https://doi.org/10.15407/animbiol26.04.064
UDC 619:616:98:579.873.11:631.157.9
Received 08.08.2024 ▪ Revision 08.12.2024 ▪ Accepted 20.01.2025 ▪ Published online 22.01.2025

Minireview

Екологія мікобактерій в умовах впливу абіотичних та біотичних чинників

А. П. Палій[1], А. І. Завгородній[1], В. В. Білушко[1,2], В. В. Каплінський[2], М. М. Цап[2], М. М. Романович[2], К. Б. Сухомлін[3]
bw.pochta@gmail.com

[1]Національний науковий центр «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», вул. Григорія Сковороди, 83, м. Харків, 61023, Україна
[2]Інститут біології тварин НААН, вул. В. Стуса, 38, м. Львів, 79034, Україна
[3]Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, 43025, Україна

ORCID:
A. P. Paliy https://orcid.org/0000-0002-9193-3548
A. I. Zavgorodniy https://orcid.org/0000-0003-3563-0478
V. V. Bilushko https://orcid.org/0000-0002-5689-6745
V. V. Kaplinsky https://orcid.org/0000-0002-0138-9957
M. M. Tsap https://orcid.org/0000-0002-1446-0409
M. M. Romanovych https://orcid.org/0000-0003-3068-1452
K. B. Sukhomlin https://orcid.org/0000-0003-1206-5373

Authors' Contributions:
PAP: Conceptualization; Project administration.
ZAI: Conceptualization; Formal analysis.
BVV: Data curation; Writing — original draft.
KVV: Formal analysis; Writing — review & editing.
TMM: Data curation; Formal analysis; Supervision.
RMM: Formal analysis; Data curation.
SKB: Validation; Data curation.

Declaration of Conflict of Interests:
None to declare.

Ethical approval:
Not applicable.

Acknowledgements:
None.

Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

У статті проаналізовано сучасний стан екологічної ситуації щодо різних видів мікобактерій, їх систематику, епідемічне й епізоотологічне значення, зокрема в Україні, з урахуванням динаміки змін природно-кліматичних умов, а також за впливу антропогенних факторів. Розглянуто основні ризики для здоров'я людини, які можна очікувати від цих мікроорганізмів, а також необхідні заходи для запобігання їх виникненню. У праці узагальнено низку власних досліджень, а також результати, які одержали науковці, як в Україні, так і в інших країнах світу.

Ключові слова: мікобактерії, довкілля, мікобактеріози, екологія, туберкульоз, алергія, хіміорезистентність

Вступ

Відповідно до *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, мікобактерії належать до порядку *Actynomycetales*, родини *Mycobacteriaceae* і роду *Mycobacterium*, що включає патогенні, умовно-патогенні та сапрофітні види [1, 32]. Для всіх представників роду *Mycobacterium* характерною ознакою є кислото- і спиртостійкість, подібні культурально-морфологічні особливості, антигенна спорідненість, тинкторіальні властивості, а також здатність до зафарбовування методом Циль-Нільсена. Мікобактерії є нерухомими аеробами, не утворюють спор і капсул, не мають на своїй поверхні ворсинок. Особливістю мікобактерій є те, що вони дуже повільно ростуть на штучних поживних середовищах — до 90 діб. Крім того, ці мікроорганізми здатні до зворотної дисоціації у *R*-, *L*- та *S*-форми, що робить їх ще більш підступними.

Ці мікроорганізми є важливими агентами для медицини та ветеринарії через їхню здатність викликати інфекційні захворювання, як-от туберкульоз, паратуберкульоз, проказа та інші мікобактеріози. Основним способом боротьби макроорганізму при потраплянні патогенних культур мікобактерій є клітинний імунітет, а первинним маркером їхньої патогенної дії — незавершений фагоцитоз [2, 3]. Проте значення мікобактерій не обмежується тільки патогенністю; їх екологія в природних середовищах є предметом постійних досліджень, які покликані краще зрозуміти їхню роль у природних і штучних екосистемах [6].

Різноманітність та адаптація мікобактерій до довкілля

На сьогодні у світі ідентифіковано понад 300 видів і підвидів мікобактерій, а в Україні виділяють

понад 50 [1]. Також вивчено понад 20 видів мікобактерій, які є патогенними або умовно-патогенними для людей. Ці мікроорганізми поширені на всіх континентах земної кулі, фактично, вони є убіквітарними. Навіть у тих країнах, які мають стійке епізоотичне благополуччя щодо туберкульозу, час від часу виникають спорадичні випадки виділення патогенних видів мікобактерій від тварин або птахів [11]. За культурально-морфологічними ознаками мікобактерії розподіляють на чотири групи (класифікація Раньона, 1959): фотохромогенні (I група), скотохромогенні (II), нефотохромогенні (III) і швидкорослі (IV) [32] . Цікавим є той факт, що на території України ізолюють лише мікобактерії II, III і IV груп за класифікацією Раньйона. Види, що належать до I групи (фотохромогенні), в Україні не виділяють. Що стосується видового розмаїття, то найчастіше в Україні від тварин, людей або з об'єктів довкілля ізолюють такі види атипових мікобактерій: *M. scrofulaceum*, *M. fortuitum*, *M. gordonae*, *M. vaccae*, *M. phlei*, *M. avium-intracellularae complex*, *M. thyfimurium*, *M. flavescens*, *M. triviale*, *M. xenopi*, *M. smegmatis* та інші [35].

Мікобактерії демонструють високу екологічну пластичність, пристосовуючись до широкого спектра середовищ — від ґрунтів і вод до середовищ із екстремальними умовами, як-от висока чи низька температура або високий вміст металів [15]. Деякі види мікобактерій, як, наприклад, *Mycobacterium smegmatis*, мешкають у ґрунті й активно беруть участь у процесах біодеградації органічних речовин. Інші, зокрема *Mycobacterium avium*, виявляють у природних і штучних водних системах, зокрема в очисних спорудах, де вони можуть стати збудниками для сприйнятливих організмів [4, 7]. Що стосується екогеографічних особливостей, то найбільше атипові (сапрофітні) види мікобактерій на території України персистують на заболоченій місцевості, торф'яниках, у місцях з підвищеною вологістю повітря [9, 34, 35]. Після їх потрапляння до макроорганізму відбувається лише короткочасна сенсибілізація — стан гіперчутливості (алергія) до дії споріднених в антигенному відношенні речовин, розвиток інфекційного патологічного процесу при цьому не відбувається [14]. Механічними переносниками мікобактерій, що сприяють їхньому розповсюдженню, найчастіше є синантропна або дика птиця (горобці, голуби, ворони, качки, ластівки та інші) [31, 34].

Взаємодія з біоценозами

Мікобактерії можуть утворювати складні симбіотичні або патогенні зв'язки з іншими організмами [18, 19]. Наприклад, у ґрунтових системах вони здатні співіснувати з грибами або найпростішими, сприяючи розщепленню органічних речовин і мінералізації. У водних екосистемах — колонізувати поверхні біоплівок, де конкуренція за ресурси визначає їхню життєздатність. Залежно від певних умов довкілля мікобактерії можуть зберігати свої властивості впродовж багатьох років [9].

Найбільш близькими до мікобактерій у антигенному відношенні є такі мікроорганізми, як коринебактерії, нокардії, родококки, єрсинії [1, 32].

Антропогенний вплив на етіологічні й екологічні властивості мікобактерій

Мікобактерії активно реагують на антропогенні зміни в довкіллі, зокрема на забруднення води, зміну температурного режиму або зростання рівня токсичних сполук. В умовах забруднення водних екосистем підвищується поширення умовно-патогенних видів мікобактерій, як-от *Mycobacterium intracellulare*, що може стати загрозою для здоров'я людини. Трапляються також повідомлення про виділення мікобактерій від риб [8, 13, 16, 17, 20, 25]. Діяльність людей має великий вплив на різні мікроорганізми, зокрема це стосується і мікобактерій. Цей вплив умовно можна розподілити на локальний і глобальний. Глобальний вплив пов'язаний зі змінами клімату (глобальне потепління), появою антибіотикорезистентних і хіміорезистентних форм, що зумовлюють інфекційні захворювання, зокрема туберкульоз, які важко піддаються лікуванню за допомогою традиційних лікарських засобів. Глобалізація світу також призводить до швидкого розповсюдження патогенних видів мікобактерій між континентами земної кулі [11].

Локальний вплив антропогенних факторів

Локальний вплив антропогенних факторів являє собою зміни еко-географії та імуно-біохімічних властивостей мікобактерій внаслідок господарської діяльності людини, наприклад, осушення або, навпаки, створення штучних водних екосистем, будівництво тваринницьких або птахівничих комплексів з високою концентрацією поголів'я тощо [3, 6]. Також воєнні дії, особливо якщо вони точаться протягом тривалого часу, значно впливають на екологію мікобактерій, зумовлюючи, зокрема, ризик спалахів туберкульозної інфекції та інших небезпечних захворювань.

Однією з екологічних і соціальних проблем в Україні під час війни стало забруднення повітря, води та ґрунту. Постійні бомбардування й обстріли міст і населених пунктів призвели до викиду великої кількості токсичних хімічних речовин у довкілля. Знищення лісів, пожежі на полях, нафтопереробних підприємствах, заводах, електростанціях тощо — усе це призводить до нищівного впливу на екосистему не тільки в зоні ведення бойових дій, а й загалом на теренах усієї країни та за її межами. Хімічні речовини забруднюють ґрунт, джерела води й повітря, що негативно впливає на тварин і спричиняє низку проблем з погіршення здоров'я населення.

Руйнування ландшафтів, інфраструктури, розливи і витоки небезпечних матеріалів, як-от нафта, хімікати, токсичні й радіоактивні речовини, у навколишнє середовище чинять негативний вплив на ґрунтову

мікрофлору та всю екосистему мікроорганізмів. Не з'ясованим залишається вплив перерахованих вище абіотичних і біотичних чинників на екологію мікобактерій, позаяк щоб це з'ясувати, треба провести спеціальні дослідження, зокрема визначити їхнє поширення та патогенність. Однак брак стабільності та безпеки ускладнює доступ науковців, екологів і представників зацікавлених установ та організацій до територій, які потребують уваги й досліджень щодо етології і розповсюдження мікобактерій, виникнення у них можливих мутаційних змін тощо.

Патогенність для людей і тварин

Деякі види мікобактерій є збудниками небезпечних захворювань, зокрема і туберкульозу в людей, що зумовлює вид *Mycobacterium tuberculosis*.

Відомо, що туберкульоз у великої рогатої худоби здатні викликати збудники видів *Mycobacterium bovis* (*M. bovis*) і *M. tuberculosis*. Водночас характер перебігу захворювання у тварин суттєво відрізняється. Також немає єдиної думки серед науковців щодо ролі деяких видів атипових мікобактерій, а також збудника виду *M. avium* у виникненні патологічного процесу в організмі великої рогатої худоби. Трапляються повідомлення, що культури *M. avium* здатні зумовлювати в людей, особливо у дітей, туберкульозні ураження в кістковій тканині [21, 22, 23, 36].

Світова концепція сучасної системи боротьби з інфекційними захворюваннями передбачає принцип «One health», максимальне викорінення зооантропонозних захворювань з метою розриву зворотного кола зараження тварин і людей, тобто здоров'я людей — через здоров'я тварин. Підготовлений Глобальний план боротьби з туберкульозом людей на 2023–2030 рр. (*Global Health Campus*) [10] неможливо успішно реалізувати без приділення уваги до подолання туберкульозної інфекції також і серед тварин.

Окремо варто зупинитися на проблемі неспецифічних реакцій як у тварин, так і в людей, на мікобактеріальні алергени (туберкулін, ААМ), які використовуються у медицині для прижиттєвої діагностики захворювання на туберкульоз [33]. Переважна більшість атипових видів цих мікроорганізмів, маючи спільні антигенні детермінанти зі збудниками туберкульозу, є причиною так званих параалергічних реакцій внаслідок формування у макроорганізмі стану гіперчутливості сповільненого типу. Цей феномен значно ускладнює діагностику туберкульозу, яка має бути комплексною, а у тварин, зокрема у великої рогатої худоби (ВРХ) призводить до забою, який здійснюється з діагностичною метою, здорових продуктивних особин, що своєю чергою спричинює значні економічні затрати у галузі тваринництва [24, 30, 35].

У людей явище параалергії також суттєво ускладнює контроль туберкульозної інфекції, особливо це стосується дітей, щеплених культурою вакцинного штаму *BCG*, у яких часто виявляють позитивну реакцію Манту, але при цьому розвитку інфекційного процесу не відбувається [2, 3, 25, 26].

Що стосується галузі тваринництва, то в Україні, починаючи з жовтня 2016 р., за офіційними даними, проведено її повне оздоровлення від туберкульозної інфекції, проте, наприклад, у першому півріччі 2024 р., за даними Державного науково-дослідного інституту лабораторної діагностики та ветсанекспертизи (Київ), під час планових алергічних досліджень (туберкулінізація) було виявлено 208 голів ВРХ із 44 господарств у восьми областях, які позитивно реагували на внутрішньошкірне введення *PPD*-туберкуліну для ссавців у стандартному розчині. Причини цього явища потребують ретельних досліджень у кожному конкретному випадку — з метою диференціації специфічних від параалергічних або псевдоалергічних реакцій на туберкулін для ссавців. Це необхідно для запобігання розвиткові інфекційного й епізоотичного туберкульозного процесів, які можуть бути непоміченими на тлі гіперсенсибілізації тварин іншими антигенами, що мають спільні антигенні детермінанти зі збудниками туберкульозу. Особливої актуальності ці питання набувають під час дії воєнного стану, коли поширеними є випадки масового переміщення поголів'я ВРХ із зони бойових дій у безпечніші регіони, а водночас, із об'єктивних причин, карантинні діагностичні дослідження тварин здійснюються неякісно або взагалі не проводяться. До того ж ситуацію ускладнює загальне зниження рівня життя людей, а також умов утримання й годівлі сільськогосподарських і свійських тварин. У зв'язку з цим на сьогодні питанням контролю епідемічної та епізоотичної ситуації в нашій країні слід приділяти особливу увагу [29]. Це також стосується й обережних прогнозів щодо появи паратуберкульозу в Україні, який може бути спричинений *M. avium-paratuberculosis complex* [4, 33, 35].

Погіршується й епідемічна ситуація щодо туберкульозної інфекції. Враховуючи антропозоонозний характер туберкульозу, поліпшення епідемічної ситуації неможливе без ужиття відповідних протитуберкульозних заходів і у тваринництві. Це стосується не лише галузі скотарства, але й птахівництва, свинарства тощо [5, 27, 28].

В останні роки в Україні набуває популярності утримання в домашніх умовах різних видів екзотичних птахів-компаньйонів (зокрема папуг). Однак такі птахи часто є джерелом, що виділяє в довкілля різні види мікобактерій, серед яких і ті, що можуть становити небезпеку для здоров'я людей. Передусім це стосується мікобактерій комплексу *M. avium-intracellularae*, які можуть спричиняти в людей, і особливо в дітей, захворювання на туберкульоз трубчастих кісток. Найбільш небезпечні з огляду на це птахи, яких утримують у домашніх умовах упродовж багатьох років (літні особини). На особливу увагу заслуговує факт виділення від птахів-компаньйонів в Україні впродовж останніх трьох-п'яти років нового виду мікобактерій, який за

культурально-морфологічними ознаками попередньо ідентифіковано як *M. genavense* [12]. Слід зазначити, що раніше повідомлень про ізоляцію цього виду в нашій країні не було. Отже, небезпечним є те, що патогенність для людини виду *M. genavense* залишається не до кінця з'ясованою.

Екологія та еволюційні механізми адаптації різних видів мікобактерій сприяють формуванню їх підвищеної стійкості до дії протимікробних препаратів, зокрема антибіотиків, а також до дезінфекційних засобів, що значно ускладнює або навіть унеможливлює лікування зумовлених ними захворювань. Так, унаслідок тривалого застосування протимікробних і дезінфекційних засобів утворюються хіміорезистентні форми мікобактерій, які стають невразливими до дії традиційних лікувальних засобів або дезінфектантів. Це питання в сучасних умовах набуває глобального характеру і вимагає глибокого вивчення на молекулярно-генетичному рівні механізмів резистентності й адаптації мікобактерій до сучасних динамічних змін довкілля, а також до розроблення концепції нових протоколів лікування, заходів боротьби і профілактики мікобактеріозів [10, 11, 24].

Мікобактерії є екологічно важливими мікроорганізмами, які відіграють важливу роль у природних екосистемах, а також мають значний вплив на здоров'я людей і тварин. Враховуючи високу стійкість цих мікроорганізмів до змін довкілля, їхній повільний ріст і розвиток, а також здатність викликати низку небезпечних інфекційних захворювань, вважаємо, що стратегію боротьби з поширенням мікобактеріозної інфекції слід вибудовувати на підставі комплексних підходів і завчасно планувати заходи профілактики та діагностики.

Подальші дослідження екології та взаємодії мікобактерій з іншими організмами, а також пошуки нових способів і засобів боротьби з їхніми патогенними формами, є надзвичайно актуальними для сучасної науки.

Джерела

1. Armstrong DT, Eisemann E, Parrish NA. Brief update on mycobacterial taxonomy, 2020 to 2022. *J Clin Microbiol*. 2023; 61 (4): e0033122. DOI: 10.1128/jcm.00331-22.
2. Bolaños CAD, Franco MMJ, Filho AFS, Ikuta CY, Burbano-Rosero EM, Neto JSF, Heinemann MB, Motta RG, Lechinski de Paula C, Cordeiro de Morais AB, Guerra ST, Alves AC, Listoni FJP, Ribeiro MG. Nontuberculous mycobacteria in milk from positive cows in the intradermal comparative cervical tuberculin test: implications for human tuberculosis infections. *Rev Inst Med Trop S. Paulo*. 2018; 60: e40. DOI: 10.1590/s1678-9946201860006.
3. Boyko PK, Nychyk SA, Boyko OP, Tytiuk OV, Shevchuk VM. Is cattle mycobacteriosis an accidental infection of an individual herd or a complex epidemiological problem? *Bull Vet Biotechnol*. 2021; 39: 18–28. DOI: 10.31073/vet_biotech39-02.
4. Bruczyńska M, Didkowska A, Brzezińska S, Nowak M, Filip-Hutsch K, Kalicki M, Augustynowicz-Kopeć E, Anusz K. *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis in asymptomatic zoo herbivores in Poland. *Animals*. 2023; 13 (6): 1022. DOI: 10.3390/ani13061022.
5. Busol VO. Zavhorodniy AI, Bilushko VV, Shevchuk MV. The evolution of intensity of the epizootic process of bovine tuberculosis in Ukraine — from epizootic to sporadic. *Vet Med*. Kharkiv, 2022: 108 p.
6. Chong RSM. Mycobacteriosis. In: Kibenge FSB, Baldisserotto B, Chong RSM. *Aquaculture pathophysiology*. Cambridge, Academic Press, 2022: 407–415. DOI: 10.1016/B978-0-12-812211-2.00031-7.
7. Cvetnić Ž, Tuk MZ, Duvnjak S, Reil I, Mikulić M, Pavlinec Ž, Cvetnić M, Špičić S. Tuberculous and nontuberculous mycobacteria in human and animal infection. *Vet J Rep Srpska*. 2018; 18 (2): 342–369. DOI: 10.7251/VETJEN1802342C.
8. Dahl VN, Fløe A, Wejse C. Nontuberculous mycobacterial infections in a Danish region between 2011 and 2021: Evaluation of trends in diagnostic codes. *Infect Dis*. 2023; 55 (6): 439–443. DOI: 10.1080/23744235.2023.2194411.
9. Falkinham JO. Ecology of nontuberculous mycobacteria — where do human infections come from? *Semin Respir Crit Care Med*. 2013; 34 (1): 95–102. DOI: 10.1055/s-0033-1333568.
10. Global Health Campus Chemin du Pommier 40 1218 Le Grand-Saconnex. Geneva, Switzerland, 2022.
11. Global tuberculosis report 2022. World Health Organization. 2024. Available at: https://apps.who.int/iris/handle/10665/363752
12. Hoop RK, Böttger EC, Ossent P, Salfinger M. Mycobacteriosis due to *Mycobacterium genavense* in six pet birds. *J Clin Microbiol*. 1993; 31 (4): 990–993. DOI: 10.1128/jcm.31.4.990-993.1993.
13. Hung ND, Dong HT, Senapin S, Pimsannil K, Thompson KD, Shinn AP, Soontara C, Sirimanapong W, Chatchaipun S, Rodkhum C. Insight into characteristics and pathogenicity of five rapidly growing non-tuberculous *Mycobacterium* species isolated from the Siamese fighting fish, *Betta splendens*. *Aquaculture*. 2023; 575: 739822. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2023.739822.
14. Jamal F, Hammer M. Nontuberculous mycobacterial infections. *Radiol Clin North Am*. 2022; 60 (3): 399–408. DOI: 10.1016/j.rcl.2022.01.012.
15. Lipner EM, Knox D, French J, Rudman J, Strong M, Crooks JL. A geospatial epidemiologic analysis of nontuberculous mycobacterial infection: An ecological study in Colorado. *Ann Am Thorac Soc*. 2017; 14 (10): 1523–1532. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201701-081OC.
16. Marras TK, Campitelli MA, Lu H, Chung H, Brode SK, March-and-Austin A, Winthrop KL, Gershon AS, Kwong JC, Jamieson FB. Pulmonary nontuberculous mycobacteria — associated deaths, Ontario, Canada, 2001–2013. *Emerg Infect Dis*. 2017; 23 (3): 468–476. DOI: 10.3201/eid2303.161927.
17. Mercaldo RA, Marshall JE, Cangelosi GA, Donohue M, Falkinham JO, Fierer N, French JP, Gebert MJ, Honda JR, Lipner EM, Marras TK, Morimoto K, Salfinger M, Stout J, Thomson R, Prevots R. Environmental risk of nontuberculous mycobacterial infection: Strategies for advancing methodology. *Tuberculosis*. 2023; 139: 102305. DOI: 10.1016/j.tube.2023.102305.
18. Montero E, Rojo-Solis C, Castro N, Fernández M, Pérez V, Corpa JM, Ortega J. Clinical and pathological findings associated with mycobacteriosis in captive syngnathids. Animals. 2022; 12 (23): 3259. DOI: 10.3390/ani12233259.
19. Morais DH, Vaz Rodrigues M, Ávila RW, Silva RJ. Visceral mycobacteriosis in amphibians from Brazilian Caatinga Region. *Dis Aquatic Org*. 2021; 145: 139–144. DOI: 10.3354/dao03604.
20. Pavlik I, Ulmann V, Weston, RT. Clinical relevance and environmental prevalence of *Mycobacterium fortuitum* group members. Comment on Mugetti et al. Gene sequencing and phylogenetic analysis: Powerful tools for an improved diagnosis of fish mycobacteriosis caused by *Mycobacterium fortuitum* group members. *Microorganisms*. 2021; 9 (11): 2345. DOI: 10.3390/microorganisms 9112345.

21. Pawsat G, Hoggard N, Duvall A, Flatland B. Bilateral cubital lymphoma and mycobacteriosis in a salmon-crested cockatoo (*Cacatua moluccensis*). *J Avian Med Surg*. 2023; 36 (4): 406–413. DOI: 10.1647/22-00006.
22. Radulski Ł, Kalicki M, Krajewska-Wędzina M, Lipiec M, Szulowski K. Pulmonary mycobacteriosis of sitatunga antelope caused by *M. Avium* ssp. *hominissuis*. *Ann Agric Environ Med*. 2022; 29 (2): 220–223. DOI: 10.26444/aaem/145158.
23. Rengifo-Herrera CC, Reyes JC, Magaña AM, Acosta F, Ponder J, Goodridge A. Avian mycobacteriosis in a rescued harpy eagle from Darien Forest, Panama. *Acta Sci Vet*. 2019; 47: 33192–4177. DOI: 10.22456/1679-9216.96502.
24. Röltgen K, Pluschke G. Overview: *Mycobacterium ulcerans* disease (Buruli Ulcer). In: Clifton NJ (ed.). *Method Mol Biol*. 2021; 2387: 3–6. DOI: 10.1007/978-1-0716-1779-3_1.
25. Sandlund N, Skår C, Karlsbakk E. First identification of mycobacteriosis in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *J Fish Dis*. 2023; 46 (5): 527–533. DOI: 10.1111/jfd.13765.
26. Savage ACNP, Blake L, Suepaul R, McHugh OS, Rodgers R, Calvern T, Oura C, Soto E. Piscine mycobacteriosis in the ornamental fish trade in Trinidad and Tobago. *J Fish Dis*. 2022; 45 (4): 547–560. DOI: 10.1111/jfd.13580.
27. Schmidt V, Köhler H, Heenemann K, Möbius P. Mycobacteriosis in various pet and wild birds from Germany: Pathological findings, coinfections, and characterization of causative mycobacteria. *Microbiol Spectrum*. 2022; 10 (4): e0045222. DOI: 10.1128/spectrum.00452-22.
28. Sgarioni SA, Hirata RDC, Hirata MH, Leite CQF, Prince KA, Leite SRA, Filho DV, Siqueira VLD, Caleffi-Ferracioli KR, Cardoso RF. Occurrence of *Mycobacterium bovis* and non-tuberculous mycobacteria (NTM) in raw and pasteurized milk in the northwestern region of Paraná, Brazil. *Brazil J Microbiol*. 2014; 45 (2): 707–711. DOI: 10.1590/S1517-83822014000200046.
29. Shevchenko OS, Todoriko LD, Poteyko PI, Pogorelova OA. Questions of diagnosis and treatment of nontuberculous mycobacteriosis. *East Eur J Intern Family Med*. 2019; 1: 36–53. DOI: 10.15407/internalmed2019.01.036.
30. Varela-Castro L, Barral MC, Arnal MC, Fernández de Luco D, Gortázar C, Garrido JM, Sevilla IA. Beyond tuberculosis: Diversity and implications of non-tuberculous mycobacteria at the wildlife-livestock interface. *Transbound Emerg Dis*. 2022; 69 (5): e2978–e2993. DOI: 10.1111/tbed.14649.
31. Vetere A, Bertocchi M, Pagano TB, Di Ianni F, Nardini G. First case of systemic fatal mycobacteriosis caused by *Mycobacterium goodii* in a pet Kenyan sand boa (*Eryx colubrinus loveridgei*). *BMC Vet Res*. 2022; 18: 291. DOI: 10.1186/s12917-022-03351-z.
32. Whitman WB, Goodfellow M, Kämpfer P, Busse HJ, Trujillo ME, Ludwig W, Suzuki KI, Parte A. The Actinobacteria. Vol. 4 In: Garrity GM. (ed.). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. 2nd ed. New York, Springer, 2012: 1750. ISBN 978-0-387-95043-3.
33. Zavhorodniy AI, Bilushko VV, Kalashnyk MV, Pozmogova SA, Kalashnyk NV. Pseudo-allergic reactions to tuberculin in cattle. *Vet Biotechnol*. 2018; 32 (2): 176–184. DOI: 10.31073/vet_biotech32(2)-20.
34. Zavhorodniy AI, Bilushko VV, Pozmogova SA, Kalashnyk MV, Kalashnyk NV, Kiptenko AV, Steshenko LM. Determination of the causes of allergic reactions to tuberculin in cattle. *Vet Med.* 2021; 107: 30–36. DOI: 10.36016/VM-2021-107-5.
35. Zavgorodnii AI, Pozmogova SA, Kalashnyk MV, Paliy AP, Plyuta LV, Palii AP. Etiological factors in triggering non-specific allergic reactions to tuberculin in cattle. *Reg Mech Biosys.* 2021; 12 (2): 228–233. DOI: 10.15421/022131.
36. Zhurylo OA, Barbova AI, Sladkova LM. *Mycobacterium avium* as pathogen of human mycobacteriosis. *Ukr Pulmonol J*. 2020; 1: 50–58. DOI: 10.31215/2306-4927-2020-107-1-50-58.

Ecology of mycobacteriums under conditions of abiotic and biotic factors

A. P. Paliy[1], A. I. Zavgorodniy[1], V. V. Bilushko[1,2], V. V. Kaplinsky[2], M. M. Tsap[2], M. M. Romanovych[2], K. B. Sukhomlin[3]
bw.pochta@gmail.com

[1]National Scientific Center "Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine", 83 Hryhoriia Skovorody str., Kharkiv, 61023, Ukraine
[2]Institute of Animal Biology NAAS, 38 V. Stusa str., Lviv, 79034, Ukraine
[3]Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, 43025, Ukraine

The article provides an analysis of the current state of the ecological situation regarding various types of mycobacteriums, their systematics, epidemic and epizootological significance, in particular, in Ukraine, taking into account the dynamics of changes in natural and climatic conditions, as well as the influence of anthropogenic factors. The risks to human health that are likely to be expected from these microorganisms, as well as the necessary measures to prevent the realization of these risks, have been studied. The work summarizes a number of own researches, as well as the results obtained by scientists, both in Ukraine and in other countries of the world.

Key words: mycobacteriums, environment, mycobacteriosis, ecology, tuberculosis, allergy, chemoresistance

Paliy AP, Zavgorodniy AI, Bilushko VV, Kaplinsky VV, Tsap MM, Romanovych MM, Sukhomlin KB. Ecology of mycobacteriums under conditions of abiotic and biotic factors. *Bìol Tvarin*. 2024; 26 (4): 64–68. DOI: 10.15407/animbiol26.04.064.