

(cattle cemeteries), where infected carcasses were previously disposed of, exacerbates this risk. To assess the epizootic situation of anthrax in Ukraine under wartime conditions, review the biological and genetic characteristics of *B. anthracis*, and analyze modern literature on the development of disinfectants based on nanoparticles and composite nanomaterials suitable for soil and environmental decontamination. A contextual and analytical review of available scientific literature was conducted to evaluate the current epizootic and epidemiological conditions, the monitoring practices for *B. anthracis*, and its genetic variability. Additionally, studies on the potential use of metallic, non-metallic, and composite nanoparticles in the formulation of novel decontaminants were analyzed. The anthrax epizootic situation in Ukraine remains precarious, primarily due to the large number of historical burial sites, which flooding, bombings, or other man-made and military factors may have damaged. Such damage increases the likelihood of *B. anthracis* spores being released into the environment. Literature suggests significant genetic diversity among strains of *B. anthracis*, which can complicate diagnostics. Disinfection practices are continuously evolving, with increasing interest in the use of nanotechnology-based solutions. These approaches offer promise for more efficient soil and surface decontamination. Given the high probability of burial site compromise due to war-related activities and ecological disasters, urgent measures are required to monitor and reassess the safety of these areas. There is a pressing need for systematic sampling and molecular detection of *B. anthracis*, including whole-genome sequencing to track strain variations. The development of advanced disinfection agents, particularly those incorporating antibacterial nanocomposites, represents a promising direction. A holistic decontamination approach — combining chemical, physical, and biological methods, including the introduction of beneficial microbial antagonists — should be considered for effective environmental remediation

Keywords: anthrax, monitoring, disinfection, nanoparticles, composite nanomaterials

УДК 619:616.98-036.22:578.833.2/.3:595.771:595.421

DOI 10.36016/VM-2025-111-4

ЗООНОЗНІ ІНФЕКЦІЇ, ЗУМОВЛЕНІ ФЛАВІВІРУСАМИ: ЕПІДЕМІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

**Гужвинська С. О.¹, Ващик Є. В.¹, Корнєйков О. М.¹, Конкін Д. В.¹,
Кошелєв В. В.¹, Павленко Б. М.¹, Нікіфорова О. В.²,
Ляхович Л. М.², Павліченко О. В.², Северин Б. С.¹**

¹ Національний науковий центр «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», м. Харків, Україна, e-mail: yevgeniavashik@gmail.com

² Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

У статті висвітлено результати аналізу літературних джерел, що підкреслюють актуальність вивчення природно-осередкових особливо небезпечних інфекцій, збудники яких належать до родини *Flaviviridae*, для охорони здоров'я людини та ветеринарної медицини. Родина *Flaviviridae* поділяється на 4 роди: *Flavivirus*, *Pestivirus*, *Herpesvirus* та *Pegivirus*. Під *Flavivirus* (*Orthoflavivirus*) — найбільш численний і значущий для людини — відноситься до арбовірусів (від *arthropod-borne*), які передаються трансмісивним шляхом передачі (через вектори): комах (москітів) та кліщів. Зараження переносників відбувається у процесі живлення кров'ю інфікованих тварин-резервуарів, після чого вони здатні трансмісивно передавати вірус людині. Також можлива передача збудників через неперероблене молоко та трансплантанційним шляхом. Епідеміологічне значення мають віруси жовтої лихоманки, японського енцефаліту, кліщового енцефаліту, омської геморагічної лихоманки, вірус денге, вірус Зіка, вірус Західного Нілу, віруси енцефаліту долини Мюррей та енцефаліту П'ясяну, а також віруси Кісанурської лісової хвороби та геморагічної лихоманки Альхумра

Ключові слова: *Flaviviridae*, *Flavivirus*, трансмісивні інфекції, вектори, комарі, *Culex*, *Aedes*, *Anopheles*, іксодові кліщі, *Ixodidae*

Природно-осередкові особливо небезпечні інфекції, збудники яких належать до родини *Flaviviridae*, становлять важливу проблему для охорони здоров'я людини та ветеринарної медицини. Родина вірусів *Flaviviridae* належить до царства *Riboviria*, порядку *Amarillovirales*. Ця родина включає віруси з одноланцюговим позитивним РНК-геномом, які часто передаються членистоногими (комарами та кліщами). Багато з них є збудниками небезпечних захворювань у

людини. Назва родини походить від латинського слова *flavus*, що означає «жовтий», оскільки типовим представником є вірус жовтої лихоманки.

Родина *Flaviviridae* поділяється на 4 роди: *Flavivirus*, *Pestivirus*, *Hepacivirus* та *Pegivirus*. Раніше виділяли 3 роди: *Flavivirus*, *Pestivirus*, *Hepacivirus*, але у 2011 році в науковій публікації Stapleton et al. було запропоновано виділити віруси GBV-A, GBV-C (відомий як HGV) та GBV-D у новий, четвертий рід родини *Flaviviridae*, названий *Pegivirus* (від persistent + G, де G — це історичне позначення GB-вірусів). Ця пропозиція була офіційно схвалена International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV) у 2013 році [1].

Рід *Flavivirus* (*Orthoflavivirus*) — найбільш численний і значущий для людини — відноситься до арбовірусів (від arthropod-borne), які передаються через укуси комах (переважно москітів) або кліщів. Містить 53 види, з них є патогенні для людини та тварин, головні: віруси жовтої лихоманки (Yellow fever virus), японського енцефаліту (Japanese encephalitis virus), кліщового енцефаліту (Tick-borne encephalitis virus), омської геморагічної лихоманки (Omsk hemorrhagic fever virus), вірус денге (Dengue virus), вірус Зіка (Zika virus), вірус Західного Нілу (West Nile virus), віруси енцефаліту долини Мюррей (Murray Valley encephalitis virus) та енцефаліту П'ясяну (Louping ill virus), а також віруси Кіасанурської лісової хвороби (Kyasanur Forest disease) та геморагічної лихоманки Альхурма (Alkhurma hemorrhagic fever) та інші [2–6].

Рід *Pestivirus* включає віруси діареї BPX (прототипний вірус), класичної чуми свиней та прикордонної хвороби овець. Необхідно відмітити, що однією з особливостей пестивірусів є ефективна трансплацентарна передача вірусу.

До складу роду *Hepacivirus* входить вірус гепатиту С людини (прототипний вірус). Не передаються комахами. Вірус гепатиту С є патогенним для людини. Але в експериментальних умовах до нього були чутливими шимпанзе. Вірус є гепатотропним, спричинює розвиток цирозу печінки. Персистентна інфекція встановлена у 60 % інфікованих людей. Інші віруси роду мають невизначену патогенність, чутливими до них є коні, гризуни, кажани, велика рогата худоба та примати. Інфекції зазвичай є стійкими та викликають печінку [2; 4].

Рід *Pegivirus*. Збудники: людський пегівірус, раніше відомий як GB virus C або вірус гепатиту G (GBV-C або HGV), пегівіруси у мавп, кажанів, гризунів, коней та ін. Механізм передачі: переважно через кров та інші біологічні рідини. Особливості: персистентні інфекції, чіткої асоціації з патологією у людини не доведено (на відміну від *Hepacivirus*). Філогенетичні зв'язки амінокислотних послідовностей у консервативному домені RdRP показують кластеризацію представників родини *Flaviviridae* у чотири наразі визначені роди, хоча між представниками родів *Hepacivirus* та *Pegivirus* існує більш тісний філогенетичний зв'язок, ніж між іншими (рис. 1) [5, 6].

Людина заражається зоонозними флавівірусами переважно трансмісивним шляхом передачі (через вектори): комахи (москіти) та кліщі, які виступають як переносники (вектори). Зараження переносників відбувається у процесі живлення кров'ю інфікованих тварин-резервуарів, після чого вони здатні трансмісивно передавати вірус людині. Можливий спосіб передачі збудника через неперероблене молоко: відомі випадки зараження вірусом кліщового енцефаліту через споживання сирого молока інфікованих кіз або корів, а також через контакт з кров'ю/тканинами інфікованих тварин при розбиранні туш, ветеринарних процедурах тощо; зареєстровано також трансплантаційний шлях передачі. Епідеміологія зоонозних вірусів родини *Flaviviridae* ґрунтується на чітко визначених екологічних циклах, які класифікують за типами резервуарних хазяїв та векторів передачі. Ці цикли визначають географічне поширення, сезонність та групи ризику для людей.

1. Орнітодомний цикл (*Ornithodorous Cycle*) (цикл птахи-комахи). Цей цикл є одним з найпоширеніших серед флавівірусів. Його основу становлять дикі птахи (*Aves*), які виступають основним природним резервуаром вірусу. Переносниками виступають москіти (*Culicidae*), зокрема представники родів *Culex*, *Aedes* та *Anopheles*. У цьому циклі вірус циркулює між птахами та комахами, створюючи стійке природне вогнище. Людина та інші ссавці (наприклад, коні) для цих вірусів є тупиковими господарями, оскільки не беруть участі в підтримці основного циклу передачі. Типовими представниками цієї групи є вірус Західного Нілу, вірус японського енцефаліту (зі змішаним циклом за участю свиней як хазяїв-підсилювачів) та вірус енцефаліту Сент-Луїс.

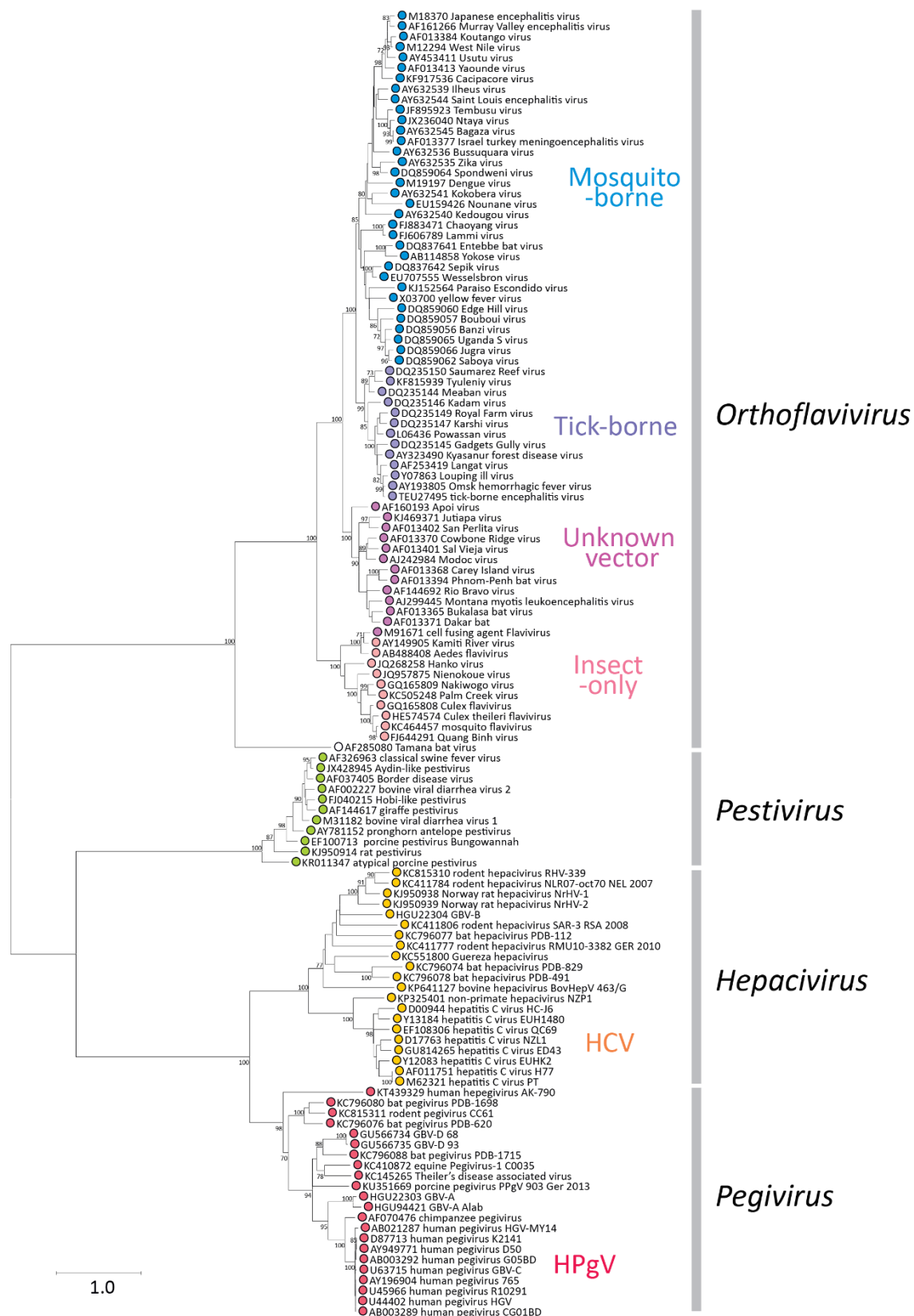


Рис. 1. Філогенетичне дерево родини Flaviviridae за даними ICTV, яке демонструє еволюційні взаємозв'язки між основними родами (*Flavivirus*, *Pestivirus*, *Hepacivirus*, *Pegivirus*) та їх розподіл за шляхами передачі й колом господарів [5].

2. Ссавцево-кліщовий цикл (*Mammal-Tick Cycle*). Цей цикл характеризується участю дрібних ссавців (*Mammalia*), зокрема гризунів (*Rodentia*) та комахоїдних (*Eulipotyphla*), як основного резервуару інфекції. Переносниками виступають іксодові кліщі (*Ixodidae*), що створює замкнений цикл циркуляції вірусу в природних екосистемах. Людина зазвичай заражається випадково при вторгненні в природні біотопи або через контакт з інфікованою худобою. До цієї категорії належать такі важливі патогени, як вірус кліщового енцефаліту, вірус Омської геморагічної гарячки, вірус Кіасанурської лісової хвороби та вірус геморагічної лихоманки Альхумра.

3. Сильватний приматний цикл (*Sylvatic Primate Cycle*) (цикл мавпи-комахи). Цей цикл відбувається в тропічних лісових екосистемах з участю нелюдиноподібних приматів як основного резервуару. Переносниками виступають москіти, переважно роду *Aedes* та *Haemagogus*. Людина заражається спорадично при проникненні в лісові масиви, виступаючи тупиковим господарем. Особливістю деяких вірусів цієї групи є здатність до адаптації та запуску антропонозного міського циклу. Класичними представниками цього циклу є вірус жовтої гарячки (з двома формами — сильватною та урбанною), а також віруси денге та Зіка, які мають аналогічні сильватні цикли в Південно-Східній Азії та Африці [5–7].

Жовта лихоманка (*Febris flava*) — гостре арбовірусне захворювання, що передається комарами, характеризується лихоманкою, вираженою інтоксикацією, геморагічною синдромом, ураженням нирок та печінки, відноситься до карантинних інфекцій.

Жовта лихоманка (ЖЛ) є прототипом геморагічної лихоманки та виникає внаслідок інфекції вірусом жовтої лихоманки (ВЖЛ), який є ендемічним для регіонів Африки та Південної Америки. ВЖЛ є прототипом вірусу родини *Flaviviridae* (під *Flavivirus*). Незважаючи на наявність ефективної вакцини, ВЖЛ продовжує спричиняти захворювання в регіонах, де він є ендемічним, з розвитком періодичних великих спалахів серед недостатньо вакцинованого населення [8, 9].

Briand, Beresniak, Nguyen (2009) повідомляли, що основним джерелом та резервуаром вірусу жовтої лихоманки в природних осередках є мавпи, можливо їжаки, сумчасті, гризуни, а також хвора людина. Переносниками цього захворювання є комарі: *Aedes aegypti*, *Aedes afrikanus*, *Aedes simpsoni*. Вірус жовтої лихоманки потрапляє до людини шляхом гематофагії членистоногого вектора (комара *Aedes aegypti*). Незважаючи на наявність вірусу в крові та тілесних секретах під час гострої інфекції, флавівірусні інфекції не є контагіозними. Тому наявність резервуарів збудника та високий рівень популяцій вектора є необхідними передумовами для спалахів та епідемій. Крім того, для підтримки вірусу жовтої лихоманки важлива вертикальна або трансваріальна передача вірусу в комарах [10].

Згідно з оцінкою ВООЗ, в теперішній час території 45 країн Африки та 13 країн Південної та Центральної Америки є ендемічними щодо жовтої лихоманки (рис. 2).

Тяжка форма жовтої лихоманки (ЖЛ) зустрічається приблизно у 12 % інфікованих осіб (95 % довірчий інтервал, від 5 до 26 %) і може проявлятися жовтяницею, крововиливом та поліорганною недостатністю. Хоча рівень летальності при тяжкій ЖЛ становить приблизно 47 %, рівень летальності для всіх інфекцій, спричинених ВЖЛ, оцінюється в 5 %. Це відбувається тому, що більшість інфекцій ВЖЛ у людей протікають безсимптомно або призводять до легкого, недиференційованого системного захворювання з лихоманкою, за якого не потребується медична допомога. Ці легкі та безсимптомні випадки створюють значні труднощі в діагностиці ЖЛ і, подібно до споріднених флавівірусних інфекцій, сприяють недооцінці захворюваності в районах, де ЖЛ є ендемічним [8–10].

Нещодавні та триваючі спалахи вірусу жовтої лихоманки (ЖЛ) проявились у районах ендемічного поширення ЖЛ у Західній Африці та поширилися на регіон південно-східної Бразилії, який раніше вважався таким, що має низький ризик виникнення. Серед невакцинованих мандрівників до цих регіонів було зареєстровано низку важких випадків ЖЛ, включно із смертельними випадками. Під час цих спалахів спостерігалася неодноразова нестача глобальних запасів вакцин, і, за оцінками, від 45 до 52 % осіб в районах ендемічного поширення ЖЛ потребують вакцинації. Тому спалахи ЖЛ, ймовірно, продовжуватимуться, ускладнюючись переміщенням інфікованих мандрівників до районів, де ЖЛ не є ендемічним захворюванням [11, 12].

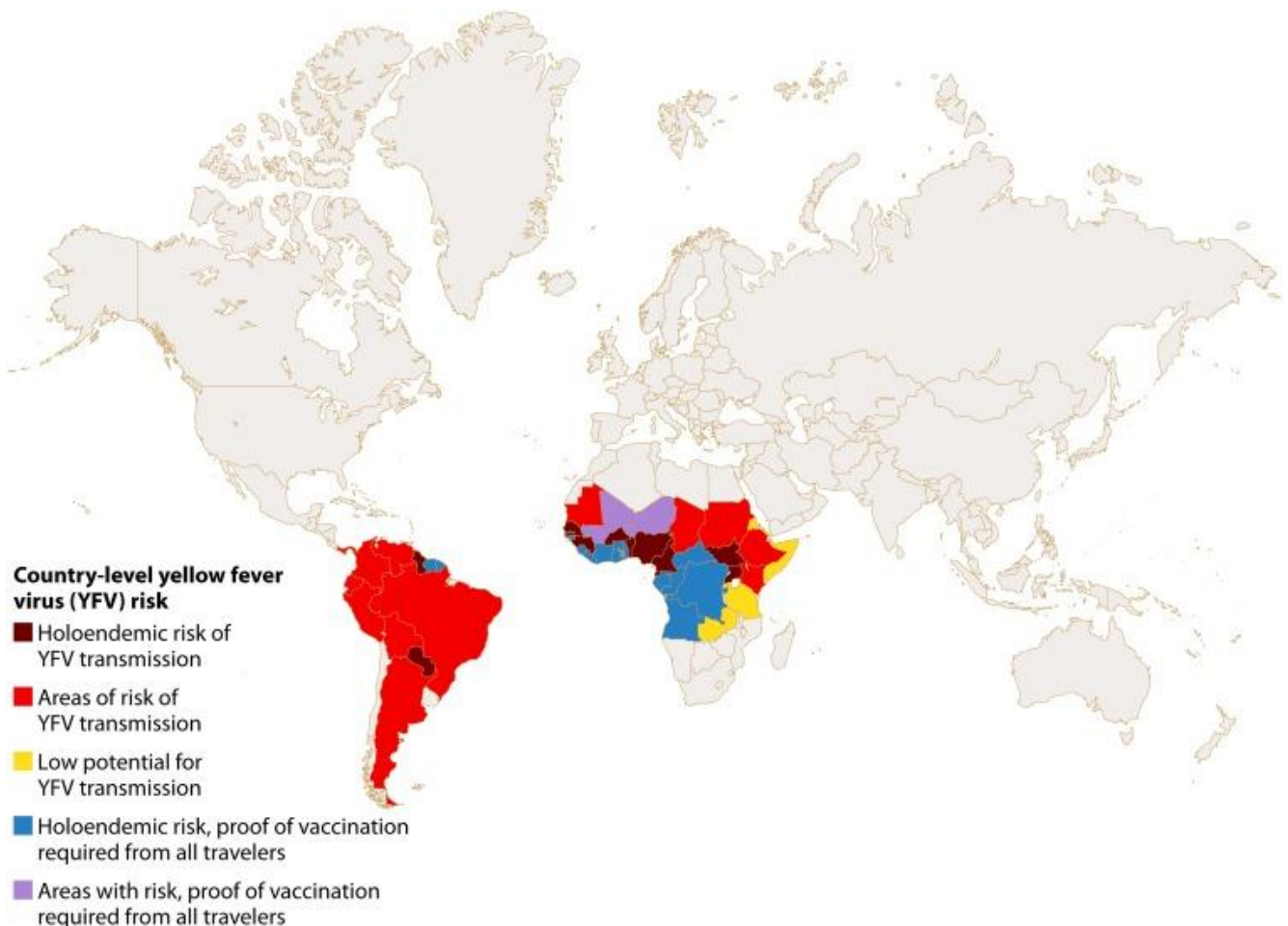


Рис. 2. Мапа країн із зонами ендемічного поширення вірусу жовтого лихоманки та країн із вимогами щодо підтвердження вакцинації для всіх мандрівників, що в'їжджають [9].

Лихоманка денге. У науковій літературі та офіційних документах зазначено, що лихоманка денге (*dengue*) — це гостре інфекційне захворювання, що спричинене чотирма близькоспорідненими серотипами вірусу денге (DENV 1–4) роду *Flavivirus*. Це захворювання перебігає із лихоманкою, інтоксикацією, міалгією та артралгією, екзантемами, лімфаденопатією та лейкопенією. Зустрічаються повідомлення про те, що за деяких клінічних форм лихоманки денге реєструється геморагічний синдром і навіть смерті з летальністю від 1 до 20 % [13, 14]. Було встановлено, що резервуаром інфекції є хворі люди і мавпи, а переносником інфекції — комарі.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, щорічно у світі близько 390 мільйонів (діапазон 284–528 мільйонів) людей інфікуються лихоманкою денге, з яких 96 мільйонів (діапазон 67–136 мільйонів) мають клінічні прояви. Люди у понад 125 країнах, що охоплюють понад 50 % населення світу, потенційно перебувають у групі ризику зараження, причому основними векторами передачі інфекції людині є комарі *Aedes aegypti* та *Aedes albopictus*. Крім того, загальні прямі (медична допомога та поїздки) та непрямі (втрата часу та продуктивності) витрати на лікування денге у світі оцінюються в 8,9 мільярда доларів США щорічно. Денге є одним з вірусних захворювань, що найбільш швидко поширюється в світі, прояв хвороби зріс приблизно у 30 разів за останні півстоліття, незважаючи на зростаючі зусилля щодо стримування або повернення до тенденції зростання. Багато факторів сприяли цьому поширенню, включаючи глобалізацію, торгівлю та судноплавство, зміни в демографічних та урбанізаційних моделях, недостатнє водопостачання всередині країни та збільшення кількості інфікованих мандрівників, які виступають носіями вірусу протягом останніх десятиліть. Погодні або кліматичні змінні, такі як температура, вологість, високий рівень опадів та тиск пари, продемонстрували сильний зв'язок зі зміною ризику зараження денге.

У теперішній час лихоманка денге є поширеною в тропічних і субтропічних районах. Це захворювання реєстрували у країнах Південної та Південно-Східної Азії, Океанії, Африки, Карибського басейну моря. За останні 15–20 років спостерігали значне підвищення захворюваності в Китаї, В'єтнамі, Індонезії, Таїланді та на Кубі. В даний час, за даними ВООЗ, 128 країн Південно-Східної Азії, Океанії, Західної частини Тихого океану, Африки, Америки, включаючи Карибський басейн, є ендемічними за лихоманкою денге. Разом з тим, у країнах Європи щорічно реєстрували понад 2 тис. завізних випадків. У 2019 р. випадки захворювання на гарячку денге внаслідок місцевої передачі було виявлено у 3 країнах Європи – Іспанії, Італії та Франції. У 2019 р. найбільш неблагополучну ситуацію спостерігали у Бразилії (понад 1,3 млн випадків), Колумбії (65,1 тис. випадків) та Мексиці (32,8 тис. випадків). Особливо виділено ситуацію на Філіппінах, де було зареєстровано понад 188 тис. випадків захворювання, від цього захворювання більше 620 людей померли і тому у країні було оголошено надзвичайну ситуацію щодо лихоманки денге [15, 18].

Європейські вчені проаналізували вплив низки факторів, зокрема глобального потепління, на поширення гарячки денге в Європі протягом останніх 35 років. Вони з'ясували, що частота і тяжкість спалахів цієї хвороби збільшилися з 2010 року — разом із зростанням температури.

У 2024 році, який став найспекотнішим за всю історію спостережень, у країнах ЄС зафіксували понад 300 випадків захворювання на денге, тоді як за попередні 15 років їх було 275.

Зміна клімату створює сприятливі умови для поширення азійського тигрового комара (*Ae. albopictus*), повідомили в Європейському центрі профілактики та контролю захворювань (ECDC). Хоча *Ae. albopictus* зазвичай вважається вторинним переносником вірусу денге по відношенню до *Ae. aegypti*, він все ж пов'язаний з його передачею, і це визнано з середини дев'ятого століття [16]. Його вважають переносником, відповідальним за спалахи на Гаваях, острові Реюньйон та Маврикії. Він також пов'язаний з передачею вірусу денге в Китаї, Японії та на Сейшельських островах. Вірус денге передається трансваріально, тому поява дорослих особин з імпортованих інфікованих яєць може призвести до подальшого поширення хвороби. Вірус денге також може передаватися венеричним шляхом через комарів.

Автохтонні випадки денге були зареєстровані у Франції у вересні 2010 року, а потім приблизно в той самий час у Хорватії. Подальші випадки, пов'язані з *Ae. albopictus*, були зареєстровані у Франції у 2013–2015 рр. Хоча моделювання передбачає, що більша частина Європи наразі непридатна для передачі денге, райони з високою щільністю населення з відповідною денною та нічною температурою поверхні землі все ще перебувають у групі більшого ризику.

В Україні останні декілька років реєструють появу так званого тигрового комара *Ae. albopictus*: В. А. Рудік (2023) повідомляє про його виявлення переважно в Одесі та випадок реєстрації в Києві [17]. Один з авторів цієї статті (О. М. Корнейков) також виявив *Ae. albopictus* під час ентомологічних зборів у 2021 році на території Херсонської області.

Зараз відомі дві епідемічні форми лихоманки денге: лихоманка денге джунглів та лихоманка денге міст. Так, лихоманка денге джунглів існує у природі незалежно від людини. Резервуаром цього збудника є мавпи, що населяють південно-східну Азію. У джунгльовому циклі лихоманки денге брали участь комарі *Aedes niveus*, які нападали як на мавп, так і на людей, і, отже, забезпечували «винос» вірусу людині. Мавпи Африки та Південної Америки також були чутливими до вірусів денге, але не настільки, щоб підтримувати існування ендемічних осередків. Відомо, що вірус у природі зберігався завдяки трансваріальній передачі комарами. З личинок комарів *A. aegypti*, яких збирали у резервуари з водою та із самців комарів *A. aegypti*, що окрилися з цієї партії личинок і був виділений вірус денге 2. Крім того було встановлено, що міська форма лихоманки денге підтримувалася циркуляцією вірусу між людиною та комаром-переносником. Із практики відомо, що лихоманка від людини до людини не передавалася [13, 14, 18].

Лихоманка Західного Нілу (West Nile fever) — це гостра арбовірусна трансмісивна природно-осередкова інфекція. Хвороба перебігає у вигляді гострого гарячкового захворювання із симптомами загальної інтоксикації, з головними та м'язовими болями, часто з розвитком серозного менінгіту та менінгоенцефаліту. Лихоманка Західного Нілу дуже швидко поширилася

у міжнародних масштабах і зумовила надзвичайну ситуацію в галузі охорони здоров'я людей і тварин.

Слід підкреслити, що вірус Західного Нілу може бути етіологічним агентом, як локальних випадків, так і епідемічних спалахів у країнах із спекотним та помірним кліматом. Фактори зовнішнього середовища (рясні дощі з наступними розливами, вища, ніж зазвичай, температура повітря, пов'язана з глобальним потеплінням планети) та економічна діяльність людини, підвищують густину популяції переносників. Внаслідок чого відбувається підвищення захворюваності тварин та людей на лихоманку Західного Нілу (ЛЗН).

Ареал поширення вірусу охоплює практично весь африканський континент, Південно-Західну та Південну Азію, Північну Америку, Південну Європу, включаючи деякі її центральні частини. Епідемічні спалахи регулярно або час від часу відбувалися повсюдно на африканському континенті, особливо в ПАР. В азійських країнах спалахи були в Ізраїлі, Пакистані, Індії, а в європейських країнах — у Франції та Румунії. Багато повідомлень про те, що ареал вірусу Західного Нілу охоплював Молдову, Україну, Білорусь, Росію. Також цей вірус розповсюдився в Азербайджані, Вірменії, Грузії, Казахстані, Таджикистані, Киргизстані, Узбекистані, Туркменістані.

Відмічено, що збудником лихоманки Західного Нілу часто уражувалось сільське населення, що живе на берегах річок і озер, у заплавах, дельтах річок, де є велика кількість диких водоплавних птахів та комарів. На ЛЗН також хворіли міські жителі, які жили у будинках із затопленими підвалами, відвідували дачні ділянки та бази відпочинку у вищезазначених місцях, де активно розмножувалися комарі-переносники збудника, а також мисливці та рибалки. Разом з тим, лихоманка Західного Нілу має чітку сезонність і виникала літом та восени [19–21].

Основне значення в циркуляції вірусу в природних вогнищах серед хребетних тварин мають птахи. Особливо високі показники зараженості було виявлено у ворон, галок, горлиць, качок, лисух та дроздів. У той же час ссавці не відігравали істотної ролі в підтримці природних осередків лихоманки Західного Нілу. Водночас, у Франції та в Єгипті серед коней було виявлено епізоотії, що мали перебіг із явищами енцефаломієліту. При зараженні мадагаскарських лемурів розвивалася вірусемія, титри збудника були достатніми для зараження комарів [22].

Ендемічні осередки лихоманки Західного Нілу формувалися в основному у вологих екосистемах (заплавах та дельтах річок тощо). Ці осередки характеризувалися трьома видами передачі вірусу. Основний цикл, який найчастіше зустрічався це — комар–птах–комар. Резервуарами були водоплавні, синантропні та перелітні птиці, а основними переносниками — орнітофільні комарі (*Culex*, *Aedes*, *Anopheles*).

У науковій літературі подаються дані про додаткові та альтернативні цикли передачі вірусу. Цикл кліщ–птах–кліщ, як додатковий цикл, формувався в певні періоди при сухій і теплій погоді, коли виникали сприятливі умови для масового розмноження кліщів і за недостатньої кількості комарів як основних переносників інфекції. Răileanu et al. (2020) свідчать, що кліщі *I. ricinus* можуть відігравати потенційну роль резервуара, оскільки господарі потенційно отримують вірусний агент після проковтування інфікованих кліщів. Вірус ЛЗН також був виділений з кількох видів іксодових (твердих) та аргасових (м'яких) кліщів з ендемічних районів Азії, Європи та Африки, що свідчить про потенційну роль цих переносників у циклі передачі ВЗН. Крім того, різні види кліщів були експериментально інфіковані ВЗН, що виявило здатність кліщів заражатися вірусом від інфікованих тварин та передавати його на наступну стадію розвитку [23–25].

Цикл комар–жаба–комар самостійно функціонував та відігравав роль у підтримці інфекції лише в окремих випадках за певних обставин. Так, Camp et al. (2018) повідомляють, що комарі *Uranotaenia unguiculata* спрямовані на жаб видів *Pelophylax* spp., а новий штам вірусу ЛЗН у WNV-lin. 4с підтримується в циклі передачі комар–жаба–комар. Комарі живляться кров'ю жаб *Pelophylax* spp. і можуть передавати у WNV-lin. 4с жабам [26].

Шуль У. А. (2016), Виноград Н. О. (2022), Petersen L. R. (2019), Pilalasa D. (2015) вказують, що в Україні офіційна реєстрація випадків захворювання на ЛЗН була запроваджена з 2006 року. За період 2017–2021 рр. в Україні зареєстровано 59 випадків лихоманки Західного Нілу в Донецькій, Запорізькій, Одеській, Херсонській, Дніпропетровській, Харківській, Волинській та Львівській областях (2017 р. — 3 випадки, 2018 р. — 20; 2019 р. — 26; 2020 р. — 4 та 2021 р. — 6) [27].

Основним резервуаром вірусу лихоманки Західного Нілу у природі визначено 17 видів переважно перелітних птахів, а вектором — комарів родів *Culex*, *Aedes* і *Anopheles*. Зважаючи на те, що географічне розташування України — у центрі Європи, де перехрещуються міграційні шляхи перелітних птахів з країн Азії, Африки до Європи і де відбувається природне поширення векторів збудника хвороби, пояснюється можливість потрапляння вірусу ЛЗН на територію України [28].

Також Н. С. Родина та ін. (2022) відмітили, що за період спостереження з 2017 р. до 2021 р. у Київській області було зареєстровано 11 випадків лихоманки Західного Нілу в людей, із них 5 випадків у 2021 році. Науковці повідомили, що у 10 випадках (91 %) були хворими місцеві жителі, які не виїздили за кордон, а один випадок (9 %) був завізним — хворий прибув з міста Дуала Республіки Камерун. Так, більшість хворих людей (82 %) відмічали укуси комарів [28].

Kotelevska T. M. et al. (2020) проаналізували звіти щодо захворювання на ЛЗН в Полтавській області за 2011–2018 рр. Вони повідомили, що серологічне дослідження сироваток крові на специфічні антитіла класу IgG до ЛЗН проведено 232 хворим. У хворих був гарячковий стан і вони потребували обстеження на лихоманку Західного Нілу. Автори відмітили, що у Полтавському регіоні є всі умови для формування природного осередку гарячки Західного Нілу [29].

За даними Центру громадського здоров'я МОЗ України (ЦГЗУ), у 2022 році було зареєстровано 11 випадків, у 2023 р. — 14; а у 2024 р. зареєстровано різкий сплеск захворюваності людей ЛЗН — 99 випадків, до того ж, виявлено летальні випадки. У 2025 році станом на липень зареєстровано 1 випадок ЛЗН у людей. Аналіз захворюваності людей на ЛЗН протягом останніх 8 років в Україні свідчить про хвилеподібні скачки з кількістю хворих від 3 до 99 випадків у різні роки. Це, можливо, пов'язано з різними погодними умовами, що впливає на популяцію та інтенсивність розмноження комарів, та із здатністю лабораторної діагностики.

В країнах Європейського Союзу було виявлено 707 випадків інфікування людей на ЛЗН, із них 336 — в Італії, 162 — у Греції, 103 — у Румунії, 43 — у Франції, 28 — в Угорщині, 17 — в Іспанії, 6 — у Німеччині, 6 — у Хорватії і 5 — у Кіпрі.

Всесвітня організація охорони здоров'я тварин (WOAH) повідомила, що у 2024 році на лихоманку Західного Нілу захворіло багато тварин у різних країнах світу. Аналіз звітів WOAH показав, що рецидиви ліквідованого захворювання ЛЗН зустрічали: в Німеччині (шість випадків 02.02.2024; по одному випадку 05.09.2024 та 17.09.2024; три випадки 11.10.2024; два випадки 31.10.2024 та десять випадків 11.11.2024), Тунісі (14.02.2024; 16.10.2024), Греції (05.06.2024), Гваделупі (16.08.2024), Ізраїлі (22.10.2024), Австрії (25.10.2024), Франція (08.11.2024). Перші прояви в країні та нові штами вірусу ЛЗН у 2024 році реєстрували у Німеччині (два випадки 02.02.2024; по одному випадку 24.09.2024 та 08.10.2024; три випадки 11.11.2024), Польщі (25.10.2024), Латвії (30.10.2024 та 14.11.2024). Але у звітах WOAH не має повідомлень про реєстрацію лихоманки Західного Нілу у тварин на території України. Попова А. О. і Музика Д. В. (2024) повідомляють про зростання титру антитіл у синантропної та дикої птиці щодо вірусу ЛЗН [30].

Зміна клімату сприяла широкому поширенню вірусу Західного Нілу в багатьох регіонах земної кулі та, як наслідок, надзвичайним ситуаціям, пов'язаним з принципами «Єдине здоров'я» та «Еко-здоров'я», що впливає на здоров'я людей, тварин та екосистем.

Кліщовий енцефаліт (КЕ) (*tick-borne encephalitis*) — це вірусне інфекційне захворювання, спричинене вірусом кліщового енцефаліту (ВКЕ), яке уражує центральну нервову систему. Хвороба проявляється у легкій, середній або тяжкій формах з можливістю розвитку тривалих неврологічних наслідків. Переважно передається через укуси інфікованого кліща та іноді — через вживання сирого молока. У звіті також повідомлялося, що троє реципієнтів трансплантованих органів були інфіковані ВКЕ під час трансплантації [31].

Передача вірусу відбувається між кліщами, тваринами та людьми. Люди є тупиковим хазяїном вірусу КЕ. В Європі основним переносником ВКЕ є кліщ *Ixodes ricinus*. Кліщі ВКЕ поширені по всій Європі, від Ірландії на заході до Уралу на сході та від північної Швеції до північної Африки. Птахи, вівці, кози, коні, гризуни, собаки та інші тварини також можуть бути носіями вірусу, як і люди.

У глобальному масштабі ВКЕ охоплює географічні області Японії, Китаю, Росії, Південної Європи, Центральної Європи та Північної Європи. У Європі найбільше уражені країни південної

Німеччини, Швейцарії, Чеської Республіки, Австрії, Словаччини, Угорщини, країни Балтії, Словенії, Польщі, частини Скандинавії та європейської Росії. Нещодавня присутність ВКЕ у Північній Європі є свідченням появи нових вогнищ ВКЕ [32, 33].

Показано, що захворювання, які реєструють в Європі, мають легший перебіг, ніж у східній частині ареалу кліщового енцефаліту, особливо на далекому Сході. Летальність коливається в межах від 2 % при європейській формі до 20 % при далекосхідній формі. Це дало підстави виділити західний та східний типи кліщового енцефаліту та відповідно їхніх збудників — східний і західний підтипи.

Вірус кліщового енцефаліту віднесено до тих біологічних агентів, які офіційно визнано чинниками біологічної зброї.

В Україні ендемічними з кліщового енцефаліту є: АР Крим; Волинська область, м. Луцьк, м. Ковель; Львівська область (Яворівський район), але реєструються окремі випадки й в інших регіонах України.

Загалом з 1990 по 2018 рік було зареєстровано 459 випадків кліщового енцефаліту. На відміну від спорадичних випадків, про які щорічно повідомляють протягом цього періоду, помітне збільшення кількості випадків спостерігалось з 1995 по 2000 рік і в 2003 році (26–58 випадків на рік), що частково може бути пов'язано з активізацією природних вогнищ на північному заході України, зокрема у Волинської області. Слід зазначити, що кампанія подальшої вакцинації, яка була проведена в цьому регіоні восени 2003 року, успішно знизила кількість випадків КЕ на наступні роки. На жаль, з того часу в Україні не проводилась жодна інша кампанія вакцинації проти кліщового енцефаліту. Цікаво, що з 2004 року щорічна кількість випадків КЕ в Україні не перевищує 10. Навпаки, десятки і навіть сотні випадків КЕ реєструються щороку в Угорщині, Польщі та Словаччині, сусідніх країнах, де населення є (набагато) меншим і кампанії вакцинації проти вірусу кліщового енцефаліту добре налагоджені. Така драматична різниця може пояснюватися різними природними (наприклад, біотичними, кліматичними та географічними відмінностями), антропогенними (наприклад, діяльністю людини, відповідністю епідеміологічного нагляду) та іншими факторами (наприклад, дотриманням сповіщень), що саме по собі вимагає подальшого дослідження [34–36].

Таким чином, зоонози, зумовлені флавівірусами, залишаються актуальною проблемою як для медичної, так і для ветеринарної науки і практики. Флавівіруси мають глобальне поширення у всьому світі. Такі інфекційні хвороби, як жовта лихоманка та лихоманка денге в Україні не зареєстровано (за даними ЦГЗУ), але існує значний ризик заносу їх збудників з інших країн, що пов'язано зі зміною клімату та наявністю векторів захворювань, а також інтенсивністю міжнародних переміщень людей у зв'язку із військовими діями та туризмом. Щодо лихоманки Західного Нілу, захворюваність людей в Україні на цю інфекцію, а також кількість серопозитивної птиці та коней тільки зростала останніми роками, що потребує окремої уваги епідеміологів та епізоотологів. Кліщовий енцефаліт теж не зникає з порядку денного, продовжують стабільно реєструватися як випадки захворювань людей, так і генетичний матеріал вірусу від кліщів переносників. Трансмісивний шлях передачі, наявність тварин резервуарів та проміжних господарів в циклі передачі флавівірусів обґрунтовують необхідність спільної роботи фахівців гуманної та ветеринарної медицини в рамках концепції Єдине здоров'я.

Висновок. Упродовж останніх років зооносні інфекції, зумовлені флавівірусами виникали у багатьох країнах Європи, Азії, Африки та Америки. Зооносні інфекції швидко розповсюджується і становлять потенційну небезпеку для нашої держави. Тому потрібно постійно здійснювати моніторинг та спостереження щодо флавівірусних інфекцій у світі та в Україні зокрема.

Список літератури

1. Samadi M., Salimi V., Haghshenas M. R., Miri S. M., Mohebbi S. R., Ghaemi, A. Clinical and molecular aspects of human pegiviruses in the interaction host and infectious agent. *Virology Journal*. 2022. Vol. 19, No. 1. P. 41. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12985-022-01769-3>.
2. Pierson T. C., Diamond M. S. The continued threat of emerging flaviviruses. *Nature Microbiology*. 2020. Vol. 5, No. 6. P. 796–812. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41564-020-0714-0>.
3. Gould E., Solomon T. Pathogenic flaviviruses. *The Lancet*. 2008. Vol. 371, No. 9611. P. 500–509. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(08\)60238-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(08)60238-x).
4. Burbelo P. D., Dubovi E. J., Simmonds P., Medina J. L., Henriquez J. A., Mishra N., Wagner J., Tokarz R., Cullen J. M., Iadarola M. J., Rice C. M., Lipkin W. I., Kapoor A. Serology-enabled discovery of genetically diverse

- hepaciviruses in a New Host. *Journal of Virology*. 2012. Vol. 86, No. 11. P. 6171–6178. DOI: <https://doi.org/10.1128/jvi.00250-12>.
5. Rico-Hesse R., Avsic-Zupanc T., Blitvich B., Bukh J., Cao-Lormeau V.-M., Imrie A., Kapoor A., Kramer L. D., Lindenbach B. D., Simmonds P., Smith D. B., da Costa Vasconcelos P. F. Family: Flaviviridae. *Virus Taxonomy*. International Committee on Taxonomy of Viruses, 2023. URL: <https://ictv.global/report/chapter/flaviviridae/flaviviridae>.
 6. Simmonds P., Becher P., Bukh J., Gould E. A., Meyers G., Monath T., Muerhoff S., Pletnev A., Rico-Hesse R., Smith D. B., Stapleton J. T. ICTV Virus Taxonomy Profile: Flaviviridae. *Journal of General Virology*. 2017. Vol. 98, No. 1. P. 2–3. DOI: <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000672>.
 7. Shi M., Lin X. D., Vasilakis N., Tian J. H., Li C. X., Chen L. J., Eastwood G., Diao X. N., Chen M. H., Chen X., Qin X. C., Widen S. G., Wood T. G., Tesh R. B., Xu J., Holmes E. C., Zhang Y. Z. Divergent viruses discovered in arthropods and vertebrates revise the evolutionary history of the Flaviviridae and related viruses. *Journal of Virology*. 2015. Vol. 90, No. 2. P. 659–669. DOI: <https://doi.org/10.1128/jvi.02036-15>.
 8. Gardner C. L., Ryman K. D. Yellow fever: A reemerging threat. *Clinics in Laboratory Medicine*. 2010. Vol. 30, No. 1. P. 237–260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cll.2010.01.001>.
 9. Waggoner J. J., Rojas A., Pinsky B. A. Yellow fever virus: Diagnostics for a persistent arboviral threat. *Journal of Clinical Microbiology*. 2018. Vol. 56, No. 10. P. e00827-18. DOI: <https://doi.org/10.1128/jcm.00827-18>.
 10. Briand S., Beresniak A., Nguyen T., Yonli T., Duru G., Kambire C., Perea W., Yellow Fever Risk Assessment Group (YF-RAG). Assessment of Yellow fever epidemic risk: An original multi-criteria modeling approach. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2009. Vol. 3, No. 7. P. e483. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000483>.
 11. Monath T. P., Vasconcelos P. F. C. Yellow fever. *Journal of Clinical Virology*. 2015. Vol. 64. P. 160–173. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcv.2014.08.030>.
 12. Андрейчин М. А., Ничик Н. А., Завіднюк Н. Г., Йосик Я. І. Жовта гарячка: епідеміологія, клініка, діагностика та профілактика. *Інфекційні хвороби*. 2018. Вип. 4. С. 44–55. DOI: <https://doi.org/10.11603/1681-2727.2018.4.9775>.
 13. Solomon T., Mallewa M. Dengue and other emerging flaviviruses. *Journal of Infection*. 2001. Vol. 42, No. 2. P. 104–115. DOI: <https://doi.org/10.1053/jinf.2001.0802>.
 14. Gubler D. J. Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health, social and economic problem in the 21st century. *Trends in Microbiology*. 2002. Vol. 10, No. 2. P. 100–103. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0966-842x\(01\)02288-0](https://doi.org/10.1016/s0966-842x(01)02288-0).
 15. Soneja S., Tsarouchi G., Lumbroso D., Tung D. K. A review of dengue's historical and future health risk from a changing climate. *Current Environmental Health Reports*. 2021. Vol. 8, No. 3. P. 245–265. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40572-021-00322-8>.
 16. *Aedes albopictus* — factsheet for experts. *European Centre for Disease Prevention and Control*. URL: <https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/aedes-albopictus>.
 17. Рудік В. А. Перші знахідки тропічного виду *Aedes albopictus* в межах міста Одеса. *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем*: матеріали VI наук.-практ. конф. мол. вчених (Київ, 10–11 жовт. 2023 р.). Київ: Ін-т гідробіології НАН України, 2023. С. 75–77. URL: <https://dspace.onu.edu.ua/handle/123456789/36922>.
 18. Yanagisawa N., Wada K., Spengler J. D., Sanchez-Pina R. Health preparedness plan for dengue detection during the 2020 summer Olympic and Paralympic games in Tokyo. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2018. Vol. 12, No. 9. P. e0006755. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006755>.
 19. Petersen L. R. Epidemiology of West Nile virus in the United States: Implications for arbovirology and public health. *Journal of Medical Entomology*. 2019. Vol. 56, No. 6. P. 1456–1462. DOI: <https://doi.org/10.1093/jme/tjz085>.
 20. Pilalas D., Skoura L., Metallidis S., Kourelis A., Tsachouridou O., Malisiovas N., Papa A. West Nile virus seroprevalence and behavioral risks in HIV-1 infected individuals, Northern Greece, 2011. *International Journal of Infectious Diseases*. 2015. Vol. 30. P. 64–66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2014.10.010>.
 21. Bruno L., Nappo M. A., Frontoso R., Perrotta M. G., Di Lecce R., Guarneri C., Ferrari L., Corradi A. West Nile virus (WNV): One-Health and Eco-Health global risks. *Veterinary Sciences*. 2025. Vol. 12, No. 3. P. 288. DOI: <https://doi.org/10.3390/vetsci12030288>.
 22. Rodhain F., Petter J. J., Albignac R., Coulanges P., Hannoun C. Arboviruses and lemurs in Madagascar: Experimental infection of *Lemur fulvus* with Yellow fever and West Nile viruses. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 1985. Vol. 34, No. 4. P. 816–822. DOI: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1985.34.816>.
 23. Răileanu C., Tauchmann O., Vasić A., Neumann U., Tews B. A., Silaghi C. Transstadial transmission and replication kinetics of West Nile virus lineage 1 in laboratory reared *Ixodes ricinus* ticks. *Pathogens*. 2020. Vol. 9, No. 10. P. 780. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens9100780>.
 24. Chancey C., Grinev A., Volkova E., Rios M. The global ecology and epidemiology of West Nile virus. *BioMed Research International*. 2015. Vol. 1. P. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/376230>.
 25. Lwande O. W., Lutomiah J., Obanda V., Gakuya F., Mutisya J., Mulwa F., Michuki G., Chepkorir E., Fischer A., Venter M., Sang R. Isolation of tick and mosquito-borne arboviruses from ticks sampled from livestock and wild animal hosts in Ijara District, Kenya. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. 2013. Vol. 13, No. 9. P. 637–642. DOI: <https://doi.org/10.1089/vbz.2012.1190>.
 26. Camp J. V., Bakonyi T., Soltész Z., Zechmeister T., Nowotny N. *Uranotaenia unguiculata* Edwards, 1913 are attracted to sound, feed on amphibians, and are infected with multiple viruses *Parasites & Vectors*. 2018. Vol. 11, No. 1. P. 456. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3030-2>.
 27. Виноград Н. О., Шуль У. А., Юрченко О. О. Клініко-епідеміологічні особливості гарячки Західного Нілу в Україні на сучасному етапі. *Інфекційні хвороби*. 2022. № 1. С. 11–17. DOI: <https://doi.org/10.11603/1681-2727.2022.1.12824>.

28. Родина Н. С., Майборода В. В., Ліпчанчук В. Є., Гринчук Г. М., Могильна Л. О. Епідемічна ситуація з гарячки Західного Нілу в Київській області за період 2017–2021 рр. *Медицина невідкладних станів*. 2022. Том 18, № 6. С. 102–103. URL: <http://www.mif-ua.com/archive/article/52217>.
29. Kotelevska T. M., Pryimenko N. O., Dubynska H. M., Koval T. I., Iziumska O. M., Zviagolska I. M. West Nile fever in the central part of Ukraine. *Medicni perspektivi*. 2020. Vol. 25, No. 3. P. 204–210. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2020.3.214874>.
30. Попова А. О., Музика Д. В. Серологічні дослідження диких птахів ряду Passeriformes щодо наявності антитіл до вірусу лихоманки Західного Нілу в Україні. *Ветеринарна медицина*. 2024. Вип. 110. С. 17–27. <https://doi.org/10.36016/VM-2024-110-3>.
31. Steffen R. Epidemiology of tick-borne encephalitis (TBE) in international travellers to Western/Central Europe and conclusions on vaccination recommendations. *Journal of Travel Medicine*. 2016. Vol. 23, No. 4. P. taw018. DOI: <https://doi.org/10.1093/jtm/taw018>.
32. Wondim M. A., Czupryna P., Pancewicz S., Kruszezewska E., Groth M., Moniuszko-Malinowska A. Epidemiological trends of trans-boundary Tick-borne encephalitis in Europe, 2000–2019. *Pathogens*. 2022. Vol. 11, No. 6. P. 704. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens11060704>.
33. Amicizia D., Domnich A., Panatto D., Lai P. L., Cristina M. L., Avio U., Gasparini R. Epidemiology of tick-borne encephalitis (TBE) in Europe and its prevention by available vaccines. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*. 2013. Vol. 9, No. 5. P. 1163–1171. DOI: <https://doi.org/10.4161/hv.23802>.
34. Yurchenko O. O., Dubyna D. O., Vynograd N. O., Rogovsky A. S. Tick-borne encephalitis cases recorded in Ukraine over 1990–2018. *Journal of Travel Medicine*. 2020. Vol. 27, No. 4. P. taaa075. DOI: <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa075>.
35. Ващик Є. В., Корнейков О. М., Гужвинська С. О., Конкін Д. В. Вивчення циркуляції вірусних трансмісивних інфекцій в рамках концепції «Єдине здоров'я». *Зб. матеріалів II міжнар. наук.-практ. конф. наук.-пед. працівників та мол. науковців «Актуальні аспекти розвитку ветеринарної медицини в умовах євроінтеграції»* (Одеса, 17–18 жовт. 2024 р.). Одеса. 2024. С. 103–106. URL: https://osau.edu.ua/wp-content/uploads/2024/11/2024_ZBIRNYK_FVM.pdf.
36. Гужвинська С. О., Кошелев В. В., Шевченко Т. В. До проблеми трансмісивних вірусних хвороб та ареалу поширення переносників збудників. *Ветеринарна медицина*. 2024. Вип. 110. С. 46–59. DOI: <https://doi.org/10.36016/VM-2024-110-7>.

ZOONOTIC INFECTIONS CAUSED BY FLAVIVIRUSES: EPIDEMIOLOGICAL ASPECTS

**Gujvinska S. O.¹, Vashchik Ye. V.¹, Kornieikov O. M.¹, Konkin D. V.¹,
Kosheliev V. V.¹, Pavlenko B. M.¹, Nikiforova O. V.²,
Liakhovych L. M.², Pavlichenko O. V.², Severyn B. S.¹**

¹ National Scientific Center "Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine", Kharkiv, Ukraine

² State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

The article highlights the results of an analysis of literary sources, emphasizing the importance of studying naturally occurring infections, particularly dangerous ones, caused by pathogens belonging to the Flaviviridae family, in relation to human health and veterinary medicine. This family is divided into four genera: Flavivirus, Pestivirus, Hepacivirus, and Pegivirus. The Flavivirus genus (Orthoflavivirus), the most significant for humans, belongs to the arbovirus family, which is transmitted by arthropod vectors, such as mosquitoes and ticks. Vectors become infected when they feed on the blood of infected reservoir animals. Afterward, they are capable of transmitting the virus to humans. Transmission of pathogens through unprocessed milk and organ transplantation is also possible. The viruses of yellow fever, Japanese encephalitis, tick-borne encephalitis, Omsk hemorrhagic fever, dengue, Zika, West Nile, Murray Valley encephalitis, and Pyasanu encephalitis, as well as Kiasanur forest disease and Alhumra hemorrhagic fever, are of epidemiological significance

Keywords: Flaviviridae, Flavivirus, transmissible infections, vectors, mosquitoes, Culex, Aedes, Anopheles, ixodid ticks, Ixodidae