



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518-7554 print

ISSN 2518-1327 online

doi: 10.32718/nvlvet10909

<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 579.62

Sensitivity of microbiota of bioaerosol and surfaces of boxes for holding animals in veterinary clinics to antimicrobial drugs

M. Mocherniuk¹, M. Kukhtyn^{2✉}, Y. Horiuk¹

¹Podillia State University, Kamianets-Podilskyi, Ukraine

²Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine

Article info

Received 27.01.2023

Received in revised form

27.02.2023

Accepted 28.02.2023

Podillia State University,
Shevchenko Str., 12,
Kamianets-Podilskyi,
32316, Ukraine.

Ternopil Ivan Puluj National
Technical University, Ternopil,
Ruska Str., 56, Ternopil,
46001, Ukraine.
Tel.: +38-097-239-20-57
E-mail: uchtynnic@gmail.com

Mocherniuk, M., Kukhtyn, M., & Horiuk, Y. (2023). Sensitivity of microbiota of bioaerosol and surfaces of boxes for holding animals in veterinary clinics to antimicrobial drugs. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 25(109), 53–58. doi: 10.32718/nvlvet10909

The formation of antibiotic resistance in microorganisms in veterinary medicine clinics is considered a severe problem not only for veterinary medicine but also for the public because the circulating microflora contaminates the clinic's environment and the veterinary staff, patients' animals, their owners, and their homes. The work aimed to determine the sensitivity of microorganisms isolated from bioaerosol and the surfaces of boxes for keeping animals in veterinary clinics to antimicrobial drugs. Collection of washings from the inner surfaces of the boxes was carried out with the help of disposable sterile tampons of industrial production with an average area of 100 cm². Identification of isolated microorganisms was carried out according to morphological, cultural, biochemical properties, and signs of pathogenicity, which are described in Bergey's identifier of bacteria. The sensitivity of bacteria to antibiotics was performed on the Muller-Hinton medium according to the classical Bauer-Kirby disco-diffusion method. It was established that gram-positive bacteria isolated from bioaerosol and the surface of boxes for keeping sick animals in veterinary clinics were sensitive in 66.7–100 % of cases to antibiotics used in these clinics. At the same time, the high bactericidal activity of antimicrobial drugs of the groups: cephalosporins, fluoroquinolones, and nitrofurans was found. Since the sensitivity of *Acinetobacter baumannii*, *Enterobacter* spp., *Escherichia coli*, and *Pseudomonas aeruginosa* was from 80 to 100 % of the cultures tested. In addition, antibiotics of the penicillin series, macrolides, and azalides, practically did not act on these bacteria because they naturally resisted them. Therefore, to effectively use antimicrobial drugs to treat chronic infections, it is necessary to determine the sensitivity of the isolated microflora. Therefore, based on the study results, it can be concluded that in veterinary clinics, bioaerosols, and equipment, the pathogens of nosocomial infections of gram-negative and gram-positive bacteria resistant to antimicrobial drugs may circulate, provided that antibiotics are prescribed without determining their sensitivity to antibiotics.

Key words: veterinary clinics, antimicrobial drugs, sensitivity to antibiotics, bioaerosol, boxes for animals.

Чутливість мікробіоти біоаерозолу та поверхонь боксів для перетримування тварин у ветеринарних клініках до антимікробних препаратів

М. М. Мочернюк¹, М. Д. Кухтин^{2✉}, Ю. В. Горюк¹

¹Заклад вищої освіти “Подільський державний університет”, Кам’янець-Подільський, Україна

²Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Тернопіль, Україна

Формування антибіотикорезистентності мікроорганізмів у клініках ветеринарної медицини вважається серйозною проблемою не тільки для ветеринарії, а й для громадськості загалом. Оскільки циркулююча мікрофлора контамінує не тільки середовища клініки, а й ветеринарний персонал, тварин-пацієнтів, їхніх господарів та помешкання. Метою роботи було визначити чутливість мікроорганізмів, виділених із біоаерозолу та поверхонь боксів для перетримування тварин у ветеринарних клініках до антимікробних препаратів. Відбирання змивів з внутрішніх поверхонь боксів здійснювали за допомогою одноразових стерильних тампонів

промислового виробництва з площі в середньому 100 см². Ідентифікацію виділених мікроорганізмів проводили за морфологічними, тинкторіальними, культуральними, біохімічними властивостями та ознаками патогенності, які описані у визначнику бактерій Берджі. Чутливість бактерій до антибіотиків проводили на середовищі Мюллер-Хінтон за класичною диско-дифузійною методикою Bauer-Kirby. Встановлено, що виділені з біоаерозолів та поверхні боксів для перетримання хворих тварин у ветеринарних клініках грампозитивні бактерії були чутливими в 66,7–100 % випадків до антибіотиків, які застосовуються у даних клініках. Водночас виявили високу бактерицидну активність антимікробних препаратів груп: цефалоспоринів, фторхінолонів, нітрофуранів. Оскільки чутливість *Acinetobacter baumannii*, *Enterobacter* spp., *Escherichia coli* та *Pseudomonas aeruginosa* становила від 80 до 100 % від досліджених культур. Крім того, антибіотики пеніцилінового ряду, макроліди та азаліди, практично не діяли на дані бактерії, через те що вони мають природну стійкість до даних антибіотиків. Тому для ефективного застосування протимікробних препаратів з лікувальною метою за хронічних інфекцій необхідно проводити визначення чутливості виділеної мікрофлори. Отже, за результатами дослідження можна підсумувати, що у ветеринарних клініках в біоаерозолі та на обладнанні можливе циркулювання збудників нозокомінальних інфекцій грамнегативних та грампозитивних бактерій, стійких до антимікробних препаратів.

Ключові слова: ветеринарні клініки, антимікробні препарати, чутливість до антибіотиків, біоаерозоль, бокси для тварин.

Вступ

Формування антибіотикорезистентності мікроорганізмів у клініках ветеринарної медицини вважається серйозною проблемою не тільки для ветеринарії, а й для громадськості загалом (Horiuk et al., 2020; Jeong et al., 2022; Mocherniuk et al., 2022a). Оскільки циркулююча мікрофлора контамінує не тільки середовища клініки, а й ветеринарний персонал, тварин-пацієнтів, їхніх господарів та помешкання (Feßler et al., 2018; Zheng et al., 2023).

У дослідженнях повідомляється, що в закритих приміщеннях ветеринарних клінік часто через недотримання санітарних та протиепізоотичних заходів створюються умови для циркуляції та передачі нозокомінальних збудників повітряно-крапельним шляхом через біоаерозоль (Tsai et al., 2020; Mocherniuk et al., 2022b). Нозокомінальні патогени вважають поширеною причиною виникнення ускладнення основного захворювання серед тварин-компаньйонів у ветеринарних клініках, що досить часто призводять до їх загибелі (Kisera et al., 2021; Elnageh et al., 2020). До того ж зараження тварин нозокомінальними збудниками призводить до тривалого перебування у клініках, застосування значного асортименту протимікробних препаратів та формування збудників із мультирезистентністю до антибіотиків. (Horiuk et al., 2018; Morgado-Gamero et al., 2021). Поширення збудників захворювання у клініках можливе через біоаерозоль – сукупність мертвих та живих мікроорганізмів, шерсті, клітин епітелію, завислих в повітрі тощо (Tsai et al., 2020; Lee & Yoo, 2022). Отже, у боксах з перетримання хворих тварин за неефективної дезінфекції або інтенсивного використання приміщень створюються сприятливі умови для формування стійкої мікрофлори. Повідомляється, що досить часто виділяють у ветеринарних клініках з різних об'єктів метицилінрезистентний золотистий стафілокок (*MRSA* і *MRSP*) (Krapf et al., 2019; Berhilevych et al., 2021; Shevchenko et al., 2021) *Escherichia coli*, що продукує ESBL та AmpC, які пов'язані з низкою клінічних захворювань у собак, таких як інфекції сечовивідних шляхів, неонатальна септицемія та ранові інфекції (Belmonte et al., 2014; Ewers et al., 2014). Мікроорганізми, що продукують ESBL та AmpC, становлять загрозу для застосування β-лактамних антибіотиків у ветеринарії (Garkavenko et al., 2021). Тому безконтрольне і нерациональне (без встановлення збудника і його чутливо-

сті) застосування антимікробних препаратів для лікування дрібних тварин є однією зі складових формування стійкості у глобальному масштабі. У зв'язку з цим дослідження, які мають на меті з'ясувати роль чинників, які впливають на виявлення антибіотикостійких збудників у клініках ветеринарної медицини, сприяють вирішенню даної глобальної проблеми.

Мета дослідження

Метою роботи було визначити чутливість мікроорганізмів, виділених із біоаерозолів та поверхонь боксів для перетримання тварин у ветеринарних клініках, до антимікробних препаратів.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведено протягом 2021–2022 років у трьох клініках ветеринарної медицини міст Чернівці та Коломия (Україна). Відбирання змивів з внутрішніх поверхонь боксів здійснювали за допомогою одноразових стерильних тампонів промислового виробництва з площі в середньому 100 см². Після відбирання змивів тампон поміщали у транспортну пробірку з середовищем *Amies* та доставляли у мікробіологічну лабораторію для дослідження. Проби повітря відбирали в боксах та в приміщенні седиментаційним методом. Ентеробактерії (ешерихії, ентеробактер, цитробактер, клебсієли та інші) вирощували на середовищах Ендо, Плоскірева та Левіна (Фармактив, Україна). Виділення *Pseudomonas* проводили на середовищі з вмістом ацетаміду, інші неферментуючі бактерії (*Acinetobacter* spp. та *Alcaligenes* spp.) на МПА за інкубації 10 °C протягом 7 діб. Стафілококи і мікрококи виділяли на середовищі кров'яний агар з вмістом 5 % натрію хлориду. Ідентифікацію виділених мікроорганізмів з біоаерозолів та поверхонь боксів для перетримання хворих тварин проводили за морфологічними, тинкторіальними, культуральними, біохімічними властивостями та ознаками патогенності, які описані у визначнику бактерій Берджі (Vos et al., 2011). Також використовували комерційні тест-системи “STAPHY-test 16”, “НЕФЕРМ тест-24” (LACHEMA, Чехія). Чутливість бактерій до антибіотиків проводили на середовищі Мюллер-Хінтон (HiMedia, India) за класичною диско-дифузійною методикою Bauer-Kirby з використанням стандартних дисків (Horiuk et al., 2018 b).

Результати та їх обговорення

Результати. У ветеринарних клініках, які були задіяні в даному науковому дослідженні, перед початком застосування антибіотиків для пацієнтів з хронічними запальними процесами проводять відбір матеріалу, визначення збудника та його чутливості до антимікробних препаратів. Проте, незважаючи на виконання такої інструкції, з наукового погляду цінність для нас становили дослідження антибіотикограми циркулюючої мікрофлори у біоаерозолі та на різних предметах приміщення ветеринарних клінік. Для визначення

чутливості мікроорганізмів до антимікробних препаратів було взято у дослід культури, виділені з біоаерозолі та поверхонь боксів для перетримування хворих тварин, зокрема бактерії, які можуть бути збудниками нозокомінальних інфекцій, грампозитивні: *Staphylococcus* spp., *S. aureus*, *S. pseudintermedius* та грамнегативні: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Enterobacter* spp. У дослідженнях взято антимікробні препарати, які найчастіше використовують у даних ветеринарних клініках. Результати наведено в табл. 1 та 2.

Таблиця 1

Чутливість до антимікробних препаратів грампозитивних мікроорганізмів ідентифікованих з біоаерозолі та поверхонь боксів для перетримування хворих тварин, %

Антимікробні препарати, кількість діючої речовини в диску	Мікроорганізми		
	<i>Staphylococcus</i> spp., n = 14	<i>S. aureus</i> , n = 9	<i>S. pseudintermedius</i> , n = 9
Амоксицилін з клавулановою кислотою, 10 мкг	85,7	77,8	88,9
Цефазолін, 30 мкг	71,4	66,7	77,8
Цефтріаксон, 30 мкг	92,8	88,9	100
Енрофлоксацин, 5 мкг	71,4	66,7	88,9
Азітроміцин, 15 мкг	78,5	77,8	77,8
Спіраміцин, 30 мкг	100	100	77,8
Тілозин, 30 мкг	92,8	88,9	77,8
Фурамаг, 300 од.	85,7	77,8	88,9

З табл. 1 видно, що з досліджених грампозитивних мікроорганізмів роду *Staphylococcus* переважна більшість їх були високочутливими до наведених антибактеріальних препаратів. Так, загальноновживаний пеніциліновий антибіотик амоксицилін з клавулановою кислотою проявляв бактерицидний ефект щодо видів *Staphylococcus* spp. і *S. pseudintermedius* в 85,7–88,9 % випадків, а кількість чутливих культур *S. aureus* становила 77,8 %. Чутливість стафілококів до бета-лактамних антибіотиків цефазолін (перше покоління) та цефтріаксон (третє покоління) хоч була значною, однак дещо відрізнялася між собою. Зокрема, кількість культур *Staphylococcus* spp. і *S. aureus* були чутливими до цефазоліну в межах 71,4–66,7 %, а культури *S. pseudintermedius* в дещо більшій кількості – 77,8 %. До цефтріаксону практично всі досліджені культури стафілококів були чутливими, так *Staphylococcus* spp. і *S. pseudintermedius* в 92,8 – 100 % випадків, а чутливість *S. aureus* становила в 88,9 %.

Активність фторхінолонового антибіотику енрофлоксацину до *Staphylococcus* spp. і *S. aureus* була аналогічна як до цефазоліну, тобто 71,4–66,7 % культур чутливі, водночас культури виду *S. pseudintermedius* були в середньому на 10 % чутливіші до енрофлоксацину, ніж до цефтріаксону.

Широко використовуваний в гуманній медицині азалідний антибіотик – азітроміцин проявляв однакову активність на всі види стафілококів, оскільки чутливість бактерій становила в середньому 78 %.

Макролідні антибіотики спіраміцин і тілозин проявляли найкращу бактерицидну активність до виділе-

них стафілококів серед протимікробних препаратів, які використовуються в даних клініках. Зокрема, всі культури видів *Staphylococcus* spp. і *S. aureus* були чутливі до спіраміцину, а чутливість культур *S. pseudintermedius* становила 77,8 %. Активність тілозину була на рівні 77,8 % щодо культур *S. pseudintermedius* та в середньому 90 % культур інших стафілококів були чутливими до даного антибіотика.

Протимікробний препарат нітрофураного ряду – фурамаг, який часто застосовують при захворюваннях сечостатевої системи, проявляв стабільно високу бактерицидну активність, оскільки кількість чутливих штамів стафілококів становила від 77,8 до 88,9 %.

Загалом з аналізу даних антибіотикограм варто зазначити, що стафілококи, які виділяються з біоаерозолі та предметів ветеринарних клінік, є чутливими до антибактеріальних препаратів, які застосовують в даних установах. Це вказує на раціональне використання протимікробних препаратів на основі результатів лабораторії щодо чутливості виділеної мікрофлори. Проте факт виділення з біоаерозолі та боксів для цілодобового перетримування хворих тварин коагулопозитивних видів стафілококів, які можуть бути збудниками нозокомінальних інфекцій, вказує на необхідність постійного дотримання протиепізоотичних і дезінфекційних заходів під час перебування тварин у клініці.

У табл. 2 наведено дослідження чутливості грамнегативної мікрофлори ідентифікованої у ветеринарних клініках до антимікробних препаратів.

Таблиця 2

Чутливість до антимікробних препаратів грамнегативних мікроорганізмів ідентифікованих з біоаерозолі та поверхонь боксів для перетримування хворих тварин, %

Антимікробні препарати, кількість діючої речовини в диску	Мікроорганізми			
	<i>Acinetobacter baumani</i> , n = 13	<i>Enterobacter</i> spp., n = 11	<i>Escherichia coli</i> , n = 5	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , n = 5
Амоксицилін з клавулановою кислотою, 10 мкг	15,4	18,1	20	0
Цефазолін, 30 мкг	100	90,9	100	100
Цефтриаксон, 30 мкг	92,3	81,8	80	100
Енрофлоксацин, 5мкг	83,3	81,8	80	80
Азітроміцин, 15 мкг	15,4	9,1	0	0
Спіраміцин, 30 мкг	23,1	18,2	20	0
Тілозин, 30 мкг	30,7	36,4	40	40
Фурамаг, 300 од.	84,6	90,9	80	80

Результати дослідження (табл. 2) дають досить чітку відповідь щодо необхідності проведення лабораторних мікробіологічних досліджень під час призначення антимікробних препаратів за лікування запальних процесів (інфекцій) у тварин або проведення дезінфекції. Так, як виділені збудники грамнегативних бактерій у більшості випадків проявляють стійкість до антибіотиків, які були високоактивні щодо грампозитивної (стафілококової) мікрофлори. Зокрема, такі антибіотики, як амоксицилін, азітроміцин, спіраміцин та тілозин, практично були неактивними до *Acinetobacter baumani*, *Enterobacter* spp., *Escherichia coli* та *Pseudomonas aeruginosa*, оскільки чутливість даних бактерій була в межах від 0 до 40 %. Це в основному пов'язано з природною стійкістю грамнегативної мікрофлори до даних антибіотиків.

Водночас високу активність проявляли цефалоспорины першого і третього покоління щодо усіх виділених грамнегативних бактерій, які взяті у дослід, оскільки чутливість культур становила від 80 до 100 %.

Протимікробні препарати на основі енрофлоксацину і фурамагу також проявляли високу активність, оскільки стійких культур грамнегативних бактерій було не більше ніж 20 %.

Отже, за результатами дослідження можна підсумувати, що у ветеринарних клініках у біоаерозолі та на обладнанні можливе циркулювання збудників нозокоміальних інфекцій грамнегативних бактерій, стійких до антимікробних препаратів за умови призначення антибіотиків без визначення їхньої чутливості.

Обговорення. Найбільша небезпека від надмірного застосування антимікробних препаратів – це поступове формування антибіотикорезистентних бактерій як в організмі хворих тварин, так і розповсюдження в середовищі їхнього існування. Тому в останні роки в усіх галузях, в яких застосовують антимікробні препарати, особливо звертають увагу на недопущення розвитку стійкості мікробіоти до застосованих біоцидів. Ветеринарні клініки для лікування дрібних тварин належать до установ, у яких відбуваються постійні лікувальні та профілактичні заходи в переважній більшості із застосування антимікробних препаратів. У нашому дослідженні у ветеринарних клініках при проведенні антибіотикотерапії у більшості випадків проводять визначення чутливості до протимікробних

препаратів. Емпіричну антибіотикотерапію проводять зазвичай у гострих випадках перебігу хвороби. Внаслідок цього циркулюючі штами грампозитивних бактерій (види *Staphylococcus* spp.) у боксах для перетримування тварин були чутливі до антибіотиків амоксициліну з клавулановою кислотою в 77,8–88,9 % випадків, цефалоспоринові I та III покоління від 66,7 до 100 %, фторхінолонів – 66,7–88,9 %, до азітроміцину в середньому в 78 % та найчутливіші виявилися стафілококи до антибіотиків-макролідів – від 77,8 до 100 %. У дослідженнях (Kalashnikova & Sukhonos, 2014) показано, що за піодермії у собак (n = 16) виділялися бактерії золотистого стафілокока, які були високочутливі до таких антибіотиків: гентаміцину (75 % культур), цефтріаксону і цефотоксиму (81,2 %), офлоксацину і кобактану (100 %); помірно-чутливі були до пенбексу, цефалексину, амоксициліну, кларитроміцину, доксицикліну та були не чутливі до фармазину і зінаприму.

Результати нашого дослідження щодо чутливості виділеної грамнегативної мікрофлори виявили високу бактерицидну активність антимікробних препаратів груп: цефалоспоринові, фторхінолонів, нітрофуранів. Оскільки чутливість *Acinetobacter baumani*, *Enterobacter* spp., *Escherichia coli* та *Pseudomonas aeruginosa* становила від 80 до 100 % досліджених культур. Водночас антибіотики пеніцилінового ряду, макроліди та азаліди, практично не діяли на дані бактерії, через те що вони мають природну стійкість до даних антибіотиків. Тому ці дані вказують, що протимікробна терапія має в більшості випадків базуватися на результатах мікробіологічного дослідження. При цьому, за даними федерації ветеринарів Європи та європейських ветеринарних асоціацій тваринкомпанійонів (De Briyne et al., 2013; Pomba et al., 2017), антимікробна терапія у клініках для дрібних тварин в основному є емпіричною. Так, в Італії лише 5 % рецептів на протимікробні препарати, які виписувалися у ветеринарних клініках, були підтверджені результатами мікробіологічного дослідження з визначення чутливості етіологічного збудника (Escher et al., 2011). Виділення у наших клініках стафілококів з низькою стійкістю до антибіотиків можна пояснити відносною стійкістю і сумлінним ставленням ветеринарних лікарів до лікування тварин за розробленими протоколами. У дослідженнях, проведених у ветеринарних клініках Англії, виявлено, що застосування

антибіотиків собакам у кімнатах інтенсивної терапії було доречним лише в 19 % випадків (Black et al., 2009). При дослідженні (Regula et al., 2009) восьми ветеринарних клінік у Швейцарії було встановлено, що у 55 % випадків дозування антибіотиків не відповідало інструкції щодо застосування даного антибіотика. При цьому в 9 % випадках у клініках застосовували критично важливі (визначені ВООЗ) антибіотики: фторхінолони, цефалоспорины третього і четвертого покоління, макроліди, що вважається недоречним для тварин-компаньйонів.

Отже, вважаємо, що безрецептне застосування антибіотиків у клініках для лікування дрібних тварин в Україні також вносить свою лепту в формування і розповсюдження стійкої до протимікробних препаратів мікрофлори. При цьому, на нашу думку, необхідно на законодавчому рівні запровадити перелік антимікробних препаратів, які не можна застосовувати тваринам-компаньйонам, оскільки дані тварини у переважній більшості є резервуаром антибіотикорезистентних збудників. До того ж пропонується проводити регулярний (один раз в квартал) моніторинг об'єктів середовища ветеринарних клінік на наявність контамінації збудників, стійких до антимікробних препаратів. У разі виявлення стійких до антибіотиків збудників повинен бути розроблений план проведення позапланових санітарно-профілактичних заходів. У ветеринарній клініці має бути розроблена програма щодо використання антибіотиків, яка опирається на результати антибіотикограми щодо чутливості виділених збудників у даній клініці. Використовувати тільки найбільш дієві антибактеріальні препарати.

Висновки

Встановлено, що виділені з біоаерозолі та поверхні боксів для перетримування хворих тварин у ветеринарних клініках грампозитивні бактерії були чутливими в 66,7–100 % випадків до антибіотиків, які застосовуються у даних клініках. Водночас грамнегативні бактерії були стійкі до антибіотиків азитроміцину, амоксицикліну, спіраміцину та тілозіну, що пов'язано з природною стійкістю у даних бактерій до цих груп антибіотиків. Тому для ефективного застосування протимікробних препаратів з лікувальною метою за хронічних інфекцій необхідно проводити визначення чутливості виділеної мікрофлори.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці рекомендацій щодо профілактики розповсюдження резистентних до антибіотиків мікроорганізмів у клініках ветеринарної медицини.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Belmonte, O., Pailhories, H., Kempf, M., Gaultier, M. P., Lemarié, C., Ramont, C., & Eveillard, M. (2014). High prevalence of closely-related *Acinetobacter baumannii* in pets according to a multicentre study in veterinary clinics, Reunion Island. *Veterinary Microbiology*, 170(3–4), 446–450. DOI: 10.1016/j.vetmic.2014.01.042.
- Berhilevych, O., Kasianchuk, V., Kukhtyn, M., Shubin, P., & Butsyk, A. (2021). Comparison of cell sizes of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* with presence and absence of the *mecA* gene. *Mikrobiologichnyi Zhurnal*, 83(1), 68–77. DOI: 10.15407/mikrobiolj83.01.068.
- Black, D. M., Rankin, S. C., & King, L. G. (2009). Antimicrobial therapy and aerobic bacteriologic culture patterns in canine intensive care unit patients: 74 dogs (January–June 2006). *Journal of veterinary emergency and critical care*, 19(5), 489–495. DOI: 10.1111/j.1476-4431.2009.00463.x.
- De Briyne, N., Atkinson, J., Pokludová, L., Borriello, S. P., & Price, S. (2013). Factors influencing antibiotic prescribing habits and use of sensitivity testing amongst veterinarians in Europe. *Veterinary Record*, 173(19), 475–475. DOI: 10.1136/vr.101454.
- Elnageh, H. R., Hiblu, M. A., Abbassi, M. S., Abouzeed, Y. M., & Ahmed, M. O. (2020). Prevalence and antimicrobial resistance of *Staphylococcus* species isolated from cats and dogs. *Open Veterinary Journal*, 10(4), 452–456. DOI: 10.4314/ovj.v10i4.13.
- Escher, M., Vanni, M., Intorre, L., Caprioli, A., Tognetti, R., & Scavia, G. (2011). Use of antimicrobials in companion animal practice: a retrospective study in a veterinary teaching hospital in Italy. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 66(4), 920–927. DOI: 10.1093/jac/dkq543.
- Ewers, C., Stamm, I., Pfeifer, Y., Wieler, L. H., Kopp, P. A., Schönning, K., & Bethe, A. (2014). Clonal spread of highly successful ST15-CTX-M-15 *Klebsiella pneumoniae* in companion animals and horses. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 69(10), 2676–2680. DOI: 10.1093/jac/dku217.
- Feßler, A. T., Schuenemann, R., Kadlec, K., Hensel, V., Brombach, J., Murugaiyan, J., Oechtering, G., Burgener, I. A., & Schwarz, S. (2018). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) and methicillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius* (MRSP) among employees and in the environment of a small animal hospital. *Veterinary Microbiology*, 221, 153–158. DOI: 10.1016/j.vetmic.2018.06.001.
- Garkavenko, T. O., Gorbatiuk, O. I., Dybkova, S. M., Kozyska, T. G., Andriashchuk, V. O., Kukhtyn, M. D., & Horiuk, Y. V. (2021). Screening of Epidemiologically Significant Mechanisms of Antibiotics to β -Lactams in Enterobacteriaceae-Pathogens of Zoonoses. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 15(3), 1245–1256. DOI: 10.22207/JPAM.15.3.14.
- Horiuk, Y. V., Havrylianchyk, R. Y., Horiuk, V. V., Kukhtyn, M. D., Stravsky, Y. S., & Fotina, H. A. (2018b). Comparison of the minimum bactericidal concentration of antibiotics on planktonic and biofilm forms of *Staphylococcus aureus*: Mastitis causative agents. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 9(6), 616–622.
- Horiuk, Y. V., Kukhtyn, M. D., Perkiy, Y. B., & Horiuk, V. V. (2018a). Resistance of the main pathogens of mastitis of cows to modern antimicrobial drugs. *Science and Technology Bulletin of SRC for Biosafety and Environmental*

- Control of AIC, 6(2), 49–53. URL: <https://bulletin-biosafety.com/index.php/journal/article/view/178>.
- Horiuk, Y. V., Kukhtyn, M. D., Salata, V. Z., & Horiuk, V. V. (2020). Species composition and methicillin resistance of staphylococci taken on dairy farms. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 22(97), 13–19. DOI: 10.32718/nvlvet9703
- Jeong, S.B., Ko, H.S., Heo, K.J., Shin, J.H., & Jung, J.H. (2022). Size distribution and concentration of indoor culturable bacterial and fungal bioaerosols. Atmospheric Environment: X, 15, 100182. DOI: 10.1016/j.aecoa.2022.100182.
- Kalashnikova, Yu. V., & Sukhonos, V. P. (2014). Vydovyi sklad ta stiiikist do antybiotykyv mikroflory shkiry zdorovykh i khvorykh na piodermiiu sobak. Naukovyi visnyk veterynarnoi medytsyny, 13, 102–104 (in Ukrainian).
- Kisera, Y., Bozhyk, L., Grynevych, N., & Martyniv, Y. (2021). Species composition of circulation microflora and its resistance to antibacterial drugs in the conditions of the impulse veterinary clinic of the city of Lviv. Scientific Bulletin of Veterinary Medicine, 2(168), 65–71. DOI: 10.33245/2310-4902-2021-168-2-65-71.
- Krapf, M., Müller, E., Reissig, A., Slickers, P., Braun, S. D., Müller, E., & Monecke, S. (2019). Molecular characterisation of methicillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius* from dogs and the description of their SCCmec elements. Veterinary Microbiology, 233, 196–203. doi: 10.1016/j.vetmic.2019.04.002.
- Kukhtyn, M., Vichko, O., Kravets, O., Kapyk, H., Shved, O., & Novikov, V. (2018). Biochemical and microbiological changes during fermentation and storage of a fermented milk product prepared with Tibetan Kefir Starter. Archivos Latinoamericanos de Nutricion, 68(4). DOI: 10.37527/2018.68.4.007.
- Lee, G., & Yoo, K. (2022). A review of the emergence of antibiotic resistance in bioaerosols and its monitoring methods. Reviews in Environmental Science and Biotechnology, 21, 799–727. DOI: 10.1007/s11157-022-09622-3.
- Mocherniuk, M. M., Kukhtyn, M. D., Horiuk, Y. V., Horiuk, V. V., Tsvigun, O. A., & Tokarchuk, T. S. (2022 a). Microflora of boxes for holding veterinary patients in clinics. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 13(3), 257–264. DOI: 10.15421/022233.
- Mocherniuk, M., & Kukhtyn, M. (2022 b). Microbiological indicators of bioaerosol in veterinary medicine clinics. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 24(108), 3–10. DOI: 10.32718/nvlvet10801.
- Morgado-Gamero, W. B., Parody, A., Medina, J., Rodriguez-Villamizar, L. A., & Agudelo-Castañeda, D. (2021). Multi-antibiotic resistant bacteria in landfill bioaerosols: Environmental conditions and biological risk assessment. Environmental Pollution, 290, 118037. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.118037.
- Pomba, C., Rantala, M., Greko, C., Baptiste, K. E., Catry, B., Van Duijkeren, E., ... & Törneke, K. (2017). Public health risk of antimicrobial resistance transfer from companion animals. Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 72(4), 957–968. DOI: 10.1093/jac/dkw481.
- Regula, G., Torriani, K., Gassner, B., Stucki, F., & Müntener, C. R. (2009). Prescription patterns of antimicrobials in veterinary practices in Switzerland. Journal of antimicrobial chemotherapy, 63(4), 805–811. DOI: 10.1093/jac/dkp009.
- Salata, V., Kukhtyn, M., Pekriy, Y., Horiuk, Y., & Horiuk, V. (2018). Activity of washing-disinfecting means “San-active” for sanitary treatment of equipment of meat processing enterprises in laboratory and manufacturing conditions. Ukrainian journal of veterinary and agricultural sciences, 1(1), 10–16. DOI: 10.32718/ujvas1-1.02.
- Shevchenko, M., Savcheniuk, M., Yarchuk, B., Sakhniuk, N., Tsarenko, T. (2021). Coagulase-positive staphylococci in dogs and their antimicrobial resistance (systematic review). Nauk. visn. vet. med., 1, 104–118. DOI: 10.33245/2310-4902-2021-165-1-104-118.
- Tsay, M. D., Tseng, C. C., Wu, N. X., & Lai, C. Y. (2020). Size distribution and antibiotic-resistant characteristics of bacterial bioaerosol in intensive care unit before and during visits to patients. Environment International, 144, 106024. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106024.
- Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N. R., Ludwig, W., Rainey, F. A., & Whitman, W. B. (Eds.). (2011). Bergey's manual of systematic bacteriology. New York: Springer Science & Business Media. DOI: 10.1007/b92997.
- Zheng, Y., Dong, H., Wang, S., Zhang, Y., & Cong, Q. (2023). A new air cleaning technology to synergistically reduce odor and bioaerosol emissions from livestock houses. Agriculture, Ecosystems & Environment, 342, 108221. DOI: 10.1016/j.agee.2022.108221.