

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ЕПІДЕМІОЛОГІЧНОГО НАГЛЯДУ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ. АНАЛІЗ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ

Голубятников М.І.^{1,2},
Тюпа В.В.¹,
Джуртубаєва Г.М.¹,
Герасименко О.А.^{1,2},
Мельник О.А.¹

¹ Філія «Протичумний інститут імені І.І. Мечнікова» Державної установи «Центр громадського здоров'я МОЗ України», м. Одеса, Україна

² Одеський національний медичний університет, м. Одеса, Україна

- **МЕТА.** Аналіз викликів для системи епідеміологічного нагляду України, спричинених змінами клімату за останнє десятиліття, та систематизація міжнародного досвіду з адаптації протиепідемічних заходів, інфекційного контролю і біобезпеки у високотемпературному середовищі.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Контент-аналіз публікацій наукових баз даних, нормативно-правових документів і рекомендацій ВООЗ щодо функціонування медичних установ та лабораторій у спекотних регіонах.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Зміни клімату чинять вплив на перебіг трансмісивних, кишкових інфекцій та зоонозів. Скорочення зовнішнього інкубаційного періоду у векторів (*Culex*, *Aedes*, *Ixodidae*) пришвидшує передачу векторних інфекцій (гарячка Західного Нілу, денге, малярія). Тривале перебування населення в кондиціонованих приміщеннях під час спеки підвищує ризик поширення респіраторних патогенів. У закладах охорони здоров'я високі температури стимулюють утворення біоплівки, прискорюють деградацію дезінфектантів та створюють оптимум для розмноження опортуністичних патогенів (*Legionella* spp., *Pseudomonas aeruginosa*). Робота персоналу в засобах індивідуального захисту за умов спеки може спричиняти тепловий стрес і зниження когнітивно-моторних функцій, що підвищує ризик порушення біобезпеки під час їх знімання (doffing). Зауважено про вразливість «холодового ланцюга» для медичних імунобіологічних препаратів та реагентів при транспортуванні.
- **ВИСНОВКИ.** В умовах змін клімату актуальним є трансформація діючої системи нагляду в країні до інтегрованого епідеміологічного нагляду (Integrated Disease Surveillance) із залученням метеоіндикаторів до систем раннього застереження (Early Warning Systems). Модернізація захисту передбачає корекцію стандартних операційних процедур з дезінфекції та мереж WASH, нормування роботи персоналу в ЗІЗ, оснащення епідбригад засобами термомоніторингу і тренування комунікації ризиків щодо загроз для громадського здоров'я.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** кліматичні зміни; епідеміологічний нагляд; інфекційний контроль; біологічна безпека; переносники інфекцій; тепловий стрес; холодний ланцюг.

FEATURES OF THE OPERATION OF EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE SYSTEMS IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE. AN ANALYSIS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE

Golubyatnikov M.I.^{1,2},
Tiupa V.V.¹,
Dzhurtubaieva H.M.¹,
Gerasymenko O.A.^{1,2},
Melnik O.A.¹

¹ «Anti-Plague Institute named after I.I. Mechnikov» of the State Institution «Public Health Center of the Ministry of Health of Ukraine», Odesa, Ukraine

² Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine

- **OBJECTIVE.** To analyze the challenges faced by Ukraine's epidemiological surveillance system as a result of climate change over the past decade and to systematize international experience in adapting epidemic control measures, infection prevention and control, and biosafety practices to high-temperature environments.
- **MATERIALS AND METHODS.** Content analysis of scientific publications from databases, regulatory documents, and WHO recommendations concerning the functioning of healthcare facilities and laboratories in hot regions.
- **RESULTS.** Climate change impacts the dynamics of vector-borne, enteric, and zoonotic infections. A reduction in the extrinsic incubation period in vectors (*Culex*, *Aedes*, *Ixodidae*) accelerates the transmission of vector-borne infections, including West Nile fever, dengue, and malaria. Prolonged periods spent in air-conditioned indoor environments during heatwaves increase the risk of respiratory pathogen transmission. In healthcare facilities, high temperatures promote biofilm formation, accelerate disinfectant degradation, and create optimal conditions for the proliferation of opportunistic pathogens (*Legionella* spp., *Pseudomonas aeruginosa*). Working in personal protective equipment (PPE) under hot conditions can cause heat stress and impair cognitive-motor functions, thereby increasing the risk of biosafety breaches during PPE removal (doffing). The vulnerability of the cold chain for immunobiological medicinal products and reagents during transport is also underlined.
- **CONCLUSIONS.** Under climate change conditions, transforming the country's current surveillance framework toward Integrated Disease Surveillance by incorporating meteorological indicators into Early Warning Systems is highly relevant. Protection modernization requires revising standard operating procedures

(SOPs) for disinfection and WASH infrastructure, regulating working conditions for personnel wearing PPE, equipping epidemiological response teams with temperature-monitoring devices, and conducting risk communication training regarding public health threats.

■ **KEYWORDS:** *climate change; epidemiological surveillance; infection control; biosafety; disease vectors; heat stress disorders; refrigeration.*

ВСТУП

Зміна клімату вже є чинником, який необхідно враховувати під час оцінки інфекційних ризиків та планування медико-санітарних заходів у системі громадського здоров'я. Глобальне потепління вже перейшло в активну фазу тривалого кліматичного зсуву, а останні роки офіційно стали найспекотнішими за всю історію спостережень. Кліматичні зміни більше не є довгостроковим прогнозом — це вже діючий чинник, що впливає на функціонування екосистем, економічні процеси та умови життя населення. Практика епідеміологічного моніторингу останніх років свідчить про те, що кліматичні зміни діють як потужні важелі перебудови екологічних ніш [3, 35]. Хвилі виснажливої спеки стають довшими та жорсткішими, приносячи усе більше жертв, у тому числі і в Європейських країнах. Розбалансування гідрологічних циклів — процес раптових змін тривалих посух об'ємними паводками — змінює умови існування носіїв та векторів інфекцій, що врешті-решт підштовхує вгору графіки глобальної захворюваності [3, 5, 41].

Свіжі зведення Європейської служби Copernicus (C3S) та метеорологів із WMO, містять невітні висновки. Європа зараз потеплішає чи не найшвидше за всі інші континенти. Починаючи з середини 1990-х років, темп приросту середньої температури на нашому континенті сягає 0,56°C за десятиліття. Цей показник перевищує середньоглобальний темп потепління більш ніж удвічі (0,27°C). Якщо брати точку відліку від доіндустріальної епохи, то повітря в Європі прогрілося вже орієнтовно на 2,5°C. До того ж, Центральна-Східний регіон займає тут особливе місце, темпи потепління в цьому регіоні наближаються до 0,5–1,0°C за кожні десять років [15].

Значення цих тенденцій для України. Порівнюючи кліматичні блоки 1960–1990 рр. та 1990–2020 рр., ми бачимо, що середня річна температура впевнено «сягнула» вгору на 1,2°C. Найбільші зміни температурного режиму спостерігалися в літні та зимові місяці на 1,5–2,0°C [62]. Це суттєво випереджає загальносвітові рамки. Середній темп потепління в Україні оцінюють у 0,4–0,6°C за десятиліття, проте в окремі

роки реєструвались значно більші відхилення від норми, як, наприклад, в аномальних 2020 та 2024 рр., коли показники відхилення склали 2,2–2,9°C [53].

За останні десятиліття в Україні відзначається зміщення температурних характеристик, притаманних окремим кліматичним зонам, у північному напрямку. За останні три десятиліття лінії ізотерм України, фактично, зсунулися на 250–400 км на північ. Полісся та Лісостеп за температурним профілем поступово перетворюються на колишній Степ, а теплий період розтягнувся на тижні. Такі зміни можуть створювати сприятливі умови для підтримання популяцій переносників і, відповідно, циркуляції окремих збудників.

Для національної системи охорони здоров'я адаптація до нових температурних реалій стала не теоретичним питанням, а практичними завданнями з біобезпеки, про що свідчать законодавчі документи. Так розпорядженням КМУ від 30.05.2024 р. № 483 схвалено стратегію формування та реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2035 року та затверджено операційний план її реалізації.

Механіка впливу високих температур на епідеміологічний процес. Вплив високих температур на епідеміологічний процес обумовлюється фізіологією та біохімією переносників. Підвищення середньодобової температури прискорює накопичення вірусних часток у слинних залозах комарів. Підвищення температури в межах фізіологічно придатного для переносника діапазону може істотно скорочувати зовнішній інкубаційний період вірусу. Водночас величина цього ефекту залежить від виду та популяції комара, властивостей вірусу й умов експерименту. Тому температурні пороги доцільно використовувати не як універсальні значення, а як параметри конкретних моделей ризику. До прикладу, за температури +20°C зовнішній інкубаційний період (extrinsic incubation period, EIP) у комарів, при інфікуванні вірусом Західного Нілу триває близько двох тижнів, при — +30°C цей процес скорочується всього до 5 днів. [19, 64] Тобто часовий інтервал між укусом хворої особи та здатністю комара заражати інших скорочується майже

втричі. Таким чином, підвищення температури може скорочувати зовнішній інкубаційний період окремих арбовірусів у переносників і тим самим створювати сприятливіші умови для їх передачі і має критичні наслідки для епідеміологічного процесу.

У Одеському регіоні вже маємо чітке підтвердження цього феномену. Моніторингові дані свідчать про локальну інтродукцію *Aedes albopictus* та формування умов для його розмноження (*Aedes albopictus*). Відбулося формування локальних мікроосередки виплоду безпосередньо в міському середовищі. [42]

Інший приклад — гарячка Західного Нілу (ГЗН). Коли аномально висока температура (до +30°C) утримується аж до вересня–жовтня, це дає вірусу необхідний температурний поріг для неперервної реплікації. Результати спалаху 2024 року, за офіційною інформацією ЦГЗ, в Україні виявилися наступними — 99 підтверджених випадків ГЗН (за даними сайту ЦГЗ), причому з «географічним стрибком» у центральні та північні області (Київську, Житомирську, Полтавську, Черкаську, Хмельницьку). Процес циркуляції вірусу в цьому випадку підтримують як природний орнітофільний вектор (*Culex pipiens f. pipiens*), так і синантропний міський комар (*Culex pipiens f. molestus*) [42].

Занепокоєння викликають процеси зміни режимів живлення гідрологічної мережі. Через зменшення об'ємів снігового та підземного джерел живлень та антропогенне навантаження, понад 20 тисяч малих річок України повністю втратили течію або перетворюються на фрагментовані, відрізані від джерел живлення водойми [28, 43]. Зарегульованість русел, ігнорування правил експлуатації водоохоронних зон, малосніжні зими — приводить до критичного виснаження підземних водних горизонтів. На Півдні цей процес набув ризикованих форм. Перетворення малих річок на перегріті застійні водойми, з надлишком органічних речовин, створює сприятливі умови для зростання кількості випадків реєстрації трансмісивних та зоонозних інфекцій. Зменшення площі водного дзеркала не обов'язково супроводжується зниженням чисельності комарів. За умов формування невеликих мілководних і частково ізольованих водойм можуть виникати придатні для розвитку личинок біотопи. У південних регіонах України це питання потребує додаткового ентомологічного дослідження. У підсумку, сезон активності кровососів подовжився орієнтовно на 2–3 тижні — тепер він тягнеться

з травня до середини жовтня. Носії зоонозних інфекцій також скупчуються біля обмежених джерел води. А місцеве населення активно залучає ці водойми до використання у власній господарській діяльності, в тому числі і підсобному тваринництві та птахівництві [14, 15, 52].

Трансформуються й хронологічні межі реєстрації випадків зоонозних інфекцій. Спорадичні випадки тепер фіксують майже цілорічно — з березня по листопад. Зміна клімату та аномально теплі зими суттєво порушують природні механізми регуляції популяцій шкідників, що безпосередньо підвищує ризики інфекційних захворювань для людини.

Через відсутність стабільних морозів та високого снігового покриву природна смертність переносників мінімізується, а період їхньої активності стає майже цілорічним.

Загалом, зсув кліматичного режиму певної території трансформує усі ланки епідпроцесу [3, 4]. Висока температура розганяє метаболізм і швидкість реплікації бактерій та вірусів у довкіллі [3, 5]. Переносники розвиваються швидше, ЕІР скорочується, а їхні ареали розширюються на північ та у вищі гірські території, до цього вільні від циркуляції збудника [3, 40, 63].

З іншого боку, екстремальна спека виснажує й саму людину. Фізіологічні компенсаторні механізми піддаються тепловому стресу, а поведінка людей змінюється: люди витрачають значний час у закритих кондиціонованих приміщеннях або біля відкритих водойм [48, 60]. За таких умов можуть зростати ризики передачі окремих інфекційних захворювань, та створює сприятливіші умови для формування або розширення природних осередків інфекцій [5, 25].

Мета роботи проаналізувати увесь комплекс кліматичних викликів для системи епідеміологічного нагляду України, що сформувалися за останнє десятиліття (хвилі спеки, зміни гідрологічного режиму тощо), та узагальнити міжнародний досвід. Це необхідно для розробки практичних шляхів пристосування національної системи — передусім у сферах протиепідемічної готовності, інфекційного контролю та реагування на надзвичайні ситуації в сфері громадського здоров'я за підвищених температур [35].

Для досягнення мети визначено такі завдання: проаналізувати світовий масив даних щодо впливу спеки на біологію переносників, ЕІР та трансмісію арбовірусів, паразитарних і зоонозних патогенів та впливу кліматичних

факторів на епідеміологію харчових, водних та госпітальних інфекцій. Узагальнити міжнародні стандарти охорони праці персоналу ЗОЗ та ЦКПХ під час роботи в ЗІЗ в умовах високих температур [59]. Систематизувати досвід застосування концепції «Єдине здоров'я» (One Health) у міжсекторальній взаємодії, систем раннього застереження (EWS) та WebGIS-технологій для моніторингу загрози спалахів. Окреслити напрямки та надати на розгляд читачів пропозиції щодо гармонізації нормативно-правової бази України, посилення лабораторного моніторингу та підвищення кадрових спроможностей системи епідеміологічного нагляду країни.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

З метою формування об'єктивного наукового підґрунтя, проводився огляд наукових публікацій, нормативних документів та рекомендацій міжнародних організацій щодо впливу кліматичних факторів на інфекційні захворювання, епідеміологічний нагляд та функціонування закладів охорони здоров'я [3]. Пошук релевантних публікацій виконаний в міжнародних наукометричних базах PubMed, Embase і Web of Science. Разом з цим детально опрацьовані реєстри нормативних документів, офіційні звіти й керівництва ВООЗ (WHO), ECDC та CDC [10].

Глибина пошуку обмежена хронологічними рамками 2010–2024 рр., основний акцент зроблено на працях останнього десятиліття. Пошуковий алгоритм побудований на комбінаціях словникових MeSH-термінів (Medical Subject Headings) та ключових слів: *high temperature, heatwave, climate change, global warming, infectious disease surveillance, vector-borne diseases, extrinsic incubation period, foodborne infections, waterborne diseases, legionellosis, infection control, personal protective equipment, heat stress, cold chain, early warning systems, One Health* [4, 41].

Проаналізовані матеріали, які відповідали трьом суворим критеріям. Перш за все, це наявність наукового рецензування (peer-reviewed articles) у вигляді систематичних оглядів, метааналізів, когерентних екологічних досліджень, аналізу часових рядів (time-series) або випадково-перехресних досліджень (case-cross-over) [16, 30]. Другий критерій — офіційний статус матеріалів — керівництва, аналітичні доповіді та настанови ВООЗ, CDC та ECDC [11, 57], в яких надані чіткі кількісні чи якісні оцінки впливу спеки, температурних аномалій, вологості й опадів на епідемічний процес, ін-

фекційний контроль, біобезпеку чи «холодовий ланцюг».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

1. Кліматичні тригери та класична тріада епідпроцесу. Кліматичні зміни чинять безпосередній вплив на взаємозв'язок між трьома ланками епідемічного процесу, та на кожному з них ізольовано [3, 11].

Першою ланкою є довкілля, зокрема зміна рівня води, її застій та інтенсивне «цвітіння» у водоймах. Спостереження показують, що зі зростанням температури та щільності фітопланктону створюються сприятливі умови для швидкого розмноження холерного вібриона (*Vibrio cholerae*). Це дає змогу прогнозувати можливі спалахи за допомогою супутникового моніторингу довкілля ще за кілька місяців до появи перших клінічних випадків [65]. А півстолітні дані спостережень за Північною Атлантикою виявили пряму залежність між потеплінням моря та зростанням чисельності патогенних видів *Vibrio*, включно з тими, що викликають холеру та важкі ранові інфекції. Спекотні літні періоди суттєво стимулюють розмноження бактерій у прибережній зоні [54].

Наступна ланка, яка найбільш очевидно знає впливу змін клімату на стан та динаміку процесів у природних осередках — охоплює збудників та переносників, а саме прискорення розмноження вірусів і бактерій та швидше дозрівання патогенів у комарах чи кліщах під дією високої температури й зміни режиму опадів. У комарів роду *Culex* — головних векторів вірусу Західного Нілу — висока температура прискорює травлення, що призводить до підвищеної потреби в укусах і скорочує час, необхідний вірусу для досягнення інфекційної стадії в тілі комара [64]. Визначено оптимальні фізіологічні пороги для *Aedes aegypti* та *Aedes albopictus*: передача вірусів денге, Зіка і Чикунгунья досягає максимуму у вузькому температурному інтервалі (оптимум +26–29°C), де реплікація вірусу в організмі комара відбувається з найвищою швидкістю [32].

Третя ланка — це сприйнятливі організми, адже екстремальне теплове навантаження змінює поведінку й фізіологію населення. Прагнення сховатися в кондиціонованих приміщеннях створює скупченість, за аналогією зі скупченістю в теплих приміщеннях в зимовий період, а також масові скупчення відпочиваючих в рекреаційних зонах, біля водойм, підвищують ризики поширення вторинних кишко-

вих чи повітряно-краплинних інфекцій [60]. До того ж, аналіз даних Global Burden of Disease (GBD) підтверджує, що тривала спека підбиває компенсаторні сили організму, спричиняє дегідратацію і знижує імунітет, роблячи людину більш сприйнятливою до патогенів [48].

2. Конкретні механізми кліматичної трансформації епіпроцесу. Зсув абіотичних чинників діє на біологію патогенів та їхні екологічні ніші безпосередньо. У групі арбовірусів підвищення середньодобової температури скорочує тривалість зовнішнього інкубаційного періоду в комарів *Aedes aegypti* та *Aedes albopictus* [32]. Вірус накопичується у слинних залозах значно швидше, що суттєво збільшує кількість успішних актів передачі денге, Зіка і Чикунгунья [16, 18]. Стосовно флавівірусів, межі циркуляції векторів гарячки Західного Нілу та Японського енцефаліту поступово зміщуються на північ, що дозволяє реєструвати спорадичні випадки захворювання на все більш північних територіях [19, 64]. У природних біотопах усе частіше фіксують співциркуляцію кількох патогенів та випадки коінфекції з іншими флавівірусами, зокрема з вірусом Usutu [22, 47].

Паралельно зміна температурного режиму та вологості змінює межі ареалів малярійних комарів *Anopheles* spp. [1]. Зсув територій де досягається температурний оптимум, на північ, розширює межі виживання москітів *Phlebotomus* spp. (що змінює динаміку лейшманіозів) [20, 21], а нові гідрологічні умови для прісноводних молюсків активізують осередки шистосомозів [17, 61]. Серед природно-осередкових зоонозів м'які зими та аномалії опадів стимулюють спалахи чисельності гризунів — головного резервуара хантавірусів, що змінює картину захворюваності на ГГНС [9, 56].

У сфері водних та харчових інфекцій прогріти морські й лиманні води стають сприятливим середовищем для *Vibrio cholerae* (зокрема не-O1/не-O139 штамів) та інших патогенних вібріонів [8, 54, 65]. Для бактерій (*Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Shigella* spp., штами *E. coli* здатні викликати діарею) існують чіткі температурні пороги, після перетину яких розмноження в харчах і довкіллі прискорюється в рази, викликаючи літні сплески сальмонельозу й дизентерії [2, 13, 36]. Зміна температурних режимів сприяє зміщенню «звичної» сезонності рота- й норовірусів [27], а поєднання високої температури з вологістю є прямим чинником росту ентеровірусних патологій (наприклад, хвороби «рука-нога-рот» у дітей) [31, 38]. Тим

часом у прогрітому внутрішньому водопроводі лікарень (+30–42°C за даними недавніх досліджень) перетворюються на оптимальні умови для *Legionella pneumophila*, що підвищує ризик виникнення випадків захворювання на легіонельоз під час хвиль спеки [34, 39, 46].

3. Госпітальні ризики, інфекційний контроль та медична логістика. Аномально висока температура є критичною загрозою для інфраструктури охорони здоров'я одразу за кількома напрямками, оскільки вона безпосередньо впливає на життя вразливих пацієнтів, безпеку медикаментів та працездатність персоналу [3, 59].

Виникає самовільне порушення процесу дезінфекції: швидке випаровування спиртовмісних та хлорактивних розчинів знижує діючу концентрацію ще до закінчення часу експозиції. Разом із температурною стимуляцією бактеріальних біоплівкок це вимагає перегляду СОПів щодо приготування, тривалості експозиції та частоти використання деззасобів, очікуваної ефективності їх дії [3, 10].

Крім того, прогрівання води у внутрішніх мережах до +30–42°C викликає стрімке розмноження легіонел, особливо у застійних зонах водопроводу та кондиціонерах [46]. Інформативним є аналіз 15-річної динаміки легіонельозу в Італії, який виявив чітку кореляцію між хвилями літньої спеки, підвищенням вологості та ростом госпіталізацій через «хворобу легіонерів», пов'язану із системами охолодження в будинках і лікарнях [39].

По-друге, проявляється тепловий стрес персоналу. Робота в ізолювальних ЗІЗ при +28°C викликає швидку гіпертермію та когнітивно-моторні порушення. Це підвищує ризик порушень біобезпеки під час процедури знімання костюма і зростання загрози самоінфікування [3, 59].

По-третє, відбувається зрив «холодового ланцюга». Під загрозою термодеградації опиняються вакцини, ПЛР/ІФА тест-системи, ферменти та біологічні зразки, які оперативні бригади ЦКПХ транспортують із осередків інфекції. Це вимагає обов'язкового переходу на валідовані термоконтейнери з електронними реєстраторами температури (data loggers) — пристроями, які автоматично вимірюють та записують показники через задані проміжки часу. Після доставки можна перевірити, чи не було порушення допустимого температурного режиму.

4. Міжнародний досвід адаптації систем охорони здоров'я. Світова практика відповіді на кліматичні виклики розвивається за кіль-

кома основними напрямками. Загальноприйнятим є впровадження концепції «Єдине здоров'я» (One Health), що передбачає об'єднання епідеміологічного, екологічного, ветеринарного та ентомологічного моніторингу, з постійним залученням гідрометеорологічних даних для комплексної оцінки ризиків [11, 33, 45, 63, 64].

Наступним компонентом пристосування систем охорони здоров'я, до змін клімату є розбудова систем раннього застереження (EWS) шляхом впровадження технологій супутникового моніторингу (температура поверхні, опади, вегетаційний індекс) та алгоритмів ШІ/Machine Learning для предиктивного моделювання спалахів арбовірусних та водних інфекцій [23, 24, 26, 44, 45, 58, 64].

Невід'ємна потреба це зміцнення кадрового потенціалу (Healthcare Workforce Capacity) через включення кліматичного компонента та біобезпеки в спеку до програм вишів і системи безперервного професійного розвитку (БПР) лікарів та епідеміологів [7, 12, 37, 50, 51, 55].

Позитивні результати приносить розробка планів дій під час спеки (Heat-Health Action Plans) та імплементації адаптивних рекомендацій для населення, де поради із захисту від теплового стресу поєднуються з протиепідемічними обмеженнями щодо безпеки води. Також вони регулюють питання захисту від векторів та ліквідації місць їх виплоду або методик регуляції чисельності [5, 23, 43, 59].

5. Можливі напрямки адаптації національної системи епіднагляду України до змін клімату. На нашу думку, за результатами аналізу міжнародного досвіду та актуальних наукових досліджень за цією тематикою, зміни національної системи протиепідемічної готовності можна коротко визначити за чотирма ключовими напрямками [3, 11, 34, 59].

Перший напрямок полягає у оновленні нормативних документів, тобто внесенні чітких метеорологічних показників (порогова температура, тривалість посухи) до державних порядків та інструкцій з моніторингу інфекцій, розширюючи застосування Наказів МОЗ № 1726 та № 1742. Це дозволить ініціювати профілактичні та протиепідемічні заходи ще до появи перших клінічних випадків [51]. Визначення порогів цих показників має здійснюватися фахівцями, в рамках міжсекторальної взаємодії державних служб, відповідно до концепції «Єдине здоров'я» (One Health).

Другий напрям полягає в зміцненні інституційних та, особливо, лабораторних спромож-

ностей національної системи. Необхідно проводити розширення ПЛР-спроможностей обласних ЦКПХ щодо молекулярної діагностики видового складу й вірусофорності комарів (*Culex*, *Aedes albopictus*), а також повне оснащення оперативних груп ефективними, стандартизованими пастками, автономними термokonтейнерами з дата-логгерами для польових виїздів. Також необхідна адаптація діючих СОПів, за якими діє медичний персонал, до нових температурних умов праці [3]. Лікарняне середовище під час хвиль спеки стає вразливим, що вимагає оперативної корекції регламентів дезінфекції, захисту медичного обладнання від бактеріальних біоплівки та суворого контролю безпеки мереж водопостачання й вентиляції для запобігання спалахам внутрішньолікарняних інфекцій [39]. Не в останню чергу, важливо знаходити шляхи заохочення персоналу навчатися новим напрямкам в роботі. Інертність кадрів може бути однією з причин занадто тривалої, навіть невдалої імплементації нововведень у функціонування системи.

Третім кроком виступає охорона праці медиків, заходи з біобезпеки персоналу в лабораторіях та інфекційних лікарнях з урахуванням температурних чинників. Вона покликана захистити медичний та лабораторний персонал від фізіологічного теплового стресу у разі використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) у високотемпературному середовищі [3, 37, 59] шляхом розробки відомих регламентів для роботи в ЗІЗ під час спеки з обов'язковим нормуванням змін (наприклад типу — не більше 2–3 годин поспіль у «брудній» зоні при зовнішній температурі повітря +28°C), впровадженням питних протоколів та облаштуванням кімнат відпочинку із системою охолодження [3, 59].

Четвертим напрямом, на який звертають найменше уваги, є оновлення СОПів, тобто корекція стандартних операційних процедур дезінфекції, WASH-інфраструктури (Water, Sanitation, and Hygiene networks) та підтримки «холодового ланцюга» при критичних температурних навантажень [3]. Досягнення мети цього напрямку полягає у розбудові медичної логістики, адаптованої до нових температурних реалій теплої пори року. Тут надважливим є безперервний контроль «холодового ланцюга» під час транспортування та тривалого зберігання вакцин, реагентів і біологічних зразків [3, 7, 37, 59].

Міжнародний досвід реагування на зміни епідеміологічної ситуації, пов'язані з кліма-

тичними чинниками, показує що реорганізація системи протиепідемічної готовності має охоплювати нормативно-правові, інституційні та суто операційні аспекти [3, 63, 66]. Лише комплексне вирішення питання дасть змогу досягнути прийнятливих результатів. Інтегрований епідеміологічний нагляд є підходом до організації системи громадського здоров'я, який передбачає поєднання даних епідеміологічного, лабораторного, ентомологічного та гідрометеорологічного моніторингу для своєчасного виявлення та оцінювання інфекційних ризиків. Доцільним є поступовий розвиток систем раннього попередження та реагування, які враховують гідрометеорологічні, ентомологічні та епідеміологічні дані [11, 45].

Своєчасний моніторинг абіотичних чинників дозволяє бачити загрозу ще до того, як патоген потрапить у людську популяцію.

ВИСНОВКИ

Узагальнюючи результати проведеного аналізу та оцінку сучасних міжнародних підходів до мінімізації клімато-залежних епідеміологічних ризиків, можна сформулювати підсумкові висновки щодо трансформації епідемічного процесу та національної системи біобезпеки в Україні:

1. Висока швидкість та інтенсифікація процесів аридизації Півдня України та поступовий зсув кліматичних зон та ізотерм у північно-західному напрямку є важливими факторами та важелями запуску трансформації епідеміологічних ланцюгів. Вони створюють нові виклики для системи біологічної безпеки всієї держави.

2. Під впливом спеки тривалість зовнішнього інкубаційного періоду інфекційних патогенів суттєво скорочується. Це прискорює накопичення вірусів у тілі переносників та підвищує їхню векторну компетентність. Ситуація ускладнюється закріпленням і перезимівлею *Aedes albopictus* та інших інвазійних видів векторів на території України, а також розширенням ареалу й ендемізацією гарячки Західного Нілу в центральних та північних областях.

3. Процеси екологічної трансформації малих водойм призводять до формування нового екотипу — застійної водойми, з високою концентрацією органічних решток, які стають осередками для вищлюду комарів роду *Culex*, та враховуючи цвітіння водойм, потенційної можливості для масового розмноження *Vibrio* spp.

Це питання поки що малодосліджено. Висока температура повітря стимулює розмноження бактеріальних ентеропатогенів у довкіллі та харчових продуктах, а м'які зими подовжують сезонність активності гризунів і кліщів — резервуарів та переносників бактеріальних та вірусних зоонозних інфекцій.

4. У закладах охорони здоров'я спека стимулює утворення бактеріальних біоплівки, прискорює деградацію дезінфектантів і сприяє росту *Legionella pneumophila* в мережах водопостачання. Тривала робота в ЗІЗ викликає тепловий стрес у медичного персоналу, інтенсивність якого залежить від індивідуальних характеристик сприйнятливості організму до високих температур. Підвищується також ризик критичних помилок під час знімання захисного костюма. І одночасно виникає проблема ускладнення медичної логістики через загрози порушення «холодового ланцюга» для МІБП і діагностичних реагентів, особливо актуальне це питання, звичайно, у теплий сезон року.

5. Для системи епідеміологічного нагляду України практичне значення має не стільки абсолютне підвищення середньої температури, скільки зміна тривалості періодів, протягом яких одночасно виникають сприятливі умови для розвитку переносників, циркуляції збудників та порушення роботи польових і лабораторних підрозділів.

6. Необхідний моніторинг функціонування системи епідеміологічного нагляду шляхом імплементації концепції «Єдине здоров'я». Внесення метеорологічних факторів до державних порядків моніторингу інфекцій (Накази МОЗ № 1726, № 1742), посилення спроможностей ПЛР-діагностики ЦКПХ щодо векторів, забезпечення надійного термоконтролю при транспортуванні зразків та систематичне оновлення СОПів відповідно до нових кліматичних умов (нормування тривалості змін у ЗІЗ під час спеки та запровадження протоколів гідратації й охолодження персоналу).

REFERENCES

1. Agyekum TP, Botwe PK, Arko-Mensah J, Issah I, Acquah AA, Hogarh JN, et al. A systematic review of the effects of temperature on Anopheles mosquito development and survival: implications for malaria control in a future warmer climate. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(14):7255. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph18147255>
2. Akil L, Ahmad HA, Reddy RS. Effects of climate change on Salmonella infections. *Foodborne Pathog Dis*. 2014;11(12):974–80. doi: <https://doi.org/10.1089/fpd.2014.1802>

3. **Anikeeva O, Hansen A, Varghese B, Borg M, Zhang Y, Xiang J, et al.** The impact of increasing temperatures due to climate change on infectious diseases. *BMJ*. 2024;387:e079343. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj-2024-079343>
4. **Baharom M, Ahmad N, Hod R, Arsad FS, Tangang F.** The impact of meteorological factors on communicable disease incidence and its projection: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(21):11117. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph182111117>
5. **Baker RE, Mahmud AS, Miller IF, Rajeev M, Rasambainarivo F, Rice BL, et al.** Infectious disease in an era of global change. *Nat Rev Microbiol*. 2022;20(4):193–205. doi: <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00639-z>
6. **Bell EJ, Turner P, Meinke H, Holbrook NJ.** Developing rural community health risk assessments for climate change: a Tasmanian pilot study. *Rural Remote Health*. 2015;15(3):3174.
7. **Boekels R, Nikendei C, Roether E, Friederich HC, Bugaj TJ.** Climate change and health in international medical education — a narrative review. *GMS J Med Educ*. 2023;40(3):Doc37. doi: <https://doi.org/10.3205/zma001619>
8. **Brumfield KD, Usmani M, Chen KM, Gangwar M, Jutla AS, Huq A, et al.** Environmental parameters associated with incidence and transmission of pathogenic *Vibrio* spp. *Environ Microbiol*. 2021;23(12):7314–40. doi: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15716>
9. **Cao L, Huo X, Xiang J, Lu L, Liu X, Song X, et al.** Interactions and marginal effects of meteorological factors on haemorrhagic fever with renal syndrome in different climate zones: evidence from 254 cities of China. *Sci Total Environ*. 2020;721:137564. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137564>
10. Centers for Disease Control and Prevention. Climate and infectious diseases [Internet]. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 2024 Mar 21 [cited 2026 Aug 25]. Available from: <https://www.cdc.gov/nceid/topics-programs/climate-infectious-disease.html>
11. Centers for Disease Control and Prevention. About One Health [Internet]. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 2025 Jun 27 [cited 2026 Aug 25]. Available from: <https://www.cdc.gov/one-health/about/index.html>
12. **Chersich MF, Wright CY.** Climate change adaptation in South Africa: a case study on the role of the health sector. *Global Health*. 2019;15(1):22. doi: <https://doi.org/10.1186/s12992-019-0466-x>
13. **Chua PLC, Ng CFS, Tobias A, Seposo XT, Hashizume M.** Associations between ambient temperature and enteric infections by pathogen: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health*. 2022;6(3):e202–18. doi: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00003-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00003-1)
14. **Chushkina I, Hapich H, Matukhno O, Pavlychenko A, Kovalenko V, Sherstiuk Y.** Loss of small rivers across the steppe: climate change or the hand of man? Case study of the Chaplynka river. *Int J Environ Stud*. 2024;81(1):260–74. doi: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314853>
15. Copernicus Climate Change Service, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, World Meteorological Organization. European State of the Climate 2025 [Internet]. 2026 [cited 2026 Aug 25]. doi: <https://doi.org/10.24381/zy93-sb27>
16. **Damten Y, Tong M, Varghese BM, Anikeeva O, Hansen A, Dear K, et al.** Effects of high temperatures and heatwaves on dengue fever: a systematic review and meta-analysis. *EBioMedicine*. 2023;91:104582. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2023.104582>
17. **De Leo GA, Stensgaard AS, Sokolow SH, N'Goran EK, Chamberlin AJ, Yang GJ, et al.** Schistosomiasis and climate change. *BMJ*. 2020;371:m4324. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.m4324>
18. **Delrieu M, Martinet JP, O'Connor O, Viennet E, Menkes C, Burtet-Sarramegna V, et al.** Temperature and transmission of chikungunya, dengue, and Zika viruses: a systematic review of experimental studies on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Curr Res Parasitol Vector Borne Dis*. 2023;4:100139. doi: <https://doi.org/10.1016/j.crpvbd.2023.100139>
19. **Farooq Z, Sjödin H, Semenza JC, Tozan Y, Sewe MO, Wallin J, et al.** European projections of West Nile virus transmission under climate change scenarios. *One Health*. 2023;16:100509. doi: <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100509>
20. **Galgamuwa LS, Dharmaratne SD, Iddawela D.** Leishmaniasis in Sri Lanka: spatial distribution and seasonal variations from 2009 to 2016. *Parasit Vectors*. 2018;11:60. doi: <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2647-5>
21. **Ghatee MA, Sharifi I, Mohammadi N, Moghaddam BE, Kohansal MH.** Geographical and climatic risk factors of cutaneous leishmaniasis in the hyper-endemic focus of Bam County in southeast Iran. *Front Public Health*. 2023;11:1236552. doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1236552>
22. **Giesen C, Herrador Z, Fernandez-Martinez B, Figuerola J, Gangoso L, Vazquez A, et al.** A systematic review of environmental factors related to WNV circulation in European and Mediterranean countries. *One Health*. 2023;16:100478. doi: <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2022.100478>
23. **Godsmark CN, Irlam J, van der Merwe F, New M, Rother HA.** Priority focus areas for a sub-national response to climate change and health: a South African provincial case study. *Environ Int*. 2019;122:31–51. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.035>
24. **Hussain-Alkhateeb L, Rivera Ramirez T, Kroeger A, Gozzer E, Runge-Ranzinger S.** Early warning systems (EWSs) for chikungunya, dengue, malaria, yellow fever, and Zika outbreaks: what is the evidence? A scoping review. *PLoS Negl Trop Dis*. 2021;15(9):e0009686. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009686>
25. Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of Disease Study 2021 (GBD 2021) [Internet]. Seattle (WA): Institute for Health Metrics and Evaluation; 2024 [cited 2026 Aug 25]. Available from: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>
26. **Javaid M, Sarfraz MS, Aftab MU, Zaman QU, Rauf HT, Alnowibet KA.** WebGIS-based real-time surveillance and response system for vector-borne infectious diseases. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(4):3740. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph20043740>

27. Kraay ANM, Brouwer AF, Lin N, Collender PA, Remais JV, Eisenberg JNS. Modeling environmentally mediated rotavirus transmission: the role of temperature and hydrologic factors. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018;**115**(12):E2782–90. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1719579115>
28. Kulbida M. *Seredniorichna temperatura povitria v Ukraini zrostaie shvydshe, nizh zahalnosvitova [Average annual air temperature in Ukraine is rising faster than the global average]* [Internet]. 2020 Jul 31 [cited 2026 Aug 25]. Ukrainian. Available from: <https://unn.ua/news/serednorichna-temperatura-povitrya-v-ukrayini-zrostaye-shvidshe-nizh-zagalnosvitova-kulbida>
29. Lee JS, Carabali M, Lim JK, Herrera VM, Park IY, Villar L, et al. Early warning signal for dengue outbreaks and identification of high risk areas for dengue fever in Colombia using climate and non-climate datasets. *BMC Infect Dis*. 2017;**17**(1):480. doi: <https://doi.org/10.1186/s12879-017-2577-4>
30. Li Y, Dou Q, Lu Y, Xiang H, Yu X, Liu S. Effects of ambient temperature and precipitation on the risk of dengue fever: a systematic review and updated meta-analysis. *Environ Res*. 2020;**191**:110043. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110043>
31. Liu Z, Meng Y, Xiang H, Lu Y, Liu S. Association of short-term exposure to meteorological factors and risk of hand, foot, and mouth disease: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;**17**(21):8017. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17218017>
32. Mordecai EA, Cohen JM, Evans MV, Gudapati P, Johnson LR, Lippi CA, et al. Detecting the impact of temperature on transmission of Zika, dengue, and chikungunya using mechanistic models. *PLoS Negl Trop Dis*. 2017;**11**(4):e0005568. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005568>
33. Morin CW, Semenza JC, Trtanj JM, Glass GE, Boyer C, Ebi KL. Unexplored opportunities: use of climate- and weather-driven early warning systems to reduce the burden of infectious diseases. *Curr Environ Health Rep*. 2018;**5**(4):430–8. doi: <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0221-0>
34. Pampaka D, Gómez-Barroso D, López-Perea N, Carmona R, Portero RC. Meteorological conditions and Legionnaires' disease sporadic cases — a systematic review. *Environ Res*. 2022;**214**(Pt 4):114080. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114080>
35. Perkins-Kirkpatrick SE, Lewis SC. Increasing trends in regional heatwaves. *Nat Commun*. 2020;**11**:3357. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16970-7>
36. Philipsborn R, Ahmed SM, Brosi BJ, Levy K. Climatic drivers of diarrheagenic *Escherichia coli* incidence: a systematic review and meta-analysis. *J Infect Dis*. 2016;**214**(1):6–15. doi: <https://doi.org/10.1093/infdis/jiw081>
37. Purcell R, McGirr J. Preparing rural general practitioners and health services for climate change and extreme weather. *Aust J Rural Health*. 2014;**22**(1):8–14. doi: <https://doi.org/10.1111/ajr.12075>
38. Qi H, Li Y, Zhang J, Chen Y, Guo Y, Xiao S, et al. Quantifying the risk of hand, foot, and mouth disease (HFMD) attributable to meteorological factors in East China: a time series modelling study. *Sci Total Environ*. 2020;**728**:138548. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138548>
39. Riccò M, Peruzzi S, Ranzieri S, Giuri PG. Epidemiology of Legionnaires' disease in Italy, 2004–2019: a summary of available evidence. *Microorganisms*. 2021;**9**(11):2180. doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9112180>
40. Rocklöv J, Dubrow R. Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nat Immunol*. 2020;**21**(5):479–83. doi: <https://doi.org/10.1038/s41590-020-0648-y>
41. Rohr JR, Cohen JM. Understanding how temperature shifts could impact infectious disease. *PLoS Biol*. 2020;**18**(11):e3000938. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000938>
42. Rudik VA, Korzhov YeI, Chebotar SV. Otsinka perezhymivli ta umov lokalnoi reproduktsii epidemiolohichno nebezpechnoho vydu komariv *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) na pivdni Ukrainy [Assessment of overwintering and local reproduction conditions of the epidemiologically dangerous mosquito species *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in South of Ukraine]. *SWorldJournal*. 2024;**26**(Pt 1):99–109. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-26-00-019>
43. Sambath V, Narayan S, Kumar P, Kumar P, Pradyumna A. Knowledge, attitudes and practices related to climate change and its health aspects among the healthcare workforce in India — a cross-sectional study. *J Clim Change Health*. 2022;**6**:100147. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2022.100147>
44. Sanchez Tejeda G, Benitez Valladares D, Correa Morales F, Toledo Cisneros J, Espinoza Tamarindo BE, Hussain-Alkhateeb L, et al. Early warning and response system for dengue outbreaks: moving from research to operational implementation in Mexico. *PLOS Glob Public Health*. 2023;**3**(9):e0001691. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0001691>
45. Semenza JC. Prototype early warning systems for vector-borne diseases in Europe. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;**12**(6):6333–51. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph120606333>
46. Sharaby Y, Rodríguez-Martínez S, Oks O, Pecellin M, Mizrahi H, Peretz A, et al. Temperature-dependent growth modeling of environmental and clinical *Legionella pneumophila* multilocus variable-number tandem-repeat analysis (MLVA) genotypes. *Appl Environ Microbiol*. 2017;**83**(8):e03295-16. doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.03295-16>
47. Simonin Y. Circulation of West Nile virus and Usutu virus in Europe: overview and challenges. *Viruses*. 2024;**16**(4):599. doi: <https://doi.org/10.3390/v16040599>
48. Song J, Pan R, Yi W, Wei Q, Qin W, Song S, et al. Ambient high temperature exposure and global disease burden during 1990–2019: an analysis of the Global Burden of Disease Study 2019. *Sci Total Environ*. 2021;**787**:147540. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147540>
49. Tymochko T. *Ponad 20 tysiach malykh richok Ukrainy vtratyly vodotik [More than 20 thousand small rivers in Ukraine have lost their flow]*. Ukrinform. 2023. Ukrainian.
50. Tong MX, Hansen A, Hanson-Easey S, Xiang J, Cameron S, Liu Q, et al. Perceptions of capacity for infectious disease control and prevention to meet

- the challenges of dengue fever in the face of climate change: a survey among CDC staff in Guangdong Province, China. *Environ Res.* 2016;**148**:295–302. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.03.043>
51. **Tran BX, Nguyen TH, Phung DT, Nguyen LH, Pham HQ, Vu GT, et al.** Gaps in awareness of climate variability and its impacts on society among health professionals and community workers in Vietnam: implications for COVID-19 and other epidemic response systems. *Int J Disaster Risk Reduct.* 2021;**59**:102212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102212>
 52. **Berezhniak EM, Naumovska OI, Berezhniak MF.** Degradation processes in the soils of Ukraine and their negative consequences for the environment. *Biological Systems: Theory and Innovation.* 2022;**13** (3–4):96–109. doi: [https://doi.org/10.31548/biologiya13\(3-4\).2022.014](https://doi.org/10.31548/biologiya13(3-4).2022.014)
 53. Ukrainian Hydrometeorological Center, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Analiz temperaturnykh anomalii ta klimatychnykh ryzykiv v Ukraini [Analysis of temperature anomalies and climate risks in Ukraine]. 2021. Ukrainian.
 54. **Vezzulli L, Grande C, Reid PC, Hélaouët P, Edwards M, Höfle MG, et al.** Climate influence on Vibrio and associated human diseases during the past half-century in the coastal North Atlantic. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2016;**113**(34):E5062–71. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1609157113>
 55. **Vo MV, Ebi KL, Busch Isaksen TM, Hess JJ, Errett NA.** Addressing capacity constraints of rural local health departments to support climate change adaptation: action is needed now. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;**19**(20):13651. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph192013651>
 56. **Wang Y, Zhang C, Gao J, Chen Z, Liu Z, Huang J, et al.** Spatiotemporal trends of hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS) in China under climate variation. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2024;**121**(4):e2312556121. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.2312556121>
 57. World Health Organization. World malaria report 2023. Geneva: World Health Organization; 2023. 283 p. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240086173>
 58. World Health Organization. Early Warning, Alert and Response System (EWARS) [Internet]. Geneva: World Health Organization; [cited 2026 Aug 25]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/surveillance/early-warning-alert-and-response-system-ewars>
 59. World Health Organization. Regional Office for Europe. Heat-health action plans: guidance. 2nd ed. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2026. 272 p. Available from: <https://iris.who.int/handle/10665/386265>
 60. **Wu X, Lu Y, Zhou S, Chen L, Xu B.** Impact of climate change on human infectious diseases: empirical evidence and human adaptation. *Environ Int.* 2016;**86**:14–23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.09.007>
 61. **Yang GJ, Bergquist R.** Potential impact of climate change on schistosomiasis: a global assessment attempt. *Trop Med Infect Dis.* 2018;**3**(4):117. doi: <https://doi.org/10.3390/tropicalmed3040117>
 62. Zaxid.net, Ukrainian Hydrometeorological Center. Klimatychni anomalii Ukrainy: ohliad sposterezhen [Climate anomalies in Ukraine: review of observations]. 2026. Ukrainian.
 63. **Zinsstag J, Crump L, Schelling E, Hattendorf J, Maidane YO, Ali KO, et al.** Climate change and One Health. *FEMS Microbiol Lett.* 2018;**365**(11):fny085. doi: <https://doi.org/10.1093/femsle/fny085>
 64. **Morin CW, Comrie AC.** Regional and seasonal response of a West Nile virus vector to climate change. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2013;**110**(39):15620–5. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1307135110>
 65. **Jutla AS, Akanda AS, Islam S.** A framework for predicting endemic cholera using satellite derived environmental determinants. *Environ Model Softw.* 2013; **47**:148–58. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.05.008>
 66. World Health Organization. Integrated surveillance and climate-informed health early warning systems [Internet]. Geneva: World Health Organization; [cited 2026 Sep 1]. Available from: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/climate-change-and-health/country-support/integrated-surveillance-and-climate-informed-health-early-warning-systems>

ФІНАНСУВАННЯ

Зовнішнє фінансування від міжнародних, комерційних або неурядових організацій для проведення цього дослідження та підготовки рукопису не залучалося.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність фінансових, професійних чи особистих конфліктів інтересів які впливали б на об'єктивність

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Під час підготовки цього рукопису автори використовували засоби генеративного штучного інтелекту (Generative AI) виключно з метою стилістичного редагування, корекції граматики та оптимізації структури викладу тексту українською та англійською мовами. Генеративний ШІ не застосовувався для збору даних, їхньої первинної обробки, проведення епідеміологічного/статистичного аналізу, формулювання наукових гіпотез чи написання підсумкових висновків. Автори несуть повну відповідальність за зміст публікації, точність даних та остаточну редакцію рукопису.

FUNDING

No external funding from international, commercial or non-governmental organizations was involved in conducting this study and preparing the manuscript.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that there are no financial, professional or personal conflicts of interest that would affect objectivity

USE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

During the preparation of this manuscript, the authors used generative artificial intelligence (Generative AI) tools exclusively for the purpose of stylistic editing, grammar correction and optimization of the structure of the text in Ukrainian and English. Generative AI was not used for data collection, their initial processing, epidemiological/statistical analysis, formulation of scientific hypotheses or writing of final conclusions. The authors bear full responsibility for the content of the publication, the accuracy of the data and the final version of the manuscript.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

ГОЛУБЯТНИКОВ Микола: загальне наукове керівництво, критичний перегляд наукового змісту рукопису, підсумкове редагування та остаточне затвердження версії статті для публікації.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8609-6741>

ТЮПА Володимир: концептуалізація дослідження, розробка методологічної структури, аналітична обробка матеріалу та безпосереднє написання початкового варіанта (чернетки) рукопису, формулювання наукових узагальнень.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6060-2025>

ДЖУРТУБАЄВА Галина: систематичний збір, первинна обробка та систематизація епідеміологічних, лабораторних та епізоотологічних даних, аналіз профільної наукової літератури та міжнародних джерел.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3671-7344>

ГЕРАСИМЕНКО Олена: концептуалізація дослідження, розробка методологічної структури, аналітична обробка матеріалу та безпосереднє написання початкового варіанта (чернетки) рукопису, формулювання наукових узагальнень.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1291-657X>

МЕЛЬНИК Ольга: систематичний збір, первинна обробка та систематизація епідеміологічних, лабораторних та епізоотологічних даних, аналіз профільної наукової літератури та міжнародних джерел.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3919-5189>

AUTHORS INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

GOLUBYATNYKOV Mykola: supervision, funding acquisition, writing — review & editing, and final approval of the manuscript.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8609-6741>

TIUPA Volodymyr: conceptualization, methodology development, data synthesis, and writing — original draft preparation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6060-2025>

DZHURTUBAIEVA Halyna: investigation, epidemiological and laboratory data curation, formal analysis, and literature review.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3671-7344>

GERASYMENKO Olena: conceptualization, methodology development, data synthesis, and writing — original draft preparation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1291-657X>

MELNYK OIha: investigation, epidemiological and laboratory data curation, formal analysis, and literature review.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3919-5189>

Отримано: 14.08.2026

Прийнято до друку: 17.09.2026

Опубліковано: 30.09.2026

Received: 14.08.2026

Accepted: 17.09.2026

Published: 30.09.2026

