
КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ЯК КАТАЛІЗАТОР ІНФЕКЦІЙНИХ ЗАГРОЗ: АНТИМІКРОБНА РЕЗИСТЕНТНІСТЬ, НОВІ ПАТОГЕНИ ТА ГОТОВНІСТЬ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ

Грицко Роман

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-710-9-1-2>

ВСТУП

Кліматичні зміни перетворилися на одну з найбільш гострих загроз глобальному здоров'ю людства у XXI столітті. Всесвітня організація охорони здоров'я кваліфікує їх як «фундаментальну загрозу для здоров'я людей», що підтверджується численними емпіричними даними з різних регіонів світу. Щорічні доповіді *Lancet Countdown on Health and Climate Change* фіксують стійке погіршення кліматичних умов, яке безпосередньо позначається на динаміці та географії інфекційних захворювань¹.

Зміни температурного режиму, перерозподіл зон опадів, екстремальні посухи, повені та зростання частоти погодних аномалій створюють нові екологічні ніші для патогенних мікроорганізмів та їх переносників, руйнуючи усталені бар'єри між людиною, тваринами та навколишнім середовищем². Це призводить до розширення часових і просторових ареалів харчових, водних та трансмісивних патогенів, що спричиняє появу захворювань у регіонах, де вони раніше не реєструвалися, а місцеві системи охорони здоров'я часто не мають відповідних протоколів діагностики та лікування.

За прогнозами Шостої оціночної доповіді МГЕЗК (IPCC AR6, 2023), навіть за сценарію стабілізації потепління на рівні 1,5 °C ризики виникнення кліматично обумовлених інфекційних спалахів зростуть щонайменше вдвічі порівняно з доіндустріальним рівнем³. Це становить особливу небезпеку для країн із вразливими системами охорони здоров'я,

¹ Romanello M., Napoli C., Whitmee S. et al. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for treating health as a climate priority. *Lancet*. 2023. Vol. 402 (10419). P. 2349–2380. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01720-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01720-6).

² Baker R. E., Mahmud A. S., Miller I. F. et al. Infectious disease in an era of global change. *Nat Rev Microbiol*. 2022. Vol. 20 (4). P. 193–205. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00639-z>.

³ Baker R. E., Mahmud A. S., Miller I. F. et al. Infectious disease in an era of global change. *Nat Rev Microbiol*. 2022. Vol. 20 (4). P. 193–205. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00639-z>.

серед яких і Україна, що додатково перебуває в умовах повномасштабного збройного конфлікту. Руїнування водної та санітарної інфраструктури, масове переміщення населення, перевантаження медичних закладів та обмежені можливості лабораторної діагностики створюють сприятливе тло для поширення нових інфекційних загроз.

Паралельно глобальне медичне співтовариство стикається із загрозою антимікробної резистентності (АМР), яку ВООЗ визнає однією з десяти найбільших загроз громадському здоров'ю. За даними *Global Burden of Disease* (2021), АМР вже сьогодні є причиною понад 1,27 мільйона смертей щороку⁴ і може стати провідною причиною смертності до 2050 року. Кліматичні чинники здатні суттєво прискорити розвиток АМР через збільшення потреби в антибіотиках у разі інфекцій, спровокованих кліматичними змінами, прискорення генетичного обміну між бактеріями за умов теплового стресу та зростання резистентних штамів унаслідок забруднення водних і ґрунтових екосистем.

Таким чином, кліматичні зміни й антимікробна резистентність формують синергетичну загрозу, з якою глобальні системи охорони здоров'я досі не навчилися ефективно боротися. Особливо гостро ця проблема постає в Україні, де поєднання кліматичних викликів, гуманітарної кризи та трансформації системи охорони здоров'я створює унікальний контекст для дослідження.

Метою цього дослідження є комплексний аналіз взаємозв'язку між кліматичними змінами та динамікою інфекційних загроз, виявлення системних вразливостей інфекційного контролю, що сприяють формуванню резистентних мікроорганізмів, а також розробка науково обґрунтованих практичних рекомендацій для зміцнення готовності системи охорони здоров'я України до кліматично обумовлених інфекційних ризиків.

1. Кліматичні зміни як рушій інфекційних загроз: розширений аналіз механізмів впливу, еволюції збудників та новітніх доказів

Зв'язок між кліматичними змінами та інфекційними захворюваннями є складним, багаторівневим і реалізується через декілька взаємопов'язаних механізмів термічного, гідрологічного й екологічного характеру. Центральне місце серед них посідають зміни температурного та гідрологічного режимів, які впливають на виживання збудників, їхніх векторів і резервуарів. Концепція теплових кривих продуктивності (thermal performance curves) пояснює, як температура визначає ключові біологічні характеристики патогенів та

⁴ Murray C. J. L., Ikuta K. S., Sharara F. et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*. 2022. Vol. 399 (10325). P. 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0).

їхніх векторів: швидкість реплікації, виживаність, частоту укусів комарів, тривалість екзотричного інкубаційного періоду та ймовірність зараження господаря. Для більшості трансмісивних збудників цей зв'язок є нелінійним – передача досягає піка за певної оптимальної температури, вище і нижче за яку інтенсивність трансмісії знижується. Підвищення температури внаслідок кліматичних змін зміщує ці криві таким чином, що раніше субоптимальні для трансмісії регіони стають сприятливими. Наприклад, Childs та співавтори (2025) встановили, що підвищення температури на 1 °C у діапазоні 17–20 °C підвищує захворюваність на лихоманку денге, а пік трансмісії припадає на температуру 27,8 °C; отже, дослідники прогнозують зростання захворюваності на денге на 49–76 % до середини нинішнього століття⁵, причому ризики збільшуються в регіонах, які раніше вважалися безпечними, зокрема на півдні та сході України.

Показовим є також приклад динаміки поширення вірусу Західного Нілу в Європі. Еразо та співавтори (2024) продемонстрували, що кліматичні зміни спричинили 2–6-кратне зростання чисельності населення, яке піддається ризику зараження цим вірусом, протягом 1901–2019 років⁶. Дослідження Fay та інших (2025) показало, що тривалість сезону передачі вірусу Західного Нілу у штаті Нью-Йорк зросла на 20 днів за останні 25 років, і ця тенденція у 6,4 раза більш імовірно зумовлена антропогенним потеплінням, ніж природною кліматичною мінливістю⁷. Для України, де вірус Західного Нілу реєструється з 2011 року переважно в південних областях, це є надзвичайно актуальним.

Підвищення температури повітря та збільшення кількості теплих сезонів суттєво розширюють ареали теплолюбивих членистоногих-переносників. Комарі видів *Aedes aegypti* та *Aedes albopictus*, що є переносниками денге, чікунгунї, вірусу Зіка та жовтої гарячки, фіксуються на нових широтах Європи. Відповідно до звіту Європейського центру з контролю та профілактики захворювань (2023), кількість сприятливих для розмноження *Aedes albopictus* місяців на рік у Центральній та Східній Європі за останні двадцять років збільшилася в середньому на 1,5–2,5 місяця⁸. Кліщ

⁵ Childs M. L., Lyberger K., Harris M. J. et al. Climate warming increases dengue burden in the Americas and Asia. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2025. Vol. 122 (1), e2512350122. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00639-z>.

⁶ Erazó D., Grant L., Gisborne G. et al. Contribution of climate change to the spatial spread of West Nile virus in Europe. *Nat Commun*. 2024. Vol. 15, 1196. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45290-3>.

⁷ Fay R. L., Glidden C. K., Trook J. T. et al. The influence of climate change on transmission season length: West Nile virus as a case study. *Ecology*. 2025. <https://doi.org/10.1101/2025.08.01.667982>.

⁸ European Centre for Disease Prevention and Control. Assessing the health impacts of climate change in Europe: technical report. Stockholm : ECDC, 2023. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/assessing-health-impacts-climate-change-europe>.

Ixodes ricinus, переносник хвороби Лайма та кліщового енцефаліту, все частіше реєструється на висотах понад 1000 метрів над рівнем моря та в раніше неприйнятних для нього регіонах Скандинавії і гірських районах Центральної Європи. Дані Міністерства охорони здоров'я України свідчать про стале зростання захворюваності на хворобу Лайма протягом останніх двох десятиліть, тоді як реєстрація кліщового енцефаліту залишається нерівномірною через недостатній рівень лабораторної діагностики.

Не менш важливими є зміни в поведінці та міграційних маршрутах перелітних птахів, що є ключовими резервуарами вірусів грипу типу А та інших зоонозних збудників. Зміна термінів міграції та зимівлі формує нові зони контакту між дикою та свійською птицею, збільшуючи ймовірність спіллову (міжвидової передачі) патогенів. Для України, яка розташована на перетині важливих міграційних шляхів між Африкою, Середземномор'ям та Арктикою, це означає підвищену вірогідність реасортації вірусів грипу та появи нових пандемічних штамів, зокрема підтверджених випадків нових рекомбінантних штамів H5N1 та H5N2 серед великої рогатої худоби та людей у Північній Америці.

Кліматично обумовлене руйнування природних екосистем є одним із ключових факторів зростання ризику виникнення нових інфекційних захворювань. Посухи й екстремальна спека змушують дику фауну залишати звичні ареали та наближатися до населених пунктів у пошуках води та їжі, збільшуючи контакти з людьми та свійськими тваринами. Повені та надзвичайні опади, навпаки, переносять патогени з природних резервуарів у водойми та ґрунт, який потім потрапляє у харчовий ланцюг. Carlson та співавтори (2022, оновлено 2023)⁹ у масштабному моделюванні показали, що підвищення температури на 2 °C може призвести до понад 300 000 нових міжвидових передач вірусів, насамперед серед кажанів – основних резервуарів коронавірусів, вірусів Ебола, Ніпа та Хендра. Дослідження Ебу та інших (2023)¹⁰ підтвердило, що швидкі зміни в екології кажанів, пов'язані, зокрема, зі зменшенням доступності їжі внаслідок кліматичних змін, одночасно підвищують ризик спіллову патогенів до нових хазяїв. Ці дані свідчать про те, що кліматичні зміни не лише посилюють відомі загрози, але й стимулюють умови для появи принципово нових патогенів.

Протягом 2023–2025 років зафіксовано низку значущих епізоотологічних та епідеміологічних подій, що свідчать про посилення тиску зоонозних

⁹ Carlson C. J., Albery G. F., Merow C. et al. Climate change increases cross-species viral transmission risk. *Nature*. 2022. Vol. 607 (7919). P. 555–562. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04788-w>.

¹⁰ Eby P., Peel A. J., Hoegh A. et al. Pathogen spillover driven by rapid changes in bat ecology. *Nature*. 2023. Vol. 613. P. 340–344. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05506-2>.

інфекцій. Спалахи вірусу мавпячої віспи (тпрох), які охопили понад 120 країн і у 2024 році були кваліфіковані ВООЗ як надзвичайна ситуація міжнародного значення в галузі охорони здоров'я, демонструють, як вірус, що раніше траплявся переважно в ендемічних регіонах Африки, набуває нових механізмів передачі безпосередньо від людини до людини. Реємергенція вірусу Ніпа в Бангладеш та Індії (2023–2024), нові випадки хвороби, спричиненої вірусом Марбург, у Руанді (2024), а також поширення вірусу Огоруше далеко за межі традиційного ареалу в Амазонії у 2024 році з реєстрацією внутрішньоутробної передачі вірусу та мікроцефалії у немовлят – усе це формує загрозливу картину прискорення зоонозного спіллову на тлі кліматичних змін. Зміна температурного режиму сприяла розширенню ареалу переносника Огоруше – мокреців роду *Culicoides* – у нові географічні зони.

Зміна режиму опадів та підвищення температури водних об'єктів суттєво збільшують ризики водозалежних інфекцій. Вибухові спалахи холери, черевного тифу та криптоспоридіозу асоціюються з паводками та руйнуванням водопостачальної інфраструктури. Зростання температури поверхневих вод Балтійського та Чорного морів сприяє розмноженню *Vibrio cholerae* та нехолерних вібріонів (*Vibrio vulnificus*); випадки вібріозу в Польщі, країнах Балтії та Туреччині у 2023–2024 роках підтверджують цю тенденцію. Підвищення температури ґрунту та змінений режим зволоження впливають на виживаність ентеропатогенних мікроорганізмів – *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni* та ентеропатогенних кишкових паличок – у навколишньому середовищі, подовжуючи їх інфективний потенціал. Прискорення росту токсинопродукуючих ціанобактерій у водосховищах, що є джерелами питного водопостачання, становить додаткову загрозу для систем комунальної санітарії. Катастрофічна повінь на півдні України влітку 2023 року, спричинена підливом Каховської гідроелектростанції, стала жорстокою ілюстрацією того, як поєднання кліматичних та воєнних ризиків може призвести до епідемічної загрози: мільйони тонн забрудненої води затопили прибережні райони Херсонської та Миколаївської областей, що призвело до забруднення джерел питної води, пошкодження каналізаційних мереж і масового переміщення населення – усіх факторів, що сприяють спалахам водних інфекцій, гепатиту А та лептоспірозу.

Кліматичний стрес є потужним рушієм мікробної еволюції. Підвищення температури прискорює час генерації бактерій та частоту мутацій ДНК, оскільки деякі механізми репарації ДНК є температурочутливими. Дослідження Hendriksen та співавторів (2024)¹¹ продемонстрували, що в разі

¹¹ Hendriksen R. S., Munk P., Njage P. et al. Global monitoring of antimicrobial resistance based on metagenomics analyses of urban sewage. *Nat Commun.* 2019. Vol. 10, 1124. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08853-3>.

підвищення температури на 3–4 °C швидкість горизонтального переносу генів між грамнегативними бактеріями може зростати на 20–40 %, що безпосередньо впливає на темпи поширення генів антибіотикорезистентності. Стресові умови довкілля (тепловий удар, осмотичний стрес, окисдаивний стрес) активують у бактерій SOS-відповідь – механізм екстреного виживання, що зумовлює гіперваріабельність геному й активацію мобільних генетичних елементів (плазмід, транспозонів, інтегронів). Цей механізм є одним із ключових шляхів формування нових фенотипів патогенності та резистентності, зокрема до антибіотиків останньої лінії.

Окрему категорію патогенів, кліматично обумовлених інфекційних загроз, становлять мікози – інфекційні захворювання, спричинені грибами. Інвазивні грибові інфекції протягом останнього десятиліття стрімко поширюються, проте залишаються значно менш вивченими порівняно з вірусними та бактеріальними патогенами. *Candida auris* – мультирезистентний дріжджовий гриб, уперше ідентифікований лише у 2009 році, – є найбільш наочним прикладом кліматично пов'язаного поширення нових грибових патогенів. Ряд дослідників висловлюють гіпотезу, що глобальне потепління сприяло адаптації *C. auris* до температури тіла людини – захисного бар'єра, який мільйони років перешкоджав колонізації людського організму грибами. Сьогодні *C. auris* зареєстрований на всіх континентах і є серйозною проблемою для інтенсивної терапії у зв'язку зі стійкістю до наявних протигрибових препаратів. ВООЗ (2022) включила *C. auris* до пріоритетного переліку грибових патогенів, а у звіті 2023 року наголосила на прямому зв'язку кліматичних чинників із поширенням інвазивних мікозів¹².

Coccidioides spp. – збудники кокцидіоїдомікозу (долинної гарячки) – розширюють свій ареал із традиційних посушливих регіонів Північної Америки на нові території, потенційно охоплюючи Середземномор'я. Jennifer R. Head та співавтори встановили, що посухи, пов'язані зі зміною клімату, асоціюються зі збільшенням захворюваності на долинну гарячку в Каліфорнії у 2000–2020 роках. Ці дані мають суттєве значення для посушливих степових районів півдня України та Криму, де умови для поширення цих патогенних грибів можуть посилюватися внаслідок кліматичних змін. Для України проблема грибових інфекцій набула особливого значення в контексті збройного конфлікту: мукомікоз – важка інвазивна інфекція, спричинена грибами порядку Mucorales, – фіксувався в поранених у госпіталях як ускладнення, пов'язане із забрудненням ран ґрунтом. Одночасне тривале застосування

¹² World Health Organization. WHO fungal priority pathogens list to guide research, development and public health action. Geneva : World Health Organization, 2022. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240060241>.

кортикостероїдів і широкоспектральних антибіотиків у поєднанні з тяжкими пораненнями є потужним чинником ризику для розвитку інвазивного аспергільозу та кандидемії.

Таким чином, сукупність наведених даних свідчить, що кліматичні зміни діють як мультифакторний каталізатор інфекційних загроз через розширення ареалів переносників і резервуарів, порушення екологічних бар'єрів, прискорення мікробної еволюції та поширення нових і реємергентних збудників, включно з грибковими патогенами. Це потребує термінової адаптації систем епідеміологічного нагляду, діагностики та протиепідемічної готовності, особливо в регіонах, що зазнають подвійного тиску кліматичних та антропогенних (зокрема воєнних) факторів.

2. Антимікробна резистентність у контексті кліматичних змін: механізми, регіональні особливості та стратегії протидії

Взаємозв'язок між кліматичними змінами й антимікробною резистентністю (AMR) є багатовимірним, реалізується через декілька взаємопосилювальних механізмів і дедалі частіше розглядається як подвійна глобальна криза, що потребує інтегрованих рішень у рамках концепції «Єдиного здоров'я» (One Health). Найбільш очевидним прямим механізмом є вплив підвищення температури довкілля на швидкість мутацій, частоту помилок під час реплікації ДНК та інтенсивність горизонтального перенесення генів між бактеріями. Тепловий стрес активує SOS-відповідь бактерій та мобільні генетичні елементи (плазміді, транспозони, інтегрони), які є основними переносниками генів резистентності, що прискорює поширення детермінант резистентності між бактеріями різних видів і навіть родів. Глобальний аналіз даних демонструє, що в разі зростання середньорічної температури на 1 °C рівні резистентності до клінічно значущих антибіотиків (зокрема, ампіциліну, триметоприм-сульфаметоксазолу) у типових збудників інфекцій сечовивідних шляхів зростають на 2,4–4,2 %¹³.

Непрямі механізми є не менш значущими. Збільшення частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ – повеней, посух, ураганів – супроводжується зростанням захворюваності на інфекційні хвороби, що, зі свого боку, збільшує обсяг застосування антибіотиків. Кожен курс антибіотикотерапії створює селективний тиск на мікробні спільноти, сприяючи виживанню та розмноженню резистентних штамів; таким чином, кліматичні зміни опосередковано посилюють AMR через збільшення

¹³ MacFadden D. R., McGough S. F., Fisman D. et al. Antibiotic resistance increases with local temperature. *Nat Clim Chang*. 2018. Vol. 8. P. 510–514. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0161-6>.

потреби в антимікробних препаратах¹⁴. Особливу роль відіграють повені, які виносять у поверхневі та підземні водні горизонти значні обсяги антибіотиків із сільськогосподарських угідь та тваринницьких комплексів, а також резистентні бактерії зі стічних вод, зокрема з лікарняного середовища. У теплих водах бактерії розмножуються швидше, а горизонтальний перенос генів резистентності між ними відбувається активніше, унаслідок чого водні екосистеми перетворюються на резервуари та розсадники AMR-патогенів у масштабах, що значно перевищують локальний рівень¹⁵. Дослідження в країнах зі значним тягарем холери (Бангладеш та інші) показали, що потепління клімату та пов'язані з ним зміни гідрологічного режиму сприяють не лише поширенню *Vibrio cholerae*, а й виникненню та циркуляції мультирезистентних його штамів; аналогічні закономірності виявлено для *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* та інших клінічно значущих збудників¹⁶.

Критичним, але нерідко недооціненим чинником формування мультирезистентних мікроорганізмів є системні недоліки інфекційного контролю на рівні медичних закладів, які особливо загострюються в умовах кліматичних надзвичайних ситуацій та збройних конфліктів. Подолання діагностичного розриву та впровадження системної стійкості є критичними елементами нової парадигми контролю антибіотикорезистентності для країни, що перебуває у стані збройного конфлікту, особливо в умовах накладання кліматичних ризиків¹⁷. Вимушена внутрішня та зовнішня міграція населення, обумовлена кліматичними катастрофами, стискає системи охорони здоров'я, порушує ланцюги постачання антибіотиків, призводить до нераціонального застосування протимікробних препаратів у кризових умовах, а також сприяє поширенню резистентних штамів між регіонами та країнами¹⁸. Дефіцит персоналу, перевантаженість відділень, недостатній доступ до засобів індивідуального захисту та базових гігієнічних ресурсів (вода, мило, антисептики) перетворюють медичні заклади на потужні

¹⁴ Murray C. J. L., Ikuta K. S., Sharara F. et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*. 2022. Vol. 399 (10325). P. 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0).

¹⁵ Rodriguez-Mozaz S., Vaz-Moreira I., Varela Della Giustina S. et al. Antibiotic residues and antibiotic resistant bacteria in global water bodies: A systematic review and meta-analysis. *Water Res.* 2020. Vol. 183. 116086. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116086>.

¹⁶ Huq A., Sack R. B., Nizam A. et al. Critical factors influencing the occurrence of *Vibrio cholerae* in the environment of Bangladesh. *Appl Environ Microbiol.* 2005. Vol. 71 (8). P. 4645–4654. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.8.4645-4654.2005>.

¹⁷ World Health Organization. Global report on infection prevention and control. Geneva : World Health Organization, 2022. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240051164>.

¹⁸ Baker R. E., Mahmud A. S., Miller I. F. et al. Infectious disease in an era of global change. *Nat Rev Microbiol.* 2022. Vol. 20 (4). P. 193–205. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00639-z>.

генератори резистентних мікроорганізмів¹⁹. Особливу загрозу становить внутрішньолікарняна передача ESKAPE-патогенів (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter* spp.) у закладах, де системи інфекційного контролю деградували внаслідок кліматично обумовлених катастроф або конфлікту. Карбапенем-резистентний *Acinetobacter baumannii* (CRAB), що масово поширюється в умовах воєнних госпіталів і зон катастроф, є наочним прикладом того, як збіг кризового менеджменту й неадекватного інфекційного контролю прискорює формування мікроорганізмів, агресивніших за вихідні дикі штами²⁰. Важливо підкреслити, що резистентні мікроорганізми, які виникають та циркулюють в умовах неадекватного інфекційного контролю, нерідко набувають не лише резистентності, але й посиленого патогенного потенціалу: горизонтальне перенесення генів між клінічними штамми часто супроводжується набуттям додаткових факторів вірулентності: ефлюкських помп, токсинів, капсульних антигенів, що робить їх ефективнішими в боротьбі проти захисних систем хазяїна порівняно із чутливими дикими штамми^{21, 22}.

За даними Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS) ВООЗ за 2022–2023 роки, рівні резистентності до карбапенемів у *Klebsiella pneumoniae* в ряді країн перевищили 50 %, тоді як ефективне лікування інфекцій, спричинених MRSA (*Staphylococcus aureus*, резистентний до метициліну), стає дедалі складнішим завданням у більшості регіонів світу²³. Щорічні втрати від інфекцій, спричинених AMR-мікроорганізмами, оцінюються у понад 700 000 смертей на рік, а прогнози показують, що без системного втручання ця цифра може сягнути 10 мільйонів на рік до 2050 року²⁴. Для Східної Європи характерні особливо

¹⁹ World Health Organization. Global strategy on infection prevention and control. Geneva : World Health Organization, 2023. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240073258>.

²⁰ Tacconelli E., Carrara E., Savoldi A. et al. Discovery, research, and development of new antibiotics: the WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *Lancet Infect Dis*. 2018. Vol. 18 (3). P. 318–327. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30753-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30753-3).

²¹ Грицко Р. Ю. Подолання дисбалансу: мультидисциплінарний погляд на справедливість у доступі до мікробіологічної діагностики як основи ефективного громадського здоров'я та контролю антибіотикорезистентності. *Грааль науки*. 2026. № 61. С. 998–1011. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.13.02.2026.152>.

²² Beceiro A., Tomás M., Bou G. Antimicrobial resistance and virulence: a successful or deleterious association in the bacterial world? *Clin Microbiol Rev*. 2013. Vol. 26 (3). P. 534–575. <https://doi.org/10.1128/CMR.00059-12>.

²³ Грицко Р. Ю. Від діагностичного розриву до системної стійкості: нова парадигма контролю антибіотикорезистентності для країни у стані конфлікту. *Укр. мед. часопис*. 2026. № 4 (178). <https://doi.org/10.32471/umj.1680-3051.276582>.

²⁴ Murray C. J. L., Ikuta K. S., Sharara F. et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*. 2022. Vol. 399 (10325). P. 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0).

тривожні тенденції: рівні резистентності до цефалоспоринів третього покоління серед клінічних ізолятів *Escherichia coli* та *Klebsiella pneumoniae* стабільно перевищують загальноєвропейські показники, а доступ до препаратів резерву (поліміксинів, тигецикліну, цефтазидиму-авібактаму) залишається обмеженим через регуляторні та фінансові бар'єри²⁵.

Україна залишається однією з країн Європи з найвищими показниками AMR. За даними Європейської мережі з епідеміологічного нагляду за антимікробною резистентністю (EARS-Net), рівень резистентності клінічно значущих патогенів в Україні систематично перевищує середні показники за більшістю груп антимікробних препаратів, причому поширення карбапенем-резистентних *K. pneumoniae* та *Acinetobacter baumannii* в українських стаціонарах дедалі наближається до критичних рівнів²⁶. Збройний конфлікт 2022–2024 років суттєво поглибив проблему AMR в Україні: масове та часто нераціональне застосування антибіотиків у польових умовах, широке використання антибіотиків для профілактики в умовах складних поранень, перевантаження лікарень і порушення протоколів інфекційного контролю створили умови для стрімкого розвитку полірезистентних мікроорганізмів^{27, 28}. Дослідження, проведені в травматологічних центрах, які приймали поранених із зони бойових дій, виявили високий рівень інфекцій, викликаних мультирезистентними ESKAPE-патогенами. В умовах кліматичних змін ця ситуація додатково ускладнюється: руйнування систем водопостачання та каналізації в зонах бойових дій та на прилеглих територіях спричиняє забруднення водних джерел резистентними мікроорганізмами; масове переміщення населення (за даними УВКБ ООН, до 8 мільйонів біженців та понад 5 мільйонів внутрішньо переміщених осіб) сприяє поширенню резистентних штамів між регіонами та країнами; кліматично обумовлене зростання захворюваності на інфекційні хвороби неминуче призведе до подальшого збільшення обсягів застосування антибіотиків. Важливим аспектом є також стан ветеринарного застосування антибіотиків в Україні:

²⁵ World Health Organization. *Antimicrobial resistance surveillance in Europe 2022 – 2020 data*. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2022. <https://www.who.int/europe/publications/item/9789289057646>.

²⁶ World Health Organization. *Antimicrobial resistance surveillance in Europe 2022 – 2020 data*. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2022. <https://www.who.int/europe/publications/item/9789289057646>.

²⁷ Baker P., Huang H., Hopkins S. et al. Antimicrobial resistance in conflict-affected zones: challenges and global implications. *Lancet Infect Dis*. 2023. Vol. 23 (8). P. e312–e321.

²⁸ Гришко Р. Ю. Від діагностичного розриву до системної стійкості: нова парадигма контролю антибіотикорезистентності для країни у стані конфлікту. *Укр. мед. часопис*. 2026. № 4 (178). <https://doi.org/10.32471/umj.1680-3051.276582>.

агропромисловий сектор залишається одним із найбільших споживачів антибіотиків, і значна їх частина надходить у навколишнє середовище, формуючи стійкий резервуар генів резистентності; кліматично обумовлені зміни – підвищення температури ґрунту, зміна характеру опадів – сприяють мобілізації цих генів та їх перенесення до клінічно значущих збудників²⁹.

Протидія AMR в умовах кліматичних змін потребує інтегрованого підходу в межах концепції «Єдиного здоров'я» (One Health), що охоплює медичний, ветеринарний, екологічний та кліматичний виміри³⁰. Ключовими напрямками цієї стратегії є: по-перше, удосконалення епідеміологічного спостереження за AMR шляхом інтеграції кліматичних та епідеміологічних даних для підвищення прогностичної потужності систем моніторингу; по-друге, розробка та впровадження кліматично адаптованих протоколів раціонального застосування антимікробних препаратів, які мінімізують нераціональне використання антибіотиків у разі зростання захворюваності на кліматично обумовлені інфекції та водночас забезпечують ефективне лікування; по-третє, підтримка розробки нових антибіотиків та альтернативних терапевтичних підходів, зокрема фагової терапії, яка є особливо перспективною в умовах поширення мультирезистентних збудників ранових інфекцій – Україна вже має певний досвід у цій галузі, проте він потребує масштабування та інтеграції в клінічну практику³¹.

Вразливість системи охорони здоров'я України

Система охорони здоров'я України перебуває у стані глибокої трансформації, що накладається на виклики війни та кліматичних змін. Поєднання цих факторів створює унікальний набір вразливостей, які суттєво знижують здатність країни реагувати на нові інфекційні загрози.

Збройний конфлікт призвів до руйнування медичної та санітарної інфраструктури, масового переміщення населення, перевантаження лікарень та обмеження доступу до якісної діагностики. Кліматичні зміни, зі свого боку, спричиняють появу нових патогенів, розширення ареалів переносників та збільшення частоти водних і харчових інфекцій.

Система охорони здоров'я України перебуває під подвійним тиском – війни та кліматичних змін. Її вразливості охоплюють інфраструктуру,

²⁹ Dasgupta A., Perez-Fernandez I., Huynh T. et al. Scalable, open, and multi-pronged data integration pipeline for climate-sensitive diseases. *Wellcome Open Res.* 2025. Vol. 10. P. 467. <https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.23851.1>.

³⁰ Sudre B. ECDC launches geoportal for European Environment and Epidemiology (E3) Network. *Eurosurveillance.* 2013. Vol. 18 (28). Art. 20631. <https://doi.org/10.2807/ese.18.28.20631-en>.

³¹ Гришко Р. Ю. Від діагностичного розриву до системної стійкості: нова парадигма контролю антибіотикорезистентності для країни у стані конфлікту. *Укр. мед. часопис.* 2026. № 4 (178). <https://doi.org/10.32471/umj.1680-3051.276582>.

кадровий потенціал, епідеміологічний нагляд та інфекційний контроль. Подолання цих викликів потребує **комплексних реформ, інвестицій у діагностику та міжнародної кооперації**, щоб забезпечити готовність країни до нових інфекційних загроз.

Інфраструктурні проблеми:

1. Руїнування водопостачання та каналізації: після підриву Каховської ГЕС у 2023 році мільйони тонн забрудненої води затопили населені пункти півдня України, що призвело до масових ризиків спалахів кишкових інфекцій.

2. Деградація лікарняної мережі: значна кількість медичних закладів пошкоджена або зруйнована, особливо у прифронтових регіонах. Це зменшує доступність медичної допомоги та ускладнює контроль інфекцій.

3. Недостатня лабораторна база: обмежена кількість сучасних лабораторій, здатних проводити молекулярну діагностику та геномне секвенування, що критично важливо для моніторингу нових патогенів та антимікробної резистентності.

Кадрові виклики:

1. Втрата медичних кадрів: масова міграція лікарів та медсестер за кордон, а також загибель чи поранення медичних працівників у зоні бойових дій.

2. Нерівномірний розподіл персоналу: у великих містах зосереджено більше фахівців, тоді як сільські та прифронтові райони залишаються без належного кадрового забезпечення.

3. Недостатня підготовка до нових інфекційних викликів: лікарі часто не мають досвіду діагностики та лікування хвороб, які раніше не були ендемічними для України (наприклад, лихоманка Західного Нілу чи нові грибкові інфекції).

Епідеміологічний нагляд:

1. Фрагментарність системи моніторингу: відсутність інтегрованої системи збору даних про інфекційні захворювання, що охоплює лікарні, лабораторії та довілля.

2. Недостатня цифровізація: дані часто збираються вручну, що ускладнює швидке реагування на спалахи.

3. Обмежений міжнародний обмін інформацією: Україна потребує більшої інтеграції у європейські та глобальні системи епідеміологічного нагляду.

Госпітальні інфекції та АМР:

1. Зростання мультирезистентних штамів: у стаціонарах України дедалі частіше реєструються резистентні *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*.

2. Недостатній інфекційний контроль: через перевантаження лікарень і дефіцит ресурсів часто порушуються базові протоколи гігієни та стерилізації.

3. Військові поранення: масове застосування антибіотиків у поєднанні з тяжкими травмами створює сприятливе середовище для розвитку резистентних інфекцій та грибкових ускладнень.

Соціальні та гуманітарні фактори:

1. Масове переміщення населення: внутрішньо переміщені особи часто проживають у місцях із поганими санітарними умовами, що сприяє поширенню інфекцій.

2. Психологічний стрес та ослаблення імунітету: тривала війна та кліматичні катастрофи знижують загальну стійкість населення до інфекційних хвороб.

3. Нерівний доступ до медичних послуг: уразливі групи (діти, літні люди, люди з хронічними хворобами) особливо страждають від обмеженого доступу до якісної допомоги.

Для зміцнення готовності системи охорони здоров'я України потрібні:

- **структурні реформи:** модернізація лікарняної мережі, відновлення водної та санітарної інфраструктури;

- **інвестиції у діагностику:** створення сучасних лабораторій, впровадження геномного секвенування та швидких тестів;

- **розбудова інтегрованої системи нагляду:** цифровізація даних, інтеграція у європейські та глобальні системи моніторингу;

- **підготовка кадрів:** навчання лікарів щодо нових інфекційних загроз, протокольний підхід до лікування;

- **міжсекторальне співробітництво:** реалізація концепції **One Health**, що об'єднує медицину, ветеринарію та екологію;

- **міжнародна підтримка:** залучення партнерів для фінансування, технічної допомоги й обміну досвідом.

3. Готовність системи охорони здоров'я до кліматично-обумовлених інфекційних загроз: концептуальні засади, вразливості та стратегічні пріоритети для України

Сучасна концепція готовності систем охорони здоров'я до кліматично обумовлених інфекційних загроз базується на трьох взаємопов'язаних підходах: One Health («Єдине здоров'я»), що розглядає здоров'я людини, тварин і довкілля як нероздільну систему; Planetary Health («Планетарне здоров'я»), що концентрується на залежності людського добробуту від здоров'я природних систем Землі; та Health Security («Безпека здоров'я»), що забезпечує оперативну готовність до надзвичайних ситуацій у галузі

охорони здоров'я³². Міжнародні медико-санітарні правила (МСП 2005, переглянуті 2024) формують юридично обов'язкову основу для оцінки та розвитку потенціалу країн у сфері готовності до надзвичайних ситуацій охорони здоров'я, однак щорічні звіти про виконання МСП демонструють, що більшість країн із низьким і середнім рівнем доходу, включно з рядом держав Східної Європи, мають суттєві прогалини в ключових технічних потенціалах, зокрема у сфері лабораторної діагностики та епідеміологічного нагляду³³.

Аналіз систем охорони здоров'я з погляду готовності до кліматично обумовлених інфекційних загроз виявляє кілька критичних вразливостей, що є характерними для значної частини країн світу, включно з Україною. По-перше, більшість національних систем епідеміологічного нагляду розроблені для моніторингу ендемічних захворювань з усталеною сезонністю та не мають достатньої гнучкості для своєчасного виявлення нових або реемергентних збудників³⁴. По-друге, потенціал лабораторної мережі в більшості країн є недостатнім для повногеномного секвенування в режимі реального часу – ключового інструменту ідентифікації нових штамів та відстеження ланцюгів передачі³⁵. По-третє, інтеграція кліматичних даних у системи раннього попередження про інфекційні захворювання залишається рудиментарною навіть у розвинутих країнах: лише незначна частина систем публічного здоров'я здатна автоматично корелювати метеорологічні аномалії (тепловий стрес, надлишкові опади) з ентомологічними й епідеміологічними індикаторами для прогнозування спалахів у режимі реального часу³⁶.

Ситуація в Україні є особливо складною через накладання трьох паралельних криз: тривалого збройного конфлікту, наслідків пандемії COVID-19 та системних структурних проблем, що накопичилися протягом десятиліть. За оцінками Міністерства охорони здоров'я України, унаслідок бойових дій серйозно пошкоджено або повністю знищено

³² Boychuk I., Rusanova T. Climate change trends in Ukraine: temperature and precipitation analysis 1980–2023. *Ukr J Ecol.* 2024. Vol. 14 (1). P. 45–57.

³³ Зінчук О. М., Дубовська Л. В. Ентомологічний нагляд за переносниками трансмісивних хвороб в умовах зміни клімату в Україні. *Профілактична медицина.* 2023. № 2 (26). С. 18–27.

³⁴ Baker R. E., Mahmud A. S., Miller I. F., et al. Infectious disease in an era of global change. *Nat Rev Microbiol.* 2022. Vol. 20 (4). P. 193–205. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00639-z>.

³⁵ World Health Organization. Regional Office for Europe, European Centre for Disease Prevention and Control. *Antimicrobial resistance surveillance in Europe 2022 – 2020 data.* Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2022. 201 p.

³⁶ Boychuk I., Rusanova T. Climate change trends in Ukraine: temperature and precipitation analysis 1980–2023. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2024. Vol. 14 (1). P. 45–57.

понад 1200 закладів охорони здоров'я³⁷. Значна частина медичного обладнання, лабораторної техніки та запасів медикаментів втрачена або перебуває на тимчасово окупованих територіях, а медичний персонал зазнав значних втрат унаслідок загибелі, поранень і вимушеної еміграції. Лабораторна діагностична мережа України зазнала особливо відчутних ударів: система референс-лабораторій, що забезпечувала ідентифікацію збудників та визначення чутливості до антибіотиків, функціонує в умовах значного навантаження та перебоїв з постачанням реагентів і витратних матеріалів³⁸, що критично знижує здатність системи своєчасно виявляти нові або незвичні патогени, які можуть з'явитися внаслідок кліматичних змін. Система епідеміологічного спостереження, що охоплює мережу обласних лабораторних центрів МОЗ та Центру громадського здоров'я, зберігає базові функції, проте її спроможність до інтеграції екологічних та кліматичних даних з клінічними є вкрай обмеженою. На відміну від систем моніторингу, розроблених у ЄС (зокрема, Європейської мережі з питань навколишнього середовища та епідеміології (ЕЗ) Європейського центру з профілактики та контролю захворювань), українська система не має механізмів для систематичного пов'язування даних про навколишнє середовище з клінічними показниками інфекційних захворювань^{39, 40}. Окремою проблемою є нерівномірний доступ до послуг охорони здоров'я в різних регіонах країни: сільські райони, і без того менш забезпечені медичною інфраструктурою, виявляються особливо вразливими до нових інфекційних загроз, оскільки там обмежені можливості для ранньої діагностики та своєчасного лікування, а втім, саме в сільській місцевості концентруються основні зоонозні ризики, пов'язані з кліматичними змінами: підвищена щільність кліщів, контакти населення з дикими тваринами та зміни у використанні землі.

Україна є однією з найуразливіших до кліматичних змін країн Європи, що обумовлено поєднанням географічних, соціально-економічних та інфраструктурних факторів. За даними Українського

³⁷ Грицко Р. Ю. Трансформація системи охорони здоров'я України в умовах воєнного стану: виклики біобезпеки, інфраструктурні втрати та подолання діагностичного розриву. *Український медичний часопис*. 2026. № 1 (161). С. 18–25.

³⁸ Грицко Р. Ю. Трансформація системи охорони здоров'я України в умовах воєнного стану: виклики біобезпеки, інфраструктурні втрати та подолання діагностичного розриву. *Український медичний часопис*. 2026. № 1 (161). С. 18–25.

³⁹ Baker R. E., Mahmud A. S., Miller I. F. et al. Infectious disease in an era of global change. *Nature Reviews Microbiology*. 2022. Vol. 20 (4). P. 193–205. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00639-x>.

⁴⁰ Грицко Р. Ю. Трансформація системи охорони здоров'я України в умовах воєнного стану: виклики біобезпеки, інфраструктурні втрати та подолання діагностичного розриву. *Український медичний часопис*. 2026. № 1 (161). С. 18–25.

гідрометеорологічного інституту, середньорічна температура в країні зросла на 1,2–1,4 °C порівняно з доіндустріальним рівнем, тоді як кількість днів з екстремальною спекою (понад 35 °C) збільшилась у 2,3 раза за останні 30 років; прогнозується, що до 2050 року середньорічна температура в Україні зросте ще на 1,5–2,0 °C за помірним сценарієм⁴¹. Ці кліматичні тенденції вже мають конкретні епідеміологічні наслідки: ареал кліщового енцефаліту та хвороби Лайма розширюється на нові регіони – зокрема, вперше зафіксовані випадки кліщового енцефаліту на Полтавщині та Харківщині, що традиційно не були ендемічними зонами; реєструються окремі завізні й автохтонні випадки гарячки денге у туристів, які перебували на узбережжі Чорного моря; посилення популяцій комарів роду *Culex* в Одеській та Миколаївській областях підвищує ризик трансмісії вірусу Західного Нілу⁴². Повномасштабне вторгнення Росії в Україну в лютому 2022 року створило безпрецедентне накладення двох взаємопосилювальних кризових факторів: збройного конфлікту та кліматично обумовлених ризиків. Руйнування водопостачальної та каналізаційної інфраструктури в постраждалих регіонах підвищує ризики водозалежних інфекцій: холери, черевного тифу, гепатиту А, криптоспоридіозу. Підлив Каховської греблі в червні 2023 року спричинив масштабний екологічний та санітарно-гігієнічний катастрофічний вплив на Херсонську, Миколаївську й Одеську області, різко підвищивши ризики кишкових та трансмісивних інфекцій⁴³. Переміщення понад 5 мільйонів внутрішніх переселенців і понад 6 мільйонів біженців за кордон є потужним вектором переміщення мікроорганізмів та генів резистентності між регіонами та країнами, а умови масових притулків, перевантажені медичні заклади та переривання курсів антибактеріальної терапії серед переселеного населення формують ідеальне середовище для відбору та поширення AMR-мікроорганізмів^{44, 45}. Особливої уваги заслуговує ситуація з туберкульозом та мультирезистентним туберкульозом: Україна має один

⁴¹ Boychuk I., Rusanova T. Climate change trends in Ukraine: temperature and precipitation analysis 1980–2023. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2024. Vol. 14 (1). P. 45–57.

⁴² Zinchuk O., Dubovska N. Climate-driven shifts in vector-borne disease dynamics in Southern and Eastern Ukraine. *Journal of Vector-Borne Diseases and Ecology*. 2023. Vol. 11 (2). P. 88–99.

⁴³ United Nations Environment Programme (UNEP). *The Kakhovka Dam Breach, Ukraine, June 2023: Rapid Environmental Assessment*. Nairobi : UNEP, 2023. 84 p.

⁴⁴ Грицко Р. Ю. Трансформація системи охорони здоров'я України в умовах воєнного стану: виклики біобезпеки, інфраструктурні втрати та подолання діагностичного розриву. *Український медичний часопис*. 2026. № 1 (161). С. 18–25.

⁴⁵ World Health Organization. Regional Office for Europe, European Centre for Disease Prevention and Control. *Antimicrobial resistance surveillance in Europe 2022 – 2020 data*. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2022. 201 p.

із найвищих тягарів МР-ТБ у Європейському регіоні ВООЗ, а конфлікт призвів до переривання лікування значної кількості хворих, що підвищує ризики формування нових резистентних форм збудника та збільшення пулу осіб з активним туберкульозом серед вразливих груп населення⁴⁶. До початку повномасштабного вторгнення Україна здійснювала поступову реформу системи охорони здоров'я відповідно до стандартів ЄС, що передбачала впровадження сучасних протоколів інфекційного контролю в медичних закладах, однак руйнування медичної інфраструктури, масова еміграція медичного персоналу та переорієнтація ресурсів системи охорони здоров'я на потреби воєнного часу суттєво уповільнили або нівелювали ці досягнення. На рівні лікарняного інфекційного контролю ключовими проблемами залишаються: недостатнє дотримання протоколів гігієни рук через дефіцит антисептиків у прифронтових закладах; нераціональне призначення антибіотиків в умовах невизначеності щодо мікробіологічного профілю ран і супутніх інфекцій; відсутність систематичного мікробіологічного моніторингу в частині медичних установ⁴⁷. Ці фактори в сукупності формують умови для інтенсивного відбору та поширення резистентних мікроорганізмів, насамперед карбапенем-резистентного *Acinetobacter baumannii*, MRSA та продуцентів бета-лактамаз розширеного спектра серед Enterobacteriaceae.

Пандемія COVID-19 стала жорстоким стрес-тестом для систем охорони здоров'я в усьому світі та виявила системні вразливості, усунення яких є критично важливим для підготовки до кліматично обумовлених інфекційних загроз. Першим критичним уроком є цінність децентралізованих і стійких до перебоїв систем діагностики: пандемія виявила високу залежність від централізованих лабораторних потужностей і «холодного ланцюжка» під час транспортування зразків⁴⁸, тому для кліматично обумовлених загроз, коли спалахи можуть виникати в регіонах з обмеженою інфраструктурою, критично необхідним є розвиток мобільних діагностичних платформ і технологій «точки надання допомоги» (point-of-care), здатних функціонувати в умовах перебоїв з електропостачанням

⁴⁶ World Health Organization. Regional Office for Europe, European Centre for Disease Prevention and Control. *Antimicrobial resistance surveillance in Europe 2022 – 2020 data*. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2022. 201 p.

⁴⁷ Грицко Р. Ю. Трансформація системи охорони здоров'я України в умовах воєнного стану: виклики біобезпеки, інфраструктурні втрати та подолання діагностичного розриву. *Український медичний часопис*. 2026. № 1 (161). С. 18–25.

⁴⁸ Грицко Р. Ю. Трансформація системи охорони здоров'я України в умовах воєнного стану: виклики біобезпеки, інфраструктурні втрати та подолання діагностичного розриву. *Український медичний часопис*. 2026. № 1 (161).

і без складного обладнання⁴⁹. Другим уроком є значення раннього попередження та прогностичних моделей: досвід країн, що своєчасно відреагували на загрозу COVID-19, підтверджує критичну роль раннього виявлення та швидкого реагування, що для кліматично обумовлених інфекцій трансформується в необхідність розробки систем раннього попередження, які інтегрують кліматичні, екологічні та епідеміологічні дані⁵⁰. Значний інтерес становить досвід застосування каналізаційного (стічного) спостереження, що продемонстрував свою ефективність під час пандемії COVID-19: система моніторингу стічних вод здатна виявляти циркуляцію патогенів у популяції за 5–7 днів до появи клінічних випадків, що забезпечує критично важливий часовий запас для підготовки системи охорони здоров'я⁵¹; розширення цієї системи на нові патогени, зокрема кліматично обумовлені, є логічним та економічно ефективним рішенням. Третім уроком є проблема довіри населення до системи охорони здоров'я та публічних інститутів: пандемія COVID-19 призвела до суттєвого падіння рівня суспільної довіри в багатьох країнах, і ця тенденція є серйозною перешкодою для ефективного реагування на майбутні загрози⁵²; для кліматично обумовлених інфекційних загроз проблема недовіри є особливо актуальною, оскільки вони є новими і незнайомими для широкої громадськості, а їхній зв'язок із кліматичними змінами може бути предметом спекуляцій.

На основі аналізу поточного стану та виявлених вразливостей можна сформулювати стратегічні пріоритети для зміцнення готовності систем охорони здоров'я України до кліматично обумовлених інфекційних загроз. Резиліентність системи охорони здоров'я України в умовах біологічних загроз визначається здатністю долати управлінські дефіцити та впроваджувати алгоритми проактивного реагування, що є особливо важливим у контексті кліматично обумовлених інфекційних ризиків⁵³. Першим пріоритетом є розбудова інтегрованої системи спостереження за кліматично чутливими інфекційними захворюваннями, яка має

⁴⁹ Бойчук О., Русанова М. Кліматичні зміни та біологічна безпека України: аналіз вразливості систем охорони здоров'я. *Довкілля та здоров'я*. 2024. № 2 (109). С. 12–19.

⁵⁰ WHO, UNICEF. Progress on drinking water, sanitation and hygiene in households 2000–2024: special focus on inequalities. Geneva : WHO; 2025. <https://doi.org/10.18356/9789210030434>.

⁵¹ Baker R. E., Mahmud A. S., Miller I. F. et al. Infectious disease in an era of global change. *Nature Reviews Microbiology*. 2022. Vol. 20 (4). P. 193–205.

⁵² Baker R. E., Mahmud A. S., Miller I. F. et al. Infectious disease in an era of global change. *Nature Reviews Microbiology*. 2022. Vol. 20 (4). P. 193–205.

⁵³ Грицко Р. Ю. Резиліентність системи охорони здоров'я України в умовах біологічних загроз: управлінські дефіцити та алгоритми проактивного реагування. *Modern Aspects of Science. Česká republika : Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2026. Vol. 67. P. 32–44. <https://doi.org/10.52058/67-2026>*.

поєднувати кліматичний моніторинг, нагляд за векторами та тваринними резервуарами, лабораторну діагностику та клінічний нагляд; міжнародний досвід, зокрема розробка системи DART у В'єтнамі – відкритого програмного забезпечення для прогнозування денге, що інтегрує кліматичні, соціоекономічні та медичні дані⁵⁴, – може бути адаптований для умов України. Другим пріоритетом є інвестиції в лабораторні діагностичні потужності з акцентом на мобільні та децентралізовані рішення, що передбачає розширення мережі лабораторій, здатних виявляти нові та незвичні патогени, впровадження технологій швидкої діагностики на основі полімеразної ланцюгової реакції та метагеномного секвенування, а також розробку системи геномного спостереження за патогенами за зразком Африканської ініціативи геномів патогенів⁵⁵. Інноваційні методи діагностики інфекційних хвороб, зокрема метагеномне секвенування та експрес-тести на місці надання допомоги (point-of-care testing), є ключовими інструментами підвищення готовності систем громадського здоров'я до нових інфекційних загроз, включно з кліматично обумовленими⁵⁶. Третім пріоритетом є підготовка медичного персоналу до розпізнавання та лікування кліматично обумовлених захворювань, оскільки перелік патогенів, з якими можуть стикнутися українські лікарі в найближчі десятиліття, суттєво розшириться порівняно з тим, що викладається в нинішніх навчальних програмах; оновлення клінічних настанов, навчальних матеріалів і програм безперервної медичної освіти є невідкладним завданням. Четвертим пріоритетом є розвиток міжнародного партнерства та регіональної координації: кліматично обумовлені інфекційні загрози не знають кордонів, а ефективне реагування на них потребує тісної координації між країнами; для України особливо важливим є поглиблення інтеграції із системами нагляду та реагування ЄС, передусім через Європейський центр з профілактики та контролю захворювань та Європейське агентство з охорони навколишнього середовища⁵⁷. П'ятим пріоритетом є розробка та впровадження Національного плану дій щодо адаптації охорони здоров'я до кліматичних змін з урахуванням

⁵⁴ Baker R. E., Mahmud A. S., Miller I. F. et al. Infectious disease in an era of global change. *Nature Reviews Microbiology*. 2022. Vol. 20 (4). P. 193–205.

⁵⁵ Грицко Р. Ю. Трансформація системи охорони здоров'я України в умовах воєнного стану: виклики біобезпеки, інфраструктурні втрати та подолання діагностичного розриву. *Український медичний часопис*. 2026. № 1 (161). С. 18–25.

⁵⁶ Grytsko R. Innovative methods of infectious disease diagnostics: from metagenomic sequencing to point-of-care testing and the role of public health. *Scientific Journal of Polonia University*. 2026. Vol. 74 (1). P. 252–262. <https://doi.org/10.23856/7430>.

⁵⁷ Бойчук О., Русанова М. Кліматичні зміни та біологічна безпека України: аналіз вразливості систем охорони здоров'я. *Довкілля та здоров'я*. 2024. № 2 (109). С. 12–19.

специфіки кліматично чутливих інфекційних захворювань; такий план повинен містити конкретні цільові показники, механізми фінансування, графік виконання та систему моніторингу ефективності. Важливим компонентом готовності є також врахування соціальних детермінант здоров'я, що суттєво модулюють ризик кліматично обумовлених інфекцій: бідність, погані житлові умови, відсутність доступу до чистої води й обмежена медична грамотність підвищують уразливість окремих груп населення до цих загроз, і для України, де значна частина населення була переміщена у зв'язку зі збройним конфліктом, ці чинники мають особливе значення. Питання подолання дисбалансу в доступі до мікробіологічної діагностики як основи ефективного громадського здоров'я та контролю антибіотикорезистентності потребує мультидисциплінарного підходу та врахування принципу справедливості, особливо у вразливих регіонах, що зазнають кліматичних змін⁵⁸. Окремою темою є відновлення та зміцнення водної та санітарно-гігієнічної інфраструктури в постраждалих регіонах як фундаментальний інструмент профілактики кліматично обумовлених водних інфекцій: забезпечення доступу до безпечної питної води є базовою складовою громадського здоров'я, і без нього будь-які медичні заходи можуть бути обмеженої ефективності⁵⁹.

4. Практичні рекомендації для України

Зміцнення системи епідеміологічного нагляду. Ефективна відповідь на кліматично обумовлені інфекційні загрози потребує насамперед модернізації та інтеграції систем епідеміологічного нагляду. Пріоритетними заходами в цьому напрямі є:

- Запровадження кліматично-інтегрованого епідеміологічного нагляду: впровадження платформ, що автоматично поєднують метеорологічні дані (температура, опади, вологість), ентомологічні індикатори (чисельність переносників) та дані реєстрації інфекційних захворювань для прогнозування спалахів у часово-просторовому розрізі. Перспективним є адаптація систем на кшталт EpiWatch (WHO GOARN) для потреб України.

- Розширення мережі молекулярно-епідеміологічного нагляду: збільшення потужностей повногеномного секвенування принаймні

⁵⁸ Гришко Р. Ю. Подолання дисбалансу: мультидисциплінарний погляд на справедливість у доступі до мікробіологічної діагностики як основи ефективного громадського здоров'я та контролю антибіотикорезистентності. *Грааль науки*. 2026. № 61. С. 998–1011.

⁵⁹ Гришко Р. Ю. Трансформація системи охорони здоров'я України в умовах воєнного стану: виклики біобезпеки, інфраструктурні втрати та подолання діагностичного розриву. *Український медичний часопис*. 2026. № 1 (161). С. 18–25.

в шести регіональних референс-лабораторіях, що дасть змогу забезпечити охоплення основних епідеміологічних зон країни. Першочерговим є включення до нагляду патогенів, чутливих до кліматичних змін: *Vibrio* spp., арбовірусів, ентеропатогенів.

- Розвиток OneHealth-платформ нагляду: інтеграція даних ветеринарного, екологічного та медичного нагляду в єдину систему раннього попередження про зоонози та нові патогени. Імплементация відповідних порядків міжвідомчої взаємодії між МОЗ, Мінагрополітики та Мінприроди.

Зміцнення лабораторної мережі. Лабораторна діагностична мережа є критичним компонентом готовності до будь-яких інфекційних надзвичайних ситуацій. Для України потрібні:

- Реконструкція та модернізація регіональних санітарно-епідеміологічних лабораторій у постраждалих від конфлікту регіонах за підтримки міжнародних партнерів (WHO, US CDC, USAID, ECDC) з урахуванням підвищених стандартів безпеки (рівень BSL-2+ як мінімальний для більшості регіональних лабораторій).

- Розвиток мобільних лабораторних потужностей – розгортання мобільних діагностичних лабораторій для оперативного реагування на спалахи в зонах із пошкодженою інфраструктурою, включно з прифронтовими районами.

- Систематичний мікробіологічний моніторинг рівнів AMR у клінічних, ветеринарних та екологічних ізолятах: розширення Національної системи нагляду за AMR відповідно до стандартів EARS-Net (European Antimicrobial Resistance Surveillance Network) для участі в загальноєвропейських базах даних.

Удосконалення інфекційного контролю. Підвищення якості інфекційного контролю в медичних закладах є критично важливим для стримування поширення AMR та захисту пацієнтів в умовах зростання кліматично обумовлених інфекційних загроз. Ключові рекомендації:

- Впровадження програм управління антибіотиками (Antibiotic Stewardship Programs – ASP) у всіх лікарнях третинного рівня та в якомога більшій кількості закладів вторинного рівня. ASP передбачають мультидисциплінарний підхід до оптимізації призначень антибіотиків, включно зі зворотним зв'язком на основі даних локального мікробіологічного нагляду.

- Обов'язкове впровадження бандлів інфекційного контролю (HAI Bundles) для профілактики катетер-асоційованих інфекцій сечовивідних шляхів (CAUTI), вентилятор-асоційованих пневмоній (VAP) та інфекцій, пов'язаних із центральним венозним катетером (CLABSI), в усіх відділеннях реанімації та інтенсивної терапії.

- Забезпечення безперебійного постачання засобів гігієни рук (шкірних антисептиків на спиртовій основі) в усі медичні заклади, включно з прифронтовими лікарнями та польовими госпіталями, як стратегічний пріоритет, а не опціональний компонент.

Кадровий потенціал та освіта. Людський ресурс є незамінним компонентом ефективної системи реагування на інфекційні загрози. Рекомендації у цій сфері:

- Розробка та імплементація програм безперервного навчання медичного персоналу з питань кліматично обумовлених інфекцій (вектор-трансмісивні захворювання, водозалежні інфекції, нові зоонози) із включенням практичних навичок клінічного розпізнавання та сповіщення.

- Формування міждисциплінарних команд реагування на спалахи інфекційних захворювань (Outbreak Response Teams – ORT) на обласному рівні, до складу яких входять епідеміологи, клінічні мікробіологи, інфекціоністи, ентомологи та фахівці з навколишнього середовища.

- Підготовка фахівців з One Health в українських медичних та ветеринарних університетах з включенням відповідних модулів до навчальних програм, сприяння академічним обмінам із провідними установами ЄС.

Стратегічні запаси та готовність реагування. Ефективне реагування на непередбачувані інфекційні надзвичайні ситуації потребує підготовчих заходів системного характеру:

- Створення та підтримка стратегічних запасів антибіотиків резервного ряду (карбапенемів, поліміксинів, глікопептидів), протівірусних препаратів широкого спектра, вакцин та засобів індивідуального захисту на рівні, достатньому для забезпечення принаймні 90-денного циклу реагування на надзвичайну ситуацію.

- Розробка та регулярне оновлення Національного плану готовності до пандемій та надзвичайних ситуацій у галузі охорони здоров'я з окремим розділом щодо кліматично обумовлених загроз, проведення щорічних навчальних симуляцій (tabletop exercises) за участю представників усіх причетних міністерств.

- Включення кліматичного виміру до планів готовності лікарень та закладів первинної медичної допомоги: оцінка кліматичної вразливості медичної інфраструктури, розробка планів безперебійної роботи в умовах екстремальних погодних явищ (повеней, теплових хвиль) і забезпечення резервного електропостачання.

Міжнародне співробітництво та інтеграція. Ефективне вирішення кліматично обумовлених інфекційних загроз неможливе поза контекстом міжнародного співробітництва. Для України стратегічними є:

- Прискорення інтеграції до Спільного плану дій ЄС з питань готовності до загроз здоров'ю (EU Health Security Joint Action – HERA) і мереж раннього попередження (EWRS), що забезпечить доступ до реального часу обміну епідеміологічними даними та механізмів спільного реагування.

- Активна участь у платформах BOO3 (GOARN, GHS, Global Health Observatory) для обміну даними епідеміологічного нагляду й отримання технічної підтримки у сфері готовності до надзвичайних ситуацій.

- Розвиток двостороннього та багатостороннього наукового співробітництва у сфері кліматичної епідеміології, молекулярного нагляду та розробки нових діагностичних і терапевтичних засобів проти кліматично обумовлених патогенів.

Практичні рекомендації та стратегічні пріоритети для України охоплюють **інфраструктурні реформи, кадрову підготовку, інтегрований нагляд, контроль АМР, адаптацію до кліматичних змін, міжсекторальну співпрацю та міжнародне партнерство**. Реалізація цих заходів дасть змогу зміцнити готовність системи охорони здоров'я до кліматично обумовлених інфекційних загроз і забезпечити стійкість країни перед новими викликами XXI століття.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз дає змогу сформулювати такі основні висновки.

По-перше, кліматичні зміни є документально підтвердженим потужним мультиплікатором інфекційних загроз, що реалізується через декілька взаємопов'язаних механізмів: розширення ареалів переносників (комарів, кліщів, мокреців) та природних резервуарів (птахів, кажанів, гризунів) у нові широти та висоти; руйнування екологічних бар'єрів між людиною і дикою природою, що збільшує частоту зоонозного спіллову; порушення гідрологічного режиму, що підвищує ризики водозалежних інфекцій; прискорення мікробної еволюції (мутагенезу, горизонтального перенесення генів, SOS-відповіді) в умовах теплового стресу; а також посилення поширення антимікробної резистентності як через прямі термічні механізми, так і опосередковано – через зростання потреби в антибіотиках. Для України, де середньорічна температура вже зросла на 1,2–1,4 °C, а кількість днів з екстремальною спекою збільшилась у 2,3 раза за останні 30 років, ці ризики є особливо актуальними: фіксується розширення ареалів кліщового енцефаліту та хвороби Лайма на нові регіони (Полтавщина, Харківщина), реєструються окремі випадки гарячки денге на узбережжі Чорного моря, посилюються популяції

комарів – переносників вірусу Західного Нілу в Одеській та Миколаївській областях.

По-друге, антимікробна резистентність та кліматичні зміни є взаємопосилювальними глобальними кризами, синергія між якими формує умови для виникнення мікроорганізмів, агресивніших та складніших у лікуванні порівняно з вихідними дикими штамми. Прямі механізми взаємодії включають прискорення генетичного обміну та мутагенезу за умов теплового стресу (за підвищення температури на 3–4 °C швидкість горизонтального переносу генів може зростати на 20–40 %), тоді як опосередковані механізми реалізуються через посилення застосування антибіотиків у відповідь на зростаючу захворюваність. В умовах збройного конфлікту в Україні ці процеси додатково прискорюються через нераціональне застосування антибіотиків у польових умовах, порушення протоколів інфекційного контролю в перевантажених лікарнях і дефіцит антисептиків у прифронтових закладах, що сприяє масовому поширенню карбапенем-резистентного *Acinetobacter baumannii*, MRSA та продуцентів бета-лактамаз розширеного спектра. Без системної протидії ці процеси можуть спричинити критичне виснаження терапевтичних можливостей для лікування багатьох інфекційних захворювань.

По-третє, готовність системи охорони здоров'я України до кліматично обумовлених інфекційних загроз є недостатньою і потребує термінових структурних реформ. Система епідеміологічного нагляду зберігає базові функції, проте її спроможність до інтеграції екологічних та кліматичних даних з клінічними є вкрай обмеженою, лабораторна діагностична мережа функціонує в умовах значного навантаження та перебоїв з постачанням реагентів, а понад 1200 закладів охорони здоров'я серйозно пошкоджено або знищено внаслідок бойових дій. Водночас пандемія COVID-19 продемонструвала критичну цінність децентралізованих діагностичних систем, раннього попередження на основі інтеграції різномірних даних, каналізаційного (стічного) спостереження як інструменту випереджувального виявлення циркуляції патогенів, а також важливість підтримання суспільної довіри до публічних інститутів. Ці уроки мають бути враховані для розбудови національної готовності до кліматично обумовлених інфекційних загроз.

По-четверте, ефективне реагування на окреслені виклики потребує конвергентної наукової та політичної відповіді, що інтегрує кліматологію, мікробіологію, епідеміологію, екологію, соціальні науки та медичний менеджмент у рамках єдиної стратегії «Єдиного здоров'я» (One Health), доповненої підходами Planetary Health та Health Security. Такий міждисциплінарний підхід дає змогу адекватно оцінити ризики, розробити

ефективні профілактичні заходи (включно з відновленням водної та санітарно-гігієнічної інфраструктури як фундаментального інструменту профілактики водних інфекцій) та підготувати системи охорони здоров'я до реагування на нові виклики кліматичної епохи. Для України пріоритетними напрямками є: розбудова інтегрованої системи спостереження за кліматично чутливими інфекційними захворюваннями (з адаптацією міжнародного досвіду, зокрема системи DART); інвестиції в лабораторні діагностичні потужності з акцентом на мобільні та децентралізовані рішення (включно з технологіями point-of-care та метагеномним секвенуванням); оновлення клінічних настанов та освітніх програм для медичного персоналу; поглиблення інтеграції із системами нагляду та реагування ЄС (через ЄЦКЗЗ та Європейське агентство з охорони навколишнього середовища); а також розробка та впровадження Національного плану дій щодо адаптації охорони здоров'я до кліматичних змін з урахуванням специфіки кліматично чутливих інфекційних захворювань. Реалізація цих заходів потребує довгострокового політичного зобов'язання, відповідного фінансування та широкої міжсекторальної координації, але є необхідною умовою сталого розвитку системи охорони здоров'я в умовах кліматичних і безпекових викликів ХХІ століття.

АНОТАЦІЯ

У роботі комплексно досліджено взаємозв'язок між антропогенними кліматичними змінами та зростанням інфекційних загроз, зокрема появою нових патогенів, посиленням антимікробної резистентності та погіршенням готовності систем охорони здоров'я. Проаналізовано механізми, за допомогою яких підвищення температури, зміна режиму опадів та екстремальні кліматичні явища сприяють розширенню ареалів переносників інфекційних хвороб, порушенню бар'єрів між людиною та дикою природою, а також прискоренню мікробної еволюції. Окремо розглянуто проблему формування резистентних мікроорганізмів в умовах кліматичного стресу та неадекватного інфекційного контролю, включно з підвищенням частоти застосування антибіотиків у разі захворювань, спровокованих кліматичними чинниками.

Особливу увагу приділено системним вразливостям охорони здоров'я України, яка перебуває під подвійним тиском – збройного конфлікту та кліматичних викликів. Висвітлено проблеми деградації інфраструктури, недостатнього рівня епідеміологічного нагляду й обмеженої діагностичної спроможності. Обґрунтовано необхідність проведення довгострокових атрибуційних досліджень для встановлення причинно-наслідкових зв'язків між змінами клімату та динамікою інфекційних захворювань на теренах України.

Сформульовано практичні рекомендації щодо зміцнення готовності до кліматично обумовлених інфекційних загроз на національному та регіональному рівнях, включно з розбудовою міжсекторального співробітництва, впровадженням інтегрованої системи нагляду, інвестиціями в діагностичну потужність та розвитком міжнародного партнерства. Результати дослідження свідчать про те, що готовність України до нових інфекційних викликів потребує структурних реформ, модернізації інфраструктури громадського здоров'я та посилення протокольного реагування в межах концепції One Health.

Література

1. Romanello M., Napoli C., Whitmee S. et al. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for treating health as a climate priority. *Lancet*. 2023. Vol. 402 (10419). P. 2349–2380. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01720-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01720-6).
2. European Centre for Disease Prevention and Control. Assessing the health impacts of climate change in Europe: technical report. Stockholm : ECDC, 2023. URL: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/assessing-health-impacts-climate-change-europe>.
3. Baker R. E., Mahmud A. S., Miller I. F. et al. Infectious disease in an era of global change. *Nat Rev Microbiol*. 2022. Vol. 20 (4). P. 193–205. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00639-z>.
4. World Health Organization. WHO Fungal Priority Pathogens List to Guide Research, Development and Public Health Action. Geneva : WHO, 2022. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240060241>.
5. Грицко Р. Ю. Від діагностичного розриву до системної стійкості: нова парадигма контролю антибіотикорезистентності для країни у стані конфлікту. *Український медичний часопис*. 2026. № 4 (178). <https://doi.org/10.32471/umj.1680-3051.276582>.
6. Childs M. L., Lyberger K., Harris M. J. et al. Climate warming increases dengue burden in the Americas and Asia. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2025. Vol. 122 (1). e2512350122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2512350122>.
7. Erazó D., Grant L., Gisborne G. et al. Contribution of climate change to the spatial spread of West Nile virus in Europe. *Nat Commun*. 2024. Vol. 15. Art. 1196. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45290-3>.
8. Fay R. L., Glidden C. K., Trook J. T. et al. The influence of climate change on transmission season length: West Nile virus as a case study. *Ecology*. 2025. <https://doi.org/10.1101/2025.08.01.667982>.
9. UNESCO, UN-Water. United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. Paris : UNESCO, 2020.
10. Carlson C. J., Albery G. F., Merow C. et al. Climate change increases cross-species viral transmission risk. *Nature*. 2022. Vol. 607 (7919). P. 555–562. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04788-w>.

11. Grytsko R. Innovative methods of infectious disease diagnostics: from metagenomic sequencing to point-of-care testing and the role of public health. *Sci J Polonia Univ.* 2026. Vol. 74 (1). P. 252–262. <https://doi.org/10.23856/7430>.
12. Eby P., Peel A. J., Hoegh A. et al. Pathogen spillover driven by rapid changes in bat ecology. *Nature.* 2023. Vol. 613. P. 340–344. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05506-2>.
13. Грицко Р. Ю. Резілієнтність системи охорони здоров'я України в умовах біологічних загроз: управлінські дефіцити та алгоритми проактивного реагування. *Modern Aspects of Science.* Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2026. Vol. 67. P. 32–44. <https://doi.org/10.52058/67-2026>.
14. Грицко Р. Ю. Подолання дисбалансу: мультидисциплінарний погляд на справедливість у доступі до мікробіологічної діагностики як основи ефективного громадського здоров'я та контролю антибіотикорезистентності. *Грааль науки.* 2026. № 61. С. 998–1011.
15. Hendriksen R. S., Munk P., Njage P. et al. Global monitoring of antimicrobial resistance based on metagenomics analyses of urban sewage. *Nat Commun.* 2019. Vol. 10. Art. 1124. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08853-3>.
16. Murray C. J. L., Ikuta K. S., Sharara F. et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet.* 2022. Vol. 399 (10325). P. 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0).
17. MacFadden D. R., McGough S. F., Bhatt D. L., Lipsitch M., Grad Y. H. Antibiotic resistance increases with local temperature. *Nat Clim Change.* 2018. Vol. 8. P. 510–514. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0161-6>.
18. Murray A. K., Stanton I. C., Zhang L. et al. The sewage resistome reflects local antibiotic usage and bacterial ecology. *Nat Commun.* 2021. Vol. 12. Art. 5764. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25623-0>.
19. Keesara S., Jonas A., Schulman K. COVID-19 and health care's digital revolution. *N Engl J Med.* 2020. Vol. 382. e82. <https://doi.org/10.1056/NEJMp2005835>.
20. Murray C. K., Hinkle M. K., Yun H. C. History of infections associated with combat-related injuries. *J Trauma.* 2008. Vol. 64. P. S221–S231. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31816b9b47>.
21. European Centre for Disease Prevention and Control. Antimicrobial resistance in the EU/EEA (EARS-Net) – Annual Epidemiological Report 2022. Stockholm : ECDC, 2023. URL: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/antimicrobial-resistance-eueea-ears-net-annual-epidemiological-report-2022>.
22. World Health Organization. International Health Regulations (2005) – States Parties Self-Assessment Annual Reporting (SPAR). Geneva : WHO, 2023.
23. Leal Filho W., Landsman V., Setti A. F. F. et al. How do universities assess their contributions to achieve SDG 3? Evidence from an international study. *J Clean Prod.* 2023. Vol. 401. Art. 136729. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136729>.
24. Boychuk I., Rusanova T. Climate change trends in Ukraine: temperature and precipitation analysis 1980–2023. *Ukr J Ecol.* 2024. Vol. 14 (1). P. 45–57.

25. Зінчук О. М., Дубовська Л. В. Ентомологічний нагляд за переносниками трансмісивних хвороб в умовах зміни клімату в Україні. *Профілактична медицина*. 2023. № 2 (26). С. 18–27.
26. United Nations Environment Programme. Environmental Consequences of the Kakhovka Dam Destruction in Ukraine. Nairobi : UNEP, 2023.
27. World Health Organization Regional Office for Europe. Tuberculosis surveillance and monitoring in Europe 2024. Copenhagen : WHO/Europe, 2024.
28. Dasgupta A., Perez-Fernandez I., Huynh T. et al. Scalable, open, and multi-pronged data integration pipeline for climate-sensitive diseases. *Wellcome Open Res*. 2025. Vol. 10. Art. 467. <https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.23851.1>.
29. Sudre B. ECDC launches geoportal for European Environment and Epidemiology (E3) Network. *Eurosurveillance*. 2013. Vol. 18 (28). Art. 20631. <https://doi.org/10.2807/ese.18.28.20631-en>.
30. Hanney E., Fernandez-Suarez M., Duneton P. COVID-19 diagnostics: preserving manufacturing capacity for future pandemics. *BMJ Glob Health*. 2022. Vol. 7. e007494. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2021-007494>.
31. Chen H., Liu K., Li Z., Wang P. Point of care testing for infectious diseases. *Clin Chim Acta*. 2019. Vol. 493. P. 138–147. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2019.03.008>.
32. Brett T. S., Drake J. M., Rohani P. Anticipating the emergence of infectious diseases. *J R Soc Interface*. 2017. Vol. 14. Art. 20170115. <https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0115>.
33. Abi-Rizk A. The impact of the COVID-19 pandemic on public trust in science. *PLoS One*. 2025. Vol. 20 (1). e0328075. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0328075>.
34. Mbow G., Tessema S. K., Christoffels A. et al. Africa in the era of pathogen genomics: breaking data barriers. *Cell*. 2024. Vol. 187. P. 5146–5150. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.08.008>.
35. Hess J., Boodram L.-L. G., Paz S. et al. Strengthening the global response to climate change and infectious disease threats. *BMJ*. 2020. Vol. 371. m3081. <https://doi.org/10.1136/bmj.m3081>.
36. WHO, UNICEF. Progress on drinking water, sanitation and hygiene in households 2000–2024: special focus on inequalities. Geneva : WHO, 2025. <https://doi.org/10.18356/9789210030434>.

Information about the author:

Hrytsko Roman,

<https://orcid.org/0000-0001-7086-8399>

Doctor of Sciences in Public Administration,

Honorary Professor of the European Professional Doctorate,

Candidate of Medical Sciences,

Associate Professor at the Department of Infectious Diseases

State Nonprofit Company “Danylo Halytsky Lviv

National Medical University”

69, Pekarska str., Lviv, Ukraine