

О. В. ПОКРИШКО, В. С. КОПЧА, Т. І. ПЯТКОВСЬКИЙ, Г. І. МИХАЙЛИШИН,
Н. М. ОЛІЙНИК, Л. Б. РОМАНЮК

ТЕХНІЧНІ МЕТОДИ РЕЄСТРАЦІЇ ПІДОЗРІЛИХ СПАЛАХІВ ІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ, ЩО ВИМАГАЮТЬ РОЗСЛІДУВАННЯ

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України,
м. Тернопіль, Україна

Мета: розглянути технічні методи та підходи до виявлення та розслідування підозрілих спалахів інфекційних захворювань, які можуть бути пов'язані із забороненою діяльністю у сфері біологічної зброї; наголосити на важливості раннього виявлення, збору, обробки та зберігання даних у контексті біобезпеки.

Матеріали і методи. Проаналізовано наукову літературу, використовуючи бази даних Medline, PubMed, Scopus, Google Scholar та інші типи публікацій для збору інформації про сучасні технічні методи реєстрації підозрілих спалахів інфекційних захворювань, що вимагають розслідування.

Результати. Системи раннього попередження спалахів та поширення інфекційних захворювань включають різноманітні джерела даних: дані сектору охорони здоров'я, лікарень, платформ соціальних мереж, бюро статистики, метеорологічних департаментів та системи моніторингу стічних вод. Описано критерії виявлення підозрілих спалахів, інструменти UNMOVIC для обробки даних, структуру інформаційних баз даних та алгоритми дій під час розслідувань. Розглянуто приклади історичних випадків використання або витоку біоагентів, що стало поштовхом для вдосконалення підходів до їх верифікації. Наведено багаторівневу систему класифікації, ідентифікації та зберігання даних, яка дає змогу значно зменшити обсяг інформації та пришвидшити її аналіз. Показано, що експериментальна система виявилася ефективнішою за традиційні підходи. Поряд зі збільшенням обчислювальних можливостей та виявлення сигналів для поліпшення швидкості та потужності існуючих систем штучний інтелект допомагає у ранньому виявленні гарячих точок, їх попередженні та епідеміологічному відстеженні. Беручи до уваги виняткову трудомісткість і безперервну ручну класифікацію для спостереження за захворюваннями, він забезпечує одночасне всебічне охоплення та гіперлокальну ситуаційну обізнаність.

Висновки. Сучасні інформаційні технології за умови їх правильного застосування здатні забезпечити ефективне розслідування підозрюваних спалахів інфекцій. Створення єдиної централізованої бази даних дає змогу оперативно реагувати на біологічні загрози та зміцнює глобальну систему біозахисту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: біозахист; підозрюваний спалах; інфекційне захворювання; біотероризм; біологічна зброя; інформаційна система; база даних; верифікація.

Вступ. Зростання загроз біотероризму та можливість навмисного чи ненавмисного витоку патогенів вимагають ефективної системи виявлення підозрілих спалахів. Саме тому розроблення комплексної інформаційно-аналітичної системи є критично важливим для національної безпеки та дотримання положень Конвенції про заборону біологічної та токсинної зброї.

Нині національні програми і проєкти біологічного захисту ґрунтуються на практичній перевірці ефективності засобів захисту проти практичних взірців вірогідних моделей біологічної зброї, включаючи генетично змінені агенти. Проте яка тактика або легендування біологічних озброєнь і тероризму не застосовувалися б, раніше чи пізніше їх завжди супроводжує один і той самий слід – поява підозрілих спалахів інфекційних захворювань. Тому розвиток методів своєчасного і повного розслідування

таких спалахів сприяє зміцненню Конвенції про заборону біологічної і токсинної зброї, міжнародної безпеки і протидії зростаючій загрозі біотероризму.

Мета: розглянути технічні методи та підходи до виявлення та розслідування підозрілих спалахів інфекційних захворювань, які можуть бути пов'язані із забороненою діяльністю у сфері біологічної зброї; наголосити на важливості раннього виявлення, збору, обробки та зберігання даних у контексті біобезпеки.

Матеріали і методи. Проаналізовано наукову літературу, використовуючи бази даних Medline, PubMed, Scopus, Google Scholar та інші типи публікацій для збору інформації про сучасні технічні методи реєстрації підозрілих спалахів інфекційних захворювань, що вимагають розслідування.

Результати дослідження та їх обговорення. Системи раннього попередження спалахів та

поширення інфекційних захворювань включають різноманітні джерела даних: дані сектору охорони здоров'я, лікарень, платформ соціальних мереж, бюро статистики, метеорологічних департаментів та системи моніторингу стічних вод [1].

Підозрілими є спалахи захворювань, причини, механізм і наслідки яких неясні та викликають щонайменше одну з таких підозр про заборонену діяльність:

- спалах, спричинений використанням біологічної зброї, що супроводжується ураженням військ, населення, сільськогосподарських рослин або домашніх тварин (імовірно використання афлатоксину проти населення в Халаб'є, Ірак, 1988 р.);

- спалах, спричинений випробовуванням біологічної зброї або її моделей/імітаторів, що призвів до ураження військ, населення, сільськогосподарських рослин або домашніх тварин (загибель табуна коней біля Дагуйського полігону в штаті Юта, пов'язана з випробуванням вірусу венесуельського енцефаліту коней, США, 1976 р.);

- спалах, спричинений витоком патогенних агентів із підприємств, що займаються забороненою діяльністю (уже описаний спалах сибірки у Свердловську в 1979 р., спалах кримської-Конго геморагічної гарячки в Ярмукському госпіталі, що в Іраку, у 1981 р., епідемія SARS у Китаї в 2004 р., пандемія COVID-19) [2];

- наслідки спалаху захворювань, навмисно посилені результатами забороненої діяльності;

- результати або патогенні матеріали спалаху захворювання, використані для заборонених цілей (підозра про можливість зберігання ізолятів останньої епідемії натуральної віспи в Іраку в 1969 р.) [3].

Подібні підозри можуть ґрунтуватися на різних ознаках, серед яких:

- масове початкове інфікування біологічним агентом, що належить до найбільш вірогідних агентів біологічної зброї або їхніх імітаторів/моделей;

- незвичайні для конкретного регіону характеристики біологічних агентів або організмів (передусім зростання вірулентності, контагіозності, змінене співвідношення тканинної специфічності/уражений орган або організм, набуття резистентності до антибіотиків або стійкості у довкіллі);

- опосередкована інформація, а також безпосередні заяви чи погрози застосувати біологічні агенти проти певної країни або регіону;

- будь-які ознаки чи фактичні дані про те, що в даному регіоні має місце заборонена Конвенцією діяльність;

- спалах захворювання, спричиненого агентом, ізоляти якого згодом розглядалися як ресурс біологічної зброї [4].

Усі підозрілі спалахи інфекційних захворювань вимагають розслідування на національному

або міжнародному рівні. Метою розслідування є встановлення причин виникнення таких спалахів і супутніх чинників з метою адекватної протидії та усунення наслідків.

Відповідно до оцінки ВООЗ, урахування комплексу синдромів («синдромний звіт») може бути першим і достатнім заходом для виявлення підозрілих спалахів інфекційних захворювань, спричинених геннозміненими організмами або агентами з новими характеристиками чи ефектами. Національна охорона здоров'я та епідеміологічні служби внаслідок їх першочергової й активної участі в розслідуванні, відіграють важливу роль в ідентифікації агенту, плануванні збору та збереженні цінної інформації. Згідно з положенням Конвенції про заборону біологічної та токсинної зброї [5] і правилами ВООЗ [6], для розслідування підозрілого спалаху інфекційних захворювань може бути ініційоване міжнародне розслідування. Правові норми Конвенції передбачають запит міжнародного розслідування такого спалаху через Раду Безпеки ООН [2; 7].

Працюючи в Іраку, Комісія ООН із моніторингу, верифікації та інспекції (UNMOVIC) нагромадила більше ніж 10-річний унікальний практичний досвід: інспекції промислових, науково-дослідних і навчальних закладів для розслідування можливого розроблення, виробництва і забороненого використання біологічних агентів, усебічної перевірки біологічних декларацій відповідно до обмежень СБ ООН, правил національного і міжнародного законодавства, обробки і створення депозитаріїв значних масивів різноманітної технічної та відкритої інформації про різні ресурси, діяльність і події, що стосуються об'єктів біологічного і медичного профілю [8]. Цей досвід уже використовується для багатоступінчатого навчання міжнародних інспекторів, запропонованих комісії країнами ООН. Він може бути також використаний національними і міжнародними організаціями, які планують або здійснюють розслідування підозрілих спалахів захворювань.

Епідемічна розвідка містить два компоненти: на основі показників та на основі подій. Протягом останнього десятиріччя для реєстрації і розслідування спалахів інфекційних захворювань широко вживаються цифрові технології. З'явився відносно новий тип нагляду, який називається системами Інтернет-біонагляду на основі подій. Ці системи використовують інформацію про події, що впливають на здоров'я, з Інтернет-джерел, таких як соціальні мережі або новинні агрегатори [9]. Ці системи обходять обмеження традиційних систем звітності, будучи недорогими, прозорими та гнучкими. Інтернет-біонагляд на основі подій є визнаним ефективним підходом до виявлення інфекційних захворювань. Неминуче кількість онлайн-джерел даних зростатиме, і разом із цим

Інтернет-біонагляд на основі подій ставатиме дедалі важливішим у нагляді за інфекційними захворюваннями [10]. Системи Інтернет-спостереження або цифрового спостереження використовують онлайн-джерела даних для виявлення цифрових сигналів потенційних індикаторів або ранніх ознак спалахів інфекційних захворювань на основі пошуку інформації в Інтернеті та тенденцій у поведінці користувачів із різних соціальних мереж та джерел пошукових систем [11]. Пандемія COVID-19 стала безпрецедентною можливістю використовувати такі технології спостереження в режимі реального часу для виявлення спалахів, прогнозування зростання епідемії та адаптації ефективних та локально релевантних повідомлень у сфері громадського здоров'я: мобільні телефони та додатки, зокрема додатки, призначені для підтримки відстеження контактів, відстеження мобільних телефонів за допомогою технологій, включаючи Bluetooth та GPS, дрони, технології сканування температури та портативні пристрої [12]. Аналізуючи великі обсяги онлайн-даних у режимі реального часу, прогнозні моделі можуть бути використані для виявлення кластерів високого ризику, тенденцій та ознак раннього запобігання, які часто передують лабораторно підтвердженому тестуванню або діагностиці в медичному закладі, що є традиційними методами спостереження за виявленням захворювань. Такі моделі, як GPHIN та ProMED, уможливають раннє попередження про спалахи до цих сповіщень системи охорони здоров'я, а також доповнюють системи електронного спостереження на основі подій [13]. Однак, як стверджує J. O'Shea (2017), ті ж самі аспекти систем Інтернет-біоспостереження на основі подій, які роблять їх новим важливим інструментом спостереження, також можуть зробити їх менш надійним інструментом, оскільки деякі джерела даних не перевіряються фахівцями охорони здоров'я. Окрім того, іноді їм бракує специфічності. Тож результати цих систем відрізняються від офіційних джерел [14].

Важливо відзначити, що розслідування підозрілих спалахів є складною проблемою, оскільки обмежене за часом і ресурсами, вимагає термінової мобілізації, використання великих масивів різноманітної технічної та публічної інформації. Розслідування має бути спрямоване на досягнення конкретних і важливих цілей і водночас зберігати гнучкість і резерви для обліку якісно нової інформації, що з'являється в ході розслідування. Історія вчить, що розслідування, інспекції та інтерв'ювання, з одного боку, дають змогу встановити важливі дані, але з іншого – призводять до знищення фактичного матеріалу або утруднення подальшого доступу до нього. У деяких випадках збір інформації, необхідної для отримання висновків і розроблення заходів протидії, може

розтягтися на десятиріччя (випадок із розсилкою забруднених спорами сибірки листів у США, 2001 р.). Тому створення ефективних методів отримання, обробки і збереження інформації про підозрілі випадки захворювань є складним та актуальним технічним завданням [2; 15; 16].

Нью-Йоркська комісія ООН із моніторингу, верифікації та інспекцій розробила низку технічних підходів для полегшення проєктування баз даних та інформаційних технологій супроводу розслідувань підозрілих спалахів захворювань, зокрема:

- класифікація інформації на 12 основних предметних сфер (видів ресурсів, діяльності та подій, включаючи підозрілі спалахи захворювань), їх таксономії та інформативних показників;
- форма і розподіл інформації у центральній і периферичних базах даних;
- вимоги до технічної платформи обчислювальної техніки та операційної системи;
- види фактографічної інформації та їх взаємозв'язок у базах даних;
- організація і зміст інформаційних депозитаріїв (включаючи аналітику, зображення, генетичні коди, ключові слова, термінологічні словники, декларації/заяви, верифікації);
- інтерфейс, що відображає глибину уточнення об'єкта: предметна сфера – список об'єктів – предмет (рівень об'єкта);
- класифікація аналітичної інформації: опис, оцінка потенціалу стурбованості, рекомендації;
- файлова система: менеджер файлів – віртуальні диски – система управління – бази даних – депозитарії – інструменти;
- система ідентифікації інформації: код запису – референс-посилання – автор – авторська мітка – момент запису;
- формат висновку документів: експорт таблиць/списку об'єктів, перелік перевірки об'єктів верифікації, крос-переліки, перевірка матеріального балансу, доповідь про системний аналіз;
- інформаційні технології: побудова списку об'єктів у результаті багатокритерійного пошуку в суміжних предметних сферах; генерація звіту у вигляді деревоподібного вебсайту, що відображає внутрішню структуру (таксономію) об'єкта і його встановлених історичних зв'язків; експрес-презентації документального підтвердження;
- інструменти (переглядачі, редактори, конвертори, машини пошуку, програми навчання розпізнаванню, навчання центральної і периферичних баз, генератори деревоподібних текстових файлів, уточнення переліків за критеріями верифікації) [17].

Розроблення і випробування експериментальної технології, що містить близько 80 тис записів у бази даних, показує, що система приблизно в 500 млн разів компактніша від традиційного підходу складання Excel-таблиць, а час формування

запиту в систему порівнюваний із часом стандартного питання інтерв'ю.

Із появою і широким впровадженням штучного інтелекту (ШІ) поряд зі збільшенням обчислювальних можливостей і виявленням сигналів для поліпшення швидкості та потужності існуючих систем уже понад десять років продовжують зростати й потенційні застосування у цифровому просторі. ШІ допомагає у ранньому виявленні гарячих точок, їх попередженні, спостереженні та епідеміологічному відстеженні. У майбутньому це дасть змогу здійснювати раннє виявлення для боротьби із серйозними епідеміями та пандеміями [18]. HealthMap – це лише один із прикладів систем, які можуть аналізувати, фільтрувати, класифікувати та агрегувати текст для виявлення сигналів про інфекційні захворювання з високою точністю та безпрецедентною швидкістю [19]. John S. Brownstein та співавтори (2023) показали, що динамічні алгоритми ШІ ще 30 грудня 2019 р.,

лише через кілька днів після виявлення першого випадку COVID-19, дали змогу попередити про «кластер випадків пневмонії невідомої етіології» [20]. Беручи до уваги виняткову трудомісткість і безперервну ручну класифікацію для спостереження за захворюваннями, ШІ забезпечує одночасне всесвітнє охоплення та гіперлокальну ситуаційну обізнаність. Це є його безумовною ключовою перевагою [21; 22].

Висновки. Сучасні інформаційні технології за умови їх правильного застосування можуть забезпечити ефективне розслідування спалахів інфекцій. Створення єдиної централізованої бази даних дає змогу швидко реагувати на біологічні загрози та зміцнювати глобальну систему біобезпеки.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні сучасних технічних методів реєстрації підозрілих спалахів інфекційних захворювань, що вимагають розслідування, зокрема випадків використання біологічної зброї.

Список літератури

1. Khorram-Manesh A., Dulebenets M.A., Goniewicz K. Implementing public health strategies – the need for educational initiatives: a systematic review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021. № 18(11). 5888.
2. Андрейчин М.А., Копча, В.С. Біотероризм. Медична протидія. Тернопіль: Укрмедкнига, 2005. 300 с.
3. Meckawy, R., Stuckler, D., Mehta et al. Effectiveness of early warning systems in the detection of infectious diseases outbreaks: a systematic review. *BMC public health*, 2022. № 22(1). 2216.
4. McGowan, C.R., Takahashi, E., Romig, L. et al. Community-based surveillance of infectious diseases: a systematic review of drivers of success. *BMJ global health*. 2022. № 7(8), e009934.
5. Конвенція про заборону розробки, виробництва та накопичення запасів бактеріологічної (біологічної) і токсинної зброї та про їх знищення. № 995_054. Редакція від 10.04.1972.
6. National workforce capacity to implement the essential public health functions, including a focus on emergency preparedness and response: Roadmap for aligning WHO and partner contributions. *World Health Organization*, 2022.
7. Zhu, P., Hu, J., Zhang, Y., Li, X. Enhancing Traceability of Infectious Diseases: A Blockchain-Based Approach. *Information processing & management*. 2021. № 58(4). 102570.
8. Zarei, J., Dastoorpoor, M., Jamshidnezhad, A. et al. Regional COVID-19 registry in Khuzestan, Iran: A study protocol and lessons learned from a pilot implementation. *Informatics in medicine unlocked*. 2021. № 23. 100520.
9. Liscano, Y., Anillo Arrieta, L.A., Montenegro, J.F., Prieto-Alvarado, D., Ordoñez, J. Early Warning of Infectious Disease Outbreaks Using Social Media and Digital Data: A Scoping Review. *International journal of environmental research and public health*, 2025. № 22(7). 1104.
10. Calleja, N., AbdAllah, A., Abad, N. et al. A Public Health Research Agenda for Managing Infodemics: Methods and Results of the First WHO Infodemiology Conference. *JMIR infodemiology*. 2021. №1(1), e30979.
11. Briand, S., Hess, S., Nguyen, T., Purnat, T.D. Infodemic Management in the Twenty-First Century. In T. D. Purnat (Eds.) et. al., *Managing Infodemics in the 21st Century: Addressing New Public Health Challenges in the Information Ecosystem*. Springer. 2023. 1–16.
12. Gontariuk, M., Krafft, T., Rehbock, C. et al. The European Union and Public Health Emergencies: Expert Opinions on the Management of the First Wave of the COVID-19 Pandemic and Suggestions for Future Emergencies. *Frontiers in public health*. 2021. № 9. 698995.
13. Barboza, P., Vaillant, L., Le Strat, Y. et al. Factors influencing performance of internet-based biosurveillance systems used in epidemic intelligence for early detection of infectious diseases outbreaks. *PloS one*. 2014. № 9(3). e90536.
14. Abuhaloob, L., Purnat, T.D., Tabche, C., Atwan, Z., Dubois, E., Rawaf, S. Management of infodemics in outbreaks or health crises: a systematic review. *Frontiers in public health*. 2024. № 12. 1343902.
15. Mremi, I.R., George, J., Rumisha, S.F., Sindato, C., Kimera, S.I., Mboera, L.E. Twenty years of integrated disease surveillance and response in Sub-Saharan Africa: challenges and opportunities for effective management of infectious disease epidemics. *One health outlook*. 2021. № 3(1). 22.
16. Olliaro, P., & Torreale, E. Global challenges in preparedness and response to epidemic infectious diseases. *Molecular Therapy*. 2022. № 30(5). P. 1801–1809.
17. Oeschger, T.M., McCloskey, D.S., Buchmann, R.M. et al. Early warning diagnostics for emerging infectious diseases in developing into late-stage pandemics. *Accounts of Chemical Research*. 2021. №54(19). P. 3656–3666.
18. Cheah, B.C.J., Vicente, C.R., Chan, K.R. Machine Learning and Artificial Intelligence for Infectious Disease Surveillance, Diagnosis, and Prognosis. *Viruses*. 2025. № 17(7). 882.
19. Freifeld, C.C., Mandl, K.D., Reis, B.Y., Brownstein, J. S. HealthMap: global infectious disease monitoring through automated classification and visualization of Internet media reports. *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA*. 2008. № 15(2). P. 150–157.

20. Brownstein, J.S., Rader, B., Astley, C.M., & Tian, H. Advances in Artificial Intelligence for Infectious-Disease Surveillance. *The New England journal of medicine*, 2023. № 388(17). P. 1597–1607.
21. Suvvari, T.K., & Kandi, V. Artificial intelligence enhanced infectious disease surveillance – A call for global collaboration. *New microbes and new infections* 2024. № 62. 101494.
22. Kraemer, M.U.G., Tsui, J.L., Chang, S.Y. et al. Artificial intelligence for modelling infectious disease epidemics. *Nature*. 2025. № 638(8051). P. 623–635. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08564-w>

References

1. Khorram-Manesh A., Dulebenets M.A., Goniewicz K. (2021). Implementing public health strategies—the need for educational initiatives: a systematic review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18(11), 5888. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115888>
2. Andreychyn, M.A., Kopcha, V.S. (2005). *Bioterrorizm. Medychna protydyia* [Bioterrorism. Medical Countermeasures]. Ternopil: Ukrmedknyha [in Ukrainian].
3. Meckawy, R., Stuckler, D., Mehta, A., Al-Ahdal, T., & Doebbeling, B. N. (2022). Effectiveness of early warning systems in the detection of infectious diseases outbreaks: a systematic review. *BMC public health*, 22(1), 2216. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14625-4>
4. McGowan, C.R., Takahashi, E., Romig, L., Bertram, K., Kadir, A., Cummings, R., & Cardinal, L.J. (2022). Community-based surveillance of infectious diseases: a systematic review of drivers of success. *BMJ global health*, 7(8), e009934. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2022-009934>, 7(8), e009934
5. Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons and on their Destruction. Convention: London, Moscow and Washington, 1972. 10 April. <https://legal.un.org/avl/ha/cpdpsbttwd/cpdpsbttwd.html>
6. *National workforce capacity to implement the essential public health functions, including a focus on emergency preparedness and response: Roadmap for aligning WHO and partner contributions*. World Health Organization: 2022.
7. Zhu, P., Hu, J., Zhang, Y., & Li, X. (2021). Enhancing Traceability of Infectious Diseases: A Blockchain-Based Approach. *Information processing & management*, 58(4), 102570. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2021.102570>
8. Zarei, J., Dastoorpoor, M., Jamshidnezhad, A., Cheraghi, M., & Sheikhtaheri, A. (2021). Regional COVID-19 registry in Khuzestan, Iran: A study protocol and lessons learned from a pilot implementation. *Informatics in medicine unlocked*, 23, 100520. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100520>
9. Liscano, Y., Anillo Arrieta, L.A., Montenegro, J.F., Prieto-Alvarado, D., & Ordoñez, J. (2025). Early Warning of Infectious Disease Outbreaks Using Social Media and Digital Data: A Scoping Review. *International journal of environmental research and public health*, 22(7), 1104. <https://doi.org/10.3390/ijerph22071104>
10. Calleja, N., AbdAllah, A., Abad, N., Ahmed, N., Albarracin, D., Altieri, E. ... & Purnat, T.D. (2021). A Public Health Research Agenda for Managing Infodemics: Methods and Results of the First WHO Infodemiology Conference. *JMIR infodemiology*, 1(1), e30979. <https://doi.org/10.2196/30979>
11. Briand, S., Hess, S., Nguyen, T., & Purnat, T.D. (2023). Infodemic Management in the Twenty-First Century. In T.D. Purnat (Eds.) et. al., *Managing Infodemics in the 21st Century: Addressing New Public Health Challenges in the Information Ecosystem*. (pp. 1–16). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27789-4_1
12. Gontariuk, M., Krafft, T., Rehbock, C., Townend, D., Van der Auwermeulen, L., & Pilot, E. (2021). The European Union and Public Health Emergencies: Expert Opinions on the Management of the First Wave of the COVID-19 Pandemic and Suggestions for Future Emergencies. *Frontiers in public health*, 9, 698995. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.698995>
13. Barboza, P., Vaillant, L., Le Strat, Y., Hartley, D.M., Nelson, N.P., Mawudeku ... & Astagneau, P. (2014). Factors influencing performance of internet-based biosurveillance systems used in epidemic intelligence for early detection of infectious diseases outbreaks. *PloS one*, 9(3), e90536. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090536>
14. Abuhaloob, L., Purnat, T.D., Tabche, C., Atwan, Z., Dubois, E., & Rawaf, S. (2024). Management of infodemics in outbreaks or health crises: a systematic review. *Frontiers in public health*, 12, 1343902. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1343902>
15. Mremi, I.R., George, J., Rumisha, S.F., Sindato, C., Kimera, S.I., & Mboera, L.E. (2021). Twenty years of integrated disease surveillance and response in Sub-Saharan Africa: challenges and opportunities for effective management of infectious disease epidemics. *One health outlook*, 3(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s42522-021-00052-9>
16. Olliaro, P., & Torreele, E. (2022). Global challenges in preparedness and response to epidemic infectious diseases. *Molecular Therapy*, 30(5), 1801–1809.
17. Oeschger, T.M., McCloskey, D.S., Buchmann, R.M., Choubal, A.M., Boza, J.M., Mehta, S., & Erickson, D. (2021). Early warning diagnostics for emerging infectious diseases in developing into late-stage pandemics. *Accounts of Chemical Research*, 54(19), 3656–3666.
18. Cheah, B.C.J., Vicente, C.R., & Chan, K.R. (2025). Machine Learning and Artificial Intelligence for Infectious Disease Surveillance, Diagnosis, and Prognosis. *Viruses*, 17(7), 882. <https://doi.org/10.3390/v17070882>
19. Freifeld, C.C., Mandl, K.D., Reis, B.Y., & Brownstein, J.S. (2008). HealthMap: global infectious disease monitoring through automated classification and visualization of Internet media reports. *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA*, 15(2), 150–157. <https://doi.org/10.1197/jamia.M2544>
20. Brownstein, J.S., Rader, B., Astley, C.M., & Tian, H. (2023). Advances in Artificial Intelligence for Infectious-Disease Surveillance. *The New England journal of medicine*, 388(17), 1597–1607. <https://doi.org/10.1056/NEJMra2119215>
21. Suvvari, T.K., & Kandi, V. (2024). Artificial intelligence enhanced infectious disease surveillance – A call for global collaboration. *New microbes and new infections*, 62, 101494. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2024.101494>

22. Kraemer, M.U.G., Tsui, J.L., Chang, S.Y., Lytras, S., Khurana, M.P., Vanderslott, S. ... & Bhatt, S. (2025). Artificial intelligence for modelling infectious disease epidemics. *Nature*, 638(8051), 623–635. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08564-w>

METHODS FOR THE TECHNICAL REGISTRATION OF SUSPECTED INFECTIOUS DISEASE OUTBREAKS REQUIRING INVESTIGATION

O. V. Pokryshko, V. S. Kopcha, T. I. Pyatkovskyy, H. I. Mykhailishyn, N. M. Olyinyk, L. B. Romanyuk

Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine

Purpose: this paper reviews technical methods and approaches to detect and investigate suspicious outbreaks of infectious diseases located in a biologically prohibited area. It achieves the direction of early detection, collection, analysis and preservation of data with high biosafety.

Materials and Methods. The paper outlines the criteria for identifying suspicious outbreaks, tools, use of UNMOVIC, database structure and investigation procedures. It describes historical examples of the use or release of biological agents that led to advances in verification methods.

Results. Early warning systems for outbreaks and the spread of infectious diseases encompass a variety range of data sources, including health sector data, hospital data, social media platform data, statistical bureau data, meteorological department data, and wastewater monitoring systems. There is an increasing demand for resources to identify suspicious threats. Therefore, the development of an integrated information and analytical platform is critical for national security and ensuring the framework of biological and toxin weapons (BTWC).

A multi-tiered system of classification, identification and storage of data was developed, which significantly reduced the volume of information and accelerated analysis. Along with increasing computational power and signal detection to improve the speed and efficiency of existing systems, artificial intelligence aids in the early detection of hot spots, their prevention, and epidemiological tracking. Considering the exceptional labor-intensive and continuous manual classification for disease surveillance, it provides simultaneous global coverage and hyperlocal situational awareness.

Conclusions. Modern intelligent technologies, if properly implemented, can ensure effective investigation of emergency outbreaks. The creation of a single centralized database increases the ability to quickly respond to biological threats and takes into account the global biosecurity framework.

KEY WORDS: biosecurity; infectious outbreak; infectious disease; bioterrorism; biological weapons; information system; database; verification.

Рукопис надійшов до редакції 10.08.2025

Рукопис прийнято до публікації 01.09.2025

Рукопис опубліковано 20.10.2025

Відомості про авторів:

Покришко Олена Володимирівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри мікробіології, вірусології та імунології Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9640-0786>.

Копча Василь Степанович – доктор медичних наук, професор кафедри інфекційних хвороб з епідеміологією, шкірними та венеричними хворобами Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9499-3733>.

П'ятковський Тарас Іванович – кандидат медичних наук, доцент кафедри мікробіології, вірусології та імунології Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1240-1680>.

Михайлишин Галина Іванівна – PhD, доцент кафедри мікробіології, вірусології та імунології Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7038-057X>

Олійник Ніна Миколаївна – кандидат медичних наук, доцент кафедри мікробіології, вірусології та імунології Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2427-4009>

Романюк Лідія Богданівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри мікробіології, вірусології та імунології Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8844-8082>

Електронна адреса для листування: pokryshko@tdmu.edu.ua