

МІКРОБІОЛОГІЯ, ЕПІЗООТОЛОГІЯ ТА ІНФЕКЦІЙНІ ХВОРОБИ

УДК 636.4.09:616.986.7(477)»2009/2024»

Етіологічна структура та просторово-часовий аналіз
лептоспірозу свиней в Україні за період 2009–2024 рр.

Уховський В.В.^{1,2} , Куликова В.В.¹ , Поліщук О.Д.¹ , Пискун А.В.¹ ,
Алексеева Г.Б.¹ , Піщанський О.В.¹ , Корнієнко Л.Є.¹ ,
Київська Г.В.¹ , Карпуленко М.С.¹ , Царенко Т.М.³ 

¹ Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики
та ветеринарно-санітарної експертизи

² Державний науково-контрольний інститут біотехнології і штамів мікроорганізмів

³ Білоцерківський національний аграрний університет

 Уховський В.В. E-mail: uhovskiy@ukr.net



Уховський В.В., Куликова В.В., Поліщук О.Д., Пискун А.В., Алексеева Г.Б., Піщанський О.В., Корнієнко Л.Є., Київська Г.В., Карпуленко М.С., Царенко Т.М. Етіологічна структура та просторово-часовий аналіз лептоспірозу свиней в Україні за період 2009–2024 рр. Науковий вісник ветеринарної медицини, 2025. № 1. С. 75–91.

Ukhovskiy V., Kulykova V., Polishchuk O., Pyskun A., Alekseeva G., Pishchanskyi O., Korniienko L., Kyivska G., Karpulenko M., Tsarenko T. Etiological structure and spatiotemporal analysis of leptospirosis in pigs in Ukraine for the period 2009–2024. *Nauk. visn. vet. med.*, 2025. № 1. PP. 75–91.

Рукопис отримано: 20.03.2025 р.

Прийнято: 03.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

Doi: 10.33245/2310-4902-2025-196-1-75-91

Лептоспіроз – досить поширена інфекція серед свиней в усьому світі та в Україні зокрема. З метою діагностики лептоспірозу у тварин застосовують в більшості випадків лише серологічний метод – реакцію мікроаглютинації (РМА). Із 2009 до 2024 рр. в Україні у РМА було досліджено 1497047 проб сироваток крові свиней та отримано 36507 позитивних реакцій щодо лептоспірозу, що становить 2,4 % від дослідженого поголів'я цього виду тварин. В етіологічній структурі домінуючими серологічними групами лептоспір були наступні: *Icterohaemorrhagiae* – 28,4 %, *Australis* – 27,4 %, *Tarassovi* – 4,0 %, *Canicola* – 2,9 % та *Pomona* – 2,6 %. Антитіла до інших серологічних груп реєстрували в меншій кількості, а саме: *Grippityphosa* (1,8 %), *Sejroe* (1,2 %) і *Hebdomadis* (0,7 %), тому вони мали другорядне значення в етіологічній структурі. За аналізований період спостерігалась значна кількість позитивних реакцій одразу з декількома серогрупами лептоспір (змішані реакції), їх кількість становила 32,8 % від загальної кількості позитивно реагуючих тварин. У статті наведено ретроспективний аналіз циркуляції восьми основних діагностичних серогруп лептоспір серед поголів'я свиней на території України: *Sejroe*, *Hebdomadis*, *Tarassovi*, *Pomona*, *Grippityphosa*, *Canicola*, *Icterohaemorrhagiae*, *Australis*. Проведено картографування території України щодо захворювання на лептоспіроз, що дозволяє проводити оцінку даних та визначати зони ризику зараження свиней лептоспірами восьми основних діагностичних серогруп. Встановлено, що вони мають визначену екорегіональну приуроченість. Поширеність та етіологічна структура лептоспірозу свиней відрізнялася для кожної адміністративної одиниці (області) впродовж аналізованого періоду. Зокрема, спостерігалось зменшення кількості позитивних реакцій до лептоспір серогруп *Australis*, *Pomona*, *Tarassovi*, *Canicola*, *Sejroe* та *Hebdomadis* і збільшення кількості реакцій до серогруп *Icterohaemorrhagiae* та *Grippityphosa*.

Ключові слова: лептоспіра, свині, етіологічна структура, серогрупа, серовар, реакція мікроаглютинації (РМА), картографування, ГІС.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Лептоспіроз – це антропонозна бактеріальна хвороба, яка поширена в усьому світі серед людей і тварин [1]. Захворюваність набагато більша в тропічних регіонах і зараз її ідентифіковано як одну з основних інфекційних хвороб [2]. Лептоспіроз є одним із найпоширеніших і значущих природно-вогнищевих зоонозів, який діагностують на п'яти континентах (крім Антарктиди) у більшості країн світу [3, 17–20]. У кількох країнах немає доступних даних щодо захворюваності на лептоспіроз, і хвороба часто не розпізнається [4, 24–26].

Повідомлялося про лептоспіроз у понад 150 видів ссавців [5, 21–23]. Крім того, антитіла до штамів роду *Leptospira* також можна ідентифікувати в сироватках крові рептилій і амфібій [6, 7]. Серед сільськогосподарських тварин цей зооноз часто реєструють у великої рогатої худоби [8, 9], свиней [10, 11] та коней [12, 13] у всьому світі.

Більшість провідних спеціалістів щодо лептоспірозу, вважають, що етіологічна структура безумовно потребує постійного вивчення як серед сільськогосподарських тварин, так і у собак, синантропних гризунів та мешканців природних вогнищ [14–16].

Нині, одним із основних напрямів епідеміологічного та епізоотичного моніторингу природно-вогнищевих інфекцій є визначення ензоотичних зон циркуляції збудників, зокрема лептоспірозу [27–28].

Аналіз патогенних лептоспир, ізольованих у різних країнах, вказує на те, що етіологічна структура в окремих районах, областях, країнах неоднорідна за кількістю різноманітних сероварів лептоспир та їх співвідношенням.

Мета дослідження. Провести ретроспективний аналіз лептоспірозу свиней в Україні та вивчити динаміку змін етіологічної структури серед цього виду тварин впродовж шістнадцятирічного періоду (2009–2024 рр.).

Також вивчити територіальне поширення антитіл серед свиней до кожної з восьми серогруп лептоспир, які використовують для діагностики лептоспірозу в Україні.

Матеріал і методи дослідження. Проаналізовано поширення та етіологічну структуру лептоспірозу свиней за даними Державного науково-дослідного інституту з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи впродовж 2009–2024 років. Серопревалентність для кожної області розраховували як кількість позитивних зразків на лептоспіроз, поділену на кількість зразків в області.

Антигени. Згідно з чинною Інструкцією [29] як антиген за проведення серологічної діагностики лептоспірозу ВРХ у реакції мікроаглютинації (РМА) в обласних та районних лабораторіях ветеринарної медицини використовували вісім серогруп лептоспир: *Sejroe*, *Hebdomadis*, *Tarassovi*, *Pomona*, *Grippotyphosa*, *Canicola*, *Icterohaemorrhagiae* та *Australis*. В РМА від кожної серогрупи використовували по одному штаму лептоспир з найбільш широким антигенним спектром (табл. 1).

Візуальне відображення і проведення просторового та статистичного аналізів виконано з використанням ГІС-технології за допомогою програмного забезпечення Quantum GIS версії 3.16.0, що є у вільному доступі (<https://www.qgis.org/ru/site/forusers/download.html>). Векторні шари для кордонів областей України були завантажені на сайті <https://www.diva-gis.org/Data>. Була обрана квантильна класифікація з 5 класами даних. За такої класифікації до кожного класу потрапляє однакова кількість областей.

Результати дослідження та обговорення. Обсяги серологічної діагностики свиней щодо виявлення специфічних антитіл до патогенних лептоспир в Україні за період 2009–2024 років представлено на рисунку 1.

Таблиця 1 – Перелік діагностичних штамів лептоспир

№ п/п	Серогрупа	Серовар	Штам
1	<i>Sejroe</i>	<i>polonica</i>	493 Poland
2	<i>Hebdomadis</i>	<i>kabura</i>	Kabura
3	<i>Tarassovi</i>	<i>tarassovi</i>	<i>Perepelicyni</i>
4	<i>Pomona</i>	<i>pomona</i>	<i>Pomona</i>
5	<i>Grippotyphosa</i>	<i>grippotyphosa</i>	<i>Moskva V</i>
6	<i>Canicola</i>	<i>canicola</i>	<i>Hond Utrecht IV</i>
7	<i>Icterohaemorrhagiae</i>	<i>copenhageni</i>	<i>M 20</i>
8	<i>Australis</i>	<i>bratislava</i>	<i>Yež bratislava</i>

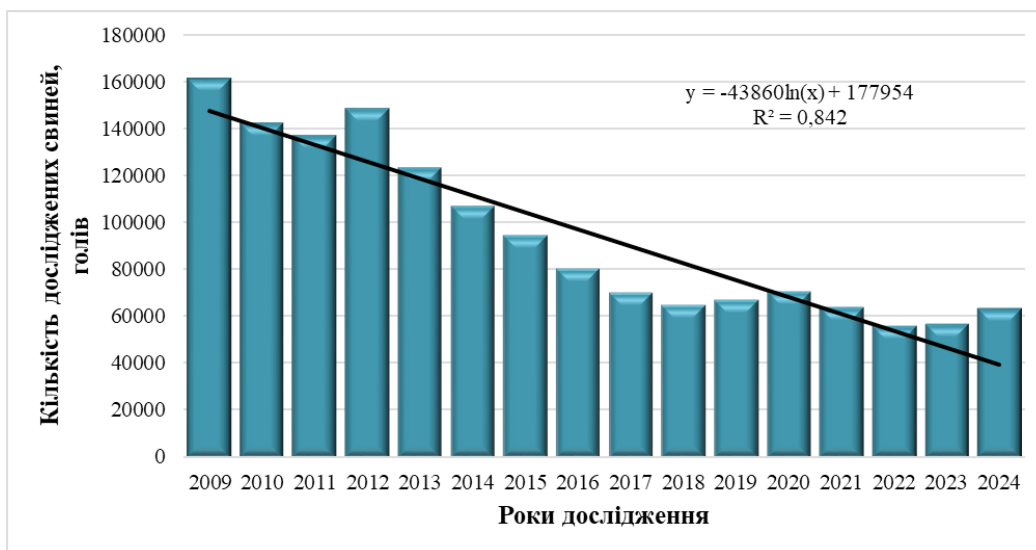


Рис. 1. Динаміка кількості досліджених зразків проб сироваток крові на лептоспіроз та популяції свиней в Україні (2009–2024 роки).

За даними рисунка 1, за період 2009–2024 рр. найбільшу кількість зразків сироваток крові від свиней було досліджено у 2009 та 2012 рр. – 160689 і 147940 проб, а найменшу у 2022 та 2023 рр. – 55198 і 55958 проб, відповідно. Слід зазначити, що останнім часом, починаючи з 2013 року, обсяги серологічної діагностики свиней постійно зменшуються, про що свідчить лінія тренду. Кількість досліджених зразків сироваток крові від свиней зменшилась з 147940 проб у 2012 до 55198 проб у 2022 році (кількість досліджених проб зменшилась на 62,7 % за період 2012–2022 рр.).

Як показано на рисунку 2, інфікованість свиней лептоспірозом за аналізований період була найвищою у 2009 та 2010 рр. – 5,8 та 4,8 %, відповідно. Найменша інфікованість спостерігалась у 2022, 2023 та 2024 рр. – 0,3; 0,8 та 0,7 %, відповідно. У 2009–2014 рр. відмічали стрімке зниження інфікованості, а в наступні чотири роки (2014–2017 рр.) цей показник був приблизно на однаковому рівні – коливання в діапазоні від 1,1 до 1,5 %. В наступному 2018 р. серопозитивність збільшилась та становила 2,1 %. Загалом, за аналізований період з 2009 до 2024 рр. спостерігається стійка тенденція до зменшення серопревалентності на лептоспіроз серед свинопоголів'я.

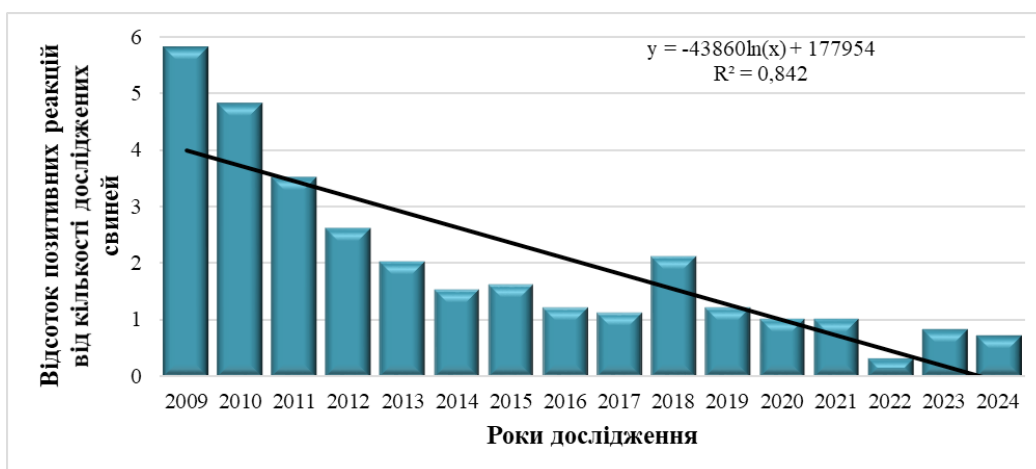


Рис. 2. Динаміка серопревалентності серед свиней на лептоспіроз в Україні (2009–2024 рр.).

Впродовж 2009–2024 рр. ветеринарно-діагностичними лабораторіями України досліджено 1497047 проб сироваток крові, з яких 36507 дали позитивну реакцію на лептоспіроз. Аналіз результатів вказує на широку циркуляцію лептоспир серед свиней в Україні, про що свідчить відсоток позитивно реагуючих в РМА – 2,4 %.

Етіологічну структуру лептоспірозу показано на рисунку 3.

За даними рисунка 3, домінуючими серогрупами лептоспир були *Icterohaemorrhagiae* (28,4 %), *Australis* (27,4 %), *Tarassovi* (4,0 %), *Canicola* (2,9 %) та *Pomona* (2,6 %). Позитивні реакції з іншими серогрупами спостерігалися рідше: *Grippotyphosa* (1,8 %), *Sejroe* (1,2 %) і *Hebdomadis* (0,7 %). Відсоток позитивних реакцій, де були виявлені антитіла до кількох сероварів лептоспир (змішані реакції), становив 32,8 %.

На думку більшості провідних фахівців з вивчення лептоспірозу, етіологічна структура цього захворювання потребує постійного моніторингу як у сільськогосподарських тварин, так і собак, синантропних гризунів та інших представників фауни у природних вогнищах. У зв'язку з цим був проведений аналіз спалахів лептоспірозу свиней за період з 2009 до 2024 рр. до кожного з восьми сероварів лептоспир, які використовують у діагностиці лептоспірозу свиней в Україні, а саме за проведення РМА.

Аналіз циркуляції серогрупи *Icterohaemorrhagiae* серед поголів'я свиней на території України. За досліджуваний період було отримано 10343 позитивних реакцій до серогрупи *Icterohaemorrhagiae* (серовар *copenhageni*), що становить 28,4 % від загальної кількості позитивно реагуючих. Ця серо-

група широко розповсюджена на території України серед свинопоголів'я і займає перше місце (за кількістю виявлення позитивних реакцій) в етіологічній структурі (рис. 4).

Інфікованість свиней лептоспірозом, спричиненим цією серогрупою, за аналізований період була найвищою у 2019 та 2021 рр. – 70,0 та 67,7 %, відповідно. Найменшу зараженість реєструвалася у 2011, 2013 та 2014 рр. – 15,9; 17,7 та 22,6 %, відповідно. Загалом, за аналізований період, спостерігали неоднорідність показників превалентності антитіл до цієї серогрупи. Із 2001 до 2019 рр., про що свідчить лінія тренду, відмічається стійка тенденція до збільшення випадків інфікованості, особливо за період 2015–2021 рр. Проте, у абсолютних показниках спостерігається тенденція щодо зменшення серопревалентності до *Icterohaemorrhagiae*.

Як показано на карті рисунка 5, найбільша кількість випадків виявлення антитіл до лептоспир серогрупи *Icterohaemorrhagiae* на території України за період з 2009 до 2024 рр. спостерігалась у п'яти областях, а саме: Запорізькій – 1645, Сумській – 1535, Донецькій – 1505, Дніпропетровській – 1307 та Харківській – 954 позитивних проб. Сумарна кількість випадків інфікованості у цих областях становить 67,2 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

Середня інфікованість поголів'я свиней спостерігається у наступних областях: Вінницька – 477, Черкаська – 443, Тернопільська – 426, Чернігівська – 373 та Полтавська – 348 позитивних проб. Сумарна кількість випадків інфікованості в цих областях становить 20,0 % від загальної кількості позитивних проб.

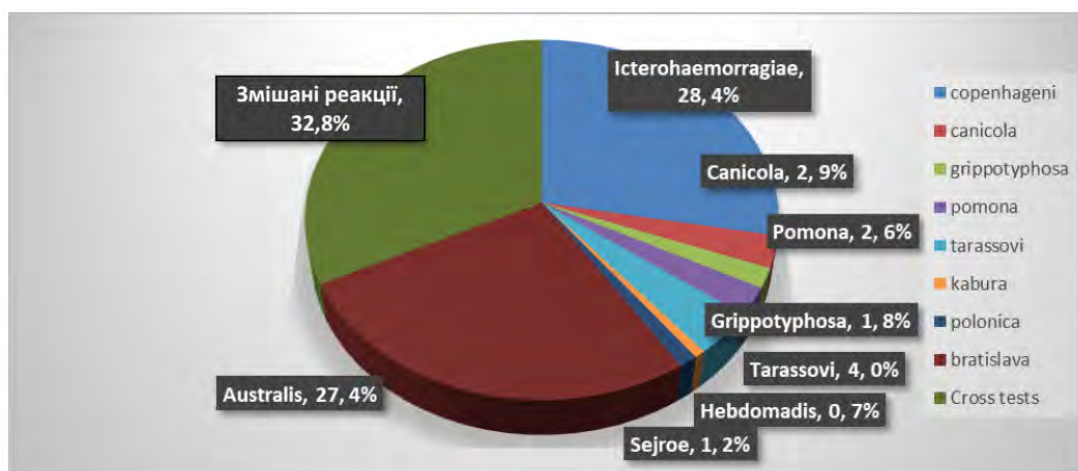


Рис. 3. Етіологічна структура лептоспірозу свиней в Україні (2009–2024 рр.).

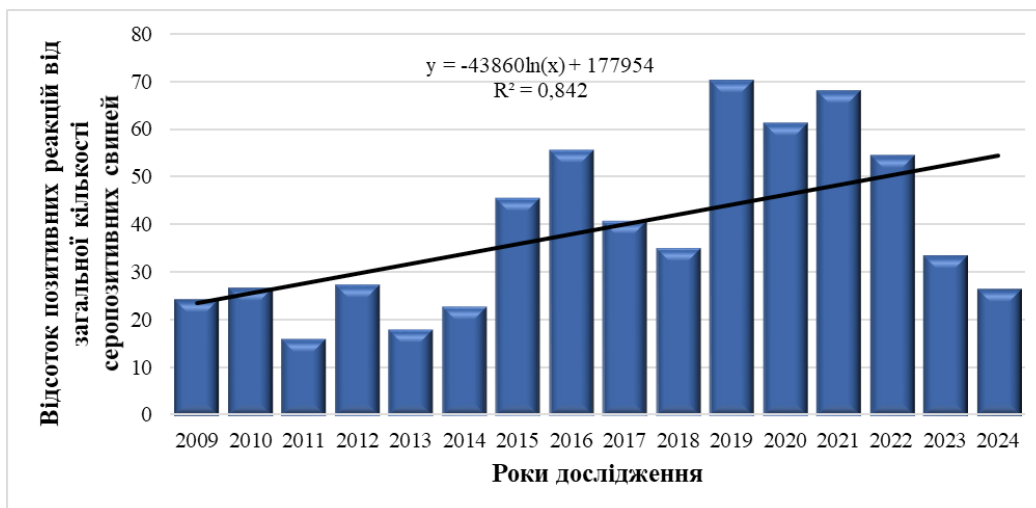


Рис. 4. Динаміка кількості серопозитивних свиней до серогрупи *Icterohaemorrhagiae* (2009–2024 рр).

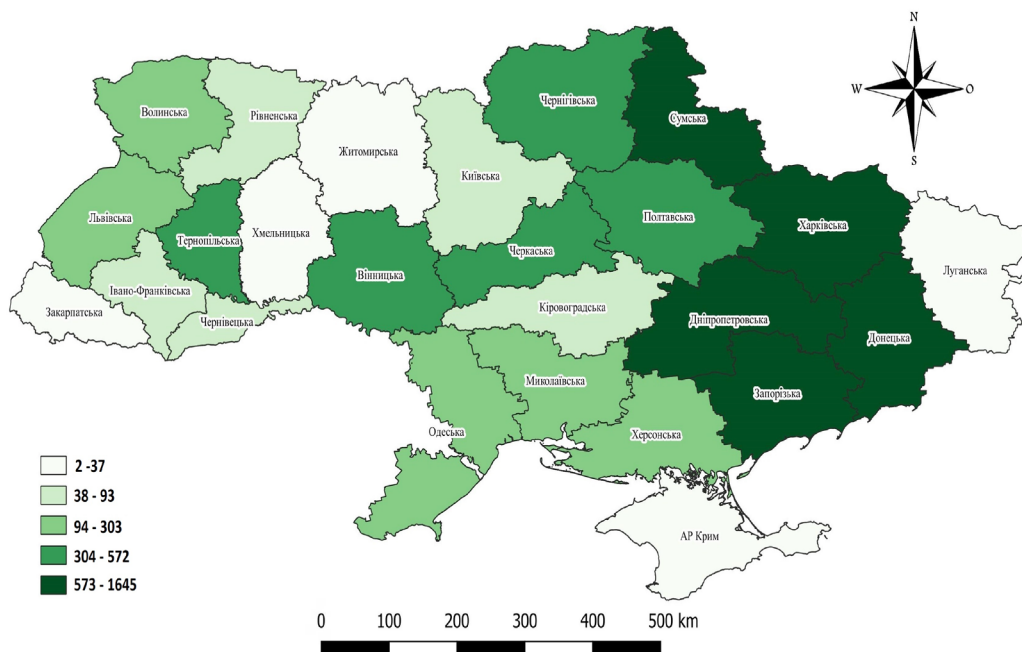


Рис. 5. Карта щільності реєстрації імунологічної відповіді у свиней до лептоспір серогрупи *Icterohaemorrhagiae* (2009–2024 рр.).

Найменша кількість позитивних сироваток крові свиней до лептоспір серогрупи *Icterohaemorrhagiae* була виявлена в наступних областях: Закарпатська – 251, Житомирська – 20, АР Крим – 19, Хмельницька – 15 та Луганська – 2 позитивні проби. Сумарна кількість випадків інфікованості в цих областях становить 0,8 % від загальної кількості позитивних проб.

Аналіз циркуляції серогрупи *Australis* серед поголів'я свиней на території України. Серогрупа *Australis* (серовар *bratislava*) була введена до переліку діагностичних штамів, котрі використовують за дослідження сироваток крові на лептоспіроз, лише у 2007 році. За період, підданий аналізу, державними ветеринарними лабораторіями України було одержано 9591 позитивну реакцію до серогрупи *Australis*,

що становить 27,4 % від загальної кількості позитивно реагуючого свинопоголів'я. Такий значний відсоток серопревалентності свідчить про те, що на території України серед поголів'я зазначеного виду тварин ця серогрупа є однією з домінуючих та відіграє значну роль у інфікуванні свиней лептоспірозом (рис. 6).

Пік інфікованості свиней на лептоспіроз, спричинений лептоспірами серогрупи *Australis*, за аналізований період припадав на 2009, 2010, 2011 та 2013 рр. і становив 37,7; 36,6; 30,3 та 38,9 % (початок проведення досліджень із використанням у РМА як антигена лептоспір серогрупи *Australis* (серовар *bratislava*)), а найменше випадків

спостерігали в 2014 р. – 3,2 %. Загалом, з 2009 до 2024 рр., про що свідчить лінія тренду, спостерігалось стійке зменшення реєстрації антитіл до цієї серогрупи лептоспір.

Як показано на наведеній карті (рис. 7), найбільша кількість випадків інфікованості лептоспірами цієї серогрупи на території України за період з 2009 до 2024 рр. спостерігалась у п'яти областях, а саме: Донецькій – 5530, Запорізькій – 1001, Миколаївській – 519, Сумській – 493 та Херсонській – 405 позитивних проб. Сумарна кількість випадків інфікованості у цих областях становить 82,9 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

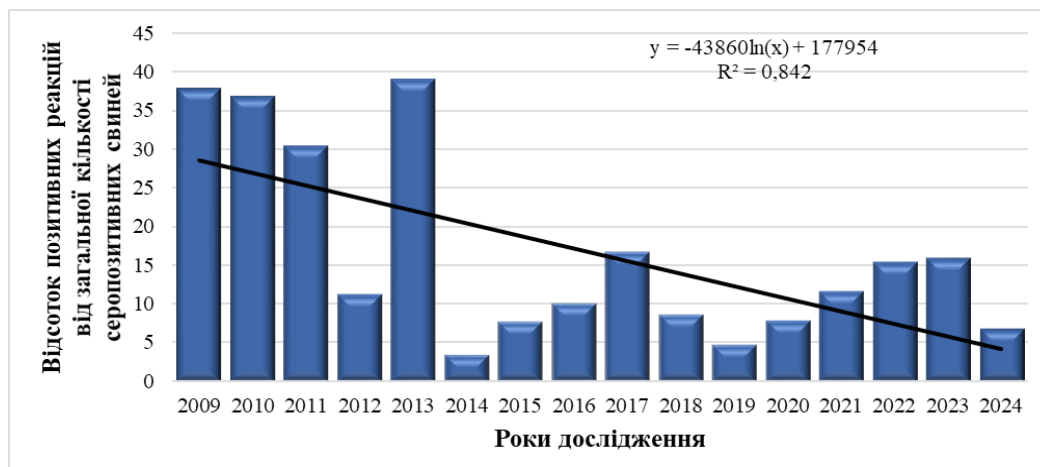


Рис. 6. Динаміка кількості серопозитивних свиней до серогрупи *Australis* (2009–2024 рр.).

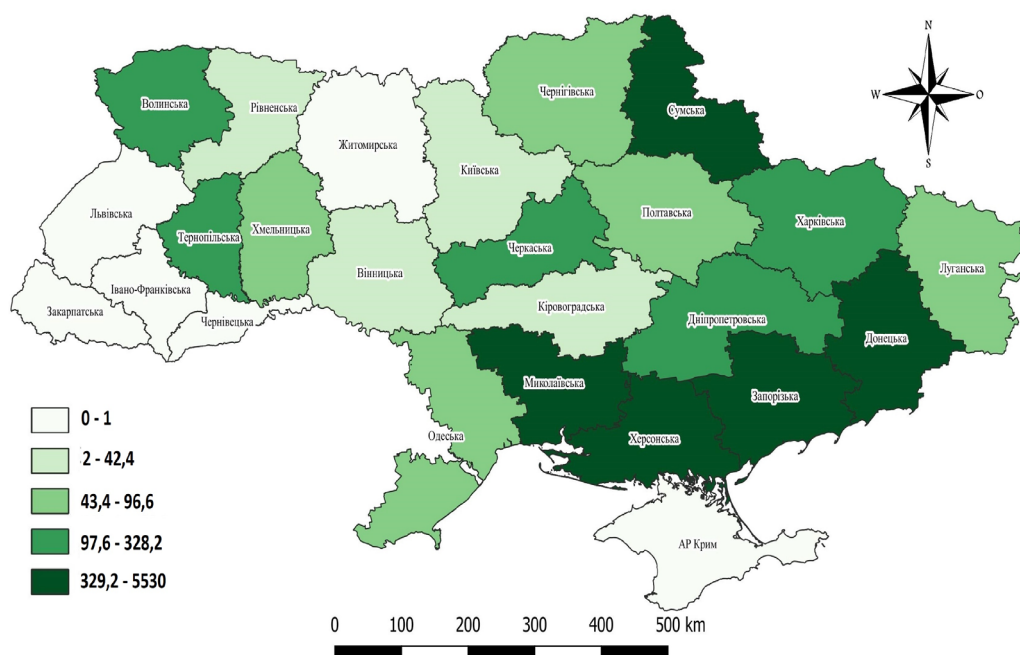


Рис. 7. Карта щільності реєстрації імунологічної відповіді у свиней до лептоспір серогрупи *Australis* (2009–2024 рр.).

Середня інфікованість поголів'я свиней спостерігається у наступних областях: Тернопільська – 309, Черкаська – 306, Харківська – 279, Волинська – 273 та Дніпропетрівська – 132. Сумарна кількість випадків інфікованості свиней в цих областях становить 13,5 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

Найнижчий ступінь інфікованості поголів'я свиней спостерігається в Івано-Франківській області (за весь період підданий аналізу зареєстровано лише одну позитивну пробу). У таких областях як Житомирська, Львівська, Чернівецька, Закарпатська та АР Крим за весь аналізований період не було виявлено жодної проби сироватки крові свиней, яка б містила антитіла до лептоспір серогрупи *Australis*.

Аналіз циркуляції серогрупи *Tarassovi* серед поголів'я свиней на території України. За аналізований період лабораторіями ветеринарної медицини було отримано 1419 позитивних реакцій до серогрупи *Tarassovi*, що становить 4,0 % від загальної кількості позитивно реагуючого свинопоголів'я. Зазначена серогрупа широко розповсюджена на території України серед поголів'я свиней і займає третє місце (за кількістю виявлення позитивних реакцій) в етіологічній структурі лептоспірозу цього виду тварин (рис. 8).

Інфікованість свиней лептоспірами серогрупи *Tarassovi* за аналізований період була найвищою у 2011, 2014 та 2016 рр. – 6,8; 10,4 та 6,4 %, а найменшою у 2019 та 2021 рр. – 1,1 та 0,6 %, відповідно. Загалом з 2009 до 2024 рр., про що свідчить лінія тренду, відмічено стійку тенденцію до зменшення випадків інфікованості свиней лептоспірами цієї серогрупи.

За весь період, підданий аналізу, лише у 2014 р. спостерігали істотне збільшення кількості випадків ураження свиней лептоспірозом, спричиненим серогрупою *Tarassovi*. У цьому році відсоток уражених тварин становив 10,4 %, що на 8,7 % вище за показники попереднього 2013 р. (1,7 %). У абсолютних показниках (кількість позитивних реакцій на рік) також спостерігали тенденцію до зменшення інфікованості – з 322 у 2011 р. до 14 позитивних проб у 2024 році.

Як видно з наведеної карти (рис. 9), найбільша кількість випадків інфікованості свиней лептоспірами серогрупи *Tarassovi* (серовар *tarassovi*) на території України за період з 2009 до 2024 рр. спостерігалась у п'яти областях: Сумській – 308, Херсонській – 248, Донецькій – 210, Дніпропетровській – 183 та Черкаській – 173 позитивні проби. Сумарна кількість випадків інфікованості свиней у цих областях становить 79,1 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

Нижчі рівні інфікованості спостерігаються у наступних областях: Харківська – 84, Одеська – 60, Вінницька – 50, Миколаївська – 38 та Полтавська – 24. Сумарна кількість випадків інфікованості свиней в цих областях становить 18,0 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

У таких областях як Івано-Франківська, Житомирська, Львівська, Чернівецька, Закарпатська, Запорізька, Кіровоградська, Луганська, Тернопільська, Хмельницька та АР Крим за весь аналізований період не було виявлено жодної проби сироватки крові свиней, яка б містила антитіла до зазначеної серогрупи лептоспір.



Рис. 8. Динаміка кількості серопозитивних свиней до серогрупи *Tarassovi* (2009–2024 рр.).

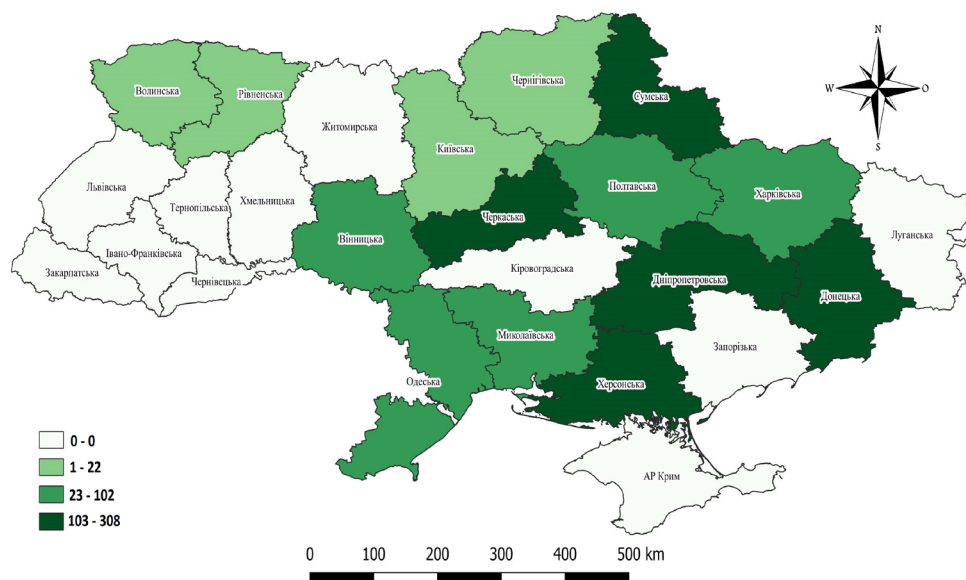


Рис. 9. Карта щільності реєстрації імунологічної відповіді у свиней до лептоспир серогрупи *Tarassovi* (2009–2024 рр.).

Аналіз циркуляції серогрупи *Canicola* серед поголів'я свиней на території України. За досліджуваний період було отримано 1036 позитивних реакцій до серогрупи *Canicola*, що становить 2,9 % від загальної кількості позитивно реагуючого свиногоголів'я. Зазначена серогрупа не відіграє провідної ролі в етіологічній структурі лептоспірозу свиней (рис. 10).

Інфікованість свиней лептоспірозом, спричиненим серогрупою *Canicola* за аналізований період була найвищою у 2014 році. Найменшу кількість антитіл реєстрували у 2024 р. – 0,2 %. У 2020 та 2022 рр. взагалі не реєстрували жодного випадку інфікування свиней цією серогрупою. Загалом, з 2009 до 2024 рр. істотних змін відсотка інфікованості серогрупою *Canicola* не відмічали, він був приблизно на однаковому рівні, за винятком 2020, 2022 та 2024 років. У абсолютних показниках (кількість позитивних реакцій на рік), починаючи з 2009 до 2024 рр., спостерігали стійку тенденцію до зменшення інфікованості.

Як видно з наведеної карти (рис. 11), найбільша кількість випадків інфікованості свиней лептоспірами серогрупи *Canicola* (серо-вар *canicola*) на території України за період з 2009 до 2024 рр. спостерігалась у п'яти областях: Донецькій – 350, Сумській – 192, Черкаській – 187, Волинській – 59 та Дніпропетровській – 55 позитивних проб. Сумарна кількість випадків інфікованості свиней у

цих областях становить 81,4 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

Нижча інфікованість поголів'я свиней спостерігається у наступних областях: Харківська – 46, Тернопільська – 40, Миколаївська – 34, Вінницька – 18 та Хмельницька – 15 проб. Сумарна кількість випадків інфікованості у цих областях становить 14,8 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

У таких областях як Івано-Франківська, Львівська, Київська, Полтавська, АР Крим та Луганська за весь аналізований період не було виявлено жодної проби сироватки крові свиней, яка б містила антитіла до зазначеної серогрупи лептоспир.

Аналіз циркуляції серогрупи *Rotona* серед поголів'я свиней на території України. За аналізований період було отримано 898 позитивних реакцій до серогрупи *Rotona*, що становить 2,6 % від загальної кількості позитивно реагуючого поголів'я свиней. Ця серогрупа не відіграє провідної ролі в етіологічній структурі лептоспірозу свиней в Україні (рис. 12).

Захворюваність свиней на лептоспіроз, спричинений лептоспірами серогрупи *Rotona*, за аналізований період була найвищою у 2015 р. – 14,1 %, а найменшою – у 2020 та 2021 рр. і становила 0,3 та 0,1 %, відповідно. У 2024 р. не виявлено жодного випадку інфікування свиней цією серогрупою.

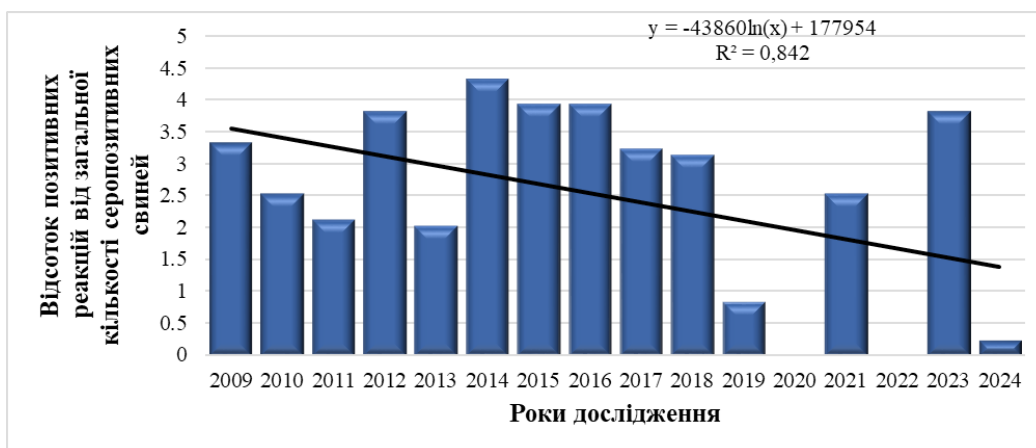


Рис. 10. Динаміка кількості серопозитивних свиней до серогрупи *Canicola* (2009–2024 рр.).

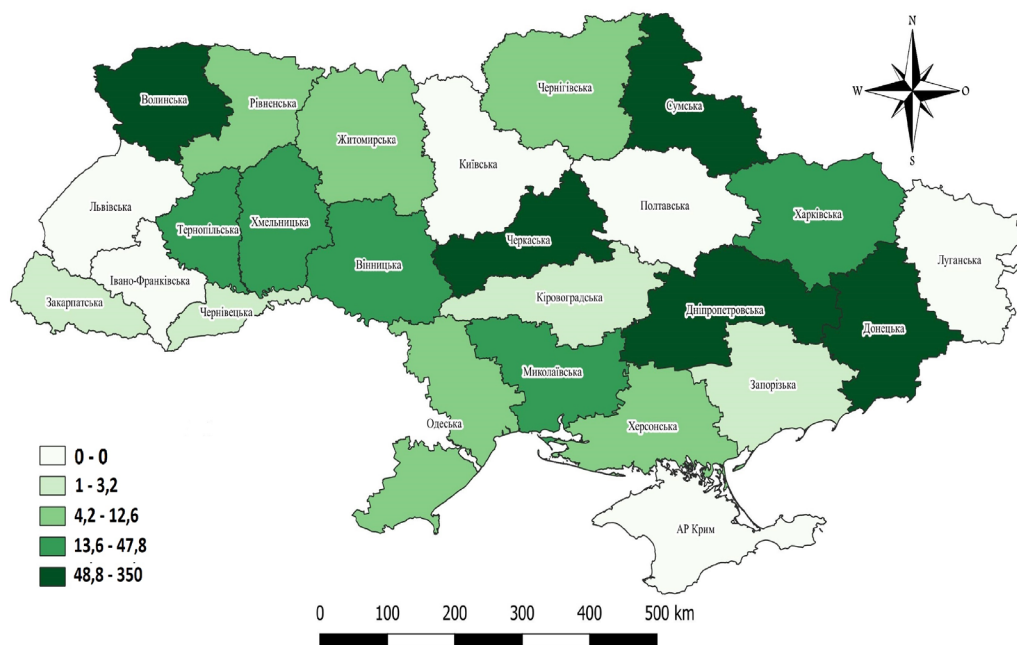


Рис. 11. Карта щільності реєстрації імунологічної відповіді у свиней до лептоспір серогрупи *Canicola* (2009–2024 рр.).

Впродовж аналізованого періоду спостерігали стійке щорічне зменшення випадків захворювання свиней на лептоспіроз, зумовлений зазначеною серогрупою, за винятком 2015 р., коли інфікованість становила 14,1 %. Цей показник зумовлений спалахом лептоспірозу свиней в Полтавській області.

Загалом, спостерігалася тенденція до зниження показників інфікованості свиней лептоспірами серогрупи *Rotona*. У абсолютних показниках (кількість позитивних

реакцій на рік), відмічено також стійке зменшення інфікованості.

Як видно з наведеної карти (рис. 13), найбільша кількість випадків інфікованості свиней лептоспірами серогрупи *Rotona* (серовар *rotona*) на території України за період з 2009 до 2024 рр. спостерігалась у п'яти областях: Полтавській – 135, Вінницькій – 123, Черкаській – 112, Донецькій та Сумській – 98 позитивних проб. Сумарна кількість випадків інфікованості свиней у цих областях становить 52,1 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

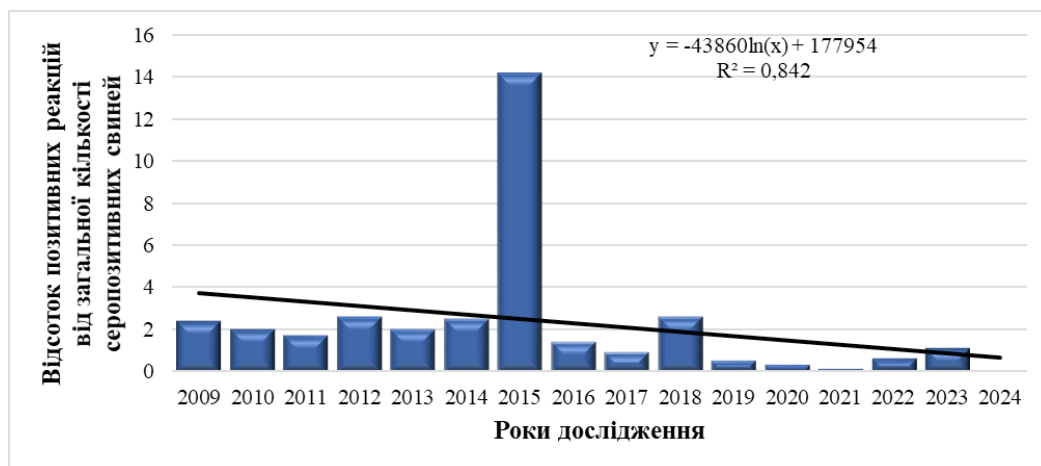


Рис. 12. Динаміка кількості серопозитивних свиней до серогрупи *Potom* (2009–2024 рр.).

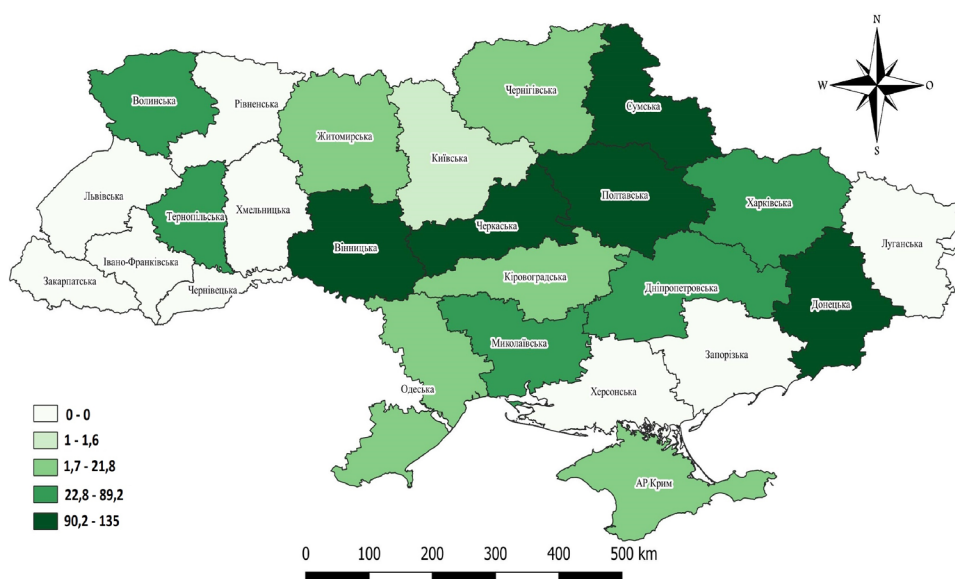


Рис. 13. Карта щільності реєстрації імунологічної відповіді у свиней до лептоспир серогрупи *Potom* (2009–2024 рр.).

Дещо нижчі показники інфікованості спостерігаються у наступних областях: Житомирська – 17, Чернігівська – 13, Одеська – 7, Кіровоградська – 3 та АР Крим – 2. Сумарна кількість випадків інфікованості свиней у цих областях становить 4,7 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

У таких областях як Івано-Франківська, Рівненська, Львівська, Чернівецька, Закарпатська, Запорізька, Луганська, Херсонська та Хмельницька за весь аналізований період не було виявлено жодної проби сироватки

крові свиней, яка б містила антитіла до зазначеної серогрупи лептоспир.

Аналіз циркуляції серогрупи *Grippytyphosa* серед поголів'я свиней на території України. За дослідний період було отримано 633 позитивних реакцій до серогрупи *Grippytyphosa*, що становить 1,8 % від загальної кількості позитивно реагуючого свиного поголів'я. Ця серогрупа займає шосте місце (за кількістю виявлення позитивних реакцій) в етіологічній структурі лептоспірозу свиней (рис. 14).

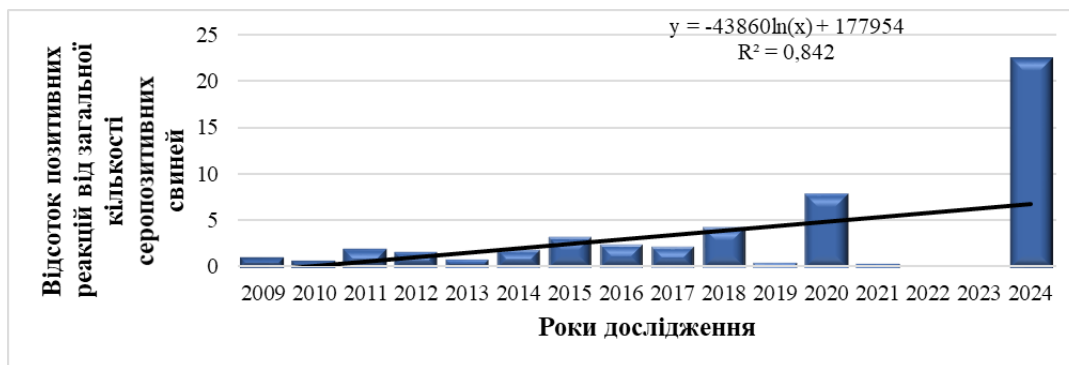


Рис. 14. Динаміка кількості серопозитивних свиней до серогрупи *Grippytyphosa* (2009–2024 рр.).

Інфікованість свиней лептоспірозом, спричиненим серогрупою *Grippytyphosa* за аналізований період була найвищою у 2024 р. – 22,3 %, а найменшою у 2019 та 2021 рр. – 0,4 та 0,3 %, відповідно. У 2022 та 2023 рр. взагалі не реєстрували жодного випадку інфікування свиней цією серогрупою. Високий показник серопревалентності до серогрупи *Grippytyphosa* у 2024 р., коли відсоток позитивних реакцій у етіологічній структурі становив 22,3 %, зумовлений спалахом лептоспірозу свиней у Чернівецькій області.

Загалом, з 2009 до 2024 рр., відсоток інфікованості свиней зазначеною серогрупою

за аналізований період мав тенденцію до збільшення.

Як видно з наведеної карти (рис. 15), найбільша кількість випадків інфікованості свиней лептоспірами серогрупи *Grippytyphosa* (серовар *grippytyphosa*) на території України за період з 2009 до 2024 рр. спостерігалась у п'яти областях: Донецькій – 123, Чернівецькій – 100, Черкаській – 92, Харківській – 69 та Сумській – 66 позитивних проб. Сумарна кількість випадків інфікованості свиней у цих областях становить 70,5 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

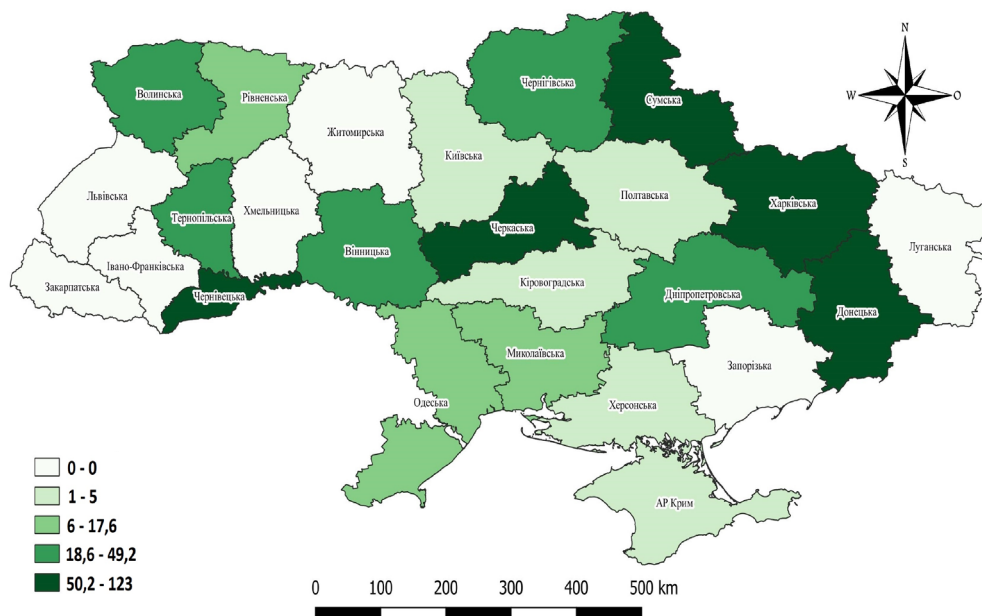


Рис. 15. Карта щільності реєстрації імунологічної відповіді у свиней до лептоспір серогрупи *Grippytyphosa* (2009–2024 рр.).

Нижчі показники інфікованості спостерігаються у наступних областях: Волинській – 45, Дніпропетровській – 28, Тернопільській – 23, Вінницькій – 4 та Чернігівській – 20. Сумарна кількість випадків інфікованості свиней у цих областях становить 21,6 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

Водночас, в Івано-Франківській, Житомирській, Львівській, Закарпатській, Запорізькій, Луганській та Хмельницькій областях за весь аналізований період не було виявлено жодної проби сироватки крові свиней, яка б містила антитіла до зазначеної серогрупи лептоспір.

Аналіз циркуляції серогрупи *Sejroe* серед поголів'я свиней на території України. За період, підданий аналізу, було одержано 409 позитивних реакцій до серогрупи *Sejroe*, що становить 1,2 % від загальної кількості позитивно реагуючих свиней. Цей збудник не має широкого розповсюдження на території України серед зазначеного виду тварин (рис. 16).

Інфікованість свиней лептоспірозом, спричиненим серогрупою *Sejroe*, за аналізований період була найвищою у 2010 та 2011 рр. – 2,1 та 2,0 %, відповідно, а найменшою у 2019 та 2021 рр. – по 0,1 %. У 2020, 2022 та 2024 рр. взагалі не реєстрували жодного випадку інфікування свиней цією серогрупою. За період досліджень спостерігали строкастість показників інфікованості свиней лептоспірами серогрупи *Sejroe*. Варіабельність збільшення показників інфікованості серед свиней цією серогрупою лептоспір переважно пов'язана із поодинокими спалахами хвороби, які, зокрема, зумовлені порушеннями умов сегрегації (порушення умов роздільного утримання великої рогатої худоби та свиней). Загалом, з 2009 до 2024 рр. відмічено тен-

денцію до зменшення випадків інфікованості свиней серогрупою *Sejroe*.

Як видно з наведеної карти (рис. 17), найбільша кількість випадків інфікованості свиней лептоспірами серогрупи *Sejroe* (серо-вар *polonica*) на території України за період з 2009 до 2024 рр. спостерігалась у п'яти областях: Сумській – 179, Волинській – 94, Донецькій – 44, Вінницькій – 22 та Харківській – 21 позитивна проба. Сумарна кількість випадків інфікованості свиней у цих областях становить 88,0 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

Нижчі показники інфікованості спостерігаються у наступних областях: Чернігівська – 16, Черкаська – 10, Тернопільська – 9, Дніпропетровська – 6 та Івано-Франківська – 5 проб. Сумарна кількість випадків інфікованості свиней у цих областях становить 11,2 % від загальної кількості позитивних зразків до цієї серогрупи.

У таких областях як Полтавська, Житомирська, Львівська, Чернівецька, Закарпатська, Запорізька, Кіровоградська, Луганська, Одеська, Херсонська, АР Крим та Хмельницька не було виявлено жодної проби сироватки крові свиней, яка б містила антитіла до зазначеної серогрупи лептоспір.

Аналіз циркуляції серогрупи *Hebdomadis* серед поголів'я свиней на території України. За період, підданий аналізу, державними ветеринарними лабораторіями України було отримано 233 позитивних реакцій до серогрупи *Hebdomadis*, що становить 0,7 % від загальної кількості позитивно реагуючого свинопоголів'я. Такий незначний відсоток інфікування свідчить про те, що ця серогрупа не має широкого розповсюдження на території України серед цього виду тварин (рис. 18).

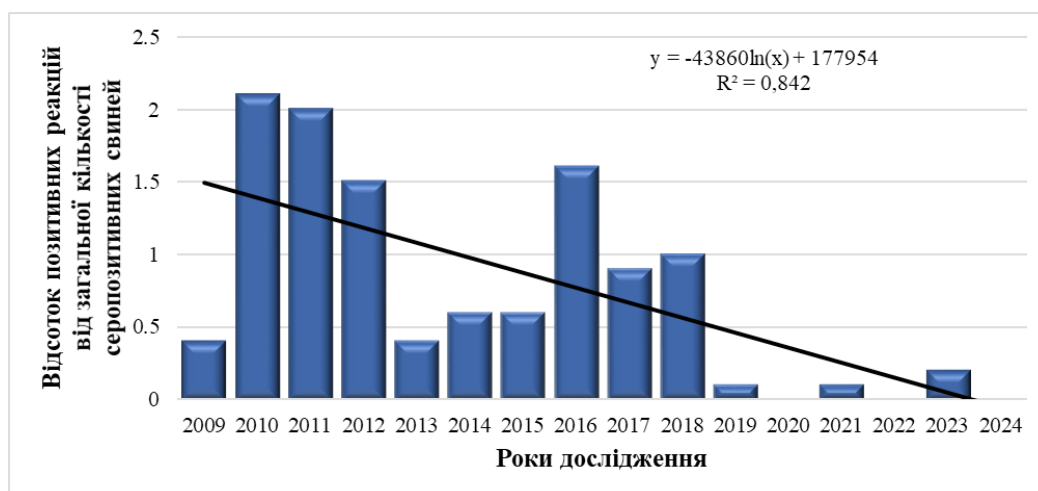


Рис. 16. Динаміка кількості серопозитивних свиней до серогрупи *Sejroe* (2009–2024 рр.).

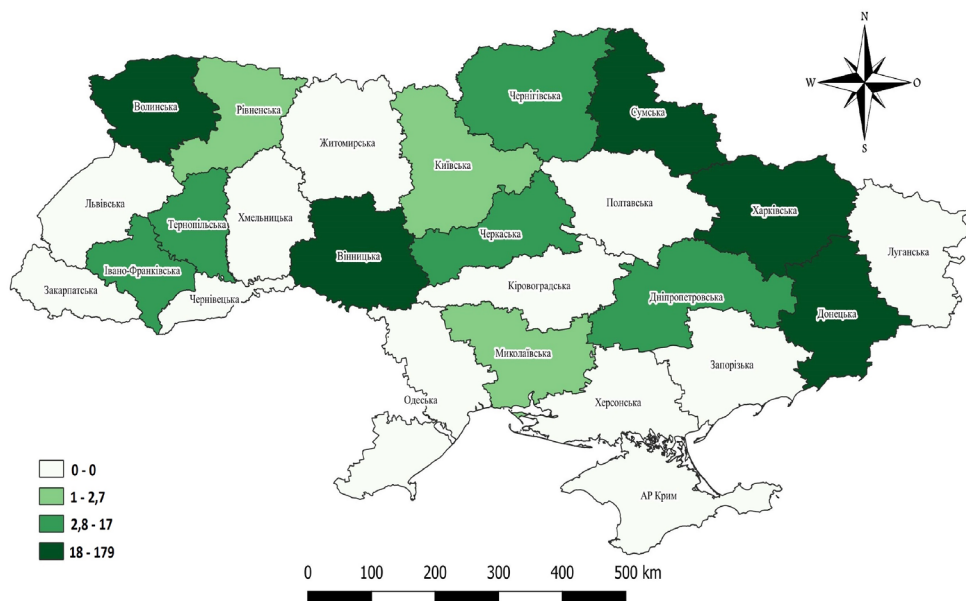


Рис. 17. Карта щільності реєстрації імунологічної відповіді у свиней до лептоспір серогрупи *Sejroe* (2009–2024 рр.).

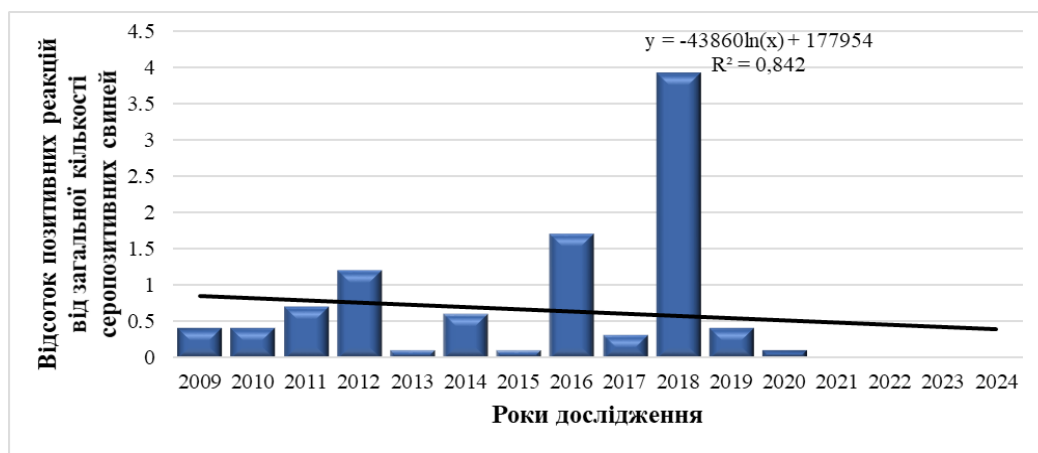


Рис. 18. Динаміка кількості серопозитивних свиней до серогрупи *Hebdomadis* (2009–2024 рр.).

Пік інфікованості свиней лептоспірозою, спричиненим лептоспірами серогрупи *Hebdomadis*, за аналізований період припадав на 2018 р. і становив 3,9 %, а найменше випадків реєстрували в 2013, 2015 та 2020 рр. – по 0,1 %. У останні чотири роки (2021–2024 рр.) взагалі не реєстрували жодного випадку інфікування свиней цією серогрупою. Зростання інфікування у 2018 р. зумовлене незначним спалахом (виявлено 40 серопозитивних свиней) лептоспірозу у Сумській області. Загалом, з 2009 до 2024 рр. спостерігалось незначне зменшення інфікованості цим збудником, про що свідчить лінія тренду.

Як видно з наведеної карти (рис. 19), найбільша кількість випадків інфікованості свиней лептоспірами серогрупи *Hebdomadis* (серовар *kabura*) на території України за період з 2009 до 2024 рр. спостерігалась у п'яти областях: Сумській – 79, Волинській – 46, Запорізькій – 26, Черкаській – 18 та Чернігівській – 18 позитивних проб. Сумарна кількість випадків інфікованості свиней у цих областях становить 80,3 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

Нижчу інфікованість реєстрували у наступних областях: Вінницька – 15, Донецька – 15 та Дніпропетровська – 4 зразки.

Сумарна кількість випадків інфікованості свиней у цих областях становить 14,6 % від загальної кількості позитивних проб до цієї серогрупи.

Водночас, у Івано-Франківській, Житомирській, Львівській, Одеській, Закарпатській, АР Крим, Херсонській, Полтавській, Кіровоградській, Луганській, Харківській та Хмельницькій областях не реєстрували жодної позитивної проби впродовж всього аналізованого періоду.

Територіальне поширення лептоспірозу серед поголів'я свиней в Україні. На основі даних щодо результатів дослідження свиней на лептоспіроз, за шістнадцять років (2009–2024) було проведено епізоотологічне ранжування території України та складена «Карта щільності випадків лептоспірозу свиней в Україні» (рис. 20). Залежно від кількості випадків захворювання свиней, усі області країни було поділено на чотири зони ризику зараження: низька, середня, висока та дуже висока.

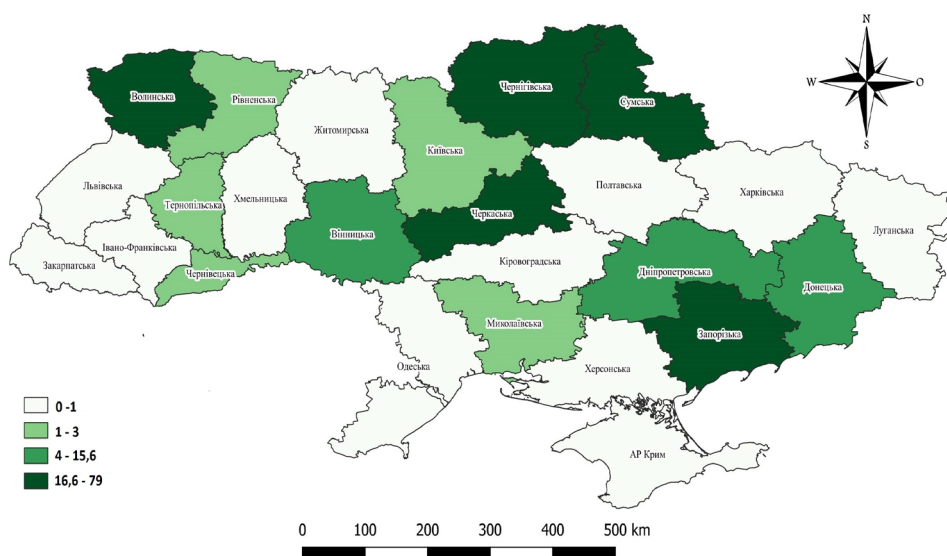


Рис. 19. Карта щільності реєстрації імунологічної відповіді у свиней до лептоспир серогрупи *Hebdomadis* (2009–2024 рр.).

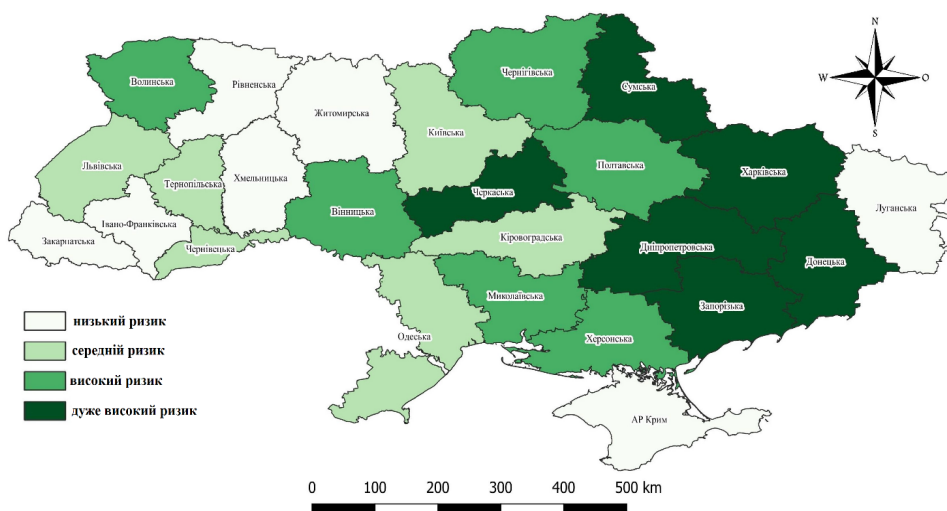


Рис. 20. Карта щільності випадків лептоспірозу свиней в Україні (2009–2024 рр.)

До зони дуже високого ризику зараження входять п'ять областей: Донецька – 11875, Сумська – 4739, Запорізька – 3847, Дніпропетровська – 2314 та Харківська – 2101 випадок захворюваності свиней на лептоспіроз. Сумарна кількість випадків захворюваності свиней, що припадають на цю зону, становить 72,8 %. Для областей, які входять до цієї зони, характерна дуже висока вірогідність захворюваності поголів'я свиней на лептоспіроз.

У зону високого ризику захворювання входять шість областей: Вінницька, Херсонська, Миколаївська, Полтавська, Чернігівська та Волинська. Сумарна кількість випадків серопозитивності свиней у цій зоні становить 19,4 %. Областями з граничними показниками є Вінницька – 1370 та Волинська – 997 випадків.

До областей із середнім ризиком захворюваності щодо лептоспірозу свиней належать Тернопільська, Одеська, Львівська, Київська, Чернівецька та Кіровоградська. Загальна кількість серопозитивних свиней виявлених в цій зоні становить 6,4 %. Із цієї зони найбільше позитивних реакцій виявлено у Тернопільській – 991, а найменше в Кіровоградській областях – 147 випадків.

У таких областях як Рівненська, Хмельницька, Івано-Франківська, Луганська, Житомирська, Закарпатська та АР Крим, за шістнадцять років реєстрували найменше позитивно реагуючих свиней щодо лептоспірозу й тому вони віднесені до зони низького ризику зараження. Сумарна кількість позитивних реакцій у ній становить 1,3 %. В діапазоні даних цієї зони найбільші показники в Рівненській області – 92, а найменші (в цій зоні, а також взагалі по Україні) у Закарпатській – 37 випадків від загальної кількості всіх позитивно реагуючих свиней за 2009–2024 роки.

Висновки. Встановлено, що епізоотична ситуація щодо лептоспірозу свиней в різних областях України відрізняється як за етіологічною структурою збудників, так і кількістю випадків.

За результатами проведених досліджень встановлено, що лептоспіроз серед поголів'я свиней значно поширений на території України. Середня інфікованість тварин цього виду лептоспірами за період з 2009 до 2024 рр. становила 2,4 %.

Провідну роль в етіологічній структурі збудників лептоспірозу свиней на території України відіграють п'ять серогруп лептоспір: *Icterohaemorrhagiae* – 28,4 %, *Australis* – 27,4 %, *Tarassovi* – 4,0 %, *Canicola* – 2,9 % та *Pomona* – 2,6 %. Позитивні реакції з ін-

шими серогрупами лептоспір спостерігали рідше – *Grippotyphosa* (1,8 %), *Sejroe* (1,2 %) і *Hebdomadis* (0,7 %). Останні відіграють другорядну роль в етіологічній структурі лептоспірозу свиней. За аналізований період спостерігалась значна кількість позитивних реакцій одразу з декількома серогрупами лептоспір (змішані реакції). Їх кількість становить 32,8 % від загальної кількості позитивно реагуючих тварин.

Карти захворюваності свиней на лептоспіроз свідчать, що найвищі показники захворюваності спостерігаються у східних та центральних регіонах України.

Встановлено гетерогенність етіологічної структури лептоспірозу свиней у різних областях України, яка представлена вісьмома серологічними групами лептоспір. З'ясовано, що серогруповий профіль лептоспірозу свиней в Україні має виражені відмінності як за набором серогруп, так і їх значенням у сумарній патології захворювання.

Для удосконалення і оптимізації планування та розробки специфічних профілактичних засобів від лептоспірозу свиней доцільно проводити подальше вивчення територіального розповсюдження цього захворювання, визначення меж природних та антропоургічних вогнищ лептоспірозу.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES

1. Adler, B., Lo, M., Seemann, T., Murray, G.L. (2011). Pathogenesis of leptospirosis: the influence of genomics. *Vet. Microbiol.*, 21, 153 (1–2), pp. 73–81. DOI:10.1016/j.vetmic. 2011.02.055
1. Kornienko, L.Y., Ukhovskiy, V.V., Moroz, O.A., Chechet, O.M., Romanko, M.Y., Alikseieva, G.B., Tsarenko, T.M., Chernenko, L.M., Vydaiko, N.B., Nenych, N.P. (2023). Epizootological and epidemiological aspects of leptospirosis in Ukraine for the period 2003–2022. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 14 (3), pp. 497–505. DOI:10.15421/10.15421/022371
2. Vijayachari, P., Sugunan, A.P., Shriram, A.N.J. (2008). Leptospirosis: an emerging global public health problem. *Journal of biosciences*, 33 (4), pp. 557–569. DOI:10.1007/s12038-008-0074-z
3. Ukhovskiy, V., Pyskun, A., Kornienko, L., Alikseieva, H., Moroz, O., Pyskun, O., Kyivska, G., Mezhenyskiy, A. (2022). Serological prevalence of *Leptospira* serovars among pigs in Ukraine during the period of 2001–2019. *Vet Med-Czech.*, 67 (01), pp. 13–27. DOI:10.17221/50/ 2021-VETMED
4. Arent, Z.J., Gilmore, C., San-Miguel Ayanz, J.M., Neyra, L.Q., García-Peña F.J. (2017). Molecular Epidemiology of *Leptospira* Serogroup Pomona Infections Among Wild and Domestic Animals in

Spain. *Ecohealth*, 14 (1), pp. 48–57. DOI:10.1007/s10393-017-1210-8

5. Guernier, V., Goarant, C., Benschop, J., Lau, C.L. (2018). A systematic review of human and animal leptospirosis in the Pacific Islands reveals pathogen and reservoir diversity. *PLoS Negl Trop Dis.*, 14, 12 (5). DOI:10.1371/journal.pntd.0006503

6. Strutzberg-Minder, K., Kreienbrock, L. (2011). Leptospire infections in pigs: epidemiology, diagnostics and worldwide occurrence. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 124 (9–10), pp. 345–359. DOI:10.2376/0005-9366-124-345

7. Lee, H.S., Khong, N.V., Xuan, H.N., Nghia, V.B., Nguyen-Viet, H., Grace, D. (2017). Seroprevalence of specific *Leptospira* serovars in fattening pigs from 5 provinces in Vietnam. *BMC veterinary research*, 13(1), 125 p. DOI:10.1186/s12917-017-1044-1

8. Pyskun, A., Ukhovskiy, V., Pyskun, O., Nedosekov, V., Kovalenko, V., Nychyk, S., Sytiuk, M., Iwaniak, W. (2019). Presence of Antibodies Against *Leptospira interrogans* Serovar hardjo in Serum Samples from Cattle in Ukraine. *Polish Journal of Microbiology*, 68 (3), pp. 295–302. DOI:10.33073/pjm-2019-031

9. Massey, P.D., Polkinghorne, B.G., Durheim, D.N., Lower, T., Speare, R. (2011). Blood, guts and knife cuts: reducing the risk of swine brucellosis in feral pig hunters in north-west New South Wales, Australia. *Rural Remote Health*, 11 (4), 1793 p.

10. Baroch, J.A., Gagnon, C.A., Lacouture, S., Gottschalk, M., Can, J. (2015). Exposure of feral swine (*Sus scrofa*) in the United States to selected pathogens. *Vet. Res.* 79 (1), pp. 74–78.

11. Ukhovskiy, V.V., Korniienko, L.Y., Chechet, O.M., Alikseieva, G.B., Polishchuk, O.D., Mietolapova, H.M., Tsarenko, T.M., Romanenko, M.Y., Pyskun, O. O. (2023). Serological prevalence of *Leptospira* spp. in horses in Ukraine. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 14 (4), pp. 652–659. DOI:10.15421/022393

12. Sykes, J.E., Reagan, K.L., Nally, J.E., Gallo-way, R.L., Haake, D.A. (2022). Role of Diagnostics in Epidemiology, Management, Surveillance, and Control of Leptospirosis. *Pathogens*, 11 (4), 395 p. DOI:10.3390/pathogens11040395

13. Ko, A.I., Goarant, C., Picardeau, M. (2009). *Leptospira*: The dawn of the molecular genetics era for an emerging zoonotic pathogen. *Nature Reviews Microbiology*. 7, pp. 737–747. DOI:10.1038/nrmi-cro2208

14. Kovalenko, V. L., Gnatenko, A. V., Kulykova, V. V., Balatskyi, Yu. O., & Lyasota, V.P. (2013). Determination of the resistance of leptospira test cultures to the disinfectant Geocide. *Veterinary biotechnology*. 23, pp. 174–178. (In Ukrainian).

15. Kulykova, V.V., Pyskun, O.O., Ukhovskiy, V.V., Sharandak, P.V. (2016). Ethiological structure of leptospirosis in pigs in Ukrainian farms. *Veterinary biotechnology*. 28, pp. 125–133. (In Ukrainian).

16. Gomes, Y.A., Medeiros, L.S., Di Azevedo, N., Loureiro, A.P., Loria de Melo, J.D.S., Carvalho-Costa, F.A., Lilenbaum, W. (2022). Identification of vag-

inal *Leptospira* in cervical-vaginal mucus of slaughtered pigs in the amazon region Affiliations. *Anim. Reprod. Sci.* DOI:10.1016/j.anireprosci.2022.106930

17. Pyskun, O.O., Pyskun, A.V., Ukhovskiy, V.V., Sytiuk, M.P. (2018). Etiological structure of leptospirosis among the wild boars and domestic pigs in the territory of Ukraine, its analysis and characteristics. *Journal for veterinary medicine, biotechnology and biosafety*, 4 (1), pp. 5–11.

18. Pinto, P.S., Libonati, H., Lilenbaum, W. (2017). A systematic review of leptospirosis on dogs, pigs, and horses in Latin America. *Tropical animal health and production*. 49 (2), pp. 231–238. DOI:10.1007/s11250-016-1201-8

19. Uhovskiy, V.V., Vydayko, N.B., Alikseieva, G.B., Bezymennyi, M.V., Polupan, I.M., Kolesnikova, I.P. (2018). Comparative analysis of incidence of leptospirosis among farm animals and humans in Ukraine. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 9 (3), pp. 409–416. DOI:10.15421/021861

20. Pyskun, A.V., Spiridonov, V.G., Ukhovskiy, V.V., Rybalchenko, D.Y., Homenko, Y.V. (2016). The validation of enzyme-linked immunosorbent assay for diagnosis Leptospirosis among dogs, pigs and cattle. *Veterinary medicine, biotechnology and biosafety*, 2 (1), pp. 11–15. Available at: http://jvmbbs.kharkov.ua/archive/2016/volume2/issue1/oJVMBBS_2016021_011-015.pdf

21. Stepna, O., Rodyna, N., Ukhovskiy, V., Kulikova, V. (2016). The research of circulation of pathogenic *Leptospira* among populations urban brown rats in Kyiv, Ukraine. *Veterinary medicine, biotechnology and biosafety*, 2 (1), pp. 5–10. Available at: http://jvmbbs.kharkov.ua/archive/2016/volume2/issue1/oJVMBBS_2016021_005-010.pdf

22. Strutzberg-Minder, K., Tschentscher, A., Homuth, M., Kreienbrock, L. (2018). Passive surveillance of *Leptospira* infection in swine in Germany. *Porcine Health Management*. 4 (1). DOI:10.1186/s40813-018-0086-5

23. Uhovskiy, V.V., Alekseeva, G.B., Bezymennyi, M.V., Kulykova, V.V. (2015). Analysis of the circulation of pathogens on leptospirosis in cattle in Ukraine using GIS-technology. *Veterinary biotechnology*, 26, pp. 250–262. Available at: <http://vetbiotech.kiev.ua/volumes/JRN26/36.pdf>

24. Fernandes, J.J., Araújo Júnior, J.P., Malossi, C.D., Ullmann L.S., Figueiredo da Costa, D., Rodrigues Silva, M.L.C., Alves, C.J., Santos de Azevedo, S. (2020). High frequency of seropositive and carriers of *Leptospira* spp. in pigs in the semiarid region of northeastern Brazil. *Trop Animal Health Prod.* 52 (4), pp. 2055–2061. DOI:10.1007/s11250-020-02203-y

25. Guernier, V., Richard, V., Nhan, T., Rouault, E., Tessier, A., Musso, D. (2017). *Leptospira* diversity in animals and humans in Tahiti, French Polynesia. *Plos. Negl. Trop. Dis.*, 28, 11 (6). DOI:10.1371/journal.pntd.0005676

26. Lee, H.S., Viet, N., Khong, H., Xuan, N., Nghia, V.B., Nguyen-Viet, H., Grace, D. (2017). Seroprevalence of specific *Leptospira* serovars in

fattening pigs from 5 provinces in Vietnam. BMC Vet. Res. 8, 13 (1), 125 p. DOI:10.1186/s12917-017-1044-1

27. Pinto, P.S., Libonati, H., Lilenbaum, W. (2017). A systematic review of leptospirosis on dogs, pigs, and horses in Latin America. Trop Animal Health Prod. 49 (2), pp. 231–238. DOI:10. 1007/s11250-016-1201-8

28. Instruction on measures for the prevention and treatment of animals against leptospirosis. Approved by the Scientific and Technical Council of the Ministry of Agriculture and Food of Ukraine on April 27, 1993. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0055-94#Text> (In Ukrainian).

Etiological structure and spatiotemporal analysis of leptospirosis in pigs in Ukraine for the period of 2009-2024

Ukhovskiy V., Kulykova V., Polishchuk O., Pyskun A., Alikseieva G., Pishchanskyy O., Korniienko L., Kyivska G., Karpulenko M., Tsarenko T.

Leptospirosis is a widespread infection among pigs worldwide and in Ukraine in particular. In order to diagnose leptospirosis in animals, in most cases, only the serological method is used – the micro-agglutination reaction (MAT). From 2009 to 2024, 1497047 pig blood serum samples were tested in Ukraine by the PMA and 36507 positive reactions for leptospirosis were obtained, which is 2.4% of the studied livestock of this species. In the etiological structure, the dominant serological groups of leptospi-

spira were as follows: Icterohaemorrhagiae - 28.4%, Australis - 27.4%, Tarassovi - 4.0%, Canicola - 2.9% and Pomona - 2.6%. Antibodies to other serological groups were recorded in smaller numbers, namely: Grippotyphosa (1.8%), Sejroe (1.2%) and Hebdomadis (0.7%), so they played a secondary role in the etiologic structure. During the analyzed period, a large number of positive reactions with several serogroups of leptospi (mixed reactions) were observed, their number was 32.8 % of the total number of positive animals. The article presents a retrospective analysis of the circulation of eight main diagnostic serogroups of leptospi among the pig population in Ukraine: Sejroe, Hebdomadis, Tarassovi, Pomona, Grippotyphosa, Canicola, Icterohaemorrhagiae, Australis.

The mapping of the territory of Ukraine for leptospirosis was carried out, which allows to evaluate the data and determine the risk zones of infection of pigs with leptospi of eight main diagnostic serogroups. It was found that they have a certain eco-regional confinement. The prevalence and etiological structure of porcine leptospirosis differed for each administrative (region) during the analyzed period. Thus, there was a decrease in the number of positive reactions to leptospi of the Australis, Pomona, Tarassovi, Canicola, Sejroe and Hebdomadis serogroups and an increase in the number of reactions to the Icterohaemorrhagiae and Grippotyphosa serogroups.

Key words: leptospi, pigs, etiologic structure, serogroup, serovar, microagglutination test (MAT), mapping, GIS.



Copyright: Уховський В.В. та ін. © 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:

Уховський В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-7532-3942>

Куликова В.В.

<https://orcid.org/0009-0008-8827-030X>

Поліщук О.Д.

<https://orcid.org/0000-0002-4415-2773>

Пискун А.В.

<https://orcid.org/0000-0002-9058-098X>

Алексеева Г.Б.

<https://orcid.org/0000-0001-6158-5960>

Піщанський О.В.

<https://orcid.org/0009-0002-0111-4977>

Корнієнко Л.Є.

<https://orcid.org/0000-0001-6832-0789>

Київська Г.В.

<https://orcid.org/0000-0002-2390-8498>

Карпуленко М.С.

<https://orcid.org/0000-0001-8982-9031>

Царенко Т.М.

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