



Новітні підходи до аналізу епізоотичної ситуації зі сказу в Україні

I. Ф. Маковська

iryna.makovska@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
вул. Полковника Потехіна, 16, м. Київ, 03041, Україна, dekanat_vetmed@nubip.edu.ua

Оскільки географічна інформаційна система (ГІС) є інструментом для збору даних з багатьох джерел різними методами, який, крім стандартного картографування, дозволяє організовувати, зберігати, обробляти, аналізувати, моделювати, представляти просторові дані та створювати прогнози, то метою нашого дослідження було проведення аналізу епізоотичної ситуації зі сказу в Україні із застосуванням новітніх геоінформаційних технологій. Для цього було зібрано дані із захворюваності на сказ, визначено географічні координати для кожного випадку, створено науково-інформаційну базу даних усіх випадків сказу та адаптовано її для роботи у програмному забезпеченні QGIS. ГІС застосовували для динамічних моделей, у яких просторовий розподіл випадків сказу для різних видів тварин змінювався у послідовних часових межах. Проведено картографічну візуалізацію поширення сказу на території всіх областей України. Визначення напрямків руху епізоотії показало зміщення еліпса стандартних відхилень у східному напрямку для домашніх тварин, але в західному — для диких. Найвищу щільність сказу серед диких тварин виявлено у Хмельницькій та Вінницькій обл., а найнижчу — у Полтавській обл. Серед домашніх тварин найбільша щільність випадків сказу виявлена у північно-східній частині Вінницької обл. (на межі із Київською обл.) і у північно-східній частині Черкаської та Кіровоградської обл., а найнижча — у Закарпатській та південній частині Одеської обл. Аналіз ситуації вздовж кордонів України показав переважання сказу серед домашніх тварин вздовж кордонів з Росією, а диких — поруч із кордонами з Білоруссю, Молдовою та Угорщиною. Щодо сезонності поширення сказу для різних груп тварин, то захворюваність серед домашніх тварин найбільше спостерігали на початку року (у першому кварталі), а серед диких — наприкінці року (у четвертому кварталі). Таким чином, встановлення зон найвищого ураження сказом, періодів підйому і спаду епізоотії, визначення видового розповсюдження сказу на території кожної області дозволить ефективніше планувати й проводити протиепізоотичні заходи в Україні.

Ключові слова: сказ, геоінформаційні технології, епізоотія, база даних, ГІС-аналіз, візуалізація

Сказ — це смертельний вірусний зооноз, який спричиняється ліссавірусами, переважно вірусом сказу (RABV) та, ймовірно, є найдавнішою зареєстрованою інфекцією, відомою людству [7]. Попри зусилля контролю та постійного нагляду, спорадичні та епізоотичні спалахи сказу залишаються непередбачуваними, підкреслюючи недостатність знань про те, що впливає на передавання та розповсюдження його збудника [1]. Для кращого розуміння епізоотичного процесу сказу важливо здійснювати нагляд у поєднанні з діагностикою та моделюванням поширення хвороби, а для ефективного проведення антирабічних заходів необхідно враховувати об'єктивні статистичні та географічні дані поширеності сказу [11].

У багатьох країнах застосовують ГІС, що дозволяє визначити географічну локацію кожного випадку, встановити часовий розподіл захворюваності, ви-

явити локалізацію його кластерів, напрям руху епізоотії та прогнозувати майбутні спалахи [3]. Застосування геоінформаційних систем дозволяє визначати основні зв'язки між даними щодо захворюваності у популяції певного виду тварин та їх географічним розповсюдженням, тому для нагляду за сказом важливо використовувати новітні підходи та імплементувати ГІС-технології, які можуть забезпечувати високу якість та ефективність планування й проведення протиепізоотичних заходів [10].

Оскільки нагляд за сказом в Україні здійснюється без визначення географічних координат для кожного випадку, пріоритетним є створення бази даних у всіх областях із застосуванням ГІС для виявлення особливостей поширення хвороби, визначення просторових тенденцій та наявності потенційних кластерів сказу, що буде корисним для ефективної боротьби з цим захворюванням [8].

Метою роботи було провести аналіз епізоотичної ситуації зі сказу у всіх областях України із застосуванням новітніх підходів на основі геоінформаційних технологій.

Матеріали і методи

Дані для дослідження

Для проведення аналізу було охоплено всі області України, за винятком АР Крим і окупованих Росією територій Донецької та Луганської обл.

Офіційні дані для дослідження отримані з річних звітів обласних лабораторій ветеринарної медицини Держпродспоживслужби України. Після статистичної обробки нами створено єдину національну базу даних, яка містить інформацію про: а) місце спалаху (область, район, населений пункт); б) кількість загинув тварин; в) вид тварин; г) дату підтвердження діагнозу.

Для кожного випадку сказу були визначені географічні координати (довгота і широта) із застосуванням ресурсів *GeoHack*. Отримані координати додавали в нову базу даних і адаптували її для роботи у програмі ГІС.

Оскільки дані щодо випадків сказу за весь 2019 р. у річних звітах будуть доступні лише у квітні 2020 р., то для пошуку і визначення географічних координат з кожного спалаху використовували дані попередніх років.

Загалом опрацьовано 10713 випадків (2012–2018 рр.), але у цьому дослідженні для представлення переваг застосування ГІС-технологій використовували дані 2018 р.

Просторовий аналіз

Для проведення просторово-часового аналізу використовували програмне забезпечення *Quantum GIS 3.4.6.*, що є загальнодоступною кросплатформенною ГІС (<https://www.qgis.org/ru/site/forusers/download.html>). Для ГІС-аналізу обчислювали стандартну відстань (*Standard Distance*), еліпс стандартних відхилень (*Standard Deviation Ellipse*) та ядерну оцінку щільності (*Kernel Density Estimation*). Стандартну відстань використовували для обчислення радіусу пошуку під час визначення ядерної оцінки щільності (https://docs.qgis.org/testing/en/docs/user_manual/index.html). Еліпс стандартних відхилень розраховували для визначення просторової тенденції напрямів поширення та визначення дисперсії випадків сказу. Для всіх еліпсів вибрали розмір одного стандартного відхилення, що враховує до 68 % випадків сказу від загальної кількості.

Просторовий розподіл проводили окремо для значущих груп тварин, а саме: серед домашніх м'ясоїдних — собак і котів (враховували домашніх і безпритульних), серед сільськогосподарських тварин — великої рогатої худоби (ВРХ), а серед диких — лисиць.

Для виявлення зон із високою щільністю сказу застосовували метод ядерної оцінки щільності, який конвертує точкові дані у суцільну поверхню та вказує інтенсивність подій і щільності. Усі карти були сформовані в *QGIS 3.4.6*. Векторні шари кордонів та областей України були отримані на сайті <https://www.diva-gis.org/Data>.

Результати й обговорення

Протягом 2018 р. в Україні було підтверджено 1704 випадки сказу, з яких 58 % — домашні тварини, а 42 % — дики (рис. 1). Серед домашніх тварин найбільшу захворюваність спостерігали у домашніх м'ясоїдних, переважно у котів (480 випадків — 28,2 %) та собак (427 випадків — 25 %). Серед сільськогосподарських — у ВРХ зафіксовано 136 випадків (8 %). Серед диких тварин захворюваність переважала у лисиць — 548 випадків (32,2 %).

З результатів досліджень, представлених на рис. 1, видно значне переважання захворюваності домашніх м'ясоїдних над дикими. Аналогічну тенденцію спостерігали і в попередніх роках з перманентним переважанням котів у частці захворювань сказом серед домашніх м'ясоїдних [6].

Визначення напрямку руху епізоотії сказу у найбільш значущих щодо захворюваності груп тварин (лисиць, котів, собак та ВРХ) дало можливість встановити такі закономірності і тенденції. Еліпс стандартних відхилень для випадків сказу у лисиць показав зміщення в південно-західному напрямку, що підтверджується збільшенням захворюваності у західних областях. Еліпс стандартних відхилень для випадків сказу у котів був витягнутішою форми, розташовувався у центрі України та рухався у північно-східному напрямку, що вказує на розосередженість захворюваності та переважання випадків у центральній та північній частині України. Еліпс для випадків сказу у собак, аналогічно еліпсу для котів, також зосередився у центральній частині України, але рухався у південно-східному напрямку. У цьому випадку еліпси для домашніх м'ясоїдних майже накладались. Еліпс для випадків сказу у ВРХ був компактнішим, що вказує на локалізацію епізоотії на обмежених територіях із напрямком руху епізоотії паралельно руху еліпсів для домашніх м'ясоїдних (рис. 2).

За проведення ядерної оцінки щільності захворювання на сказ для диких тварин суттєвою особливістю виявилась концентрація максимальної захворюваності в західних областях України. З результатів досліджень (рис. 3А) видно, що ізолінії чітко окреслюють межі епізоотії сказу в дикій природі, які охоплюють з однаковою інтенсивністю всю територію Вінницької (менше на кордоні із Молдовою) та Хмельницької обл., південну частину Житомирської обл. та південно-східну частину Чернівецької обл. (на кордоні із Молдовою), з меншою інтенсивністю — майже всю Тернопільську обл., центральну частину Житомирської та Кіровоградської обл.

Крім згаданих «гарячих точок», епізоотії сказу в дикій природі локалізувались у південно-західній частині Закарпатської обл. (на кордоні з Угорщиною), на перетині Львівської, Івано-Франківської та Тернопільської обл., на межі між Рівненською та Хмельницькою обл., у північно-західній частині Чернігівської обл. (на кордоні із Білоруссю), центральних частинах Сумської та Черкаської обл., на межі Дніпропетровської з Кіровоградською та Запорізькою та переважній частині Запорізької обл. У інших частинах України епізоотії сказу серед диких тварин реєструвались рідко. Зазначимо, що найменша щільність була зафіксована на території Полтавської обл.

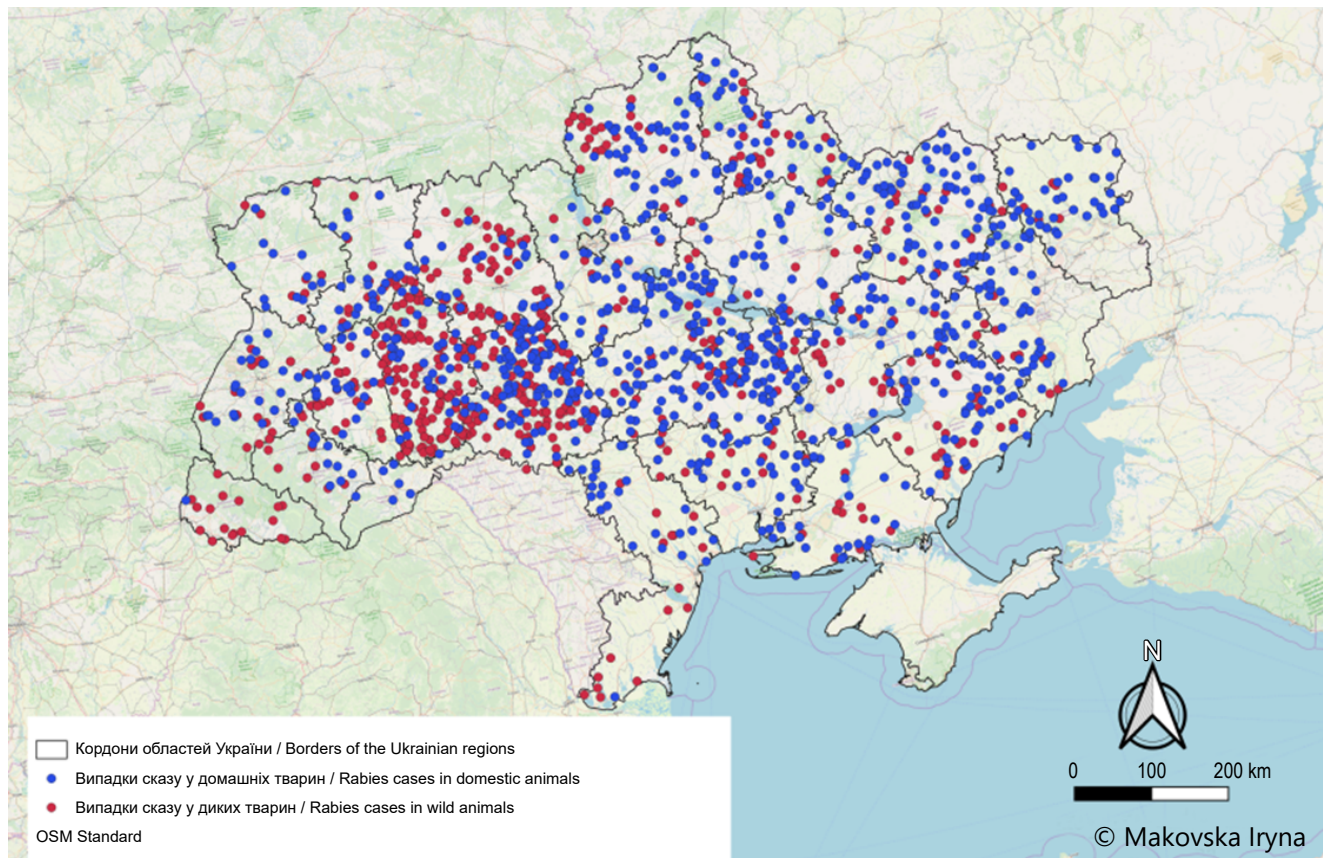


Рис. 1. Поширення захворювання на сказ серед домашніх та диких тварин в Україні протягом 2018 р.

Fig. 1. The spread of rabies among domestic and wild animals in Ukraine during 2018

Таку епізоотичну ситуацію можна пояснити різним ступенем ефективності кампаній з пероральної вакцинації, яку проводили вибірково лише у певних областях України, що було пов'язано з браком коштів та не враховувало надмірну щільність популяції лисиць [5]. Подібні висновки можна прочитати у роботах інших вчених [4, 8].

Проведення ядерної оцінки щільності випадків сказу серед домашніх тварин (рис. 3Б) показало, що епізоотія сказу охопила майже всі області України. Найвищу щільність сказу спостерігали також у Вінницькій обл., але у північно-східній її частині, особливо на межі із Київською обл., а також у північно-східній частині Черкаської та Кіровоградської обл. Менше були уражені Запорізька, Донецька, Луганська та Харківська обл. (поблизу кордонів з Росією). У всіх інших областях зафіксовано середню щільність випадків сказу. Найнижча щільність була встановлена на території Закарпатської та південної частини Одеської обл. За даними різних вчених, поширення сказу серед домашніх тварин на всій території України пов'язане з надзвичайно високою чисельністю популяції собак і котів — як домашніх, так і безпритульних, та низьким відсотком їх вакцинації [2].

За порівняльного аналізу залежності інтенсивності ураження сказом від сезонності із застосуванням методики ядерної оцінки щільності було встановлено (рис. 4) найвищу щільність у першому кварталі 2018 р. на території північно-східної частини Вінницької обл., у центральній частині Кіровоградської та на території східних областей.

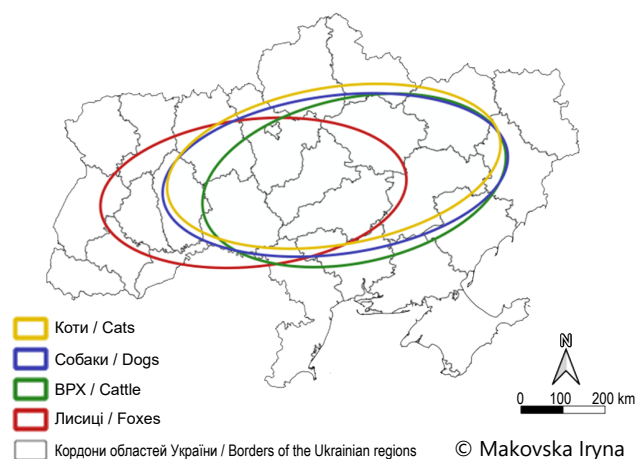


Рис. 2. Еліпси стандартних відхилень для диких та домашніх тварин в 2018 р.

Fig. 2. Standard Deviation Ellipses for wild and domestic animals in 2018

У другому і третьому кварталах зафіксовано незначні ураження тварин сказом на всій території України з переважанням у центральних областях. У четвертому кварталі найвищу щільність спостерігали на території всієї Хмельницької та північно-західної частини Вінницької обл. Оскільки у попередньому аналізі ми встановили, що на цих територіях сказ переважає серед лисиць, а у східних областях сказ переважував серед домашніх тварин,

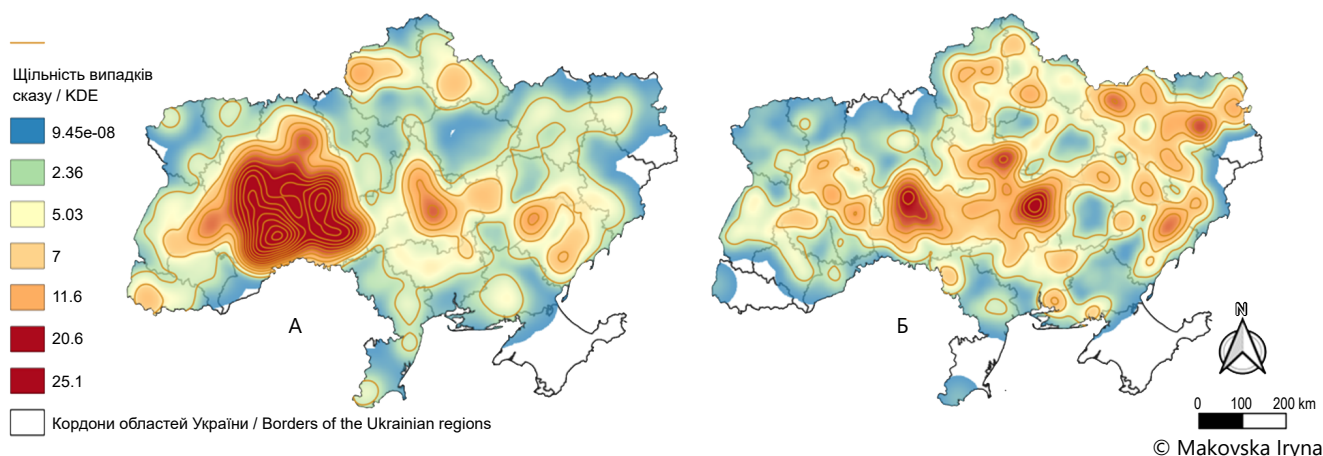


Рис. 3. Щільність випадків сказу серед диких (А) та домашніх (Б) тварин в Україні в 2018 р.

Тут і далі: червоним кольором позначено території із найвищою щільністю, блакитним — із найнижчою

Fig. 3. Density of rabies cases among wild (A) and domestic (B) animals in Ukraine in 2018.

Here and further: the highest density areas are highlighted in red, the lowest density areas are blue

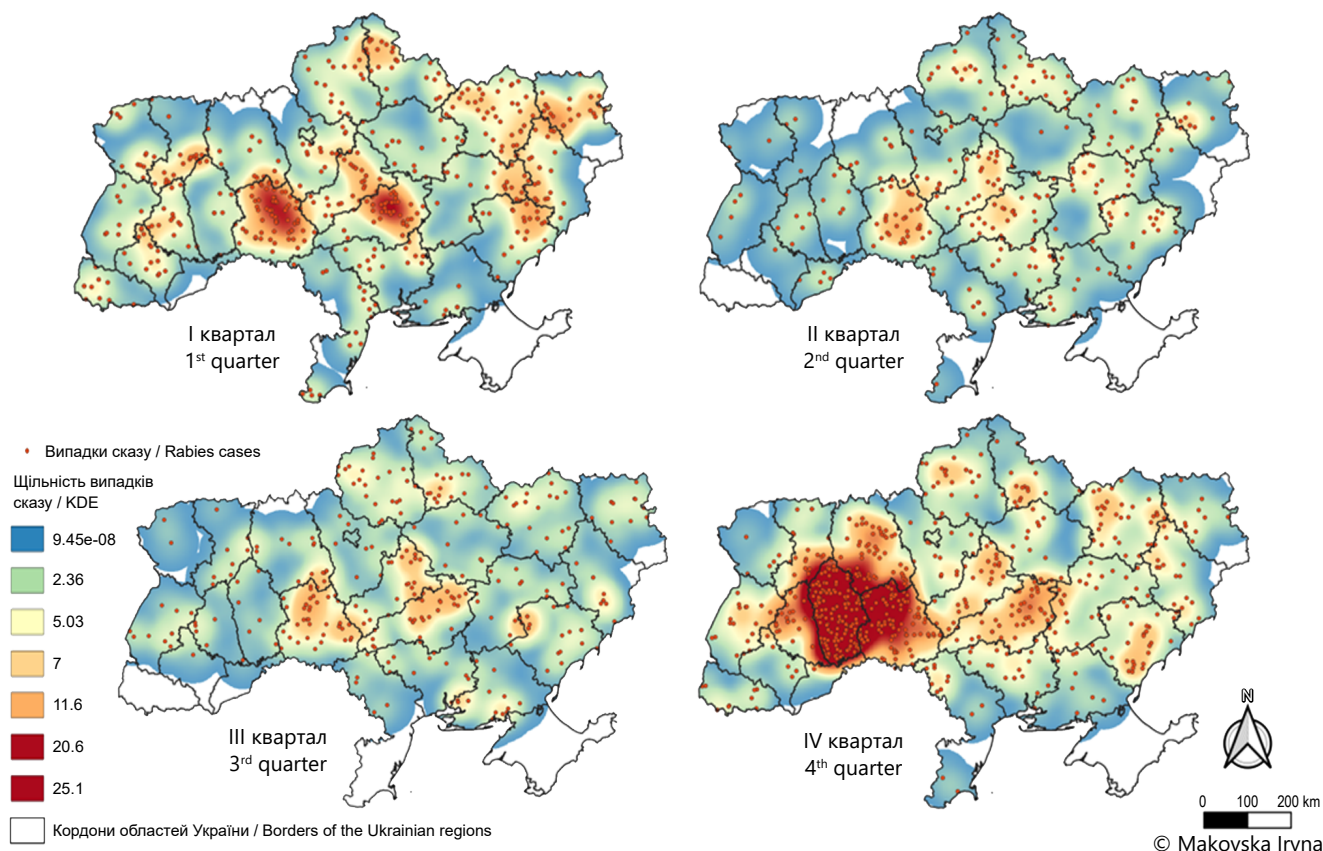


Рис. 4. Щільність випадків сказу серед всіх видів тварин за кварталами 2018 р.

Fig. 4. Density of rabies cases among animals in Ukraine in quarters of 2018

можна стверджувати, що в лисиць сказ найбільше проявляється у четвертому і першому кварталах, а в домашніх тварин — у першому кварталі 2018 р. Подібні висновки з огляду на сезонність поширення сказу серед різних видів тварин відображені в роботах інших вчених [2, 9].

Таким чином, глибше розуміння епізоотичного процесу сказу, періодів підйому і спаду епізоотій дозволить планувати й проводити вакцинацію в найбільш точні часові проміжки.

Висновки

Дослідження показало ефективність запровадження новітніх підходів для проведення аналізу епізоотичної ситуації щодо сказу, результати якого доцільно використовувати для вдосконалення системи нагляду та контролю сказу.

Імплементация ГИС замість класичного картографування дозволяє встановити: а) напрямки руху

епізоотій; б) видову геолокацію; в) динамічну візуалізацію; г) залежність від сезонності; д) території з найбільшим та найменшим ступенем ураження залежно від виду тварин не лише в межах областей, а й вздовж кордонів України, що значно спрощує розробку планування протиепізоотичних заходів.

Вважаємо, що на основі описаних підходів в Україні повинна формуватися національна програма контролю за сказом тварин.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження будуть скеровані на визначення кластерів захворювання для всіх видів тварин, побудову математичної моделі та прогнозування поширення сказу в Україні.

1. Fisher CR, Streicker DG, Schnell MJ. The spread and evolution of rabies virus: conquering new frontiers. *Nature Reviews Microbiology*. 2018; 16(4): 241–255. DOI: 10.1038/nrmicro.2018.11.
2. Kornienko LE, Moroz OA, Mezhenko AO, Skorokhod SV, Datsenko RA, Karpulenko MS, Polupan IM, Dzyuba YM, Nedosekov VV, Makovskaya IF, Hibaliuk YO, Sonko MP, Tsarenko TM, Pishchanskyy OV. Epizootological and epidemiological aspects for rabies in Ukraine for the period from 1999 to 2018. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*. 2019; 3: 90–109. DOI: 10.31890/vtp.2019.03.14.
3. Lourenço A, Carneiro S, Ferreira EC, Carreira R, Rocha LM, Glez-Peña D, Méndez JR, Fdez-Riverola F, Díaz F, Rocha I, Rocha M. Biomedical text mining applied to document retrieval and semantic indexing. In: *Distributed Computing, Artificial Intelligence, Bioinformatics, Soft Computing, and Ambient Assisted Living*. Proceedings of 10th International Work-Conference on Artificial Neural Networks, IWANN 2009 Workshops, Part II, Salamanca, Spain; 2009: 954–963. DOI: 10.1007/978-3-642-02481-8.
4. Maki J, Guiot AL, Aubert M, Brochier B, Cliquet F, Hanlon CA, King R, Oertli EH, Rupprecht CE, Schumacher C, Slate D, Yakobson B, Wohlers A, Lankau EW. Oral vaccination of wildlife using a vaccinia–rabies–glycoprotein recombinant virus vaccine (RABORAL V-RG®): a global review. *Veterinary Research*. 2017; 48(1): 57. DOI: 10.1186/s13567-017-0459-9.

5. Makovska IF, Nedosekov VV, Kornienko LY, Novokhatny YO, Nebogatkin IV, Yustyniuk VY. A retrospective analysis of the spread of rabies in Ukraine (1950–2019). *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2020; 8(1): 36–49. DOI: 10.32819/2020.81007. (in Ukrainian)
6. Makovska IF, Nedosekov VV, Polupan IM, Latmanizova TS. Distribution trend rabies in cats in Ukraine. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*. 2018; 20(92): 18–23. DOI: 10.32718/nvvet9204.
7. Picot V, Rasuli A, Abella-Rider A, Saadatian-Elahi M, Aikimbayev A, Barkia A, Benmaiz S, Bouslama Z, De Balogh K, Dehove A, Davlyatov F, Farahtaj F, Gongal G, Gholami A, Imnadze P, Issad M, Khoufi S, Nedosekov V, Rafila A, Rich H, Soufi A, Tuychiev J, Vranjes N, Vodopija R, Zaouia I, Nel L. The Middle East and Eastern Europe rabies Expert Bureau (MEEREB) third meeting: Lyon-France (7–8 April, 2015). *Journal of Infection and Public Health*. 2017; 10(6): 695–701. DOI: 10.1016/j.jiph.2017.03.005.
8. Polupan I, Bezymennyi M, Gibaliuk Y, Drozhzhe Z, Rudoi O, Ukhovskiy V, Nedosekov V, De Nardi M. An Analysis of rabies incidence and its geographic spread in the buffer area among orally vaccinated wildlife in Ukraine from 2012 to 2016. *Front. Vet. Sci*. 2019: 1–13. DOI: 10.3389/fvets.2019.00290.
9. Polupan I, Bezymennyi M, Golik M, Drozhzhe Z, Nychyk S, Nedosekov V. Spatial and temporal patterns of enzootic rabies on the territory of Chernihiv region of Ukraine. *Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety*. 2017; 3(2): 31–36. Available at: <http://jvmbbs.kharkov.ua/archive/2017/volume3/issue2/article6.php>
10. Robertson C. Towards a geocomputational landscape epidemiology: surveillance, modelling, and interventions. *GeoJournal*. 2017; 82(2): 397–414. DOI: 10.1007/s10708-015-9688-5.
11. Ulugtekin N, Alkoy S, Seker DZ, Goksel C. Use of GIS in epidemiology: a case study in Istanbul. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. 2006; 41(9): 2013–2026. DOI: 10.1080/10934520600780636.

New approaches to the analysis on epizootic situation of rabies in Ukraine

I. F. Makovska

iryna.makovska@nubip.edu.ua

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

16 Polkovnyka Potykhina str., Kyiv, 03041, Ukraine, dekanat_vetmed@nubip.edu.ua

The priorities of study the epizootic process of any zoonoses should conduct the analysis using new approaches and technologies in developed countries of the world. Since geographic information systems (GIS) are a tool for collecting data from many sources by various methods that, unlike to standard mapping, can organize, store, retrieve, analyze, model, present spatial data and generate forecasts, our goal was to analyze the epizootic situation of rabies in Ukraine using geo-information technologies. To achieve this goal, we needed to collect rabies incidence data, determine the longitude and latitude of geographic coordinates for each case, create a database of all rabies cases and adapt it to run QGIS software. GIS was used for dynamic models in which the spatial distribution of rabies cases for different animal species varied over successive time frames. The use of GIS, unlike classical mapping, allowed the establishment of the epizootic movement directions, species geolocation, dynamic visualization, seasonality dependence, and the identification of the areas with the highest and lowest degree of infected depending not only on the region, but also within the species of each district. In this case, the determination of the epizootic, movement directions showed a move in the east direction for the domestic animals and in the west direction for the wild animals. Identification of the areas with the highest and lowest infected of rabies made it possible to establish that the highest the concentration of rabies cases among wild animals were observed in the Khmelnytskyi and Vinnytsia regions and the lowest was in the Poltava region. Among domestic animals, the highest incidence of rabies occurred in the north-eastern part of the Vinnytsia region, especially on the border with the Kyiv region, as well as in the northeastern part of the Cherkasy and Kirovograd regions, and the lowest in the territory of the Transcarpathian and southern parts of the Odesa region. Thus, the establishment of zones of greatest infected with rabies, understanding the periods of ups and downs of epizootics, the establishment of species the specificity of each region will provide qualitative and effective planning and carrying out control measures in the territory of all regions of Ukraine.

Key words: rabies, geoinformation technologies, epizooty, database, GIS analysis, visualization

Makovska IF. New approaches to the analysis on epizootic situation of rabies in Ukraine. *Biol. Tvarin*. 2020; 22(1): 31–35. DOI: 10.15407/animbiol22.01.031.