



**О. О. Зубач¹, І. І. Бень¹,
О. Б. Семенишин², О. М. Зінчук¹**

Львівський національний медичний університет імені
Данила Галицького¹

Державна установа «Львівський обласний Центр
контролю та профілактики хвороб МОЗ України»²

Дослідження поширеності лептоспірозу на території Львівської області із застосуванням ГІС-технологій

Вступ. Лептоспіроз, відповідно до сучасних уявлень інфектології, розглядають як гостру зоонозну інфекційну хворобу, що спричинюється різними серологічними варіантами лептоспір і характеризується гострим початком із гарячкою, симптомами загальної інтоксикації, тромбогеморагічним синдромом, ураженням м'язів, нирок, печінки, легень та нервової системи [1, 6]. Ця хвороба була визнана глобальною проблемою охорони здоров'я через зростання захворюваності в багатьох країнах [7, 14]. Лептоспіроз є одним із найпоширеніших зоонозів на планеті [8, 10, 12]. Щорічна кількість офіційно зареєстрованих випадків цієї хвороби перевищує один мільйон [9]. Лептоспіроз – природно-вогнищева ре-емерджентна хвороба, епідемічний процес якої виявляється у вигляді великих спалахів, насамперед у країнах, що розвиваються, серед найбільш вразливих верств населення, а також у районах із тропічним кліматом, де типовими є сезони дощів із підтопленням територій [5, 7, 10]. Розуміння змін, що стосуються просторової і функціональної будови природних осередків лептоспірозу, особливостей епізоотичного та епідемічного процесів, має особливе значення для практичної медицини. Різні аспекти цієї хвороби вивчають на кафедрі інфекційних хвороб Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького близько 20 років. Відтак нагромаджений масив інформації потребує чіткої алгоритмізації і систематизації. Для систематизації отриманих результатів обрали геоінформаційну систему (ГІС), яка дає змогу узагальнити інформацію про захворюваність людей на лептоспіроз і зараженість лептоспірозом основних господарів – мишоподібних гризунів на території Львівської області.

Під час вивчення природно-вогнищевих хвороб часто виникає потреба у зіставленні окремих пластів медичної інформації про хворих із еколого-епізоотологічними даними з подальшим їх порівнянням і

аналізом. Такі дослідження допомагають створити прогностичні моделі з потенційною оцінкою ризиків виникнення конкретних інфекційних хвороб залежно від інфікованості тварин, які слугують основним резервуаром і джерелом зараження людей. Для цього застосовують ГІС, уперше впроваджену у широкий загаль у другій половині ХХ ст. Однак швидкі темпи глобалізації спонукали до потреби генерації єдиної структурної бази геоданих, яку й використовують сьогодні в різних галузях науки та господарства.

Геоінформаційна система в системі охорони здоров'я – це картоаналітичний алгоритм збору, нагромадження, аналізу та відтворення й управління даними про поширення хвороб на території, яка також містить інформацію про чинники, що безпосередньо впливають на стан здоров'я населення, і володіє широким спектром аналітичних можливостей, завдяки яким можна отримати картографічне відображення ризиків виникнення різних хвороб. За допомогою ГІС можна створювати серійні карти як у стислих часових межах, так і з визначеними інтервальними проміжками залежно від швидкості зміни медичних і екологічних ситуацій. Оперативне реагування щодо виявлення ймовірних причин виникнення несприятливих ситуацій вимагає швидкого зіставлення інформації. Геоінформаційна система – це механізм, за допомогою якого зберігаються і нагромаджуються великі бази даних та електронних карт, а також система багатофакторного аналізу, що дає змогу одномоментно проводити математичну обробку первинних епідеміологічних, епізоотологічних даних, відображаючи їх просторово, і може бути використана для аналізу інфекційної захворюваності з можливістю прогнозування ризиків виникнення хвороби на певній території [2–4].

Отже, застосування ГІС для прогнозування епідемічної ситуації щодо лептоспірозу у Львівській області становить особливий інтерес із огляду на простоту застосування у практичній медицині.

Мета дослідження. З'ясувати результативність застосування геоінформаційних систем у дослідженнях лептоспірозу на Львівщині з метою оцінити його територіальне поширення, визначити території високого ризику інфікування у Львівській області.

Матеріали й методи дослідження. На початку дослідження відібрано медичну документацію в архіві Комunalного некомерційного підприємства (КНП) Львівської обласної ради (ЛОР) «Львівська обласна інфекційна клінічна лікарня» (ЛОІКЛ). Проведено ретроспективний аналіз медичних карт 259 пацієнтів, які перебували на стаціонарному лікуванні в ЛОІКЛ упродовж 2009–2019 рр. із діагнозом «лептоспіроз». Також проаналізовано звіти лабораторії особливо небезпечних інфекцій Державної установи (ДУ) «Львівський обласний Центр контролю та профілактики хвороб (ЦКПХ) МОЗ України» за щорічними прогнозами чисельності й результатами моніторингових досліджень природної інфікованості сірих щурів і мишоподібних гризунів лептоспірами ($n = 3524$) за аналогічний період часу.

Виявлення серопозитивності мишоподібних гризунів щодо лептоспірозу методом реакції мікроаглютинації (РМА) та лізису з лептоспірами із 13 серогрупами лептоспір і обстеження пацієнтів з метою верифікації діагнозу лептоспірозу на території Львівщини проводили на базі лабораторії особливо небезпечних інфекцій ДУ «Львівський обласний ЦКПХ МОЗ України».

Для укладання карт методом ГІС-технологій застосували програму QGIS 2.0.1. До основних показників бази географічних даних належали показники видового й кількісного розподілу інфікованих дрібних ссавців збудником лептоспірозу та випадки хвороби у людей. Усі показники відображені з чіткою локалізацією за географічними координатами й об'єднані в електронну структуровану базу з використанням програми Excel. Статистичну обробку фактичного матеріалу проводили за допомогою методів варіаційної статистики величин із застосуванням програми Statistica 10.0. Статистичний аналіз відносних величин здійснювали за допомогою двобічного критерію Р. Фішера. Статистично достовірною вважали різницю, якщо $p < 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення. Суттєве видове різноманіття мишоподібних гризунів і сприятливі фауністичні та клімато-географічні умови забезпечують значну циркуляцію лептоспір на території Львівщини. Серологічні дослідження щурів і мишей показали, що за період дослідження частка серопозитивних щодо лептоспірозу мишей і щурів на Львівщині становила 12,27%. За допомогою ГІС-технологій на карту Львівської області нанесено показники інфікованості мишей (рис. 1,а) та щурів (рис. 1,б) лептоспірами під час дослідження, випадків хвороби у людей (рис. 1,в) з урахуванням географічних координат кожного конкретного випадку (якщо координати обстежених тварин чи пацієнтів збігалися, на карті візуалізувалася лише одна позначка вна-

слідок накладання зображень одне на інше). Зіставлення отриманої інформації щодо людей і гризунів відображено на рис. 1, г. Пошарове нанесення цих показників на карту Львівської області віддзеркалює строкатість і нерівномірність розподілу випадків лептоспірозу у людей та інфікованості гризунів. Привертає увагу факт, що найменша кількість заражених гризунів і хворих на лептоспіроз людей спостерігалася у південній частині області, а саме – в Турківському та Сколівському районах.

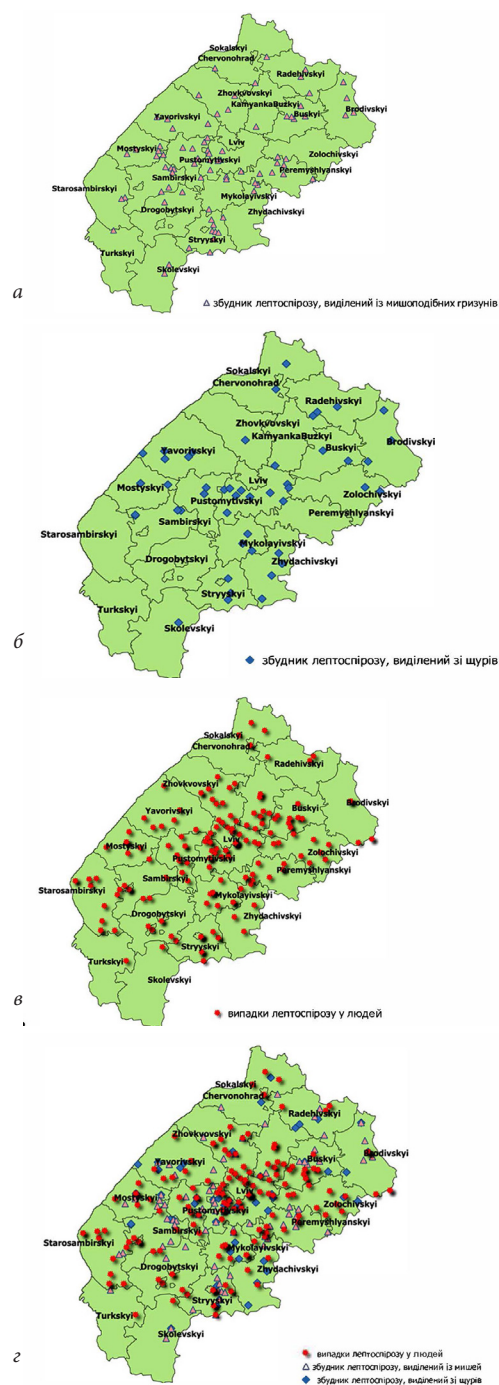


Рис 1. ГІС-аналіз зараженості гризунів лептоспірами та випадків лептоспірозу у людей на території Львівщини.

Після створення об'єднаних територіальних громад у Львівській області замість 20 районів (до яких належать Турківський і Сколівський), стало 7, значно більших за площею. Відтак для проведення подальших досліджень ми обрали зонування за принципом ландшафтно-географічного поділу, за яким північна частина Львівської області належить до лісової зони, центральна – до Лісостепу, південно-західна – до зони Українських Карпат. Найвищу зараженість гризунів фіксували у Лісостепу – 13,16 %, у лісовій зоні – 10,66 %, у зоні Українських Карпат 10,26 % (обидва $p < 0,05$). Подібну закономірність виявлено й щодо захворюваності на лептоспіроз серед населення: вірогідно частіше випадки хвороби фіксували у Лісостепу (62,94 %) порівняно з лісовою зоною (24,32 %) та зоною Українських Карпат (12,74 %), обидва $p < 0,001$ (рис. 2). На нашу думку, отримані результати пов'язані з тим, що клімат у Лісостепу помірно-континентальний, із теплим літом та помірно холодною зимою, тому умови для розмноження і побутування представників основного резервуару лептоспірозу – гризунів є найсприятливішими.

Подібні дослідження проведено на території Ірану, де із застосуванням ГІС-технологій виявлено, що захворюваність на лептоспіроз вища на узбережжі Каспію та в провінції Семнан. Такий результат дослідники пояснюють кліматичними та географічними умовами в цьому регіоні [11]. У оглядовій праці, присвяченій вивченню можливості застосування ГІС для аналізу захворюваності на лептоспіроз у різних країнах світу, проведено систематичний огляд методів геообробки та просторового аналізу, прийнятих для картування зон ризику лептоспірозу у людей і тварин упродовж 20 років, і вказано на прогресивне зацікавлення медичних працівників до використання цього методу для моніторингу та епідеміологічного аналізу лептоспірозу [13].

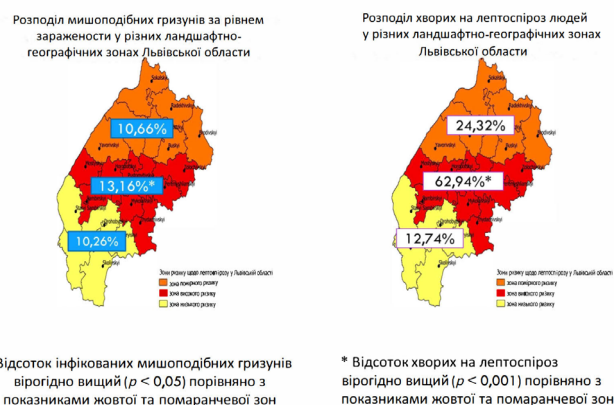


Рис. 2. Зони ризику щодо лептоспірозу на території Львівщини.

Таким чином, проведені нами дослідження передбачали вивчення поширеності лептоспірозу, а також верифікацію зон високого ризику зараження ним за допомогою ГІС. Географічний розподіл захворюваності на лептоспіроз на території Львівської області впродовж 11 років був змодельований за допомогою ідентифікації кластерів і визначення зон високого та низького ризику лептоспірозу, завдяки чому підвищуються точність і наочність ретроспективного аналізу, спрямованого в кінцевому підсумку на прогноз і запобігання погіршенню епідемічної ситуації з лептоспірозом у Львівській області.

Висновки. За допомогою геоінформаційних систем проведено аналіз епізоотичної ситуації щодо лептоспірозу серед гризунів у розрізі ландшафтно-географічного зонування території Львівської області. З'ясовано, що територією найвищого ризику зараження лептоспірозом для людей є лісостепова зона. Застосувавши геоінформаційні системи, ми отримали візуалізацію поширення лептоспірозу на території Львівської області, що дає змогу прогнозувати зараження людей лептоспірозом.

Подяка. Висловлюємо подяку за допомогу у проведенні досліджень КНП ЛОР ЛОІКЛ та лабораторії особливо небезпечних інфекцій ДУ «Львівський обласний ЦКПХ МОЗ України».

Список літератури

1. Васильєва НА, Андрейчин МА. Лептоспіроз. Тернопіль: Укрмедкнига; 2016. 275 с. (Vasilieva NA, Andreychin MA. Leptospirosis. Ternopil: Ukrmedknyha; 2016. 275 p.) (Ukrainian).
2. Крижановський ЄМ, Поліщук ОВ. Гіс-аналіз даних захворюваності населення в Україні. 2018 (Kryzhanovsky YM, Polishchuk OV. Gis-analysis of population morbidity data in Ukraine. 2018). Retrieved from: <http://ir/lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/20724> (Ukrainian)
3. Павленко АЛ, Коваленко ІС, Хайтович АБ. Методологический подход использования ГИС-технологии в эпиднадзоре на примере лептоспироза. Проблемы особо опасных инфекций. 2014;2:62–65 (Pavlenko AL, Kovalenko IS, Khaitovich AB. Methodological approach of GIS technology application in surveillance on the example of leptospirosis. Problems of Especially Dangerous Infections. 2014;2:62-65) (Russian) <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2014-2-62-65>
4. Подобівський СС, Федонюк ЛЯ, Корда ММ, Клішч ІМ, Андрейчин МА, Шкільна МІ та ін. Впровадження медичної геоінформаційної системи при дослідженні іксодових кліщових інфекцій в Україні. Інфекційні хвороби. 2019;3(97):38–45 (Podobivsky SS, Fedonyuk LY, Korda MM, Klishch IM, Andreychin MA, Shkilna MI et al. Introduction of medical geoinformation system in the study of Ixodes tick infections in Ukraine. Infectious Diseases. 2019;3(97):38-45) (Ukrainian) <https://doi.org/10.11603/1681-2727.2019.3.10634>
5. Chadsuthi S, Chalvet-Monfray K, Wiratsudakul A et al. The effects of flooding and weather conditions on leptospirosis transmission in Thailand. Sci Rep. 2021;11(1):1486. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79546-x>
6. Haake D, Levett P. Leptospirosis in humans. Curr Top Microbiol Immunol. 2015;387:65-97. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45059-8_5

7. Hacker P, Sacramento G, Cruz J. Influence of rainfall on leptospirosis infection and disease in a tropical urban setting. *Brazil Emerg Infect Dis.* 2020;26(2):311-314. <https://doi.org/10.3201/eid2602.190102>
8. Levett P. Leptospirosis. *Clin Microbiol Rev.* 2020;14(2):296-326. <https://doi.org/10.1128/CMR.14.2.296-326.2001>
9. Mohammadinia A, Saeidian B, Pradhan B. Prediction mapping of human leptospirosis using ANN, GWR, SVM and GLM approaches. *BMC Infectious Diseases.* 2019;19(1):971. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-4580-4>
10. Monteiro M, Egidio de Sousa I, Piteira M, Coelho S, Freitas P. Leptospirosis, a Re-emerging Threat. *Cureus.* 2021;13(4):e14295.
11. Moradi G, Masoumi Asl H, Bahmani N, Vahabi A, Shirzadi S, Zare Z et al. Epidemiology incidence and geographical distribution of leptospirosis using GIS and its incidence prediction in Iran in 2021. *Med J Islam Repub Iran.* 2021;35:109. <https://doi.org/10.47176/mjiri.35.109>
12. Munoz-Zanzi C, Groene E, Morawski B. A systematic review of leptospirosis outbreaks worldwide 1970-2021. *Rev Pan-am Salud Publica.* 2020;44:e78. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.78>
13. Pereira de Oliveira I, Salete S, Wagner U, Sassinari S. Geoprocessing and spatial analysis for identifying leptospirosis risk areas: a systematic review. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo.* 2020;62:e35. <https://doi.org/10.1590/s1678-9946202062035>
14. Radi MFM, Hashim JH, Jaafar MH, Hod R, Ahmad N, Nawi AM et al. Leptospirosis Outbreak After the 2014 Major Flooding Event in Kelantan, Malaysia: A Spatial-Temporal Analysis. *Am J Trop Med Hyg.* 2018;98(5):1281-1295. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0922>

Стаття надійшла до редакції журналу 30.01.2022 р.

Конфлікт інтересів

Автори цієї статті стверджують, що конфлікту інтересів немає.

Дослідження поширеності лептоспірозу на території Львівської області із застосуванням ГІС-технологій

О. О. Зубач, І. І. Бен, О. Б. Семенишин, О. М. Зінчук

Вступ. Лептоспіроз є одним із найпоширеніших зоонозів на планеті. Визначення зон ризику інфікування цієї недугою у Львівській області є актуальним із огляду на потребу в прогнозуванні епідситуації щодо захворюваності. Застосовано геоінформаційну систему (ГІС), яка дає змогу узагальнити інформацію про захворюваність людей на лептоспіроз і зараженість лептоспірозом основних господарів – мишоподібних гризунів на території Львівської області.

Мета. З'ясувати результативність застосування геоінформаційних систем у дослідженнях лептоспірозу на території Львівської області з метою оцінити його поширення, визначити зони високого ризику інфікування.

Матеріали й методи. За допомогою геоінформаційної системи із використанням програми QGIS 2.0.1 на основі попередньо створеної електронної структурованої бази даних за 2008–2019 рр. у програмі Microsoft Excel проаналізовано випадки лептоспірозу у людей та зараженості мишоподібних гризунів на території Львівської області. Статистичний аналіз відносних величин проводили за допомогою двобічного критерію Р. Фішера. Статистично достовірною вважали різницю, якщо $p < 0,05$.

Результати. За допомогою ГІС-технологій здійснено пошарове нанесення випадків захворювання людей на лептоспіроз ($n = 259$) і зараженості мишоподібних гризунів ($n = 3524$) з урахуванням географічних координат даних на карту Львівської області. Найвища зараженість гризунів була в Лісостепу (13,16 %) порівняно з лісовою зоною (10,66 %) та зоною Українських Карпат (10,26 %), обидва $p < 0,05$. Подібну закономірність виявлено й щодо захворюваності людей на лептоспіроз: істотно частіше випадки хвороби фіксували у Лісостепу (62,94 %) порівняно з лісовою зоною (24,32 %) та зоною Українських Карпат (12,74 %), обидва $p < 0,001$.

Висновки. Застосування геоінформаційних систем дало змогу отримати просторове уявлення про поширеність лептоспірозу на території Львівської області. Завдяки проведеному на основі ландшафтно-географічного поділу зонуванию території Львівської області визначено, що зоною найвищого ризику зараження лептоспірозом для людей є Лісостеп.

Ключові слова: лептоспіроз, медична геоінформаційна система.

Study of Leptospirosis Prevalence on the Territory of Lviv Region with Using of GIS Technologies

O. Zubach, I. Ben, O. Semenyshyn, O. Zinchuk

Introduction. Leptospirosis is one of the most widespread bacterial zoonosis in the world. Understanding the changes affecting the spatial and functional structure of natural foci of leptospirosis, peculiarities of epizootic and epidemic processes is of particular importance for practical medicine. For this purpose, we have chosen a geographic information system (GIS), which helps to summarize information about the incidence of leptospirosis in Lviv region.

The aim of the study. Our study aimed to assess the territorial spreading of leptospirosis and identify the risks of infection with this disease in Lviv Region based on evident retrospective analysis of the epidemic process using geomapping technologies created with geographic information systems.

Materials and methods. An electronic database of leptospirosis cases in humans and infected mouse-like rodents was created using Microsoft Excel. The QGIS 2.0.1 was used to analyze the obtained data, the map of the 259 human and 3524 rodent cases of Leptospirosis in Lviv Region was created. All calculations were performed using the "Statistica 10.0" application package by Windows. The results were statistically processed using the Fisher's bi-lateral test.

Results. Layered plotting of the data on Lviv Region map demonstrated the diversity and distribution of leptospirosis cases in humans and rodents. Further comparisons took into account the geographical landscape of the Lviv Oblast (Ukrainian Carpathians, Forest-steppe and Forest zones). The greatest number rodents that tested positive was observed in the forest-steppe zone (13.16 %), 10.66 % of all positive animals came from the forest zone, and 10.26 % of test-positive animals came from the zone of the Ukrainian Carpathians (both $p < 0.05$). A similar pattern was found in humans: significantly more cases of the disease were recorded in Forest-steppe zone - 62.94 %, compared with the Forest zone (24.32 %) and the zone of the Ukrainian Carpathians (12.74 %), both $p < 0.001$.

Conclusions. The geographic information system allowed to obtain a spatial understanding of the *Leptospira* geographical distribution in Lviv Region. The zoning of the territory with using of geographic information systems determines that the area of the highest risk of infection of leptospirosis for people is the Forest-steppe zone of Lviv Region.

Keywords: leptospirosis, medical geographic information system.

Відомості про авторів

1. Зубач Олена Олександрівна; Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, кафедра інфекційних хвороб (79010, м. Львів, вул. Пекарська, 69; +38(032)275-54-06); кандидатка медичних наук, доцентка кафедри; +38(067)730-51-53; zubachlena@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-9110-577X>
2. Бень Ірина Ігорівна; Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, кафедра інфекційних хвороб (79010, м. Львів, вул. Пекарська, 69; +38(032)275-54-06); кандидатка медичних наук, асистентка кафедри; +38(067)305-89-49; iryna_ben@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0002-6284-4255>
3. Семенишин Оксана Богданівна; ОНІ ДУ «ЛЮЛЦ МОЗ України» (79013, м. Львів, вул. Круп'ярска, 27; +38(032)276-85-92); кандидатка медичних наук, завідувачка лабораторії особливо небезпечних інфекцій; +38(097)509-95-96; roma_oksa@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0002-0997-8481>
4. Зінчук Олександр Миколайович; Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, кафедра інфекційних хвороб (79010, м. Львів, вул. Пекарська, 69; +38(032)275-54-06); доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри; +38(066)732-83-89; olz.email@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-2768-3994>