinant protective antigen (rPA) vaccine provides protection against inhalational anthrax in B10.D2-Hc0 mice. *Frontiers in Immunology*, 13, 819089. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.819089>
- Stegniy, B. T., Kutsan, O. T., Gerilovych, A. P., Holovko, A. M., Rublenko, M. V., Bisyuk, I. Yu. (2010). Biosafety and bioprotection: World experience, problems in Ukraine and ways to solve them. *Veterinary Medicine*, 94, 5–12.
- Stopa, P. J. (2000). The flow cytometry of *Bacillus anthracis* spores revisited. *Cytometry*, 41(4), 237–244. [https://doi.org/10.1002/1097-0320\(20001201\)41:4<237::aid-cyto1>3.0.co;2-3](https://doi.org/10.1002/1097-0320(20001201)41:4<237::aid-cyto1>3.0.co;2-3)
- Tin, D., Pardis, S., & Gregory, C. (2022). Bioterrorism: An analysis of biological agents used in terrorist events. *The American Journal of Emergency Medicine*, 54, 117–121. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2022.01.056>
- Tomley, F. M., & Shirley, M. W. (2009). Livestock infectious diseases and zoonoses. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1530), 2637–2642. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0133>
- Tyśkiewicz, R., Fedorowicz, M., Nakonieczna, A., Zielińska, P., Kwiatek, M., & Mizak, L. (2023). Electrochemical, optical and mass-based immunosensors: A comprehensive review of *Bacillus anthracis* detection methods. *Analytical Biochemistry*, 675, 115215. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2023.115215>
- Wondmnew, T., & Asrade, B. (2023). Case-control study of human anthrax outbreak investigation in Farta Woreda, South Gondar, Northwest Ethiopia. *BMC Infectious Diseases*, 23, 167. <https://doi.org/10.1186/s12879-023-08136-9>
- Zaki, A. N. (2010). Biosafety and biosecurity measures: Management of biosafety level 3 facilities. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 36(10), 70–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2010.06.026>
- Zasada, A. A. (2018). Injectional anthrax in human: A new face of the old disease. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 27, 553–558. <https://doi.org/10.17219/acem/68380>
- Zubareva, I. M., Mitina, N. B., & Malinovska, N. V. (2022). General rules for safe work with biological agents. *Ukrainian Journal of Construction and Architecture*, 5(011), 43–50. <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.251022.43.890.890>



2025. Номер 12, С. 181 – 187.

Отримано: 03.10.2025 Прийнято: 19.10.2025 Опубліковано: 27.11.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.12.16

UDC 619:616.98:579.873.21

CULTURE AND LONG-TERM STORAGE OF MYCOBACTERIAL CULTURES

Yu.V. Andrienko

*National Scientific Center “Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine”,
Kharkiv, Ukraine,*

E-mail: yula.psi@gmail.com

Abstract. Diagnosis of animal tuberculosis remains an urgent task of veterinary phthisiology. Despite the success achieved, it is still necessary to improve and develop modern methods of indicating and identifying mycobacteria from biological material. For this purpose, a number of nutrient media are used. The aim of the work was to comprehensively improve the system of cultivation and long-term storage of *Mycobacterium avium* cultures using modern lyophilization technologies and to develop a special selective nutrient medium. During experimental studies, a comparison of the growth of *M. avium* culture on the classical Löwenstein-Jensen egg medium and the developed “KIT” accumulation medium was carried out. It was established that the “KIT” medium allows to reduce the time of isolation of mycobacterial cultures by 5–7 days and increase the percentage of positive isolations by 27%, which significantly speeds up the process of bacteriological diagnostics. Mycobacteria were isolated from the blood of experimentally infected laboratory animals using the “KIT” nutrient medium. Thus, the highest percentage of isolation from blood was observed in guinea pigs that were inoculated with a suspension of *Mycobacterium avium*-intracellulare complex. It was found that the serum-glucose protective suspension medium and the drying regime effectively preserve the viability and enzymatic activity of mycobacterial strains for more than 30 years. The conducted study allowed to develop and test a comprehensive system of improved cultivation and long-term storage of mycobacteria *M. avium*, which includes the use of a new accumulation medium “KIT” and an optimized lyophilization regime using serum-glucose protective suspension medium. The results of the study are recommended to be implemented in the production practice of the biological industry and veterinary laboratories, which will ensure the stability and efficiency of work with *Mycobacterium avium* cultures.

Keywords: *mycobacteria, Mycobacterium avium, cultivation medium, lyophilization, long-term storage, veterinary diagnosis.*

КУЛЬТИВУВАННЯ ТА ДОВГОТРИВАЛЕ ЗБЕРІГАННЯ КУЛЬТУР МІКОБАКТЕРІЙ

Ю. В. Андрієнко

*Національний науковий центр «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної
медицини», Харків, Україна,
E-mail: yula.psi@gmail.com*

Анотація. Діагностика туберкульозу тварин залишається актуальною задачею ветеринарної фтизіатрії. Не зважаючи на досягнутий успіх і на сьогодні необхідним є удосконалення та розробка сучасних способів індикації та ідентифікації мікобактерій з біологічного матеріалу. З цією метою застосовують цілу низку поживних середовищ. Метою роботи було комплексне удосконалення системи культивування та довготривалого зберігання культур *Mycobacterium avium* із застосуванням сучасних технологій ліофілізації та розробка спеціального селективного поживного середовища. У ході експериментальних досліджень було проведено порівняння росту культури *M. avium* на класичному яєчному середовищі Левенштейна-Йенсена та розробленому накопичувальному середовищі «КІТ». Встановлено, що середовище «КІТ» дозволяє скоротити час виділення культур мікобактерій на 5–7 діб і підвищити відсоток позитивних ізоляцій на 27 %, що значно прискорює процес бактеріологічної діагностики. За допомогою поживного середовища «КІТ» ізолювано мікобактерії з крові експериментально заражених лабораторних тварин. Так, найбільший відсоток ізолювання з крові відмічався у морських свинок, які були щеплені зависсю мікобактерій *Mycobacterium avium-intracellulare complex*. Встановлено, що сироваточно-глюкозне захисне суспензійне середовище та режим сушіння ефективно зберігають життєздатність і ферментативну активність штамів мікобактерій понад 30 років. Проведене дослідження дозволило розробити та апробувати комплексну систему удосконаленого культивування та тривалого зберігання мікобактерій *M. avium*, що включає застосування нового накопичувального середовища «КІТ» та оптимізованого режиму ліофілізації з використанням сироваточно-глюкозного захисного суспензійного середовища. Результати дослідження рекомендується впровадити у виробничу практику біологічної промисловості та ветеринарних лабораторій, що дозволить забезпечити стабільність та ефективність роботи з культурами *Mycobacterium avium*.

Ключові слова: мікобактерії, *Mycobacterium avium*, середовище культивування, ліофілізація, тривале зберігання, ветеринарна діагностика.

Вступ. *Актуальність теми.* У сучасному тваринництві проблема діагностики туберкульозу та інфекцій, викликаних атиповими мікобактеріями, залишається актуальною через економічні втрати від хибнопозитивних реакцій на туберкулін та необґрунтованого забою здорових тварин. Традиційні методи культивування не завжди забезпечують швидке та точне виділення культур, що уповільнює діагностику туберкульозу (Thoen et al., 2006; Malik et al., 2023). Розробка нових поживних середовищ та методів зберігання культур мікобактерій дозволить підвищити ефективність діагностики та зменшити витрати на її проведення (Zavhorodnii et al., 2023).

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідження екології та методів культивування нетуберкульозних мікобактерій показують, що вони поширені в навколишньому середовищі та викликають проблеми в діагностиці (Sajduda et al., 2004; Falkinham, 2013, 2021). Встановлена пластичність їх культуральних та біологічних властивостей (Zavgorodnii et al., 2021; Paliy et al., 2024). Методи ліофілізації для збереження життєздатності штамів описані в роботах, де підкреслюється роль захисних середовищ (Ukhovskiy et al., 2019; Gutsulyak, 2022; Gutsulyak & Timchenko, 2023). Так, використання

желатину та молока покращує стабільність процесу та отримання кінцевого продукту (Markeyev, 2013). Таксономія та епідеміологія *M. avium* вивчені у контексті зоонозів (Shinnick & Good, 1994; Pavlik et al., 2000; Michel et al., 2006). Сучасні методи швидкого культивування включають модифіковані середовища (Palomino et al., 2002). ДНК-фінгерпринтинг використовується для ідентифікації мікроорганізмів (van Soolingen et al., 1994). Однак, при цьому, бракує комплексних підходів для ветеринарної практики (Grange & Yates, 1994; World Organisation for Animal Health, 2024).

Метою роботи було комплексне удосконалення системи культивування та довготривалого зберігання культур мікобактерій *Mycobacterium avium* із застосуванням сучасних технологій ліофілізації та розробка спеціального селективного поживного середовища.

Завдання дослідження: створення селективного середовища для прижиттєвого виділення чистих культур мікобактерій; ізоляція та стандартизація штамів; визначення впливу терміну зберігання на властивості культур мікобактерій.

Матеріал і методи досліджень. Для вивчення впливу ліофілізації на життєздатність виробничих штамів мікобактерій *M. avium* використовували сироваточно-глюкозне захисне суспензійне середовище. При цьому застосовували теоретичний метод аналізу та узагальнення наукової літератури щодо проблеми культивування та зберігання штамів мікобактерій. Для досягнення практичного результату в роботі використали бактеріологічний метод, з використанням щільного яєчного середовища Левенштейна-Йенсена. Режим ліофілізації був підібраний для даного виду культур мікобактерій. Параметри висушування були наступними: швидке заморожування за температури мінус 40 °C – забезпечує збереження цілісності клітин, попереджаючи формування кристалів льоду всередині бактерій; сублімаційне висушування при залишковому тиску 0,08 мБар – видалення вологи шляхом переходу льоду у пароподібний стан без проходження рідкої фази; десорбція залишкової вологи при 20 °C – стабілізація сухого продукту та підготовка його до тривалого зберігання.

Життєздатність культур перевіряли шляхом підрахунку колоній після відновлення на твердих середовищах, а біохімічну активність оцінювали за допомогою стандартних тестів. Обробка даних проведена коректними математичними методами, кількість тварин у досліді (загальна та у групах) достатня для достовірної статистичної обробки (Kubica & Wayne, 1984; Collins et al., 1985; Palomino et al., 2002).

Бактеріологічні посіви проводили на класичному середовищі Левенштейна-Йенсена та на розробленому накопичувальному середовищі «КІТ» (кров-індикатор-твін), що містить у своєму складі лужний розчин низької концентрації (0,5 %), неіоногенну поверхнево-активну речовину твін-80 (0,05 %), яка не проявляє суттєвого впливу на життєздатність мікобактерій, а навпаки стимулює їхній ріст, *pH*-індикатор (бромтимоловий синій (БТС) у концентрації 0,02 %), що додається до складу середовища, як інгібітор росту банальної мікрофлори і відповідає інтервалу *pH*, за якого мікобактерії проявляють активний ріст. Мікроскопія за Цілем-Нільсеном використовувалася для підтвердження кислотостійких бактерій у досліджуваних культурах та контролю їх чистоти. Біохімічні тести включали визначення активності нітратредуктази, уреазы та каталази, що дозволяє оцінити функціональний стан культур до та після ліофілізації.

Усі експериментальні дослідження проведено згідно сучасних методологічних підходів та з дотриманням відповідних вимог і стандартів, зокрема вимогам ДСТУ ISO/IEC 17025:2005 (2006). Утримання тварин та всі маніпуляції здійснювали відповідно до положень «Порядку проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах» (2012), Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей.

Результати досліджень та їх обговорення. У ході експериментальних досліджень було проведено порівняння росту культури *M. avium* на класичному яєчному середовищі Левенштейна-Йенсена та розробленому накопичувальному середовищі «КІТ» (кров-

індикатор-твін). Встановлен, що на середовищі «КІТ» перші колонії з'являлися на 10–12-ту добу, тоді як на Левенштейна-Йенсена — лише на 16–18-ту добу. Це свідчить про прискорений ріст бактерій на новому середовищі, що дозволяє скоротити час діагностичних досліджень на 5–7 діб. На середовищі «КІТ» кількість позитивних ізоляцій зросла на 27 % порівняно з класичним середовищем. Це підтверджує високу чутливість нового середовища та його ефективність для виділення мікобактерій із клінічного матеріалу. Колонії мікобактерій на середовищі «КІТ» зберігали типові морфологічні ознаки: сухі, шорсткі, кремового кольору, що дозволяє ідентифікувати культуру при візуальному контролі.

У наступних дослідках біоматеріалом для бактеріологічного дослідження, при встановленні діагнозу на туберкульоз служила кров, відібрана за життя тварини. Спосіб був попередньо випробуваний в умовах експерименту на 64 головах клінічно здорових морських свинок живою вагою не менше 350 г, які до початку дослідження не реагували на ППД-туберкулін для ссавців, 25 з яких – були заражені культурою виду *M. avium*, 10 – *M. intracellulare*, 15 – *M. bovis* і 14 – *M. tuberculosis* (таблиця 1).

Таблиця 1

Дослідження ефективності комбінованого середовища «КІТ» у дослідках на морських свинках, заражених тест-культурами мікобактерій

Ч.ч.	Кількість морських свинок (n)	Культура мікобактерій	Ізольовано кислотостійких культур	% ізольованих культур
1	25	<i>M. avium</i>	15	60,0
2	10	<i>M. intracellulare</i>	5	50,0
3	15	<i>M. bovis</i>	6	40,0
4	14	<i>M. tuberculosis</i>	4	28,6
5	10	Контроль (культури не вводили)	—	—

Із даних таблиці 1 видно, що найбільший відсоток ізолювання з крові відмічався у морських свинок, які були щеплені зависсю мікобактерій *M. avium-intracellulare complex* (відповідно 60 % і 50 %).

Для оцінки ефективності тривалого зберігання штамів після ліофілізації (рисунок 1) вивчали життєздатність культур після їх відновлення на поживному середовищі (таблиця 2).



Рисунок 1. Загальний вид ліофілізованих культур мікобактерій

Збереження життєздатності культур мікобактерій при тривалому зберіганні у ліофілізованому стані

№	Термін зберігання культур мікобактерій, роки	Життєздатність культур мікобактерій *, %
1	Одразу після ліофілізації	100±9,4
2	1	98±8,6
3	5	96±7,9
4	10	94±8,5
5	20	92±8,0
6	30	90±7,6

Примітка: дані усереднені за 13 штамми; * $p < 0.05$ порівняно з вихідним рівнем.

Так, поступове зниження життєздатності від 100 % до 90 % протягом 30 років є незначним, що свідчить про ефективність використаних методів ліофілізації та захисних середовищ (Gutsulyak, 2022). Біохімічна активність штамів також залишалася стабільною: 95 % зберігали нітратредуктазну активність, 92 % — каталазну активність. Це гарантує збереження функціональних характеристик бактерій після їх тривалого зберігання (Ragot et al., 1999; Markeyev, 2013).

Отримані дані підтверджують, що використання накопичувального середовища «КІТ» значно скорочує терміни виділення культур та підвищує чутливість бактеріологічної діагностики. Прискорена ізоляція культур дозволяє зменшити час очікування результатів діагностики, що критично для прийняття відповідних рішень у господарствах. Сироваточно-глюкозне захисне суспензійне середовище та режим сушіння ефективно зберігають життєздатність і ферментативну активність штамів понад 30 років. Практична значимість: збереження вірулентності та антигенних властивостей штамів дозволяє використовувати їх для виробництва алергенів та дослідницьких колекцій без ризику втрати характеристик. Швидка і точна діагностика допомагає уникнути необґрунтованого забою продуктивних тварин та мінімізує втрати у господарствах. Розроблені підходи можна масштабувати для інших видів атипичних мікобактерій та використовувати як стандарт для виробничих і діагностичних лабораторій (Thoen et al., 2006; Shinnick & Good, 1994).

Отримані дані підтверджують перевагу нового методу. Таким чином, середовище «КІТ» дозволяє скоротити час виділення культур на 5–7 діб і підвищити відсоток позитивних ізоляцій на 27 %, що значно прискорює процес бактеріологічної діагностики та дає змогу раніше проводити необхідні ветеринарно-санітарні заходи (Falkinham, 2021).

Проведене дослідження дозволило розробити та апробувати комплексну систему удосконаленого культивування та тривалого зберігання мікобактерій *M. avium*, що включає застосування нового накопичувального середовища «КІТ» та оптимізованого режиму ліофілізації з використанням сироваточно-глюкозного захисного суспензійного середовища. Впроваджений режим ліофілізації забезпечує високу життєздатність культур навіть після тривалого зберігання: 90 % життєздатності зберігається навіть через 30 років. Біохімічні характеристики штамів, зокрема активність нітратредуктази, уреаз та каталази, залишаються стабільними, що підтверджує ефективність підібраних захисних середовищ і зберігає функціональні властивості бактерій, необхідні для виробництва алергенів.

Розроблений підхід може бути використаний у виробничих лабораторіях для створення стабільних колекцій штамів, у діагностичних центрах — для скорочення часу отримання результатів і підвищення чутливості досліджень, а також у наукових дослідженнях — для стандартизації біологічного матеріалу та проведення порівняльних експериментів.

Також повідомляється, що заморожування живильного середовища об'ємом 200 см³ за температури –30°C забезпечує більш оптимальні умови для проведення ліофілізації, ніж

інші запропоновані варіанти (200 см³ за –20°C та 300 см³ за –20 і –30°C) (Zavhorodniy et al., 2024). Встановлено, що туберкулін у формі ліофілізату є стабільнішим препаратом порівняно з аналогічним препаратом, виготовленим у формі стандартного розчину (Zavhorodniy et al., 2022). Це вказує на актуальність і перспективність застосування ліофілізації у ветеринарній біотехнології.

Таким чином, комплекс заходів, включаючи використання середовища «КІТ» і оптимізованої технології ліофілізації, забезпечує швидке та ефективне виділення культур мікобактерій, тривале збереження їх життєздатності та біологічних властивостей, підвищує точність прижиттєвої діагностики туберкульозу і має важливе практичне та економічне значення. Результати дослідження рекомендується впровадити у виробничу практику біологічної промисловості та ветеринарних лабораторій, що дозволить забезпечити стабільність та ефективність роботи з культурами *M. avium*.

Висновки

1. Розроблено селективне комбіноване середовище «КІТ» для прижиттєвого виділення *M. avium*.
2. Оптимізовано склад захисних середовищ та режим ліофілізації для тривалого зберігання культур мікобактерій, що забезпечує $\geq 90\%$ їх життєздатності.
3. Експериментально доведено збереження культуральних, морфологічних і біохімічних властивостей штамів мікобактерій після тривалого зберігання.
4. Одержані результати щодо реалізації інноваційних способів на практиці нададуть змогу запропонувати новітні дієві протоколи щодо діагностики туберкульозу.

References

- Collins, C. H., Grange, J. M., & Yates, M. D. (1985). Organization and practice in tuberculosis bacteriology. Croom Helm. <https://www.ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/17600/1/102.pdf>
- Falkinham, J. O. (2013). Ecology of nontuberculous mycobacteria—where do human infections come from? *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine*, 34(1), 95–102. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1333571>
- Falkinham, J. O. (2021). Ecology of nontuberculous mycobacteria. *Microorganisms*, 9(11), 2262. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9112262>
- Grange, J. M., & Yates, M. D. (1994). Zoonotic aspects of *Mycobacterium bovis* infection. *Veterinary Microbiology*, 40(1-2), 137–151. [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(94\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0378-1135(94)90052-3)
- Gutsulyak, A. I. (2022). Protective media composition and freezing regimen experimental substantiation during *Mycobacterium avium* freeze-drying. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*, 32(3), 127–138. <https://doi.org/10.15407/cryo32.03.127>
- Gutsulyak, A. I., & Timchenko, L. D. (2023). Optimization of lyophilization modes for culture medium used in mycobacterial cultivation. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*, 33(2), 100–110. <https://doi.org/10.15407/cryo33.02.100>
- Kubica, G. P., & Wayne, L. G. (Eds.). (1984). The mycobacteria: A sourcebook. Marcel Dekker. https://books.google.com/books/about/The_Mycobacteria.html?id=KlCwwEACAAJ
- Malik, M., Malik, M. J., David, R., Gonzalez, A. Y., & Scherrer, S. (2023). Susceptibility of rapidly growing mycobacteria isolated from Australian cats to ivermectin, moxidectin, ceftiofur and florfenicol. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 25(1), 1098612X221145597. <https://doi.org/10.1177/1098612X221145597>
- Markeyev, A. V. (2013). Filterable forms and L-forms of *Mycobacterium bovis* BCG. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 9(5), 1087–1093. <https://doi.org/10.4161/hv.19698>
- Michel, A. L., Bengis, R. G., Keet, D. F., Hofmeyr, M., de Klerk, L. M., Cross, P. C., Jolles, A. E., Cooper, D., Whyte, I. J., Buss, P., & Godfroid, J. (2006). Wildlife tuberculosis in South African conservation areas: Implications and challenges. *Veterinary Microbiology*, 112(2-4), 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.11.035>
- Paliy, A., Zavgorodniy, A., Rodionova, K., Borovkov, S., Pavlichenko, O., Dubin, R., & Ihnatieva, T. (2024). Resistance of different types of nontuberculous mycobacteria to aldehyde disinfectants. *Veterinarski Arhiv*, 94(6), 499–512. <https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.2515>

- Palomino, J. C., Martin, A., Camacho, M., Guerra, H., Swings, J., & Portaels, F. (2002). Resazurin microtiter assay plate: Simple and inexpensive method for detection of drug resistance in *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 46(8), 2720–2722. <https://doi.org/10.1128/aac.46.8.2720-2722.2002>
- Pavlik, I., Dvorska, L., Bartl, J., Svastova, P., Rychlik, I., Bejckova, K., & Filka, J. (2000). Mycobacterial infections in domestic and wild animals. *Veterinari Medicina*, 45(5), 123–132. <https://vetmed.agriculturejournals.cz/>
- Ragot, C., Renaud, J., Bibollet-Ruche, F., Busso, P., Espy, N., Pellmont, K., ... & Cavassini, M. (1999). Decreased capacity of recombinant 45/47-kDa molecules of *Mycobacterium tuberculosis* to stimulate T lymphocyte responses related to changes in their mannosylation pattern. *Journal of Biological Chemistry*, 274(46), 32613–32620. <https://doi.org/10.1074/jbc.274.46.32613>
- Sajduda, A., Dziadek, J., Kotlowski, R., & Portaels, F. (2004). Evaluation of multiple genetic markers for typing drug-resistant *Mycobacterium tuberculosis* strains from Poland. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 48(3), 163–169. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2003.10.005>
- Shinnick, T. M., & Good, R. C. (1994). Mycobacterial taxonomy. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 13(11), 884–901. <https://doi.org/10.1007/BF02111489>
- Thoen, C. O., LoBue, P. A., & de Kantor, I. (2006). The importance of *Mycobacterium bovis* as a zoonosis. *Veterinary Microbiology*, 112(2-4), 339–345. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.11.047>
- Ukhovskiy, V. V., Paliy, A. P., Tarasov, O. A., Ukhovska, T. M., & Paliy, A. P. (2019). Using of glycerol and DMSO for *Leptospira interrogans* cryopreservation. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*, 29(1), 102–106. <https://doi.org/10.15407/cryo29.01.102>
- van Soolingen, D., de Haas, P. E., Hermans, P. W., & van Embden, J. D. (1994). DNA fingerprinting of *Mycobacterium tuberculosis*. *Methods in Enzymology*, 235, 196–205. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(94\)35141-4](https://doi.org/10.1016/0076-6879(94)35141-4)
- World Organisation for Animal Health. (2024). Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals (13th ed.). WOA. <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/>
- Zavhorodnii, A., Bilushko, V., Paliy, A., Kalashnyk, M., Kalashnyk, N., & Paliy, A. (2022). Freeze-drying improved the stability of tuberculin purified protein derivative (PPD) in mammals. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*, 32(1), 63–67. <https://doi.org/10.15407/cryo32.01.063>
- Zavgorodnii, A. I., Pozmogova, S. A., Kalashnyk, M. V., Paliy, A. P., Plyuta, L. V., & Paliy, A. P. (2021). Etiological factors in triggering non-specific allergic reactions to tuberculin in cattle. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12(2), 228–233. <https://doi.org/10.15421/022131>
- Zavhorodnii, A. I., Bilushko, V. V., Kalashnyk, M. V., Pozmogova, S. A., Paliy, A. P., & Pavlichenko, O. V. (2023). Protective media composition and freezing regimen experimental substantiation during *Mycobacterium avium* freeze-drying. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*, 33(2), 139–143. <https://doi.org/10.15407/cryo33.02.139>
- Zavhorodnii, A. I., Bilushko, V. V., Pozmogova, S. A., Paliy, A. P., Kalashnyk, M. V., Pavlichenko, O. V., Sviridova, K. O., & Tischenko, O. M. (2024). Optimization of lyophilization modes for culture medium used in Mycobacterial cultivation. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*, 34(4), 261–267. <https://doi.org/10.15407/cryo34.04.261>

Наукове фахове видання

**ВЕТЕРИНАРІЯ, ТЕХНОЛОГІЇ ТВАРИННИЦТВА
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

Науково-практичний журнал

Заснований у 2018 р.

Видається два рази на рік

№ 12. 2025

Відповідальний за випуск *М.М. Куш*

Комп'ютерна верстка *О.І. Париловський*

Техн. редактор *Л.Ю. Кротченко*

Підп. до друку 27.11.2025 р. Формат 60x84 1/8. Папір офсет.
Ум. друк. арк. 21,8 Тираж 50 прим.

Державний біотехнологічний університет
61002, вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна
E-mail: journal.vtb@btu.kharkov.ua