

---

**БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОЛОГІЧНА ЗБРОЯ  
У ДОБУ ТУРБУЛЕНТНОСТІ СВИТОПОРЯДКУ:  
ТРАНСФОРМАЦІЯ ВІЙСЬКОВИХ (БЕЗПЕКОВИХ) ЗАГРОЗ**

---

**Казан Е. М., Заболотнюк І. О., Голубовська О. М.**  
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-480-1-12>

**ВСТУП**

Сьогодні світ усвідомлює, що застосування біологічної зброї як зброї масового знищення може призвести до загибелі всіх живих істот на планеті. Її можуть застосовувати у війнах, локальних конфліктах та терористичних атаках. Тому дуже важливими є заходи щодо запобігання виробництву та розповсюдженню бактеріологічної та токсичної зброї в країнах, оскільки біологічна зброя так само є небезпечною, як і ядерна. Загроза глобальній біологічній безпеці виникає, якщо: наукові досягнення свідомо використовуються проти людей; є загрози, пов'язані зі зміною геному організмів; трапляються випадки витоку біологічних речовин за межі дослідницьких центрів або інших установ.

Мета статті – історичний огляд епідемій під час воєн і локальних конфліктів і їх вплив на бойові дії, аналіз виробництва і досліджень біологічної зброї в СРСР, а також загроз, пов'язаних зі зміною геному організмів і технологією CRISPR для військової сфери.

Ця проблема часто обговорювалася в численних роботах військових учених, лікарів, епідеміологів та істориків. Особливу увагу було приділено біотероризму. Методи боротьби з ним описали професори Р. Сибірна, А. Сибірний, В. Михайлюк. Науковці Української військово-медичної академії, Центру інноваційних медичних технологій НАН України, Центру профілактичної медицини, Головного медичного центру МВС України, Головного Військово-медичного центру, зокрема В. Якимець, В. Печиборщ, І. Огороднічук, описали методи та засоби медичного захисту в випадках застосування біологічної зброї, методи виявлення смертоносних бактерій і вірусів, їх бойових штамів, штучно створених. У роботах вчених детально описано основні особливості біологічної зброї, її застосування в терористичних атаках і методи боротьби з біотероризмом.

Однак не було проведено історичного аналізу значення та впливу епідемії на хід і результати війни, а також детальних досліджень розробки та виробництва біологічної зброї, особливо в СРСР. І також не досліджено значення в науки біогенетики та біотехнології CRISPR, для розробки біологічної зброї і можливості використання біотехнології CRISPR у генетичній модифікації організмів, у тому числі геному людини, використання біотехнологій в мілітарній сфері.

### **1. Епідемії та біологічна зброя – історичний екскурс**

Протягом століть людство страждало не тільки від воєн, але і від супутніх їм епідемій хворіб, у тому числі особливо небезпечних. На сьогоднішній день, в час проголошеної ВООЗ епідемії коронавірусу особливо актуально згадати про ті епідемії, які супроводжували людство за час його існування. В п'ятірку самих «серйозних» входять чума, іспанка, натуральна віспа, холера та черевний, поворотний та висипний тиф. Щодо висипного тифу, то він лютував в роки першої та другої світових воєн.

Медицина часто була безсила проти епідемій. Впродовж історії людства глобальні епідемії забирали життя мільйонів жителів планети. Часом кількість смертей від епідемії перевищувала кількість смертей на війні. А збройні конфлікти часто призводили до поширення захворювання. Адже кожна війна супроводжувалася епідеміями, часто висипним тифом, бо це захворювання пов'язане з перебуванням в окопах та позиційною війною, з відсутністю гігієни, з перебуванням в шпиталях та на етапах медичної евакуації, з перекиданням військ та переїздом демобілізованих до місць проживання. Висипний тиф, зокрема, пов'язаний з виникненням та поширенням педикульозу, бо розповсюджується при допомозі вошей. Все вищезазначене призводило до розвитку епідемії серед військових, а уражена епідемією армія, зайшовши на територію противника, ставала джерелом і розповсюджувачем хвороби. Наприклад, що стосується іспанки, то її перші випадки були виявлені в штаті Канзас в США на початку 1918 року, а в Європу цю небезпечну хворобу завезли американські війська, відправлені на фронт Першої світової війни у Францію. В результаті пандемії «іспанки», що почалася в останні місяці Першої світової війни і тривала близько 18 місяців у 1918–1919 роках, загинуло від 50 до 100 мільйонів людей (значно менше – до 20 мільйонів людей загинуло в результаті бойових дій)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Ткачук А. Особливості вивчення біологічних небезпек, що пов'язані з масовим поширенням інфекційних захворювань. *Наукові записки. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*, 2017. 11/4. 193–197.

Щодо втрат в армії під час війни, то їх поділяють на безповоротні та санітарні. До безповоротних належать загиблі, військовополонені, зниклі безвісти та померлі в лікарнях. До санітарних втрат в армії відносять поранених і хворих бійців. Санітарні втрати, в свою чергу, поділяються на бойові та небойові. Хворі військовики вважаються небойовими втратами.

У період з 1815 по 1914 роки в колоніальних війнах безповоротні втрати внаслідок епідемій становили 77% усіх безповоротних втрат. Межею між війнами з високим рівнем смертності від захворювань і з нижчим рівнем є кінець XIX – початок XX століття. Саме тоді почалися бактеріологічні дослідження та винайдення вакцин, зокрема, була винайдена вакцина проти висипного тифу львівським вченим Рудольфом Вайглем<sup>2</sup>. Вчені світу довго шукали порятунку від цієї небезпечної інфекції. І вперше винайшли вакцину, подолали рецидиви і ліквідували епідемічний висипний тиф львівські вчені-Рудольф Вайгль та його учень, професор Хенрік Мосінг, винахідник знаменитого лабораторного діагностикуму – тесту Мосінга для боротьби з поворотним висипним тифом.

Під час Другої світової війни німецька армія постійно страждала від величезної кількості захворювань. 125 тис. німецьких солдатів і офіцерів померли від хворіб. В японській армії статистика також була дуже вагомю: кількість хворих солдатів становила 4,5 млн. Це було трохи менше, ніж чисельність усієї армії (5,5 млн)<sup>3</sup>.

Відтак, майже кожна війна 20 ст. супроводилась виявленням нових не реєстрованих раніше хворіб або значним зростанням інфекцій, яким раніше не надавали значення. Так, у Першій світовій війні з'явилися нові інфекційні захворювання – окопна лихоманка (яка вразила 700 тис. осіб в союзних арміях і зникла відразу після війни), паратиф А та епідемічний енцефаліт. Ймовірно це було пов'язано з постійним перебуванням в окопах під час позиційної війни.

Звісно, людство, яке постійно веде війни, хоче використати епідемію, в тому числі її збудників і штами патогенів, у військових цілях для знищення ворога. Навмисне зараження ворожих військ інфекційними хворобами під час воєн спочатку досягалося шляхом транспортування заражених трупів людей або тварин в обложені міста.

---

<sup>2</sup>Казан Е., Голубовська О. Роль львівських вчених у подоланні епідемій: Рудольф Вайгль та Генрік Мосінг. *З історії західноукраїнських земель*, 16, 2020. 224–235.

<sup>3</sup>Мосов С., Чубіна Т. Історія епідемічних втрат у воєнних конфліктах. *І Міжнародна наукова конференція «Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки» (до 35 роковин аварії на Чорнобильській АЕС)*, 78–80.

Відомо, що татари заразили населення міста чумою в 1346 році під час облоги Кафи, а купці, втікаючи на кораблях з Кафи до Італії, завезли чуму в Європу. Таким чином, Золоту Орду можна вважати першими, хто застосував біологічну зброю-зараження ворога особливо небезпечною інфекцією, що спричиняє пандемію, з метою масового знищення противника.

В 70-тих роках минулого століття на стику молекулярної біології та генетики виникає нова експериментальна наука – генна інженерія. І її досягнення починають використовувати в різних цілях. Одна з них – це створення стійких до ліків та впливу навколишнього середовища модифікаційних та мутаційних штамів вірусів (COVID-19, SARS тощо) чи бактерій. Львівська школа вчених, продовжуючи шлях своїх попередників-науковців, також проводить успішні дослідження в сфері генетичних біотехнологій.

## **2. Винайдення, розробка і застосування біологічної зброї**

У 1683 році Ентоні Ван Левенгук винайшов і описав бактерії, тому цей рік можна вважати відправною точкою винаходу бактеріологічної зброї. Але перші цілеспрямовані експерименти почалися лише через двісті років<sup>4</sup>.

До біологічної зброї належать: біологічно активні речовини (бактерії, рикетсії, віруси, токсини бактерій, грибів, рослин і тварин); контейнери для діючої речовини; засоби транспортування та дисперсії (снаряди, бомби, ракети, сільськогосподарські літаки, аерозольні балончики). Біологічну зброю дуже легко виготовити, використовуючи базу фармацевтичної промисловості або невеликі лабораторії. Вона дешева і надзвичайно ефективна. Вона непомітна під час нападу, її легко приховувати і переносити. Важко відразу швидко визначити причину захворювань і смертей внаслідок застосування біологічної зброї, а симптоми хвороби часто є нетиповими та оманливими. Патогенні штами можуть бути отримані за допомогою генної інженерії як засіб біологічної атаки. Їхніми особливостями є: доступність, дешеве виробництво, висока летальність, катастрофічний вплив на громадське здоров'я<sup>5</sup>.

Біологічною зброєю є віруси, бактерії, гриби, рикетсії, що переносяться інфікованими носіями – блохами, вошами, комарами. Як

---

<sup>4</sup>Якимець В., Печиборщ В., Огороднійчук І., Якимець В., Печиборщ О. Медичний захист при застосуванні біологічної зброї. *Український журнал військової медицини*, 3, 2022. 68.

<sup>5</sup>Дідур О. Бактеріологічний кулак імперії. *Армія Inform*. <https://armyinform.com.ua/2020/04/09/bakteriologichnyj-kulak-imperiyi/2020>

біологічну зброю використовують також розсіювальні заражені аерозолі, заражені вироби, предмети побуту, заражених тварин<sup>6</sup>.

Біологічна зброя – це також бомби, ракети, міни, бойова зброя, начинені біологічними агентами, з метою масового знищення людей.

Найефективнішим способом зараження людини є аерозольний. Небезпека від укусів комах, бліх і вошей менша. Бо потрапляння збудника через пошкоджену шкіру не настільки небезпечно, як потрапляння в легені інфікованого повітря.

За даними ВООЗ (Всесвітня організація охорони здоров'я), до списку біологічної зброї входять бактерії, токсини, гриби та генетично модифіковані організми, зокрема такі особливо небезпечні інфекції як: чума, сибірська виразка, віспа, холера, туляремія, тиф, коклюш, лихоманка Ку, лихоманка Ебола, ботулізм. Біологічна зброя небезпечна тим, що хвороба проявляється не відразу, а після інкубаційного періоду, протягом якого хвороба поширюється від зараженої людини до здорових, викликаючи епідемію. А виробництво антидотів чи вакцин потребує тривалих наукових досліджень, розтягнутих у часі.

З розвитком генної інженерії з'явився ще один вид біологічної зброї – біогенетична, яка передбачає зміну геному організмів, але про це пізніше.

Останніми десятиліттями вчені активно займаються використанням у військових цілях легіонели-бактерії яка живе в воді і найпоширенішим шляхом зараження є вдихання інфікованих водяних бризок. Викликає хворобу легіонельоз з високою температурою і важкою пневмонією з можливим летальним кінцем. Легіонельоз – хвороба легіонерів, спалах якої тривав з липня по вересень 2023 р в польському місті Жешуві та інших прикордонних з Україною містах Перемишль, Ланцут, Люблін, Ясло та інших. Причину спалаху встановити не вдалось. Агенство внутрішньої безпеки Польщі розслідувало можливість навмисного втручання в систему водопостачання і розглядало причину захворювання як диверсію з боку російських служб, оскільки в час російсько-української війни Жешув є важливим транзитним містом для надходження до України військової та гуманітарної допомоги, інші міста теж межують з Україною і виконують подібну функцію для збройної підтримки України в загарбницькій російсько-українській війні, тому версія біологічної атаки з боку Росії мала свої підстави.

---

<sup>6</sup> Від чуми до сибірської виразки: що таке біологічна зброя та де її застосовували. 2020. <https://tsn.ua/svit/vid-chumi-do-sibirskoyi-virazki-scho-take-biologichna-zbroya-ta-de-yiyi-zastosovovali-1498113.htm>

Отже, оскільки біологічна зброя є зброєю масового знищення людей, то епідемії, які виникають під час війни в результаті розповсюдження патогенних мікроорганізмів або їх штучно створених бойових штамів, є серйозною загрозою, часто для обох воюючих сторін. Щодо періоду Першої світової війни, то, на відміну від хімічної зброї, біологічна зброя тоді не застосовувалася. Німці здійснювали біологічні атаки на тварин (головним чином, на коней і велику рогату худобу), але не використовували небезпечних збудників проти людей (хоча зараження тварин сапом і сибірською виразкою в 1915 році німецьким агентом Антоном Діглером викликало кілька сотень випадків захворювань серед солдатів). Біологічні атаки на людей були заборонені листом їх генерального штабу від 1902 року. У той час хімічна зброя використовувалася у великих масштабах, тому використання біологічної зброї було лише питанням часу<sup>7</sup>. Активні розробки біологічної зброї у військових цілях розпочалися після Першої світової війни.

Біологічна зброя є зброєю масового ураження, використовується для масового знищення живих організмів зокрема з метою знищення противника. Вона є небезпечною та неконтрольованою, тому її застосування в воєнних цілях регулюється Женевським протоколом ще з 17 червня 1925 року, Даний протокол забороняє застосування на війні задушливих, отруйних газів і бактеріологічних засобів. Проте виготовлення та зберігання небезпечних засобів Женевський протокол не заборонив. Женевський протокол, як і ряд країн, підписав також і СРСР, звісно, не збираючись його дотримуватись.

Перша згадка про початок виробництва біологічної зброї в СРСР відноситься до 1926 року. СРСР перший почав розробляти біологічну зброю. Німці не мали на це права згідно з Версальською угодою, а США почали працювати в цій галузі після 1941 р. Натомість, з метою виготовлення біологічної зброї, в СРСР 15 серпня 1925 р. було створено Військово-хімічне управління Червоної Армії на чолі з Якобом Фішманом. Вже в травні 1926 року був розроблений стійкий і дуже патогенний штам сибірської виразки, який витримував в стані кип'ятіння до 10 хвилин і спори якого потрапляючи в організм через легені. Була винайдена і легенева, і кишкова форми. Одночасно був розроблений сухий ботуліновий токсин, який розчинявся у воді і спричиняв смерть.

---

<sup>7</sup>Kopeć R. Zastosowanie broni biologicznej w konfliktach zbrojnych i atakach terrorystycznych. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis. Studia de Securitate et Educatione Civili* IV, 2014. 49–71.

Розробку та виробництво хімічної і біологічної зброї урегулював в цей час міжнародний документ, згадуваний вище – «Протокол про заборону використання задушливих, токсичних газів або інших подібних газів і бактеріологічних речовин на війні», підписаний у Женеві 17 червня 1925 р. представниками 38 країн. СРСР приєднався до цього документа 2 грудня 1927 року. Але і до і після підписання протоколу СРСР готувався до біологічної війни, виконуючи замовлення радянських спецслужб. Відразу після підписання СРСР – Женевського протоколу Військово-хімічне управління Червоної Армії активізувало розробки біологічної зброї. Була організована лабораторія з виробництва вакцин і сироваток для потреб армії, а також для виготовлення агентів для біологічної війни. Бойовим штабом сибірської виразки справа не закінчилась. Радянські мікробіологи М. Гайський і В. Ельберт стали лауреатами Сталінської премії не тільки за винайдення вакцини проти туляремії, а й за винахід бойового штаму туляремії як біологічної зброї.

Цей штаб був використаний у 1942 році під час Сталінградської битви проти німецьких відділів Паулуса і поширений з допомогою польових мишей, інфікованих цим штамом. Те, що спалах туляремії в 1942 році був викликаний штучно, підтверджується тим, що у військах під Сталінградом в цей час захворіли 100 тис. осіб, порівняно з 10-ма тисячами хворих на весь Радянський Союз в 1941р і 1943р. Крім того, 70% військовослужбовців хворіли на легеневу форму туляремії, яка могла бути викликана тільки штучним штамом туляремії.

Першими жертвами туляремії стали німецькі бронетанкові частини, які в кінці літа 1942 р. захворіли в такій кількості, що нацистська кампанія на півдні Росії тимчасово припинилася. Радянське командування передало в цей район десять військово-польових госпіталів, що свідчило про надзвичайне зростання кількості хворих. Більшість журналів описували хворобу як природну епідемію, але ніколи раніше в Росії не було такої масової епідемії.

У 1943 році число інфікованих повернулося до десяти тисяч. Здавалося дивним, що так багато чоловіків спочатку захворіли лише з німецької сторони. Супротивники були настільки близько один до одного, що одночасний вибух був майже неминучим. Єдиним поясненням може бути велика кількість збудника туляремії, розпорошеної проти німецьких військ. Раптова зміна напрямку вітру або заражені миші, які перетинали лінію фронту, заражали і радянських

солдатів, тоді хвороба поширювалася по всьому фронту<sup>8</sup>. Слід зазначити, що ще в 1941 році, перед битвою за Сталінград, в секретній лабораторії в Кірові виготовляли біологічну зброю на основі туляремії. Безсумнівно, ця біологічна зброя була використана в Сталінградській битві, адже ця битва була тестом на виживання Радянського Союзу. Втрата Сталінграда означала втрату індустріального серця Уралу. Після цієї битви війна фактично була вже програна німцями. І цей досвід застосування біологічної зброї під час Другої світової війни був не єдиним. На Кримському фронті влітку 1943 р. серед німецьких військ спалахнула епідемія лихоманки Ку. Раніше цієї хвороби в СРСР не було. Її поява була пов'язана з відповідними дослідженнями в біологічному інституті в Кірові. Інститут мікробіології виробляв біологічну зброю на основі сибірської виразки, меліоїдозу, туляремії, висипного тифу та лихоманки Ку. Інститут також виробляв і накопичував збудників чуми<sup>9</sup>.

Сталінградська епідемія не була забута радянськими стратегами біологічної війни. У післявоєнні роки радянське вище командування зробило акцент на застосування біологічної зброї в тилу ворога, щоб не було загрози зараження для власних військ.

Що стосується використання біологічної зброї іншими країнами, то в 1930-40-х роках японці масово застосовували біологічну зброю. Вони проводили злочинні експерименти на людях у Маньчжурії (підрозділ 731 під командуванням генерала Ісії Сіро). На окупованих територіях Китаю дислокувався спецпідрозділ 731 японської армії, створений у 1932 році. Відомі подібні до нього підрозділи 100 і 516. У підрозділі 100 займалися інфікуванням коней, щоб уразити кавалерію китайських і радянських військ. Цей підрозділ використовував палички чуми та сибірської виразки для зараження коней. Від дії хімічної та бактеріологічної зброї загинуло в цей час приблизно 2 мільйони китайців.

У 1970-х і 1980-х роках токсин ботуліну був основним біологічним агентом, досліджуваним у Радянському Союзі, а на експериментальній станції Аральськ 7, на острові Відродження було відкрито ген, відповідальний за виробництво цього токсину.<sup>10</sup>

---

<sup>8</sup> Alibek K., Handelman S. *Biohazard: The Chilling True Story of the Largest Covert Biological Weapons Program in the World – Told From Inside by the Man Who Ran It*. New York, NY : Random House. 1999. С. 30.

<sup>9</sup> Napieralska A.H. Chemical and biological weapons a real threat in the armed conflict of Russia and Ukraine. *Defence science review*, 13, 2022. 64–74. Ст. 69.

<sup>10</sup> Дідур О. Бактеріологічний кулак імперії. *Армія Inform*. <https://armyinform.com.ua/2020/04/09/bakteriologichnyj-kulak-imperiyi/2020>



Щодо Сполучених Штатів, то президент Франклін Рузвельт прийняв рішення по розробці біологічної зброї аж в 1943 році. Ці розробки проводилися в американському штаті Меріленд у дослідницькому центрі Форт Детрік. Відомим дослідженням цього центру була операція «Білий халат», яка тривала з 1954 по 1973 рік. Тоді у Форт-Детріку проводилися біологічні експерименти на групі добровольців армії США. Групу волонтерів навмисно заразили збудниками небезпечних захворювань. Ефективність вакцин та інших антидотів також перевіряли на добровольцях. Серед них були вакцини проти жовтої лихоманки, а також ліки проти лихоманки Ку і туляремії. Збудники цих захворювань відомі як біологічна зброя<sup>11</sup>.

Програма дослідження біологічної зброї була закрита в 1969 році. Лабораторія у Форт-Детріку стала Військово-медичним науково-дослідним інститутом інфекційних захворювань США, головним завданням якого стала боротьба з біологічними загрозами.

З метою припинення виробництва смертоносної біологічної зброї 10 квітня 1972 року була складена і відкрита для підписання «Конвенція про заборону дослідження, виробництва і накопичення запасів бактеріологічної (біологічної) і токсичної зброї та про їх знищення». Це був міжнародний документ, який доповнював Женевський протокол про заборону використання на війні задушливих, отруйних та інших подібних газів і бактеріологічних засобів, підписаний 17 червня 1925 року. Конвенція набула чинності 26 березня 1975 року, коли 22 країни подали свої ратифікаційні документи Генеральному секретарю ООН. Підписав Конвенцію і СРСР, але незабаром знову почав масштабну роботу з виробництва біологічної зброї.

Прикладом тому стала епідемія сибірської виразки, що спалахнула в Свердловську в квітні-травні 1979 р. Офіційно визнаною причиною епідемії в СРСР було зараження людей сибіркою виразкою внаслідок споживання інфікованого коров'ячого м'яса. Військове містечко Свердловськ-19 стало місцем загибелі його жителів.

Насправді причиною став витік спор небезпечних бактерій у вигляді аерозольної хмари з вентиляційних ходів військової лабораторії по виготовленню біологічної зброї. Військові мікробіологи військового містечка Свердловськ-19 вивели бойовий штаб сибірської виразки, який вражав лише чоловіків 24–45 років. У 99% випадків хворіли тільки чоловіки. Серед загиблих 80% були чоловіками. Здатність цієї біологічної зброї вибірково вражати лише чоловіків доводить, що ДНК

---

<sup>11</sup>Від чуми до сибірської виразки: що таке біологічна зброя та де її застосовували. 2020. <https://tsn.ua/svit/vid-chumi-do-sibirskoyi-virazki-scho-take-biologichna-zbroya-ta-de-yiyi-zastosovuvali-1498113.htm>

бактерії була штучно змінена. Причиною виробництва такої зброї була мета перемоги над солдатами західних армій.

Хвороба поширювалась повітряно-крапельним шляхом, що невлас- тиве для зазначеного способу інфікування (вживання зараженого м'яса). Також невідома є кількість жертв, оскільки радянська статистика пода- вала неправдиві дані

Патологоанатом Фаїна Афанасіївна Абрамова першою іденти- фікувала сибірську виразку на підставі секційного розтину померлих в результаті епідемії в Свердловську в 1979 році. Це були двоє пацієн- тів, які померли в результаті крововиливу в мозок, але розтин тіл виявив незвичайний крововилив на величезній площі оболонок мозку. Проведено бактеріологічне дослідження біоматеріалу обох трупів. В обох виявлено бактерії сибірської виразки. Всього Фаїна Абрамова та патологоанатом Лев Грінберг зробили 42 розтини трупів і записали документи, які публікувалися протягом 12 років Пізніше. У 2001 році патологоанатом Лев Грінберг розповів іспанській журналістці Пілар Бонет про відмінності симптомів звичайної легеневої форми сибірської виразки від тієї, яка вбила людей у Свердловську. Захворювання у Свердловську було викликано сумішшю чотирьох невідомих меди- цині та неіснуючих у природі штамів сибірської виразки<sup>12</sup>.

Через спалах епідемії в 1981 році КПРС і Рада Міністрів СРСР вирішили перенести виробництво бойових штамів сибірської виразки зі Свердловська до Степногорська. У 1983–1987 роках там працював відомий радянський мікробіолог К. Алібеков, під керівництвом якого масово вироблялися бойові штами сибірської виразки та вірусу Марбург. У 1992 році він виїхав до США, де RandomHouse опублікував його книгу «Biohazard».

Крім науково-промислового центру з дослідження та виробництва біологічної зброї в Степногорську, в Аральському морі на Аральському острові знаходився радянський секретний полігон, над яким з літака розпилювали смертельні штами – туляремію, сибірську виразку, чуму, Ку-лихоманку, і проводили експерименти на мавпах, яких утримували на острові.

В СРСР усі дослідження проводилися в умовах цілковитої секрет- ності, громадськість зазвичай дізнавалася про них від вчених, які покинули країну.

---

<sup>12</sup> Канигін П. Трагедія Свердловська-19 в СРСР. «Налякали мене, і я 40 років так і мовчала». *Україна кримінальна*. 2018, 22 травня. <https://cripo.com.ua/stories/?p=247116/>

### 3. Генна інженерія та технологія CRISPR – переваги і загрози

1970-ті роки стали новим періодом розвитку біології, бактеріології та генетики мікроорганізмів. На стику молекулярної біології та генетики виникає нова експериментальна наука – генна інженерія. Її старт відбувся в 1972 році, коли в лабораторії Пола Берга у США була винайдена перша рекомбінантна (гібридна) ДНК на основі комбінації генетичного матеріалу. У 1972 році команда Пола Берга вперше здійснила сплайсинг генів і поєднала фрагменти ДНК різного походження. Отримано рекомбінантну ДНК, яка включала фрагменти геному онкогенного вірусу SV40 і бактеріофага, що містить фрагмент гена *E. coli*.

Генну інженерію почали використовувати в рослинному світі. Вірусні гени були введені в рослинні клітини, щоб зробити їх стійкими до вірусів і виростити рослини, стійкі до вірусних інфекцій. У тваринному світі нові породи собак також виводять за допомогою генної інженерії. Крім того, генна інженерія дає змогу лікувати такі генетичні захворювання, як, наприклад, бета-таласемія. Прорив у біотехнологіях, звісно, не міг обминути військову сферу. У травні 1986 року Міністерство оборони Сполучених Штатів у звіті комітету Палати представників Конгресу США ствердило, що генна інженерія зробила бактеріологічну війну особливим видом бойових дій, а прогрес у галузі біотехнології дозволяє виробляти необмежену кількість різновидів «речовин зі специфічними властивостями». Нові, невідомі інфекційні захворювання можуть стати особливо небезпечними під час бактеріологічної війни. І під час бойових дій знадобляться засоби захисту від них<sup>13</sup>.

Пандемія корона вірусу 21 століття нез'ясованого походження поставила нові виклики перед світовою медициною та військовою зокрема. Вона заставив повернутись обличчям до санітарно-епідемічного захисту військових, розвитку превентивної медицини, запровадження карантинних міроприємств, пошуку шляхів запобігання та поширення інфекції. Пошук ефективних вакцин змушує світову медичну науку працювати в ритмі посиленого режиму. В умовах війни проблема винайдення і апробації вакцин є дуже актуальною і вимагає активізації та консолідації зусиль українських вчених. А Україна вже мала таких вчених, які внесли свій безцінний вклад в світову медичну науку в галузі боротьби з небезпечними інфекціями та винайденням вакцин, лікарств і діагностиків для їх попередження, лікування і запобігання рецидивів. Зокрема це згадані вже винахідник вакцини від висипного

---

<sup>13</sup>Маркович І., Гриневич О., Маркович І. Аналіз загроз та оцінка ризиків, пов'язаних із використанням біологічних агентів. *Український медичний часопис*, III/IV, 2(88), 2012. 41–45.

тифу Рудольф Вайгль і його учень Хенрик Мосінг, творець знаменитого тесту Мосінга, лабораторного діагностикуму для боротьби з поворотним тифом. Ці вчені врятували Європу, назавжди ліквідувавши висипний і поворотний тиф. На сьогоднішній день наука біологія у Львові, зокрема розробка вакцин і надалі розвивається стрімко, не зраджуючи славним львівським традиціям Інститут біології клітини НАН України створено на базі Відділення регуляторних систем клітини Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України в 2000 р. згідно з постановою Кабінету міністрів України від 14 липня 2000 р. за № 1123 "Про створення Інституту біології клітини в м. Львові". В вересні 2020 р Львівські науковці з Інституту біології клітини виграли грант на 10 млн.грн на розробку вакцини від коронавірусу<sup>14</sup>.

Завдання, яке поставили перед собою львівські вчені-це створення генно-інженерної вакцини на коронавірус і апробувати її на лабораторних транс генних мишах, які містять людський рецептор до коронавірусу і можуть захворіти на ковідну пневмонію і загинути. А ефективна вакцина їх має захистити.

На сьогоднішній день Львів є 7 по кількості населення в Україні та третім по кількості науковців після Києва та Харкова. Вищезгаданий Інститут біології клітини має наукові напрацювання в вакцинації від гепатиту В.Спільно з українською компанією Фармак він розробив протипраковий препарат, нетоксичний, заснований на нездатності деяких пухлин синтезувати аргінін.

Крім того, українська компанія «Діапрофмед» розробила нову тест-систему для оцінки поствакцинального імунітету для якісного і кількісного визначення антитіл що утворюються в організмі людини після вакцинації тією чи іншою вакциною проти корона вірусу методом імуноферментного аналізу. Визначатимуть антитіла в сироватці крові вакцинованого і робитимуть висновки про ефективність введеної вакцини та ступінь захищеності людини поствакцинальним імунітетом<sup>15</sup>.

Однак біотехнології, що прийшли на службу людині, крім функції подолання епідемій, мають свої як позитивні так і негативні сторони. Після того, як генетики довели, що можна змінити властивості збудника за допомогою генетичних маніпуляцій і отримати біологічну речовину, більш стійку до зовнішнього середовища і ефективніше проникаючу в клітини організму, починається застосування генетичних

---

<sup>14</sup> Львівські науковці виграли гранти на створення вакцини від COVID-19. <https://www.radiosvoboda.org/a/news-covid-19/30830568.html>

<sup>15</sup> Українська компанія "Діапроф-Мед" розробила нову тест-систему для оцінки поствакцинального імунітету до COVID-19 методом ІФА на антитіла <https://www.ostrovok.lg.ua/news/kultura/ukrayinska-kompaniya-diaprof-med-rozrobila-novu-test-sistemu-dlya-ocinki-postvakcinalnogo-imunitetu-do>

біотехнологій для виготовлення стійких збудників, в тому числі і бойових штамів. Біологічна зброя є найдешевшим у плані виробництва видом зброї масового ураження. Використання біотехнології дає великі економічні результати при мінімальних фінансових витратах.

Редагування генів – зміна або повне вимкнення певних генів. Цей процес надзвичайно складний і вимагає участі висококласних спеціалістів та дорогого медичного обладнання. Вченим знадобилося багато років, щоб розробити зручний і ефективний інструмент редагування генів. Але знайдено ще ефективніший метод, відомий як CRISPR. За допомогою CRISPR редагування займає лише кілька тижнів, а не роки наполегливої роботи. Цей метод заснований на імунній системі бактерій, яка допомагає їм стати стійкими до дії вірусів. Вчені використовують цю технологію для перегрупування геному – включення, видалення або переміщення ДНК у геномі організму.

Все почалося з того, що в 1987 році японський вчений Йосідзумі Ісіно виявив CRISPR у бактерії кишкової палички. Він помітив повторювані елементи в геномі цієї бактерії (короткі паліндромні повтори, регулярно розташовані групами), які розділені унікальними послідовностями (спейсерами). Дослідження цих повторів продовжив Франсіско Мохіка (Іспанія), який у 1993 році виявив повторювані елементи в геномі архей. Археї займають проміжне місце між бактеріями та еукаріотами, тобто нами. Життєві процеси архей відбуваються за принципами еукаріотів, а будова їхнього тіла подібна до будови бактерій. Найважливіші процеси передачі інформації від ДНК до РНК, а потім до білка в клітині архей подібні до еукаріотичних. Вчений Франсіско Мохіка припустив, що повтори в геномах як бактерій, так і архей відіграють важливу універсальну роль. Ця гіпотеза підтвердилася. Мохіка знайшов подібні повтори в геномах інших організмів. Назвав їх CRISPR.

Повторювані елементи CRISPR являють собою послідовність нуклеотидів, які однаково читаються в обох напрямках (зліва направо і справа направо). З іншого боку, спейсери – це фрагменти ДНК вірусів, уже відомих клітині та з якими клітина вже контактувала. CRISPR – це інакше імунна система бактерій, яка захищає їх від вірусів і дозволяє негайно розпізнавати та атакувати віруси за допомогою білків Cas, асоційованих із CRISPR. Cas-білки завжди знаходяться поблизу послідовностей CRISPR в ДНК. Як тільки вірус атакує бактерію, вона швидко відтворює копію РНК з архіву ДНК. Білок Cas9 зв'язується з цією РНК і порівнює кожен нуклеотид вірусної ДНК з копією з архіву. Коли Cas9 знаходить 100% збіг, він розрізає вірусну ДНК,

нейтралізуючи її та захищаючи бактерію від вірусу. Cas9 дуже точний як хірург<sup>16</sup>

Цей білок Cas 9 став предметом дослідження, і в 2012 році вчені прийшли до висновку, що CRISPR можна використовувати для біологічної атаки – редагування генів в геномі людини. У лабораторії вони виробляють РНК CRISPR з потрібним спейсером. Ця РНК зв'язується з білком Cas9, який вирізає проблемний фрагмент ДНК. Технологія CRISPR-Cas9 – це технологія молекулярних ножниць, яка може вирізати частинку ДНК і замінити її новою послідовністю генів. Багато генетичних захворювань можна усунути за допомогою редагування геному. Найлегше це зробити в ембріональній клітині, коли людський організм має лише одну клітину. Використання CRISPR-Cas9 в ембріональних клітинах дозволяє таким «змінам» стати частиною спадкового генетичного коду, що передається наступним поколінням.

У контексті біологічної зброї зрозуміло, що за допомогою біотехнології CRISPR в результаті біогенетичних змін ДНК і РНК можуть виникнути нові різновиди вірусів і бактерій, що спричинить епідемію невідомих інфекційних захворювань.

Біогенетична зброя викликає зміни в геномі людини, які передаються спадково. У 2019 році на Женевській міжнародній конференції, присвяченій нерозповсюдженню хімічної та біологічної зброї висловлювалося занепокоєння щодо легкого способу редагування геному за допомогою технології CRISPR. За допомогою CRISPR можна знищити або змінити будь-який ген в ДНК живого організму, в тому числі людини. У людини гени парні – тобто 2 алелі генів. Якщо одна загине, то друга працює. За допомогою CRISPR можна знищити відразу 2 алелі. Ця система решта працює. За допомогою CRISPR можна знищити відразу 2 алелі. Цебулодослідженона малярійних комарах, і протягом 5–7 поколінь вся популяція комарів загинула<sup>17</sup>.

Біотерористична атака – це навмисне застосування вірусів, бактерій або інших агентів для спричинення хвороби або смерті людей, тварин або рослин. Ці агенти є в природі, але їх можна видозмінити, збільшити їх патогенність, зробити їх стійкими до діючих ліків або збільшити здатність поширюватися в навколишньому середовищі. з метою біотероризму використовуються різні патогенні збудники (натуральної віспи, чуми, сибірської виразки, парентеральних гепатитів, ВІЛ) Також за допомогою біотехнологічних процесів та шляхом генної інженерії

---

<sup>16</sup> Генетична інженерія. CRISPR. *Футуро*. 2018. <https://futuro.in.ua/videos/278-henetychna-inzheneriya-crispr.html>

<sup>17</sup> Зварич О. Рукотворність COVID-19, біозброя та українські тести: інтерв'ю з академіком, молекулярним біологом Михайлом Тукалом. 2020. *Українська правда*. <https://life.pravda.com.ua/health/2020/05/21/241056/>

можуть виготовлятися різні модифікаційні та мутаційні штами вірусів (COVID-19, SARS тощо). Тому надзвичайно важливо бути готовими до здійснення діагностики, щоб запобігти подібним атакам.

Наразі політики в авторитарних країнах вже говорять про використання CRISPR у військових цілях. Під час Всесвітнього фестивалю молоді та студентів у жовтні 2017 року Володимир Путін говорив про бажані генетичні модифікації з метою створення універсальних солдатів без страху, болю, милосердя та співчуття. А під час засідання уряду з питань розвитку генетичних технологій в Росії, росіяни заявили, що розробили білок CRISPR Cas13a, який є дешевшим і досконалішим, ніж Cas9.

Тому технологія, відома як CRISPR, стає загрозою міжнародній безпеці. CRISPR дає змогу швидко та дешево виробляти біологічну зброю, а незабаром, можливо, навіть суперсолдат, які домінуватимуть у майбутніх війнах.

Основна проблема редагування генів полягає в тому, що інструменти до CRISPR дуже легко отримати і вони дешево коштують. Китай запровадив технологію CRISPR і хоче стати світовим лідером у редагуванні геному в мілітарних цілях. Китайська народна армія зацікавлена у покращенні витривалості та досконалості своїх солдатів, і застосування CRISPR може допомогти зробити це в майбутньому<sup>18</sup>.

Революція в біотехнологіях дозволила людям націлитися на генетичний апарат рослин, тварин і людини. Тому існує загроза глобальній біологічній безпеці у разі навмисного використання наукових досягнень проти людства. Досягнення генної інженерії, які використовуються для виробництва біологічної зброї, можуть призвести до знищення держав або до новітньої гонки озброєнь у найближчому майбутньому

## ВИСНОВКИ

1. Аналізуючи збройні конфлікти різних періодів, можна відзначити, що війни та епідемії завжди тісно пов'язані між собою, і війни часто супроводжуються епідеміями, зазвичай викликаними особливо небезпечними інфекціями.

2. Вчені постійно працюють над виготовленням ефективних вакцин, щоб запобігти епідеміям, зокрема штучно виниклим. Вакцину від особливо небезпечного вірусу висипного тифу, який століттями нищив воюючі армії та мирне населення, винайшов львівський вчений

---

<sup>18</sup>Генне редагування в Китаї: вигідна наука чи нова військова загроза. 2017. <https://tsn.ua/blogi/themes/politics/genne-redaguvannya-v-kitayi-vigidna-nauka-chi-nova-viyskova-zagroza-968245.html>

Рудольф Вайгль, а його учень Хенрик Мосінг спричинився до ліквідації висипного поворотного тифу в Європі.

3. Наукові та винахідницькі традиції львівських вчених продовжує львівський Інститут біології клітини, працюючи над створенням вакцини проти коронавірусу, гепатиту В та патогенетичних препаратів.

4. Людство постійно веде війни і страждає від епідемій, намагаючись використати епідемії у військових цілях і для знищення ворога. Ці зусилля призвели до розробки та виробництва біологічної зброї.

5. Біологічна зброя заборонена міжнародними документами і є зброєю масового знищення та відносно найдешевшим і найнебезпечнішим видом зброї. СРСР був активним виробником біологічної зброї, використовував досягнення генетики для її розробки та тестував її на живих організмах.

6. Генна інженерія призвела до розробки нового виду зброї – біогенетичної. Технологія CRISPR, яка дозволяє змінювати геном мікроорганізмів, тварин і людини, є доступною і дешевою, дозволяє виробляти біологічну зброю для вибіркового ураження противника, продукувати нові, штучні штами мікроорганізмів, змінювати геном людини з мілітарною метою.

7. Досягнення генної інженерії використовуються для вдосконалення біологічної зброї, що може призвести до гонки озброєнь у найближчому майбутньому.

## **АНОТАЦІЯ**

У статті проаналізовано санітарні бойові та небойові втрати під час бойових дій різних періодів. Зазначається, що армія, як і все людство, більше страждала від епідемій, ніж від зброї, а штучно викликані епідемії використовувалися воюючими сторонами з часів монголотатар до Першої та Другої світових воєн. Біологічна зброя як зброя масового ураження була заборонена міжнародними документами, проте провідні країни світу, зокрема СРСР, виробляли біологічну зброю в умовах секретності, всупереч міжнародним угодам. У 1970-х роках розвивається нова біологічна наука – генна інженерія, з якою пов'язано створення штучно модифікованих вірусів, бактерій та їх бойових штамів, що можуть бути застосовані як збудники епідемій в час воєнних дій. Наприкінці 1980-х було відкрито технологію CRISPR як методику редагування геномів мікроорганізмів, рослин, тварин і людини. Спроби використання генної інженерії для створення нової генетично модифікованої біологічної зброї були ініційовані СРСР. В сучасних умовах бурхливого розвитку біотехнологій виникають епідемії типу COVID-19 і українські вчені беруть участь у створенні



вакцин та патогенетичних препаратів. Поява дешевого і швидкого методу CRISPR дає змогу продукувати штучні форми вірусів, стійких генетично модифікованих штамів і викликати спадкові зміни в геномі людини. Технологія CRISPR може бути використана для виробництва біогенетичної зброї, спрямованої на певну групу солдатів відповідно до конкретних характеристик. Технологія CRISPR може бути використана для виробництва біогенетичної зброї, а розробка може призвести до нової гонки озброєнь використання цієї зброї як зброї масового знищення становить загрозу існуванню людства.

### Література

1. Alibek K., Handelman S. Biohazard: The Chilling True Story of the Largest Covert Biological Weapons Program in the World – *Told From Inside by the Man Who Ran It*. New York, NY : Random House. 1999. С. 30.
2. Копець R. Zastosowanie broni biologicznej w konfliktach zbrojnych i atakach terrorystycznych. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis. Studia de Securitate et Educatione Civili IV*, 2014. 49–71. [https://www.researchgate.net/publication/320624463\\_Zastosowanie\\_broni\\_biologicznej\\_w\\_konfliktach\\_zbrojnych\\_i\\_atakach\\_terrorystycznych](https://www.researchgate.net/publication/320624463_Zastosowanie_broni_biologicznej_w_konfliktach_zbrojnych_i_atakach_terrorystycznych)
3. Napieralska A.H. Chemical and biological weapons a real threat in the armed conflict of. Russia and Ukraine. *Defence science review*, 13, 2022. 64–74.
4. Від чуми до сибірської виразки: що таке біологічна зброя та де її застосовували. 2020. <https://tsn.ua/svit/vid-chumi-do-sibirskoyi-virazki-scho-take-biologichna-zbroya-ta-de-yiyi-zastosovovali-1498113.htm>
5. Генетична інженерія. CRISPR. *Футуро*. 2018. <https://futuro.in.ua/videos/278-henetychna-inzheneriya-crispr.html>
6. Генне редагування в Китаї: вигідна наука чи нова військова загроза. 2017. <https://tsn.ua/blogi/themes/politics/genne-redaguvannya-v-kitayi-vigidna-nauka-chi-nova-viyskova-zagroza-968245.html>
7. Дідур О. Бактеріологічний кулак імперії. *Армія Inform*. <https://armyinform.com.ua/2020/04/09/bakteriologichnyj-kulak-imperiyi/2020>
8. Зварич О. Рукотворність COVID-19, біозброя та українські тести: інтерв'ю з академіком, молекулярним біологом Михайлом Тукалом. 2020. *Українська правда*. <https://life.prawda.com.ua/health/2020/05/21/241056/>
9. Казан Е., Голубовська О. Роль львівських вчених у подоланні епідемій: Рудольф Вайгель та Хенрик Мосінг. *З історії західноукраїнських земель*, 16, 2020. 224–235.
10. Канигін П. Трагедія Свердловська-19 в СРСР. «Налякали мене, і я 40 років так і мовчала». *Україна кримінальна*. 2018, 22 травня. <https://cripo.com.ua/stories/?p=247116/>

11. Львівські науковці виграли гранти на створення вакцини від COVID-19. <https://www.radiosvoboda.org/a/news-covid-19/30830568.html>

12. Маркович І., Гриневич О., Маркович, І. Аналіз загроз та оцінка ризиків, пов'язаних із використанням біологічних агентів. *Український медичний часопис*, III/IV, 2(88), 2012. 41–45.

13. Мосов С., Чубіна Т. Історія епідемічних втрат у воєнних конфліктах. *І Міжнародна наукова конференція «Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки» (до 35 роковин аварії на Чорнобильській АЕС)*, 78–80.

14. Ткачук А. Особливості вивчення біологічних небезпек, що пов'язані з масовим поширенням інфекційних захворювань. *Наукові записки. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*, 11/4, 2017. 193–197.

15. Українська компанія "Діапроф-Мед" розробила нову тест-систему для оцінки поствакцинального імунітету до COVID-19 методом ІФА на антитіла. <https://www.ostrovok.lg.ua/news/kultura/ukrayinska-kompaniya-diaprof-med-rozrobila-novu-test-sistemu-dlya-ocinki-postvaktsinalnogo-imunitetu-do>

16. Якимець В., Печиборщ В., Огороднійчук І., Якимець В., Печиборщ О. Медичний захист при застосуванні біологічної зброї. *Український журнал військової медицини*, 3, 2022. 66–80

**Information about the authors:**

**Kazan Emilia Maryanivna,**

Candidate of Historical Sciences,

Associate Professor at the Department of Military History

Hetman Petro Sahaidachny National Army Academy

32, Heroiv Maidanu str., Lviv, 79026, Ukraine

**Zabolotniuk Igor Oleksandrovych,**

Postgraduate student

Ivan Krypuyakevych Institute of Ukrainian Studies, National Academy of

Sciences of Ukraine,

Professor at the Department of Tactics

Hetman Petro Sahaidachny National Army Academy

32, Heroiv Maidanu str., Lviv, 79026, Ukraine

**Holubovska Oryslava Mykhailovna,**

Head of the Studyroom

Hetman Petro Sahaidachny National Army Academy

32, Heroiv Maidanu str., Lviv, 79026, Ukraine