


ЕПІЗООТОЛОГІЯ ТА ІНФЕКЦІЙНІ ХВОРОБИ

УДК 616-022.7:579.834.114

Сучасний стан проблеми Лайм-бореліозу тварин (систематичний огляд)

Пантелеєнко О.В. , Ярчук Б.М. , Царенко Т.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 Пантелеєнко О.В. E-mail: olga.panteleenko@btsau.edu.ua



Пантелеєнко О.В., Ярчук Б.М., Царенко Т.М. Сучасний стан проблеми Лайм-бореліозу тварин (систематичний огляд). Науковий вісник ветеринарної медицини, 2021. № 1. С. 64–78.

Panteleenko O., Yarchuk B., Tsarenko T. Modern condition of the problem of Lime Burreliosis of animals (systematic review). *Nauk. visn. vet. med.*, 2021. № 1. PP. 64–78.

Рукопис отримано: 05.04.2021 р.

Прийнято: 19.04.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

Doi: 10.33245/2310-4902-2021-165-1-64-78

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Лайм-бореліоз (синоніми: хвороба Лайма, кліщовий бореліоз, англ. – Lyme disease, Lyme Borreliosis, франц. – la maladie de Lyme, нім. – Die Lyme-Krankheit) – інфекційне, зоонозне, природно-вогнищеве, облігатно-трансмисивне захворювання, збудником якого є бактерії, які належать до родини *Spirochaetaceae*, рід *Borrelia* (*B*), вид *Borrelia burgdorferi* (*Bb*), переносники – іксодові кліщі (*Ixodidae*) [1, 2]. Борелії, які спричинюють Лайм-бореліоз (ЛБ), функціонально згруповані в комплекс *B. burgdorferi sensu lato* [3].

Лайм-бореліоз (ЛБ) – найпоширеніша кліщова хвороба в країнах Північної півкулі Землі з помірним кліматом. Спричинюють ЛБ спірохети, які згруповані у комплекс *Borrelia burgdorferi sensu lato*, переносники – іксодові кліщі (*Ixodidae*), резервуарними господарями слугують десятки видів дрібних ссавців, птахи, а також резервуарами можуть бути домашні тварини, зокрема собаки та коти.

Незважаючи на те, що в Європі та Північній Америці ґрунтовно вивчали питання екології та епідеміології цієї хвороби, існує суттєва невизначеність ветеринарних аспектів Лайм-бореліозу.

Пошук, відбір та аналіз наукових даних за темою дослідження проводили за прийнятими правилами для систематичних оглядів літератури. Використовували наукометричну базу Web of Science Core Collection, базу наукових статей PubMed та базу Наукова періодика України. Використали сімдесят чотири наукові статті, які містили необхідний набір даних та відповідали поставленій меті.

Висвітлено основні питання етіології хвороби, подано характеристику збудника, його властивості, генотиповий склад борелій, які зумовлюють захворювання на Лайм-бореліоз, поширення патогенних генотипів борелій в Європі та Україні. Описано зв'язок поширення Лайм-бореліозу із екологічними чинниками, кліматичними змінами та антропогенним впливом на біоценози і біотопи, значення переносників та резервуарних господарів у поширенні ЛБ. Представлено дані про розповсюдження та ступінь інфікованості іксодових кліщів бореліями, а також поширення ЛБ серед населення Європи та України. Розглянуто серопревалентність кожного із видів тварин (собаки, коти, коні, жуйні тварини), задокументовані клінічні прояви ЛБ, та показники поширення ЛБ серед тварин в Європі та Україні, а також відомі на сьогодні засоби лікування, профілактики та діагностики ЛБ тварин.

Ключові слова: *Borrelia burgdorferi sensu lato*, етіологія хвороби Лайма, іксодові кліщі, *Ixodidae*.

Подібно до Західної Європи та США, ЛБ є однією із найбільш домінуючих кліщових хвороб в Україні [4–6]. Для України ЛБ відносно нове інфекційне захворювання, перший випадок ЛБ у людини підтверджено у 1984 р., а офіційну реєстрацію почали проводити лише з 2000 року [7]. Як в Україні, так і країнах Європи спостерігається тенденція до зростання випадків захворювання на ЛБ серед людей [4, 7].

Збудники ЛБ в ензоотичному циклі циркулюють між іксодовими кліщами та значною кількістю хребетних господарів. Кліщ має жити кров'ю зараженого хребетного госпо-

даря, щоб заразитися бореліями і мати можливість передавати їх під час живлення іншим хребетним та завершити цикл. Кілька десятків видів дрібних ссавців, особливо гризунів, можуть слугувати для *B. burgdorferi sensu lato* потенційними резервуарними господарями, які становлять основну групу хребетних, сприйнятливих до збереження збудника в природі. Також повідомляється про наземних птахів та ящірок, які є резервуарами для *B. burgdorferi sensu lato*, хоча значення птахів та плазунів незначне порівняно із ссавцями [8].

ЛБ поширений на територіях із помірним кліматом. Поширення та чисельність популяцій кліщів залежить від низки чинників, зокрема: масштабний кліматичний вплив, місцевий мікроклімат, вплив людини на екосистеми, через збільшення землекористування, зміни земельного покриву, фрагментація середовища мешкання диких тварин та зміни у рослинній структурі [3].

На ЛБ хворіють як люди так і тварини. Вивченню хвороби Лайма у людей присвячена значна кількість вітчизняних та зарубіжних наукових досліджень. Для ветеринарної медицини вивчення ЛБ у тварин залишається актуальним питанням [9]. Ознаки дерматологічних, неврологічних або серцевих проявів, які спостерігаються у людей, у тварин зустрічаються рідко та недостатньо добре задокументовані [10]. Крім того, тварини частіше піддаються нападу кліщів, ніж люди та здатні сприймати і довгий час зберігати збудників інфекційних хвороб під час контакту, як з дорослими кліщами, так і з німфами, тому деякі тварини можуть слугувати сторожовими господарями, як індикатори епідеміологічної небезпеки на певній території [10–13]. Більшість серопозитивних тварин не мають виражених клінічних ознак хвороби ні в експериментальних, ні польових умовах. Наприклад, ознаки лайм-артриту, що спостерігаються у незначної частини заражених собак, є тимчасовими або швидко реагують на лікування антибіотиками [10].

Мета дослідження – встановити сучасний стан проблеми Лайм-бореліозу тварин. Провести систематичний аналіз та узагальнення даних з наукових джерел щодо Лайм-бореліозу тварин, зокрема: етіології, еколого-епідеміологічного прояву поширення, діагностики, клінічних ознак, лікування та профілактики захворювання.

Матеріал і методи дослідження. Проведено пошук, відбір та аналіз наукових статей за темою дослідження, за правилами прийнятни-

ми для систематичних оглядів літератури [14]. Для пошуку наукових статей застосовували інструменти наукометричної бази Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com>), бази наукових статей PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>), а для пошуку вітчизняних джерел – базу Наукова періодика України (http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe).

Були застосовані наступні ключові слова для пошуку: Лайм-бореліоз (Lyme Borreliosis) або хвороба Лайма (Lyme disease) з кожним із: збудник *Borrelia* (pathogen *Borrelia*), поширення (spread), іксодові кліщі *Borrelia* (*Ixodes ticks Borrelia*), тварини-резервуари (animals reservoirs), собаки (dogs), коти (cats), коні (horses), жуйні тварини (ruminants), клінічні ознаки (clinical signs), діагностика (diagnostics), профілактика (prevention), лікування (treatment). Для уточнення результатів використовували відповідні інструменти розширеного бібліографічного пошуку, зокрема було обмежено роки публікацій періодом 2015–2020 рр., у випадку пошуку статей щодо хронології відкриття генотипів *Borrelia burgdorferi sensu lato* використано статті з 1984 р., коли такі дослідження були розпочаті. Розглядали публікації у журналах з категорій: інфекційні хвороби (infectious diseases), мікробіологія (microbiology), імунологія (immunology), ветеринарні науки (veterinary sciences), екологія (ecology). До загальної вибірки були включені публікації англійською та іншими національними мовами.

Загалом, за основним запитом Лайм-бореліоз (Lyme Borreliosis) або хвороба Лайма (Lyme disease) отримали 14817 статей, а після уточнення результатів та сортування – 528 статей.

На другому етапі, публікації фільтрували за відповідністю наступним характеристикам: стаття опублікована у рецензованому журналі, тема статті відповідає сфері дослідження, географічна належність результатів відповідає території України та країнам Європи, методологія дає змогу досягти поставленої мети, результати у статті є оригінальними та інформативними. Після фільтрування з 528 статей було відібрано 74 статті, які містили необхідний набір даних та за змістом відповідали поставленій меті дослідження, були включені до аналізу. На основі аналізу даних з відібраних статей було зроблено висновки про стан проблеми ЛБ тварин в Україні та Європі.

Результати дослідження. Етіологія та збудник ЛБ. Нині виділено щонайменше 52 види борелій. Борелії умовно поділено на дві

групи. Перша група включає 21 вид борелій, які здатні зумовлювати ЛБ. Це грамнегативні спірохети, які мігрують в організмі господаря інтерстеціально. Друга група нараховує 29 видів борелій, які здатні спричинювати рецидивуючу лихоманку і мігрують в організмі гематогенно. Ще 2 види борелій позначають як невизначені [15, 16].

На сьогодні відомо, що збудник ЛБ *B. burgdorferi* – це грамнегативна, спіралеподібна спірохета, її довжина коливається від 8 до 30 мкм, ширина – 0,18–0,25 мкм, має джгутики, особливістю є відсутність мітохондрій та ундулюючої мембрани [17]. Для культивування *B. burgdorferi* потребує складного, рідкого поживного середовища, яке є сумішшю різних амінокислот, вітамінів та факторів росту, збагачені бичачим альбуміном та кролячою сироваткою, містять глюкозу, холестерин та пептон, різні солі магнію, натрію, кальцію та калію, рН 7,6. Оскільки борелії є мікроаерофілами, а на експресію генів впливає рівень кисню, їх потрібно вирощувати в тригазовому інкубаторі, встановленому на рівні 5 % CO₂, 3 % O₂, 92 % N₂. Культуральні властивості проявляються через 1–4 тижні після інкубування за температури 30–35 °C [18–20]. Культивування та виділення борелій досить тривалий (до трьох місяців) та трудомісткий процес. Тому, через складність та низьку чутливість не застосовують у практиці для діагностики ЛБ. Однак, ізоляція та вирощування штамів борелій необхідні для біологічних, мікробіологічних, екологічних та генетичних наукових досліджень [18, 21].

Борелії мають низьку стійкість, тому не можуть вижити поза межами тіла кліща, або господаря [21].

Борелії, які передаються іксодовими кліщами і пов'язані з інфекціями ЛБ, функціонально згруповані в комплекс *Borrelia burgdorferi sensu lato* (табл. 1).

B. burgdorferi sensu lato мають значний антигенний поліморфізм. Антигенна структура представлена поверхневими білками OspA, OspB і OspC, OspD, OspE, OspF, OspG, джгутиковим і цитоплазматичними антигенами. Найбільша варіабельність у *B. garini* (OspC – 13 варіантів; OspA – 7), та *B. afzelii* (OspC – 8, OspA – 2) [41].

У Європі найпоширенішими генотипами комплексу *B. Burgdorferi sensu lato* є: *B. afzelii* (46,6%), *B. garinii* (23,8%), *B. valaisiana* (11,4%), *B. burgdorferi sensu stricto* (10,2%), *B. lusitaniae* (7,0%) та інші генотипи *Borrelia burgdorferi sensu lato* (*B. bavariensis*, *B. spielmanii*,

B. finlandensis та *B. bissettiae*), відсоток поширення яких становить менше одного [1, 42].

В Україні інформація щодо поширення генотипів комплексу *B. Burgdorferi sensu lato* суперечлива та неоднорідна. За деякими даними, в Україні циркулюють такі генотипи борелій: *B. garini*, *B. valaisiana*, *B. afzelii* та *B. burgdorferi sensu stricto* [43, 44].

Еколого-епізоотологічний прояв поширення Лайм-бореліозу в Україні та Європі. Розуміння циклів передачі *B. Burgdorferi sensu lato*, що циркулюють в екосистемах, є складним завданням для систем із багатьма видами господарів. Загальна схема циклу передачі *B. burgdorferi sensu lato* ґрунтовно вивчена у Північній Америці, Азії та Європі [45].

Основним вектором поширення *B. burgdorferi sensu lato* є тверdotілі кліщі *Ixodes*. У Європі – це *I. ricinus*, у Східній Європі та Азії – *I. Ricinus* та *I. persulcatus*, в Північній Америці – *I. Scapularis* та *I. Pacificus* [1, 10].

Життєвий цикл *Ixodes* триває 2–3 роки, за цей період кліщ проживає чотири стадії: яйця, личинки, німфи, дорослі особини. Оскільки трансваріальної передачі борелії немає, личинкову стадію має набути *B. burgdorferi*, харчуючись зараженими хребетними. Після линьки личинки у німфу, заражені кліщі можуть передавати *B. burgdorferi* неінфікованим господарям, завершуючи цикл. За деякими даними, поширеність *B. burgdorferi* серед німф та дорослих кліщів може досягати 50% [36, 37, 39].

За останні роки іксодовий кліщ значно розширив свій географічний ареал та сезонну активність у Європі, зокрема і Україні. Іксодові кліщі поширені в усіх країнах Північної півкулі з помірним кліматом [1, 45, 49–51]. Географічний розподіл *I. ricinus* пов'язаний із кліматичними чинниками, такими як вологість, ґрунтова вода та температура повітря, а також з типом рослинності [52]. Дослідження вказують на те, що глобальне підвищення температури навколишнього середовища істотно впливає на збільшення ареалу *I. ricinus*. За останнє сторіччя, середньорічна температура в Світі підвищилася на 0,7 °C, а за даними офіційного порталу Міністерства енергетики та захисту довкілля України, в Україні за останні 30 років середньодобова температура повітря збільшилась на 1,2 °C. Прогнозують, що потепління вплине на переносників та тварин-резервуарів, їх географічний розподіл, фізіологію, а також на взаємодію переносник → господар → збудник, із перспективою зростання кількості векторних захворювань [1, 51, 52].

Таблиця 1 – Хронологія вивчення генотипів збудників ЛБ, які функціонально згруповані в комплекс *Borrelia burgdorferi sensu lato*

Генотип	Географічне поширення	Переносник	Резервуарний господар	Рік	Посилання
<i>B. burgdorferi sensu stricto</i>	Північна Америка, Євразія, Північна Африка, Європа	<i>Ixodes ricinus</i> , <i>Ixodes scapularis</i> , <i>Ixodes pacificus</i>	Дрібні ссавці, птахи, рептилії	1984	[22]
<i>B. garinii</i>	Європа, Євразія, Японія, Канада, Корея, Монголія, Китай, Африка	<i>Ixodes ricinus</i> , <i>Ixodes persulcatus</i> , <i>Ixodes pavlovskyi</i> , <i>Ixodes trianguliceps</i>	Птахи, дрібні ссавці	1992	[23]
<i>B. afzelii</i>	Європа, Росія, Китай, Японія, Корея, Монголія	<i>Ixodes ricinus</i> , <i>Ixodes persulcatus</i> , <i>Ixodes pavlovskyi</i> , <i>Ixodes trianguliceps</i> , <i>Ixodes hexagonus</i> , <i>Ixodes nipponensis</i>	Птахи, дрібні ссавці	1994	[24]
<i>B. japonica</i>	Японія	<i>Ixodes ovatus</i>	Дрібні ссавці	1994	[25]
<i>B. andersonii</i>	США	<i>Ixodes dentatus</i> , <i>Ixodes scapularis</i>	Рептилії, кролики, дрібні ссавці	1995	[26]
<i>B. lusitaniae</i>	Європа, Північна Африка, Туреччина	<i>Ixodes ricinus</i> , <i>Ixodes hexagonus</i> , <i>Ixodes uriae</i>	Птахи, дрібні ссавці	1997	[27]
<i>B. tanukii</i>	Японія, Непал	<i>Ixodes tanuki</i>	Дрібні ссавці	1997	[28]
<i>B. turdi</i>	Японія, Норвегія	<i>Ixodes ricinus</i> , <i>Ixodes turdus</i>	Дрібні ссавці, птахи	1997	[28]
<i>B. valaisiana</i>	Європа, Китай, Японія, Корея	<i>Ixodes ricinus</i> , <i>Ixodes persulcatus</i> , <i>Ixodes hexagonus</i> , <i>Ixodes nipponensis</i>	Птахи, рептилії	1997	[27]
<i>B. sinica</i>	Китай, Непал	<i>Ixodes ovatus</i>	Дрібні ссавці	2001	[29]
<i>B. spielmanii</i>	Центральна Європа, Угорщина, Україна	<i>Ixodes ricinus</i> , <i>Ixodes hexagonus</i>	Іжаки, соні	2006	[30]
<i>B. yangtzensis</i>	Китай	<i>Ixodes granulatus</i> , <i>Ixodes nipponensis</i>	Дрібні ссавці	2008	[31]
<i>B. bavariensis</i>	Європа, Азія, Євразія	<i>Ixodes ricinus</i> , <i>Ixodes persulcatus</i>	Гризуні, їжаки, птахи	2009	[32]
<i>B. americana</i>	США	<i>Ixodes pacificus</i> <i>Ixodes spinipalpis</i> <i>Ixodes minor</i>	Білонога миша, деякі види птахів	2010	[33]
<i>B. carolinensis</i>	США	<i>Ixodes minor</i>	Бавовняна миша, кущовий щур	2011	[34]
<i>B. finlandensis</i>	Фінляндія	<i>Ixodes ricinus</i>		2011	[35]
<i>B. chilensis</i>	Південна Америка	<i>Ixodes stilesi</i>	Рисовий щур	2013	[36]
<i>B. kurtenbachii</i>	США	<i>Ixodes scapularis</i>	Гризуні	2014	[37]
<i>B. bissettiae</i>	Північна Америка, Центральна Європа	<i>Ixodes scapularis</i> , <i>Ixodes pacificus</i> , <i>Ixodes ricinus</i> , <i>Ixodes affinis</i>	Кущовий щур, бавовняна миша, оленячі миші, рептилії	2016	[38]
<i>B. californiensis</i>	США	<i>Ixodes jellisoni</i> , <i>Ixodes pacificus</i> , <i>Ixodes spinipalpis</i>	Каліфорнійська миша	2016	[11]
<i>B. mayonii</i>	США	<i>Ixodes scapularis</i>	Білоногі миші, білки	2016	[39, 40]

У переміщенні та розширенні ареалів ЛБ суттєве значення має антропогенний вплив на навколишнє середовище, який призводить до трансформації природних осередків ЛБ, їх активізації та появи нових. В умовах зростаючої урбанізації, відбувається перетворення біоценотичних структур природних вогнищ ЛБ в урбаністичні вогнища, які розміщуються на границях міст, у паркових та лісо-паркових зонах і підтримуються через бродячих собак, котів та синантропних тварин, переважно мишей, щурів та міських птахів [49, 53]. Водночас однією з важливих причин поширення ЛБ вважають міграцію перелітних птахів, які легко долають різноманітні бар'єри, що здатні зупинити мігруючих ссавців. Птахи можуть транспортувати інфікованих кліщів, заражатися від них та слугувати резервуарними господарями для *B. burgdorferi* [54, 55].

Резервуарними господарями для *B. burgdorferi* є дикі тварини, такі як гризуни, ящірки, їжаки, олені, птахи тощо, котрі є джерелом для харчування іксодових кліщів [8]. Циркуляція збудника ЛБ у дикій природі відбувається наступним чином: кліщі → дикі тварини та/або птахи → кліщі. В епізоотичний ланцюг можуть залучатися домашні тварини, такі як собаки, коти, коні та жуйні тварини [56].

У Західній Європі ґрунтовно досліджено розподіл і поширеність *B. burgdorferi sensu lato* серед іксодових кліщів. Однак, у Східній Європі, особливо в Україні, даних про кліщів та збудника ЛБ недостатньо [57]. За даними загальноєвропейського мета-аналізу, найвищий ступінь інфікованості іксодових кліщів бореліями комплексу *B. burgdorferi sensu lato* зафіксовано у Центральній Європі (19,3 %), а найнижчий – на Британських островах (3,6 %) [1]. В Україні проведено дослідження в п'яти областях: Чернівецькій, Хмельницькій, Київській, Тернопільській та Вінницькій. Дослідили кліщів зібраних з домашніх та диких тварин, а також з рослинності. Поширеність *B. burgdorferi sensu lato* у *I. ricinus* варіювала від 27 до 44 %, середня комбінована поширеність для п'яти міст становила 26 % [57].

За даними моніторингу Міністерства охорони здоров'я (МОЗ), в Україні інфікованість досліджених іксодових кліщів бореліями становила: у 2019 р. – досліджено 12 984 кліщі, зараженість – 14,13 %; у 2018 р. – досліджено >13 тисяч, зараженість – 14,61 %; у 2017 р. – досліджено >11 тис., зараженість – 17,05 %; у 2016 р. – досліджено > 10 тис., зараженість – 8,09 %; у 2015 р. – досліджено > 5 тис. екземплярів, зараженість – 27,1 %. Найбільше досліджено *I. ricinus* – 68,78 % та *Dermacentor reticulatus*

– 22,91 %, а також *D. marginatus*, *Rhipicephalus rossicus*, *R. sanguineus*, *R. bursa*, *Haemaphysalis punctata* і *Hyalomma marginatum*. Сумарна зараженість інших видів становила 8,31 % (2018 р. – 12,28 %; 2017 р. – 10,16 %) [50].

Захворюваність населення на ЛБ спостерігається по всій території України, у південних областях ЛБ реєструють менше, порівняно з іншими областями, що, ймовірно, пов'язано із посушливим кліматом, який створює несприятливі умови для *I. ricinus* [7]. За статистичними звітами МОЗ, серед населення України у 2019 році зареєстровано 4482 випадки захворювання на хворобу Лайма, що нижче, ніж у 2018 році – 5418 випадків, але вище, ніж у 2017 році – 3955 випадків і у 2016 році – 2758 випадків. Найбільше хворих на ЛБ за 2019 рік зареєстровано у центральних областях: Київській – 507 випадків, Вінницькій – 375, Черкаській – 309, Харківській – 289, Сумській – 250, Полтавській – 245, Львівській – 241, Дніпропетровській – 234, Тернопільській – 209, Чернігівській – 173, Донецькій та Житомирській – по 149, Хмельницькій – 144, у інших областях кількість випадків становила менше 100, найнижчий показник у Херсонській області – 2 випадки, відповідно [50].

Лайм-бореліоз у тварин. Зараження тварин відбувається внаслідок укусу кліща. Контакт зараженого кліща зі шкірою тварини спричиняє підвищення температури кліща, в бореліях спрацьовує сигнал активності, який дозволяє їм мігрувати з кишечника кліща до його слинних залоз. Після контакту з кров'ю, поверхневі білки *OspA* (і *OspB*) замінюються впродовж 36–48 год на *OspC*, який зв'язується із слинним білком кліща *Salp 15*. Через 24–48 год борелії мігрують в тканини організму тварини. Після чого борелії на своїй поверхні експресують білок *VlsE*. Варіабельність цього білка дає змогу борелії уникати імунного захисту господаря [58].

Лайм-бореліоз у собак. Більшість серопозитивних собак не мають клінічних ознак як за природного, так і експериментального зараження [10, 59]. В ендемічних районах, симптоматична форма ЛБ розвивається лише у 5–10 % із 75 % серопозитивних собак [60].

Експериментальні дослідження доводять, що інкубаційний період за ЛБ у собак становить 2–5 міс. [58].

Якщо собаки хворіють клінічно на ЛБ, то частіше захворювання буде проявлятися як лайм-артрит, лайм-кардит або лайм-нефрит, що супроводжуються лихоманкою та апатією. Неврологічні ознаки захворювання та лайм-кардит задокументовані недостатньо.

За даними експериментального інфікування собак *B. burgdorferi sensu stricto*, у незначній частині із них може розвинутися лайм-артрит [1, 10, 46]. Щодо здатності інших генотипів *B. burgdorferi sensu lato* спричинювати захворювання у собак, то *B. afzelii* була виділена у собаки з клінічними ознаками (кульгавість, болючість суглобів, кардіопатія, підвищення температури) в Польщі [60]. В умовах експерименту доведено, що собаки можуть передавати борелію кліщам, що вказує на їх значення як резервуарів та створює ризик для зараження людини [33]. Частота захворюваності у людей зростає із збільшенням серопродуктивності у собак [12].

Серопозитивність у собак на території Європи, в районах з різним ступенем ендемічності, коливається від 0,0 до 57,5 %. Слід зазначити, що вищу чутливість до збудника ЛБ проявляють собаки породи Бернський зенненхунд, причина не з'ясована. Частота виявлення ДНК борелії за допомогою ПЛР у собак коливається від 0,0 (у безсимптомних) до 60,0 % (з клінічними ознаками). ДНК *B. afzelii*, *B. valaisiana*, *B. burgdorferi sensu stricto* та *B. garinii* превалювала порівняно з іншими генотипами [46].

В Україні доступні дані лише про лабораторне дослідження сироватки крові собак із підозрою на ЛБ, проведених за допомогою імуноферментного аналізу (ІФА), з двох ветеринарних клінік м. Київ та з кількох областей України (Київська, Одеська, Львівська, Донецька). За 2008–2015 рр. у двох ветеринарних клініках досліджено 542 собаки, із них у 263 підтверджено діагноз ЛБ та у 10 собак результат був сумнівним, інші результати – негативні. В інших областях було досліджено 206 собак, із них 37 мали позитивний діагноз на ЛБ. Позитивні результати ІФА-аналізів стали підтвердженням первинного діагнозу лікарів ветеринарної медицини, поставленого на основі клінічних ознак. Відсоток позитивних результатів достатньо високий, однак він не відображає реальну кількість хворих тварин по всій Україні. Слід зазначити, що наведені дослідниками результати не є моніторинговим дослідженням ЛБ серед популяції всіх собак без клінічних проявів [61]. Тобто, дослідження, щодо серопревалентності у собак до збудника ЛБ, в Україні систематично не проводили.

Лайм-бореліоз у котів. Після експериментального зараження котів *B. burgdorferi*, виявляли сероконверсію без прояву клінічних ознак [62]. Є лише кілька повідомлень про ЛБ у котів з проявом клінічних ознак, таких як серцева аритмія та кульгавість, які були пов'язані із ЛБ

на основі серопозитивності, виявлення збудника за допомогою ПЛР та/або після ефективного лікування антибіотиками [34]. Хоча коті можуть бути серопозитивними, на сьогодні немає єдиної думки щодо того, чи спричиняє борелія захворювання у котів. Вважають, що коті, як і собаки, також можуть слугувати резервуарними господарями і передавати *B. burgdorferi* кліщам [10, 13]. Тому є потреба в подальших дослідженнях прояву клінічних ознак ЛБ у котів.

Серопозитивність серед котів у Європі коливається від 2,2 до 19,2 %. Рівень зараженості, визначений за допомогою ПЛР, сягає 1,6 % [46]. Дані про ЛБ у котів в Україні відсутні.

Лайм-бореліоз у коней. У коней спектр клінічних проявів досить широкий: кульгавість, артрит, увеїт, енцефаліт та аборт. Ці симптоми пов'язані з інфікуванням *B. burgdorferi sensu lato*, однак у більшості випадків причинно-наслідковий зв'язок остаточно не доведено [64]. У літературі є повідомлення про нейробореліоз у коня з виявленням *B. burgdorferi sensu stricto* у центральній нервовій системі. Діагноз підтверджено комбінованим імунологічним тестуванням, аналізом ПЛР у режимі реального часу та імуногістохімічним фарбуванням. Раніше повідомлялося про випадки нейробореліозу у коней, за період 2004–2015 рр. [65–67]. Однак ці випадки спостерігали у Північній Америці, тому, залишається незрозумілим, чи можуть європейські ізоляти *B. burgdorferi sensu stricto* та інші генотипи *B. burgdorferi sensu lato* зумовлювати клінічні прояви у коней. Дослідження *in vitro* доводять, що всі види *B. burgdorferi sensu lato* сприйнятливі до інактивації комплементом коней, за винятком *B. burgdorferi sensu stricto*, який виявляє проміжну чутливість [59].

Не зважаючи на відсутність даних, які свідчили б про клінічні випадки ЛБ коней у Європі, є дослідження, які оцінюють рівень серопревалентності у цього виду тварин (Польща, Данія, Франція, Німеччина, Швеція, Словаччина). Показники серопревалентності коливаються від 12,4 до 48,4 % [46]. В Україні інформація про ЛБ коней відсутня.

Лайм-бореліоз у жуйних тварин. Дослідження *in vitro* генотипів комплексу *B. burgdorferi sensu lato* демонструють високу чутливість до сироваткового комплементу декількох видів жуйних тварин, зокрема оленів, бізонів та великої рогатої худоби [59]. Жуйні тварини не вважаються потенційними резервуарними господарями для *B. burgdorferi sensu lato*, а кліщі, що харчуються цими видами тварин, можуть навіть втратити свою борелієву інфек-

цію. Тому, існує припущення, що збільшення випасу домашніх жуйних тварин може знизити ризик зараження хворобою Лайма в певній місцевості. Однак це стосується не всіх жуйних тварин, оскільки кілька видів *B. burgdorferi sensu lato* стійкі до сироватки овець та муфлонів, вони можуть підтримувати природні цикли *B. burgdorferi sensu lato* за відсутності інших тварин-резервуарів [59, 68].

Серопревалентність жуйних тварин у Європі коливається від 1,1 до 84,6 % [46]. В Україні дані про ЛБ жуйних тварин відсутні.

Діагностика Лайм-бореліозу у тварин. На сьогодні, діагностика ЛБ у тварин ґрунтується на чотирьох критеріях.

Перший критерій. Клінічні ознаки: лайм-артрит, який супроводжується ураженням кістково-м'язового апарату, кульгавістю, патологічними змінами в суглобах без ознак їх ураження; лайм-кардит – проявляється слабкістю, тахікардією, ознаками міокардиту; лайм-нефрит – характеризується стерильним імунно-опосередкованим гломерулонефритом, пов'язаним з інфекцією, який може бути недостатньо діагностований на ранній стадії та за легкої форми і потребує подальшого дослідження. Зв'язок гломерулонефриту з ЛБ підозрюється у <1 до 2 % собак, хоча експериментально це не доведено, навіть якщо захворювання супроводжується високим титром антитіл до борелії; нейробореліоз – ознаки ураження нервової системи, може проявлятися як менінгіт, енцефаліт і частковий або повний парез, параліч кінцівок [9, 10, 60].

Другий критерій. Двоетапна лабораторна діагностика. Перший етап – скринінг – непряма реакція імунофлюоресценції (НРІФ), та ІФА, або інші реакції з ензим-міченими антитілами [10]. Другий етап – визначення ДНК збудника за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) або метод імуноблотингу (англ. Westernblot). Однак, за допомогою ПЛР не завжди можна розрізнити ДНК живої чи вже мертвої борелії, отже, навіть після успішного лікування, ДНК борелії можуть все ще виявлятися. Крім того, внаслідок асоціювання борелії із сполучною тканиною, матеріали для тесту, такі як сироватка крові або сеча, є непридатними, а пацієнт-тварина часто вже отримувал антибіотики перед тим, як брати пробу для дослідження, що значно зменшує перспективу прямого виявлення збудника. Для виявлення ДНК борелії використовують: синовію (фрагмент синовіальної мембрани), ліквор, біоптати міокарда (за міокардитів) [9, 10, 16, 69].

Третій критерій. Підтверджений контакт тварин з кліщами: під час збору анамнезу

(зі слів власника) та/або виявлення і дослідження кліща на наявність збудника ЛБ, методом мікроскопії в темному полі або у світлому полі (фіксованих препаратів за Романовським-Гімза з дофарбовуванням 1 % розчином кристалічного фіолетового впродовж 30 хв) або за допомогою ПЛР [9].

Четвертий критерій. Ефективність антибіотикотерапії, наприклад, за лайм-артритів, відповідь на лікування має проявитися через 1–3 доби [9, 10, 70].

Оскільки кількість борелій в організмі інфікованої тварини незначна, виявити їх за допомогою культур та мікроскопічних методів надзвичайно складно. Найкращим матеріалом для культури борелії є біопсія шкіри з місця прикріплення кліща [9, 60, 69].

Слід зазначити, що наявність антитіл до поверхневих білків борелії *C₆*, *VlsE*, *OspC* (у невакцинованих), *OspF* вказує на вплив *B. burgdorferi*, але не є доказом причини клінічних проявів і не може використовуватися як показник розвитку майбутніх клінічних ознак [10].

В Україні відсутні систематизовані дані про діагностику ЛБ у тварин, зокрема у собак, діагностичні протоколи з урахуванням доступності лабораторних методів не розроблено.

Лікування Лайм-бореліозу у тварин. Бета-лактами та тетрацикліни вважають найбільш ефективними антимикробними засобами лікування ЛБ. Курс лікування антибіотиками триває до 4 тижнів. Рекомендують застосовувати доксициклін для хворих собак із підозрою на ЛБ через простоту введення та ефективність від коінфекцій (наприклад, анаплазмоз, ерліхіоз та лептоспіроз), також доксициклін має антиартритні та протизапальні властивості [10]. Для лікування чутливих до доксицикліну собак застосовують амоксицилін. Нещодавно було доведено, що цефовецин за схемою: 2 ін'єкції з інтервалом у 14 діб, є ефективним, як і 4-тижневе застосування доксицикліну або амоксициліну. Незважаючи на 4 тижні лікування та використання високих доз антибіотиків (10 мг/кг доксицикліну) організм може повністю не очиститись від борелії. Можливий рецидив як у тварин, так і людей, що може бути зумовлено коінфекцією або реінфекцією, особливо з іншими штамами *Borrelia burgdorferi*. Реакція на лікування антибіотиками у собак із ознаками гострого артрити має бути швидкою, упродовж 1–3 діб, якщо симптоми є наслідком ЛБ. Слід також розглянути застосування анальгетиків, наприклад, габапентин у разі невропатичного болю, за необхідності. Нестероїдні протизапальні препарати можуть бути менш ефективними [9, 10, 70–72].

Оскільки клінічний ЛБ у котів вивчений недостатньо, оптимальний план лікування невідомий. На основі досліджень гострого бореліозу у собак протоколи лікування доксицикліном, ймовірно, будуть ефективними і у котів [10]. Що стосується інших видів тварин, то досліджень, які б містили інформацію про лікування клінічних випадків ЛБ не знайдено.

Профілактика Лайм-бореліозу у тварин. Найпростішим і найефективнішим методом профілактики ЛБ є захист тварин від іксодових кліщів. Постійний огляд тварин, після прогулянок, на наявність кліщів та їх видалення за допомогою пінцету або пристрою для видалення кліща. Це знижує ризик зараження не лише ЛБ, а й іншими захворюваннями, які переносять кліщі. Покращений ландшафтний дизайн допомагає домашнім улюбленцям уникати кліщів. Паркові та лісопаркові зони можна озеленювати у такий спосіб, щоб це сприяло зменшенню кліщів і резервуарних господарів. Наприклад, короткі газони містять менше кліщів. Вибір рослин, які є не привабливими як корм для хребетних тварин-резеруарів (козулі, зайці) допомагає зменшити ризик випадкового потрапляння кліщів у сади та парки. Оскільки кліщі можуть активізуватися навіть взимку, за температури вище 4 °С, рекомендують профілактичне застосування акарицидних засобів тваринам щорічно, на початку весни, до активності кліщів. На сьогодні спектр акарицидних засобів на ринку досить широкий, це таблетки, краплі на холку, нашійники, спреї тощо [9, 10, 73].

Для специфічної профілактики ЛБ у тварин застосовують вакцину. Щеплення рекомендовано проводити в ендемічних районах, та/або тваринам, які знаходяться в зоні ризику, наприклад мисливські собаки. В Україні доступна інактивована вакцина «Borrelum 3» від бореліозу собак, котів, коней (фірма Біовета, Чеська Республіка), до складу якої входять *B. burgdorferi* MSLB 8014, *B. garinii* MSLB 1004, *B. afzelii* MSLB. Вакцину для активної імунізації тварин від ЛБ застосовують з 12-тижневого віку і старше [9, 10, 74].

Обговорення. Аналіз літературних джерел дає змогу стверджувати, що на поширення Лайм-бореліозу в усьому світі впливають екологічні чинники, кліматичні умови та людський чинник впливу на навколишнє середовище. Тому ця хвороба потребує еколого-епідеміологічного моніторингу, особливо на території України та в інших країнах Східної Європи, де даних надзвичайно мало, а якщо такі є, то вони точкові та не охоплюють всіх територій. Не зважаючи на те, що МОЗ України проводить щорічне дослідження інфікованості іксодових кліщів бореліями на території України, на сьогодні відомості про фундаментальні прояви поширення ЛБ є обмеженими, що заважає ефективному попередженню та контролю хвороби Лайма. Розробка нових методів контролю та прогнозування ризику виникнення захворювання потребує розуміння його патогенезу та динаміки виникнення хвороби.

Наразі остаточно не встановлено, які генотипи комплексу *B. burgdorferi sensu lato* циркулюють в Україні та які генотипи є патогенними для домашніх тварин. Немає вичерпних даних про резервуарних господарів для *B. burgdorferi sensu lato*, остаточно не з'ясовано які види хребетних господарів характерні для території України.

Результати аналізу літератури підтверджують необхідність вивчення показників серопревалентності ЛБ у собак, котів, коней та жуйних тварин, оскільки наявність таких даних може розширити розуміння значення цих видів тварин як сторожових та резервуарних господарів, а також дозволить зрозуміти їх вплив на розповсюдження хвороби Лайма та на оцінювання ризику виникнення ЛБ у людини.

Проаналізовано відомості про клінічні випадки ЛБ тварин, опубліковані за останні п'ять років. Більша частина із наявних досліджень вказує на прояви клінічних ознак у собак, тоді як для котів та коней таких даних недостатньо, а у жуйних тварин взагалі відсутня реєстрація клінічних випадків ЛБ. Подібна ситуація щодо наявності інформації про діагностику та лікування ЛБ тварин.

Лайм-бореліоз – це зоонозне захворювання, для оцінювання ризику його розповсюдження та передбачення виникнення, потрібно проводити картографування поширення *I. ricinus* та моніторинг його чисельності на всій території України; моніторингову оцінку ступеня інфікованості іксодових кліщів бореліями комплексу *B. burgdorferi sensu lato* із їх генотипуванням; скринінг клінічно здорових собак, котів, коней та жуйних тварин, які живуть в ендемічних районах України, на наявність антитіл до *B. burgdorferi*.

Нині, в світі відсутня єдина думка з питань клінічних проявів, діагностики, лікування та профілактики ЛБ тварин, що потребує подальших досліджень та накопичення даних, зокрема: дослідження клінічних випадків ЛБ тварин в експериментальних умовах, систематизація даних про клінічний перебіг хвороби, розробка та впровадження схем лікування за різних клінічних форм прояву ЛБ у різних видів тварин, покращення алгоритмів діагностики ЛБ у собак, котів, коней та жуйних тварин, підви-

щення рівня обізнаності серед ветеринарних лікарів щодо ЛБ тварин.

Перспективою подальших досліджень ЛБ в Україні є проведення моніторингу поширення із визначенням ступеня інфікованості іксодових кліщів бореліями комплексу *B. burgdorferi sensu lato*, охоплюючи всю територію країни. Вивчення впливу кліматичних змін на ензоотичний цикл передачі *B. burgdorferi*. Встановлення ролі домашніх тварин в епізоотичному ланцюзі, із дослідженням їх серопревалентності до збудника ЛБ. Необхідне також накопичення даних про клінічні випадки Лайм-бореліозу у різних видів тварин для кращого розуміння перебігу та патогенезу хвороби, діагностики, диференційної діагностики та лікування захворювання.

Висновки. Результати систематичного огляду підтверджують, що Лайм-бореліоз поширений в Україні та сусідніх країнах. Систематичний огляд виявив значну неоднорідність даних щодо ЛБ у тварин, що пов'язано із часовими прогалинами в дослідженнях, нестачею даних щодо клінічних випадків у різних видів тварин та серопревалентності тварин до збудника ЛБ. Більшість опублікованих даних стосуються собак та котів.

Захворювання спричинюють борелії, які згруповані в комплекс *B. burgdorferi sensu lato*. До комплексу входить 21 генотип борелій. У Європейських країнах циркулюють такі генотипи: *B. afzelii*, *B. garinii*, *B. valaisiana*, *B. burgdorferi sensu stricto*, *B. lusitanae*. В Україні, досліджень, які б відображали дані про генотипування борелій комплексу *B. burgdorferi sensu lato* недостатньо для формування висновків про найпоширеніші генотипи, декілька джерел вказують на циркуляцію *B. garinii*, *B. valaisiana* та *B. afzelii*, *B. burgdorferi sensu stricto*.

В Україні та Європі основним вектором передачі хвороби Лайма слугують тверdotілі кліщі – *I. ricinus*. Резервуарними господарями є хребетні тварини, зокрема рептилії, гризуни, дрібні ссавці та птахи.

В останні роки дослідники вказують на розширення географічного ареалу, підвищення інтенсивності та тривалості сезонної активності іксодових кліщів, що пов'язано із екологічними факторами, кліматичними чинниками та антропогенним впливом на навколишнє середовище, створенням нових урбаністичних осередків ЛБ. В Європі ступінь інфікованості іксодових кліщів бореліями коливається від 3,6 до 19,3 %, в Україні цей показник варіює в межах 8,09–26 %.

Клінічно ЛБ у тварин проявляється у собак та коней як лайм-артрит та лайм-кардит,

у котів як лайм-нефрит та нейробореліоз. Лабораторні методи діагностики Лайм-бореліозу представлені НРІФ, ІФА, ПЛР та імуноблотингом. Лікування ЛБ ґрунтується на застосуванні антибіотиків, β-лактамів та тетрациклінів.

У Європі серопревалентність до *B. burgdorferi* у собак коливається від 0,0 до 57,5 %; котів – 2,2–19,2 %; коней – 12,4–48,4 %; у жуйних тварин – від 1,1–84,6 %. Дані щодо серопревалентності до збудника ЛБ у тварин в Україні відсутні.

Відомості про конфлікт інтересів (за потреби).

Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Europe-Wide Meta-Analysis of *Borrelia burgdorferi* Sensu Lato Prevalence in Questing Ixodes ricinus Ticks/ M. Strnad et al. Applied and Environmental Microbiology. 2017. Vol. 83. No. 15. P. 1–16. Doi: 10.1128/AEM.00609-17
2. Identification of Surface Epitopes Associated with Protection against Highly Immune-Evasive VlsE-Expressing Lyme Disease Spirochetes/ M. Batool et al. Infection and Immunity. 2018. Vol. 86, No. 8. P. 1–23. Doi: 10.1128/IAI.00182-18
3. Lyme disease ecology in a changing world: Consensus, uncertainty and critical gaps for improving control/ A.M. Kilpatrick et al. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2017. Vol. 372. No. 1722. Doi:10.1098/rstb.2016.0117
4. Vandekerckhove O., Buck E.De., Wijngaerden E.Van. Lyme disease in Western Europe: an emerging problem? A systematic review. Acta Clinica Belgica. 2019. P. 1–9. Doi: 10.1080/17843286.2019.1694293
5. Sykes R.A., Makiello P. An estimate of Lyme borreliosis incidence in Western Europe. Journal of Public Health (United Kingdom). 2017. Vol. 39. No. 1. P. 74–81. Doi:10.1093/pubmed/fdw017
6. Ticks and tick-borne diseases/ N. Boulanger et al. Medecine et Maladies Infectieuses. 2019. Vol. 49. No. 2. P. 87–97. Doi: 10.1016/j.medmal.2019.01.007
7. Upsurge of Lyme borreliosis in Ukraine: a 20-year survey/ A.S. Rogovskyy et al. Journal of travel medicine. 2020. Vol. 27. No. 6. P. 1–3. Doi: 10.1093/jtm/taaa100
8. Gryczyńska A., Gortat T., Kowalec M. Urban rodent reservoirs of *Borrelia spp.* In Warsaw, Poland. Epidemiology and Infection. 2018. Vol. 146. No. 5. P. 589–593. Doi:10.1017/S095026881800033X
9. Lyme disease prevention in dogs (domestic and fore ignex perience)/N. Soroka et al. Ukrainian journal of veterinary sciences. 2019. Vol. 10. No. 2. P. 58–66. Doi:10.31548/ujvs2019.02.058
10. ACVIM consensus update on Lyme borreliosis in dogs and cats/ M. P. Littman et al. Journal of Veterinary Internal Medicine. 2018. Vol. 32. No. 3. P. 887–903. Doi:10.1111/jvim.15085
11. *Borrelia bissettiae sp. nov.* And *Borrelia californiensis sp. nov.* Preval in diverse enzootic transmission cycles/ G. Margos et al. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2016. Vol. 66. No. 3. P. 1447–1452. Doi:10.1099/ijsem.0.000897

12. Quantifying the relationship between human lyme disease and *Borrelia burgdorferi* exposure in domestic dogs/ Y. Liu et al. *Geospatial Health*. 2019. Vol. 14, No. 1. Doi:10.4081/gh.2019.750
13. Seroprevalence of antibodies against *Borrelia burgdorferi* S. L. and *Leptospira interrogans* S. L. in cats in district of Brno and its environs, the Czech Republic / A. Žakovská et al. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2020. Vol. 27. No. 3. P. 356–360. Doi:10.26444/aaem/122804
14. Systematic Review of the Literature: Best Practices/ S. Gupta et al. *Academic Radiology*. 2018. Vol. 25. No. 11. P. 1481–1490. Doi: 10.1016/j.acra.2018.04.025
15. Cutler S.J., Ruzic-Sabljić E., Potkonjak A. Emerging borreliæ – Expanding beyond Lyme borreliosis. *Molecular and Cellular Probes*. 2017. Vol. 31. P. 22–27. Doi:10.1016/j.mcp.2016.08.003
16. Diagnosing Borreliosis/ S.J. Cutler et al. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. 2017. Vol. 17. No. 1. P. 2–11. Doi:10.1089/vbz.2016.1962
17. Lyme borreliosis/ A.C. Steere et al. *Nature Reviews Disease Primers*. 2016. Vol. 2. Doi:10.1038/nrdp.2016.90
18. Comparison of growth and morphology of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in BSK-H and BSK-II media stored for prolonged periods/G. Veinović et al. *Apmis*. 2020. Vol. 128. No. 10. P. 552–557. Doi:10.1111/apm.13069
19. The functional and molecular effects of doxycycline treatment on *Borrelia burgdorferi* phenotype/ J.R. Caskey et al. *Frontiers in Microbiology*. 2019. Vol. 10. No. MAR. P. 1–11. Doi:10.3389/fmicb.2019.00690
20. Diversity of Lyme borreliosis spirochetes isolated from ticks in Serbia/S. Čakić et al. *Medical and Veterinary Entomology*. 2019. Vol. 33. No. 4. P. 512–520. Doi:10.1111/mve.12392
21. Comparison of MKP and bsk-h media for the cultivation and isolation of *Borrelia burgdorferi* sensu lato/ E. Ružičić-Sabljić et al. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12. No. 2. P. 1–11. Doi:10.1371/journal.pone.0171622
22. Johnson R.C., Schmid G. P., Hyde F. W. *Borrelia burgdorferi* sp. nov.: Etiologic agent of Lyme disease. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 1984. Vol. 34. No. 4. P. 496–497. Doi:10.1099/00207713-34-4-496
23. Delineation of *Borrelia burgdorferi* sensu stricto, *Borrelia garinii* sp. nov., and Group VS461 associated with Lyme borreliosis/G. Baranton et al. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 1992. Vol. 42. No. 3. P. 378–383. Doi:10.1099/00207713-42-3-378
24. Monoclonal Antibodies for Identification of *Borrelia afzelii* sp. nov. Associated with Late Cutaneous Manifestations of Lyme Borreliosis/ M.M. Canica et al. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases*. 1993. Vol. 25. No. 4. P. 441–448. Doi:10.3109/00365549309008525
25. Kawabata H., Masuzawa T., Yanagihara Y. Genomic analysis of *Borrelia japonica* sp. nov. isolated from *Ixodes ovatus* in Japan. *Microbiol Immunol*. 1993. Vol. 37. No. 11. P. 843–848. PMID: 7905183
26. Schwartz I.R.A. Identification of Novel Insertion Elements, Restriction Fragment Length Polymorphism Patterns, and Discontinuous 23S rRNA in Lyme Disease Spirochetes: Phylogenetic Analyses of rRNA Genes and Their Intergenic Spacers in *Borrelia japonica* sp. nov. and *Borrelia burgdorferi* sensu lato. *Journal of Clinical Microbiology*. 1995. Vol. 33. No. 9. P. 2427–2434.
27. Genetic and Phenotypic Analysis of *Borrelia valaisiana* sp. nov. (*Borrelia* Genomic Groups VS116 and M19)/ G. Wang et al. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 1997. Vol. 19. P. 926–932. Doi: 10.1099/00207713-47-4-926
28. *Borrelia tanukii* sp. nov. and *Borrelia turdae* sp. nov. Found from ixodid ticks in Japan: rapid species identification by 16S rRNA gene-targeted PCR analysis/ M. Fukunaga et al. *Microbiol Immunol*. 1996. Vol. 40. No. 11. P. 877–881. Doi:10.1111/j.1348-0421.1996.tb01154.x
29. *Borrelia sinica* sp. nov., a Lyme disease-related *Borrelia* species isolated in China/ T. Masuzawa et al. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2001. Vol. 51. No. 5. P. 1817–1824. Doi: 10.1099/00207713-51-5-1817
30. Delineation of *Borrelia burgdorferi* sensu lato species by multilocus sequence analysis and confirmation of the delineation of *Borrelia pielmansii* sp. nov./ D. Postic et al. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2006. Vol. 56. No. 4. P. 873–881. Doi:10.1099/ijs.0.64050-0
31. Novel Genospecies of *Borrelia burgdorferi* sensu lato from Rodents and Ticks in Southwestern China/ C.Y. Chu et al. *Journal of Clinical Microbiology*. 2008. Vol. 46. No. 9. P. 3130–3133. Doi:10.1128/JCM.01195-08
32. A New *Borrelia* Species Defined by Multilocus Sequence Analysis of Housekeeping Genes/G. Margos et al. *Applied and Environmental Microbiology*. 2009. Vol. 75. No. 16. P. 5410–5416. Doi:10.1128/AEM.00116-09
33. Delineation of a New Species of the *Borrelia burgdorferi* sensu lato Complex, *Borrelia americana* sp. nov./ N. Rudenko et al. *Journal of Clinical Microbiology*. 2009. Vol. 47. No. 12. P. 3875–3880. Doi: 10.1128/JCM.01050-09
34. *Borrelia carolinensis* sp. nov., a New (14th) Member of the *Borrelia burgdorferi* sensu lato Complex from the Southeastern Region of the United States/ N. Rudenko et al. *Journal of Clinical Microbiology*. 2009. Vol. 47. No. 1. P. 134–141. Doi:10.1128/JCM.01183-08
35. Whole Genome Sequence of an Unusual *Borrelia burgdorferi* sensu lato Isolate/ S.R. Casjens et al. *Journal of Bacteriology*. 2011. Vol. 193. No. 6. P. 1489–1490. Doi:10.1128/JB.01521-10
36. *Borrelia chilensis*, a new member of the *Borrelia burgdorferi* sensu lato complex that extends the range of this genospecies in the Southern Hemisphere/L.B. Ivanova et al. *Environmental Microbiology*. 2014. Vol. 16. No. 4. P. 1069–1080. Doi:10.1111/1462-2920.12310
37. *Borrelia kurtenbachii* sp. nov., a widely distributed member of the *Borrelia burgdorferi* sensu lato species complex in North America/G. Margos et al. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2014. Vol. 64. No. 1. P. 128–130. Doi:10.1099/ijs.0.054593-0
38. Expanded Diversity among Californian *Borrelia* Isolates and Description of *Borrelia bissettii* sp. nov. (Formerly *Borrelia* Group DN127)/ D. Postic et al. *Journal of Clinical Microbiology*. 1998. Vol. 36. No. 12. P. 3497–3504. Doi: 10.1128/JCM.36.12.3497-3504.1998
39. Identification of a novel pathogenic *Borrelia* species causing Lyme borreliosis with unusually high spirochaetemia: a descriptive study/B.S. Pritt et al. *The Lancet Infectious Diseases*. 2016. Vol. 16. No. 5. P. 556–564. Doi:10.1016/S1473-3099(15)00464-8

40. Isolation of the lyme disease spirochete borrelia mayonii from naturally infected rodents in Minnesota/ T.L. Johnson et al. Journal of Medical Entomology. 2017. Vol. 54. No. 4. P. 1088–1092. Doi:10.1093/jme/tjx062
41. Verhaegh D., Joosten L.A.B., Oosting M. The role of host immune cells and Borrelia burgdorferi antigens in the etiology of Lyme disease. European Cytokine Network. 2017. Vol. 28. No. 2. P. 70–84. Doi:10.1684/ecn.2017.0396
42. Prevalence and distribution of Borrelia and Babesia species in ticks feeding on dogs in the U.K./S. Abdullah et al. Medical and Veterinary Entomology. 2018. Vol. 32. No. 1. P. 14–22. Doi:10.1111/mve.12257
43. Chemych M., Lutai I. Lyme disease. Modern issue condition (literature review). Eastern Ukrainian Medical Journal. 2020. Vol. 8. No. 2. P. 230–241. Doi:10.21272/eumj.2020;8(2):230-241
44. Infection of ticks collected from humans in Ukraine, by causative agents of some bacteriosis/ M.I. Shkilna et al. Bukovinian Medical Herald. 2020. Vol. 24. No. 1 (93). P. 195–201. Doi:10.24061/2413-0737.XXIV.1.93.2020.26
45. Genospecies of Borrelia burgdorferi sensu lato detected in 16 mammal species and questing ticks from northern Europe/ A. Mysterud et al. Scientific Reports. 2019. Vol. 9. No. 1. P. 1–8. Doi:10.1038/s41598-019-41686-0
46. Zoonotic Tick-Borne Pathogens in Temperate and Cold Regions of Europe – A Review on the Prevalence in Domestic Animals/A. Springer et al. Frontiers in Veterinary Science. 2020. Vol. 7. P. 1–21. Doi:10.3389/fvets.2020.604910
47. Hodzic E. Lyme borreliosis: Is there a preexisting (natural) variation in antimicrobial susceptibility among borrelia burgdorferi strains? Bosnian Journal of Basic Medical Sciences. 2015. Vol. 15. No. 3. P. 1–13. Doi:10.17305/bjbm.2015.594
48. Interaction of the Lyme disease spirochete with its tick vector/ M. J. Caimano et al. Cellular Microbiology. 2016. Vol. 18. No. 7. P. 919–927. Doi:10.1111/cmi.12609
49. Волошина Н. О., Волошин О. Г., Шевченко В. Г. Природно-вогнищеві інфекції за умов зміни клімату. Проблеми екології та еволюції екосистем в умовах трансформованого середовища: матеріали наукових праць II Міжнародної науково-практичної конференції. Чернігів, 2018. С. 48–51. URL:https://www.surl.li/sfvi
50. Nebogatkin I. V., Shulhan A. M. Epidemiological and epizootic features of Lyme disease in 2019 in Ukraine. Actual Infectology. 2020. Vol. 8. No. 5–6. P. 44–48. Doi:10.22141/2312-413x.8.5-6.2020.217959
51. Alkische A. A., Peterson A. T., Samy A. M. Climate change influences on the potential geographic distribution of the disease vector tick Ixodes ricinus. PLoS ONE. 2017. Vol. 12. No. 12. P. 1–14. Doi:10.1371/journal.pone.0189092
52. Caminade C., McIntyre K. M., Jones A. E. Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. Annals of the New York Academy of Sciences. 2019. Vol. 1436. No. 1. P. 157–173. Doi: 10.1111/nyas.13950
53. Волошина, Н. О., Волошин, О. Г. Екологічні передумови поширення емерджентних хвороб. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 2017. Вип. 3 (70). С. 120–123. URL:https://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/8191/1/Voloshyna%2c%20Voloshyn.pdf
54. Міхєєв А. О. Міграції птахів та поширення інфекційних захворювань (огляд літератури). World Science. 2018. Vol. 6. No. 6 (34). P. 6–13. Doi:10.31435/rsglobal_ws/12062018/5856
55. Pathogen communities of songbird-derived ticks in Europe's low countries/D. Heylen et al. Parasites and Vectors. 2017. Vol. 10. No. 1. P. 1–12. Doi:10.1186/s13071-017-2423-y
56. Деякі аспекти епідеміології та діагностики Лайм-бореліозу. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія/ С.І. Климнюк та ін. 2017. №. 3 (70). С. 147–153. URL:https://journal.chem-bio.com.ua/archive/archive-2/category/44-3-70?download=751:deyaki-aspekty-epidemiolohiyi-ta-diahnostyky-laym-boreliozu
57. Detection of pathogens in ixodid ticks collected from animals and vegetation in five regions of Ukraine/ V.A. Levytska et al. Ticks and Tick-borne Diseases. 2021. Vol. 12. No. 1. Doi:10.1016/j.ttbdis.2020.101586
58. Tick-borne Diseases (Borreliosis, Anaplasmosis, Babesiosis) in German and Austrian Dogs: Status quo and Review of Distribution, Transmission, Clinical Findings, Diagnostics and Prophylaxis/ N. Pantchev et al. Parasitology Research. 2015. Vol. 114. No. 1. P. 19–54. Doi:10.1007/s00436-015-4513-0
59. Complement Evasion Contributes to Lyme Borreliae–Host Associations/Y.P. Lin et al. Trends in Parasitology. 2020. Vol. 36. No. 7. P. 634–645. Doi:10.1016/j.pt.2020.04.011
60. Myocarditis secondary to Borrelia infection in a dog: a case report/ Ł. Adaszek et al. Annals of parasitology. 2020. Vol. 66. No. 2. P. 255–257. Doi:10.17420/ap6602.263
61. Prus M., Shaydyuk M. Diagnosis of Some Canine Vector-Borne Diseases in Ukraine. Scientific Journal of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Veterinary medicine, quality and safety of products of stock-raising. 2015. P. 268–273. URL:https://scholar.google.com/scholar?oi=bibs&cluster=18295414964848232227&btnI=1&hl=uk
62. Evidence of Anaplasma phagocytophilum and Borrelia burgdorferi infection in cats after exposure to wild-caught adult Ixodes scapularis./M.R. Lappin et al. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. 2015. Vol. 27. No. 4. P. 522–525. Doi:10.1177/1040638715593598
63. Tsachev I., Baymakova M., Pantchev N. Seroprevalence of Anaplasma phagocytophilum, Ehrlichia spp. And Borrelia burgdorferi infections in horses: first report from Northern Bulgaria – Short communication. Acta Veterinaria Hungarica. 2019. Vol. 67. No. 2. P. 197–203. Doi:10.1556/004.2019.021
64. Divers T. J. Equine Lyme Disease. Journal of Equine Veterinary Science. 2013. Vol. 33. No. 7. P. 488–492. Doi:10.1016/j.jevs.2013.03.187
65. James F.M., Engiles J.B., Beech J. Meningitis, cranial neuritis, and radiculoneuritis associated with Borrelia burgdorferi infection in a horse. Journal of the American Veterinary Medical Association. 2010. Vol. 237. No. 10. P. 1180–1185. Doi:10.2460/javma.237.10.1180
66. Lyme Neuroborreliosis in 2 Horses/ D.M. Imai et al. Veterinary Pathology. 2011. Vol. 48. No. 6. P. 1151–1157. Doi:10.1177/0300985811398246
67. Retrospective Evaluation of Horses Diagnosed with Neuroborreliosis on Postmortem Examination: 16 Cases

(2004-2015)/ L. K. Johnstone et al. Journal of veterinary internal medicine. 2016. Vol. 30. No. 4. P. 1305–1312. Doi:10.1111/jvim.14369

68. Hematological Features in Sheep with IgG and IgM Antibodies against *Borrelia burgdorferi sensu lato*/ L.V. Athanasiou et al. Pathogens. 2021. Vol. 10. No. 2. 164 p. Doi:10.3390/pathogens10020164

69. Beitrag zur serologischen Diagnostik der Lyme-Borreliose beim Hund Contribution to the serodiagnosis of Lyme borreliosis in dogs Material und Methoden / C. Klaus et al. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift. 2017. Doi:10.2376/0005-9366-17029

70. Levvytska V.A., Mushynskiy A.B. Diagnosis and treatment to tick-borne diseases of pets. Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics. Veterinary sciences. 2020. P. 175–183. Doi:10.37406/2706-9052-2020-1-20

71. *Borrelia persica* infection in dogs and cats: Clinical manifestations, clinicopathological findings and genetic characterization/ G. Baneth et al. Parasites and Vectors. 2016. Vol. 9. No. 1. P. 1–10. Doi:10.1186/s13071-016-1530-5

72. Comparison of effectiveness of cefovecin, doxycycline, and amoxicillin for the treatment of experimentally induced early Lyme borreliosis in dogs/ B. Wagner et al. BMC Veterinary Research. 2015. Vol. 11. No. 1. P. 1–8. Doi: 10.1186/s12917-015-0475-9

73. Ability of an oral formulation of afoxolaner to protect dogs from *Borrelia burgdorferi* infection transmitted by wild *Ixodes scapularis* ticks/ C. F. Baker et al. Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases. 2016. Vol. 49. C. 65–69. Doi:10.1016/j.cimid.2016.09.004

74. Grosenbaugh D. A., Rissi D. R., Krimer P. M. Demonstration of the ability of a canine Lyme vaccine to reduce the incidence of histological synovial lesions following experimentally-induced canine Lyme borreliosis. Veterinary Immunology and Immunopathology. 2016. Vol. 180. P. 29–33. Doi: 10.1016/j.vetimm.2016.08.014

REFERENCES

1. Strnad, M., Hönig, V., Růžek, D. (2017). Europe-Wide Meta-Analysis of *Borrelia burgdorferi* Sensu Lato Prevalence in Questing *Ixodes ricinus* Ticks. Applied and Environmental Microbiology. Vol. 83, no. 15. pp. 1–16. Doi:10.1128/AEM.00609-17

2. Batool, M., Caoili, S. E. C., Dangott, L. J. (2018). Identification of Surface Epitopes Associated with Protection against Highly Immune-Evasive VlsE-Expressing Lyme Disease Spirochetes. Infection and Immunity. Vol. 86, no. 8, pp. 1–23. Doi: 10.1128/IAI.00182-18

3. Kilpatrick, A. M., Dobson, A. D. M., Levi, T. (2017). Lyme disease ecology in a changing world: Consensus, uncertainty and critical gaps for improving control. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. Vol. 372, no. 1722. Doi:10.1098/rstb.2016.0117

4. Vandekerckhove, O., Buck, E. De, Wijngaerden, E. Van. (2019). Lyme disease in Western Europe: an emerging problem? A systematic review. Acta Clinica Belgica. pp. 1–9. Doi:10.1080/17843286.2019.1694293

5. Sykes, R.A., Makiello, P. (2017). An estimate of Lyme borreliosis incidence in Western Europe. Journal of Public Health (United Kingdom). Vol. 39, no. 1, pp. 74–81. Doi:10.1093/pubmed/fdw017

6. Boulanger, N., Boyer, P., Talagrand-Reboul, E. (2019). Ticks and tick-borne diseases. Medecine et Maladies Infectieuses. Vol. 49, no. 2, pp. 87–97. Doi:10.1016/j.medmal.2019.01.007

7. Rogovsky, A. S., Biatov, A. P., Davis, M. A. (2020). Upsurge of Lyme borreliosis in Ukraine: a 20-year survey. Journal of travel medicine. Vol. 27, no. 6, pp. 1–3. Doi:10.1093/jtm/taaa100

8. Gryczyńska, A., Gortat, T., Kowalec, M. (2018). Urban rodent reservoirs of *Borrelia spp.* In Warsaw, Poland. Epidemiology and Infection. Vol. 146, no. 5, pp. 589–593. Doi:10.1017/S095026881800033X

9. Soroka, N., Ovcharuk, N., Ovcharuk, V. (2019). Lyme disease prevention in dogs (domestic and fore ignex perience). Ukrainian journal of veterinary sciences. Vol. 10, no. 2, pp. 58–66. Doi:10.31548/ujvs2019.02.058

10. Littman, M. P., Gerber, B., Goldstein, R. E. ACVIM consensus update on Lyme borreliosis in dogs and cats. Journal of Veterinary Internal Medicine. 2018. Vol. 32, no. 3, pp. 887–903. Doi:10.1111/jvim.15085

11. Margos, G., Lane, R. S., Fedorova, N. (2016). *Borrelia bissettiae sp. nov.* And *Borrelia californiensis sp. nov.* Preval in diverse enzootic transmission cycles. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. Vol. 66, no. 3, pp. 1447–1452. Doi:10.1099/ijsem.0.000897

12. Liu, Y., Nordone, S. K., Yabsley, M. J. (2019). Quantifying the relationship between human lyme disease and *Borrelia burgdorferi* exposure in domestic dogs. Geospatial Health. Vol. 14, no. 1. Doi:10.4081/gh.2019.750

13. Žáková, A., Schánílec, P., Tremel, F. (2020). Seroprevalence of antibodies against *borrelia burgdorferi* S. L. and *leptospira interrogans* S. L. In cats in district of brno and its environs, the Czech Republic. Annals of Agricultural and Environmental Medicine. Vol. 27, no. 3, pp. 356–360. Doi:10.26444/aaem/122804

14. Gupta, S., Rajiah, P., Middlebrooks, E. H. (2018). Systematic Review of the Literature: Best Practices. Academic Radiology. Vol. 25, no. 11, pp. 1481–1490. Doi: 10.1016/j.acra.2018.04.025

15. Cutler, S.J., Ruzic-Sabljić, E., Potkonjak, A. (2017). Emerging borreliae – Expanding beyond Lyme borreliosis. Molecular and Cellular Probes. Vol. 31, pp. 22–27. Doi:10.1016/j.mcp.2016.08.003

16. Cutler, S.J., Rudenko, N., Golovchenko, M. (2017). Diagnosing Borreliosis. Vector-Borne and Zoonotic Diseases. Vol. 17, no. 1, pp. 2–11. Doi:10.1089/vbz.2016.1962

17. Steere, A. C., Strle, F., Wormser, G. P. (2016). Lyme borreliosis. Nature Reviews Disease Primers. Vol. 2. Doi:10.1038/nrdp.2016.90

18. Veinović, G., Čakić, S., Mihaljica, D. (2020). Comparison of growth and morphology of *Borrelia burgdorferi sensu lato* in BSK-H and BSK-II media stored for prolonged periods. Apmis. Vol. 128, no. 10, pp. 552–557. Doi:10.1111/apm.13069

19. Caskey, J. R., Hasenkampf, N. R., Martin, D. S. (2019). The functional and molecular effects of doxycycline treatment on *borrelia burgdorferi* phenotype. Frontiers in Microbiology. Vol. 10, pp. 1–11. Doi: 10.3389/fmicb.2019.00690

20. Čakić, S., Veinović, G., Cerar, T. (2019). Diversity of Lyme borreliosis spirochetes isolated from ticks in Serbia. Medical and Veterinary Entomology. Vol. 33, no. 4, pp. 512–520. Doi:10.1111/mve.12392

21. Ružička-Sabljić, E., Maraspin, V., Stupica, D. (2017). Comparison of MKP and bsk-h media for the cultivation and isolation of *Borrelia burgdorferi* sensu lato. PLoS ONE. Vol. 12, no. 2, pp. 1–11. Doi:10.1371/journal.pone.0171622
22. Johnson, R. C., Schmid, G. P., Hyde, F.W. (1984). *Borrelia burgdorferi* sp. nov.: Etiologic agent of Lyme disease. International Journal of Systematic Bacteriology. Vol. 34, no. 4, pp. 496–497. Doi: 10.1099/00207713-34-4-496
23. Baranton, G., Postic, D., Girons, I.S. (1992). Delineation of *Borrelia burgdorferi* Sensu Stricto, *Borrelia garinii* sp. nov., and Group VS461 Associated with Lyme Borreliosis. International Journal of Systematic Bacteriology. Vol. 42, no. 3, pp. 378–383. Doi: 10.1099/00207713-42-3-378
24. Canica, M.M., Nato, F., Merle, L.Du. (1993). Monoclonal Antibodies for Identification of *Borrelia afzelii* sp. nov. Associated with Late Cutaneous Manifestations of Lyme Borreliosis. Scandinavian Journal of Infectious Diseases. Vol. 25, no. 4, pp. 441–448. Doi:10.3109/00365549309008525
25. Kawabata, H., Masuzawa, T., Yanagihara, Y. (1993). Genomic analysis of *Borrelia japonica* sp. nov. isolated from *Ixodes ovatus* in Japan. Microbiol Immunol. Vol. 37, no. 11, pp. 843–848. PMID: 7905183
26. Schwartz, I.R.A. (1995). Identification of Novel Insertion Elements, Restriction Fragment Length Polymorphism Patterns, and Discontinuous 23S rRNA in Lyme Disease Spirochetes: Phylogenetic Analyses of rRNA Genes and Their Intergenic Spacers in *Borrelia japonica* sp. nov. and. Journal of Clinical Microbiology. Vol. 33, no. 9, pp. 2427–2434.
27. Wang, G., Dam, A.P.V., Fleche, A. L. E. (1997). Genetic and Phenotypic Analysis of *Borrelia valaisiana* sp. nov. (*Borrelia* Genomic Groups VS116 and M19). International Journal of Systematic Bacteriology. Vol. 19, pp. 926–932. Doi:10.1099/00207713-47-4-926
28. Fukunaga, M., Hamase, A., Okada, K. (1996). *Borrelia tanukii* sp. nov. And *Borrelia turdae* sp. nov. Found from ixodid ticks in Japan: rapid species identification by 16S rRNA gene-targeted PCR analysis. Microbiol Immunol. Vol. 40, no. 11, pp. 877–881. Doi:10.1111/j.1348-0421.1996.tb01154.x
29. Masuzawa, T., Takada, N., Kudeken, M. (2001). *Borrelia sinica* sp. nov., a Lyme disease-related *Borrelia* species isolated in China. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. Vol. 51, no. 5, pp. 1817–1824. Doi:10.1099/00207713-51-5-1817
30. Richter, D., Postic, D., Sertour, N. (2006). Delineation of *Borrelia burgdorferi* sensu lato species by multilocus sequence analysis and confirmation of the delineation of *Borrelia pilsbani* sp. nov. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. Vol. 56, no. 4, pp. 873–881. Doi: 10.1099/ijs.0.64050-0
31. Chu, C.Y., Liu, W., Jiang, B.G. (2008). Novel Genospecies of *Borrelia burgdorferi* Sensu Lato from Rodents and Ticks in South western China. Journal of Clinical Microbiology. Vol. 46, no. 9, pp. 3130–3133. Doi: 10.1128/JCM.01195-08
32. Margos, G., Vollmer, S. A., Cornet, M. (2009). A New *Borrelia* Species Defined by Multilocus Sequence Analysis of Housekeeping Genes. Applied and Environmental Microbiology. Vol. 75, no. 16, pp. 5410–5416. Doi:10.1128/AEM.00116-09
33. Rudenko, N., Golovchenko, M., Lin, T. (2009). Delineation of a New Species of the *Borrelia burgdorferi* Sensu Lato Complex, *Borrelia americana* sp. nov. Journal of Clinical Microbiology. Vol. 47, no. 12, pp. 3875–3880. Doi:10.1128/JCM.01050-09
34. Rudenko, N., Golovchenko, M., Grubhoffer, L. (2009). *Borrelia carolinensis* sp. nov., a New (14th) Member of the *Borrelia burgdorferi* Sensu Lato Complex from the Southeastern Region of the United States. Journal of Clinical Microbiology. Vol. 47, no. 1, pp. 134–141. Doi: 10.1128/JCM.01183-08
35. Casjens, S. R., Fraser-Liggett, C. M., Mongodin, E. F. (2011). Whole Genome Sequence of an Unusual *Borrelia burgdorferi* Sensu Lato Isolate. Journal of Bacteriology. Vol. 193, no. 6, pp. 1489–1490. Doi: 10.1128/JB.01521-10
36. Ivanova, L.B., Tomova, A., González-Acuña, D. (2014). *Borrelia chilensis*, a new member of the *Borrelia burgdorferi* sensu lato complex that extends the range of this genospecies in the Southern Hemisphere. Environmental Microbiology. Vol. 16, no. 4, pp. 1069–1080. Doi:10.1111/1462-2920.12310
37. Margos, G., Piesman, J., Lane, R. S. (2014). *Borrelia kurtenbachii* sp. nov., a widely distributed member of the *Borrelia burgdorferi* sensu lato species complex in North America. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. Vol. 64, no. 1, pp. 128–130. Doi: 10.1099/ijs.0.054593-0
38. Postic, D., Ras, N. M., Lane, R. S. (1998). Expanded Diversity among Californian *Borrelia* Isolates and Description of *Borrelia bissettii* sp. nov. (Formerly *Borrelia* Group DN127). Journal of Clinical Microbiology. Vol. 36, no. 12, pp. 3497–3504. Doi: 10.1128/JCM.36.12.3497-3504.1998
39. Pritt, B.S., Mead, P.S., Johnson, D.K. H. (2016). Identification of a novel pathogenic *Borrelia* species causing Lyme borreliosis with unusually high spirochaetemia: a descriptive study. The Lancet Infectious Diseases. Vol. 16, no. 5, pp. 556–564. Doi: 10.1016/S1473-3099(15)00464-8
40. Johnson, T. L., Graham, C. B., Hojgaard, A. (2017). Isolation of the Lyme disease spirochete *Borrelia mayonii* from naturally infected rodents in Minnesota. Journal of Medical Entomology. Vol. 54, no. 4, pp. 1088–1092. Doi:10.1093/jme/tjx062
41. Verhaegh, D., Joosten, L. A. B., Oosting, M. (2017). The role of host immune cells and *Borrelia burgdorferi* antigens in the etiology of Lyme disease. European Cytokine Network. Vol. 28, no. 2, pp. 70–84. Doi: 10.1684/ecn.2017.0396
42. Abdullah, S., Helps, C., Tasker, S. (2018). Prevalence and distribution of *Borrelia* and *Babesia* species in ticks feeding on dogs in the U.K. Medical and Veterinary Entomology. Vol. 32, no. 1, pp. 14–22. Doi: 10.1111/mve.12257
43. Chemych, M., Lutai, I. (2020). Lyme disease. Modern issue condition (literature review). Eastern Ukrainian Medical Journal. Vol. 8, no. 2, pp. 230–241. Doi: 10.21272/eumj.2020;8(2):230-241
44. Shkilna, M. I., Andreychyn, M. A., Podobivsky, S. S. (2020). Infection of ticks collected from humans in Ukraine, by causative agents of some bacteriosis. Bukovinian Medical Herald. Vol. 24, no. 1 (93), pp. 195–201. Doi:10.24061/2413-0737.XXIV.1.93.2020.26
45. Mysterud, A., Stigum, V. M., Jaarsma, R. I. (2019). Genospecies of *Borrelia burgdorferi* sensu lato detected in 16 mammal species and questing ticks from northern Europe. Scientific Reports. Vol. 9, no. 1, pp. 1–8. Doi:10.1038/s41598-019-41686-0
46. Springer, A., Glass, A., Topp, A.K. (2020). Zoonotic Tick-Borne Pathogens in Temperate and Cold Regions of Europe – A Review on the Prevalence in Domestic Animals. Frontiers in Veterinary Science. Vol. 7, pp. 1–21. Doi:10.3389/fvets.2020.604910
47. Hodzic, E. (2015). Lyme borreliosis: Is there a preexisting (natural) variation in antimicrobial susceptibility

- among borrelia burgdorferi strains? *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*. Vol. 15, no. 3, pp. 1–13. Doi: 10.17305/bjbm.2015.594
48. Caimano, M. J., Drecktrah, D., Kung, F. (2016). Interaction of the Lyme disease spirochete with its tick vector. *Cellular Microbiology*. Vol. 18, no. 7, pp. 919–927. Doi:10.1111/cmi.12609
49. Voloshyna, N. O., Voloshyn, O. G., Shevchenko, V. G. (2018). Pryrodno-vognyshhevi infekcii' za umov zminy klimatu [Natural focal infections under climate change]. *Problemy ekologii' ta evoljucii' ekosystem v umovah transformovanogo seredovyssha: materialy naukovykh prac' II Mizhnarodnoi' nauково-praktychnoi' konferencii'* [Problems of ecology and evolution of ecosystems in the conditions of the transformed environment: materials of scientific works of the II International scientific and practical conference]. Chernihiv, pp. 48–51. Available at: <https://www.surl.li/sfvi>
50. Nebogatkin, I. V., Shulhan, A. M. (2020). Epidemiological and epizootic features of Lyme disease in 2019 in Ukraine. *Actual Infectology*. Vol. 8, no. 5–6, pp. 44–48. Doi:10.22141/2312-413x.8.5-6.2020.217959
51. Alkische, A. A., Peterson, A. T., Samy, A. M. (2017). Climate change influences on the potential geographic distribution of the disease vector tick *Ixodes ricinus*. *PLoS ONE*. Vol. 12, no. 12, pp. 1–14. Doi: 10.1371/journal.pone.0189092
52. Caminade, C., McIntyre, K. M., Jones, A. E. (2019). Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Vol. 1436, no. 1, pp. 157–173. Doi:10.1111/nyas.13950
53. Voloshin, N.O., Voloshin, O.G. (2017). *Ekologichni peredumovy poshyrennja emerzhentnykh hvorob* [Ecological preconditions for the spread of emergent diseases]. *Naukovi zapysky Ternopil'skogo nacional'nogo pedagogichnogo universytetu imeni Volodymyra Gnatjuka* [Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk]. Series: Biology. Vol. 3 (70), pp. 120–123. Available at: <https://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/8191/1/Voloshyna%2c%20Voloshyn.pdf>
54. Mikheev, A.A. (2018). *Migracii' ptahiv ta poshyrennja infekcyjnykh zahvorjuvan' (ogljad literatury)* [Migrations of birds and the spread of infectious diseases (literature review)]. *World Science*. Vol. 6, no. 6 (34), pp. 6–13. Doi:10.31435/rsglobal_ws/12062018/5856
55. Heylen, D., Fonville, M., Docters Van Leeuwen, A. (2017). Pathogen communities of songbird-derived ticks in Europe's low countries. *Parasites and Vectors*. Vol. 10, no. 1, pp. 1–12. Doi:10.1186/s13071-017-2423-y
56. Klimnyuk, S.I., Romanyuk, L.B., Kravets, N.Ya. (2017). *Dejaki aspekty epidemiologii' ta diagnostyky Lajmboreliozu* [Some aspects of epidemiology and diagnosis of Lyme borreliosis]. *Naukovi zapysky Ternopil'skogo nacional'nogo pedagogichnogo universytetu imeni Volodymyra Gnatjuka* [Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk]. Series: Biology. no. 3 (70), pp. 147–153. Available at: <https://journal.chem-nio.com.ua/archive/archive-2/category/44-3-70?download=751:deyaki-aspekty-epidemiolohiyi-ta-diahnostyky-laym-boreliozu>
57. Levytska, V. A., Mushynsky, A. B., Zubrikova, D. (2021). Detection of pathogens in ixodid ticks collected from animals and vegetation in five regions of Ukraine. *Ticks and Tick-borne Diseases*. Vol. 12, no. 1. Doi:10.1016/j.ttbdis.2020.101586
58. Pantchev, N., Pluta, S., Huisinga, E. (2015). Tick-borne Diseases (Borreliosis, Anaplasmosis, Babesiosis) in German and Austrian Dogs: Status quo and Review of Distribution, Transmission, Clinical Findings, Diagnostics and Prophylaxis. *Parasitology Research*. Vol. 114, no. 1, pp. 19–54. Doi:10.1007/s00436-015-4513-0
59. Lin, Y.P., Diuk-Wasser, M.A., Stevenson, B. (2020). Complement Evasion Contributes to Lyme Borreliae–Host Associations. *Trends in Parasitology*. Vol. 36, no. 7, pp. 634–645. Doi:10.1016/j.pt.2020.04.011
60. Adaszek, Ł., Gattellet, M., Mazurek, Ł. (2020). Myocarditis secondary to *Borrelia* infection in a dog: a case report. *Annals of parasitology*. Vol. 66, no. 2, pp. 255–257. Doi:10.17420/ap6602.263
61. Prus, M., Shaydyuk, M. (2015). Diagnosis of Some Canine Vector-Borne Diseases in Ukraine. *Scientific Journal of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Veterinary medicine, quality and safety of products of stock-raising*. pp. 268–273. Available at: <https://scholar.google.com/scholar?oi=bibs&cluster=18295414964848232227&btnI=1&hl=uk>
62. Lappin, M.R., Chandrashekar, R., Stillman, B. (2015). Evidence of *Anaplasma phagocytophilum* and *Borrelia burgdorferi* infection in cats after exposure to wild-caught adult *Ixodes scapularis*. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. Vol. 27, no. 4, pp. 522–525. Doi: 10.1177/1040638715593598
63. Tsachev, I., Baymakova, M., Pantchev, N. (2019). Seroprevalence of *Anaplasma phagocytophilum*, *Ehrlichia spp.* and *Borrelia burgdorferi* infections in horses: first report from Northern Bulgaria – Short communication. *Acta Veterinaria Hungarica*. Vol. 67, no. 2, pp. 197–203. Doi: 10.1556/004.2019.021
64. Divers, T. J. (2013). Equine Lyme Disease. *Journal of Equine Veterinary Science*. Vol. 33, no. 7, pp. 488–492. Doi: 10.1016/j.jevs.2013.03.187
65. James, F. M., Engiles, J. B., Beech, J. (2010). Meningitis, cranial neuritis, and radiculoneuritis associated with *Borrelia burgdorferi* infection in a horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. Vol. 237, no. 10, pp. 1180–1185. Doi: 10.2460/javma.237.10.1180
66. Imai, D. M., Barr, B. C., Daft, B. (2011). Lyme Neuroborreliosis in 2 Horses. *Veterinary Pathology*. Vol. 48, no. 6, pp. 1151–1157. Doi:10.1177/0300985811398246
67. Johnstone, L. K., Engiles, J. B., Aceto, H. (2016). Retrospective Evaluation of Horses Diagnosed with Neuroborreliosis on Postmortem Examination: 16 Cases (2004–2015). *Journal of veterinary internal medicine*. Vol. 30, no. 4, pp. 1305–1312. Doi: 10.1111/jvim.14369
68. Athanasiou, L.V., Spanou, V.M., Katsogiannou, E.G. (2021). Hematological Features in Sheep with IgG and IgM Antibodies against *Borrelia burgdorferi sensu lato*. *Pathogens*. Vol. 10, no. 2, pp. 164. Doi: 10.3390/pathogens10020164
69. Klaus, C., Diller, R., Hasse, E. E. (2017). Beitrag zur serologischen Diagnostik der Lyme-Borreliose beim Hund Contribution to the serodiagnosis of Lyme borreliosis in dogs Material and Methoden. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*. Doi: 10.2376/0005-9366-17029
70. Levytska, V. A., Mushynskyi, A. B. (2020). Diagnosis and treatment of tick-borne diseases of pets. *Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics. Veterinary sciences*. pp. 175–183. Doi:10.37406/2706-9052-2020-1-20
71. Baneth, G., Nachum-Biala, Y., Halperin, T. (2016). *Borrelia persica* infection in dogs and cats: Clinical manifestations, clinicopathological findings and genetic characterization. *Parasites and Vectors*. Vol. 9, no. 1, pp. 1–10. Doi:10.1186/s13071-016-1530-5
72. Wagner, B., Johnson, J., Garcia-Tapia, D. (2015). Comparison of effectiveness of cefovecin, doxycycline, and amoxicillin for the treatment of experimentally induced early

Lyme borreliosis in dogs. BMC Veterinary Research. Vol. 11, no. 1, pp. 1–8. Doi: 10.1186/s12917-015-0475-9

73. Baker, C.F., McCall, J.W., McCall, S.D. (2016). Ability of an oral formulation of afoxolaner to protect dogs from *Borrelia burgdorferi* infection transmitted by wild *Ixodes scapularis* ticks. Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases. Vol. 49, pp. 65–69. Doi:10.1016/j.cimid.2016.09.004

74. Grosenbaugh, D. A., Rissi, D. R., Krimer, P. M. (2016). Demonstration of the ability of a canine Lyme vaccine to reduce the incidence of histological synovial lesions following experimentally-induced canine Lyme borreliosis. Veterinary Immunology and Immunopathology. Vol. 180, pp. 29–33. Doi:10.1016/j.vetimm.2016.08.014

Современное состояние проблемы Лайм-боррелиоза животных (систематический обзор)

Пантелеенко О.В., Ярчук Б.М., Царенко Т.М.

Лайм-боррелиоз – самая распространенная клещевая болезнь в странах Северного полушария Земли с умеренным климатом. Вызывают ЛБ спирохеты, которые сгруппированы в комплекс *Borrelia burgdorferi sensu lato*, переносчики – иксодовые клещи (*Ixodidae*), в качестве резервуарных хозяев выступают десятки видов мелких млекопитающих, птицы, а также резервуарами могут быть домашние животные, такие как собаки и кошки.

Несмотря на то, что в Европе и Северной Америке широко изучали вопросы экологии и эпидемиологии этой болезни, существует существенная неопределенность по изучению Лайм-боррелиоза в области ветеринарной медицины.

Поиск, отбор и анализ научных данных по теме исследования проводили по приемлемым правилам для систематических обзоров литературы. Использовали наукометрическую базу Web of Science Core Collection, базу научных статей Pub Med и базу Научная периодика Украины. Использовали семьдесят четыре научные статьи, содержащие необходимый набор данных и отвечали поставленной цели.

Освещено основные вопросы этиологии болезни, описано характеристику возбудителя, его свойства, генотипический состав боррелий, вызывающих заболевания Лайм-боррелиоз, распространение патогенных генотипов боррелий в Европе и Украине. Описано связь распространения Лайм-боррелиоза с экологическими факторами, климатическими изменениями и антропогенным воздействием на биосферу и биотопы, роль переносчиков и резервуарных хозяев в распространении ЛБ. Представлено данные о распространении и степень инфицированности иксодовых клещей боррелиями, а также распространение ЛБ среди

населения Европы и Украины. Рассмотрено серопревалентность каждого из видов (собаки, кошки, лошади, жвачные животные), задокументированные клинические проявления ЛБ, и показатели распространения ЛБ среди животных в Европе и Украине, а также известные на сегодня способы лечения, профилактики и диагностики ЛБ животных.

Ключевые слова: *Borrelia burgdorferi sensu lato*, этиология болезни Лайма, иксодовые клещи, *Ixodidae*.

Modern condition of the problem of Lyme Burreliosis of animals (systematic review)

Panteleenko O., Yarчук B., Tsarenko T.

Lyme borreliosis (LB) is the most common tick-borne disease in the temperate climate of the Northern Hemisphere. LB is caused by spirochetes, which are grouped in the complex *Borrelia burgdorferi sensu lato*, vectors – *Ixodidae* mites, dozens of species of small mammals and birds act as reservoir hosts, and the role of reservoirs of domestic animals, such as dogs and cats, is not excluded.

Although the ecology and epidemiology of the disease have been extensively studied in Europe and North America, there is considerable uncertainty regarding the study of Lyme borreliosis in veterinary medicine.

Search, selection and analysis of scientific data on the research topic were carried out according to acceptable rules for systematic reviews of the literature. The scientometric database Web of Science Core Collection, the database of scientific articles Pub Med and the database Scientific Periodicals of Ukraine were used. Seventy-four scientific articles were used for the article, which contained the necessary set of data and met the set goal.

The article highlights the main issues of the etiology of the disease, which describes the characteristics of the pathogen, its properties, genotypic composition of *Borrelia*, which cause Lyme disease, the spread of pathogenic genotypes of *Borrelia* in Europe and Ukraine. The connection of Lyme borreliosis spread with ecological factors, climatic changes and anthropogenic impact on biocenoses and biotopes, the role of vectors and reservoir hosts in the spread of LB is described. Data on the prevalence and degree of infection of *Ixodes* mites with *Borrelia*, as well as the spread of LB among the population of Europe and Ukraine are presented. The seroprevalence of each of the animal species (dogs, cats, horses, ruminants), clinical manifestations of LB, if documented and indicators of LB prevalence among animals in Europe and Ukraine, as well as currently known treatments, prevention and diagnosis of LB animals are considered.

Key words: *Borrelia Burgdorferi Sensu Lato*, Lyme Diseases Etiology, *Ixodidae*.



Copyright: Пантелеенко О.В., Ярчук Б.М., Царенко Т.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Пантелеенко О.В.

Ярчук Б.М.

Царенко Т.М.

<https://orcid.org/0000-0002-4311-9680>

<https://orcid.org/0000-0001-6146-4210>

<https://orcid.org/0000-0003-4373-5958>