

DOI 10.11603/m.2414-5998.2023.3.14267  
УДК 378.147:616.4

**М. А. Андрейчин<sup>1</sup>**

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0154-730X>  
Scopus Author ID 7005966750

**М. В. Величко<sup>2</sup>**

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0401-1538>

**Л. П. Мельник<sup>1</sup>**

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9184-5345>

**Ю. М. Андрейчин<sup>1</sup>**

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8770-7353>  
Scopus Author ID 6507027718

<sup>1</sup>Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України  
<sup>2</sup>Національна академія Служби безпеки України

## СВІТОВИЙ ДОСВІД З ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ІЗ БІОБЕЗПЕКИ

**M. A. Andreychyn<sup>1</sup>, M. V. Velychko<sup>2</sup>, L. P. Melnyk<sup>1</sup>, Yu. M. Andreychyn<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*I. Horbachevsky Ternopil National Medical University*

<sup>2</sup>*National Academy of the Security Service of Ukraine*

## GLOBAL EXPERIENCE IN TRAINING OF BIOSAFETY SPECIALISTS

**Анотація.** На підставі огляду наукової літератури та офіційних сайтів університетів багатьох країн, науково-дослідних установ та міжнародних організацій наведено основні дані про світовий досвід з підготовки фахівців із біобезпеки, зокрема висвітлено основи навчальних програм у провідних інститутах та університетах – Массачусетському технологічному інституті, Оксфордському, Гарвардському та Стенфордському університетах. Послідовно описано основні дисципліни та теми навчальних програм із біобезпеки в університетах США, Канади, Європи, Австралії та країн Тихоокеанського регіону. Зазначено, що підготовкою фахівців із біобезпеки займаються також міжнародні організації та ініціативи, спеціалізовані тренінгові центри, проводиться міжнародне співробітництво. Крім стаціонарного, навчання відбувається у форматі он-лайн. Стисло наведено основні дані щодо підготовки кадрів із протидії біотероризму.

**Ключові слова:** біобезпека; біозахист; підготовка фахівців; навчальна програма; університети.

**Abstract.** Based on the review of scientific literature and official websites of universities in many countries, research institutions and international organizations, the article provides basic data on the world experience in training biosafety specialists, in particular, the basics of training programs at leading institutes and universities such as the Massachusetts Institute of Technology, Oxford, Harvard and Stanford Universities. The main disciplines and topics of biosafety curricula at universities in the United States, Canada, Europe, Australia, and the Pacific Rim countries are described in a consistent manner. It is noted that international organizations and initiatives, specialized training centers, and international cooperation are also involved in the training of biosafety specialists. In addition to stationary training, online training is available. The basic data on training in countering bioterrorism are briefly presented.

The aim of the work was to analyze and summarize the world experience in training biosafety and biosecurity specialists.

**Key words:** biosafety; biosecurity; training of master's degree; curriculum; universities.

**Вступ.** Досягнення в галузі біотехнологій і дослідження біологічних агентів та їх похідних на сучасному етапі зумовлюють необхідність ефективного управління біоризиками на всіх етапах і рівнях, беручи до уваги потенціал можливого подвійного біологічного використання отриманих чинників і здатність мікроорганізмів швидко розповсюджуватися [6, 8, 41–43]. Нові інфекційні за-

хворювання (наприклад, COVID-19), біотероризм, біологічні аварії та шкідливі наслідки біотехнологій подвійного призначення продовжують нести значну загрозу для людей та їхнього оточення і виклики для глобальної біобезпеки [9, 42]. Тому цілком очевидно є необхідність формування та належного забезпечення політики біобезпеки як складової національної безпеки держави.

© М. А. Андрейчин, М. В. Величко, Л. П. Мельник, Ю. М. Андрейчин

Згідно з визначенням Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН, а також ВООЗ, біобезпека – це стратегічна та інтегрована концепція, яка охоплює політичні та нормативні рамки (включаючи механізми і заходи), що аналізують та управляють ризиками у сфері безпеки харчових продуктів, громадського здоров'я, життя та здоров'я тварин і рослин, включаючи пов'язані з ними екологічні ризики [38].

Безпека визначається як одна із соціальних цінностей на рівні Конституції України (ст. 3 КУ) та є зобов'язанням держави відповідно до ст. 426 Угоди про асоціацію Україна – ЄС [1, 3]. Кабінет Міністрів України ухвалив Стратегію забезпечення біологічної безпеки та біологічного захисту за принципом «Єдине здоров'я» на період до 2025 р. та план заходів щодо її реалізації [2].

Національне законодавство, а також різні міжнародні угоди, такі, як Міжнародні медико-санітарні правила від 2005 р., Резолюція Ради Безпеки Організації Об'єднаних Націй № 1540, Конвенція про заборону біологічної та токсинної зброї від 1975 р., Міжнародні харчові стандарти Комісії з Кодексу Аліментаріус (FAO, 1999) та Картагенський протокол із біобезпеки до Конвенції про біологічне різноманіття (КБР, 2000), вимагають, щоб для запобігання шкоді від біологічних матеріалів були вжиті заходи, зокрема забезпечення відповідної освіти та навчання [4, 47].

**Мета статті** – проаналізувати й узагальнити світовий досвід з підготовки фахівців із біобезпеки та біозахисту.

**Теоретична частина. Університети та навчальні програми.** Підготовка фахівців із біобезпеки є стратегічним завданням і важливою галуззю освіти в багатьох країнах. Університети та інші заклади вищої освіти пропонують різні рівні освіти в цій сфері, такі, як бакалаврат, магістратура та докторські ступені. Курси та програми з біобезпеки охоплюють різні аспекти біологічної безпеки, включаючи безпеку лабораторій, захист від біологічних загроз, біозахист, біотехнології, здоров'я і безпеку на робочому місці тощо [37].

У США, наприклад, існують різноманітні програми та курси з біобезпеки, які надаються вищими навчальними закладами, такими, як Університет Джорджії (University of Georgia, UGA), Університет Джонса Гопкінса (Johns Hopkins University), Массачусетський технологічний інститут (Massachusetts Institute of Technology, MIT) та Університет Джорджа Мейсона (George Mason University) [29, 34, 45, 49].

В Європі навчальні програми з дисциплінами біобезпеки пропонуються відомими Оксфордським (University of Oxford) та Кембриджським (University of Cambridge) університетами Великобританії, які входять у п'ятірку кращих університетів світу за версією сайту QS World University Rankings ([www.topuniversities.com](http://www.topuniversities.com)). Так, Оксфордський університет пропонує декілька програм і курсів із біобезпеки та пов'язаних галузей. Цікавою є магістерська програма «Глобальна наука про здоров'я та епідеміологію» – це однорічний денний курс, який забезпечує інтенсивну підготовку в галузі епідеміології та статистики, що дозволяє студентам проводити та інтерпретувати наукові дослідження у важливих сферах здоров'я населення. Деякі курси цієї програми включають вивчення біологічних загроз і заходів протидії біотероризму як частину свого навчального плану. Окрім магістерських програм, університет пропонує Оксфордське міждисциплінарне партнерство з підготовки докторантів із біологічних наук – чотирирічну програму за підтримки Науково-дослідної ради з біотехнологій та біологічних наук (BBSRC), яка забезпечує інноваційну підготовку випускників з медико-біологічних, фізичних або комп'ютерно-математичних наук, які бажають проводити передові дослідження в галузі біологічних наук. Програма дає змогу студентам із різним науковим досвідом зосередитися на проблемах обчислювальних біомедичних досліджень, включаючи розробку та тестування нових хімічних і біологічних об'єктів, моделювання біологічних та фізіологічних систем, аналіз великих складних наборів даних і розробку нових обчислювальних методів для медичної та біологічної візуалізації [51].

Кембриджський університет надає знання в різних сферах біології, включаючи біохімію, генетику та біотехнології. Також студенти можуть зосередитися на темах, пов'язаних із біобезпекою, включаючи існуючі технології та підходи до її забезпечення [49].

Навчальні програми з дисциплінами біобезпеки викладаються і в інших вишах Європи, зокрема в Гентському університеті (Ghent University) в Бельгії, Рейнсько-Вестфальському технічному університеті Аахена (RWTH Aachen University) в Німеччині та Європейському університеті Кіпру (European University Cyprus) [20, 22, 39].

У країнах Азії та Тихоокеанського регіону, зокрема в Японії, Австралії та Новій Зеландії, також існують програми з біобезпеки, які надаються відомими

університетами. Наприклад, Токійський університет (University of Tokyo) пропонує магістерську програму з біотехнології та біобезпеки, завдяки якій студенти можуть отримати знання про біологічну безпеку, генетичні технології, ризики та етичні аспекти біотехнології [54]. Кіотський університет (Kyoto University) має курси та дослідницькі проекти з молекулярної біології, генетики й біологічної безпеки, які передбачають розуміння біологічних ризиків і розробку стратегій біозахисту [31].

Підготовка фахівців із біобезпеки у світі зазвичай проводиться на рівнях бакалаврів, магістрів і докторів наук, і може відрізнятися залежно від країни та університету. Водночас основні напрямки підготовки, як правило, включають таке:

1. Біологічна основа біобезпеки: курси з мікробіології, імунології, вірусології та інших дисциплін, що дозволяють розуміти природу біологічних агентів та їх взаємодію з живими системами.

2. Основи безпеки лабораторії та біозахист: дисципліни, які допомагають зрозуміти принципи та практики безпечної роботи з біологічними матеріалами, зокрема з мікроорганізмами, вірусами та іншими небезпечними агентами.

3. Ризики та регулювання біотехнологій: вивчення дисциплін, що дозволяють оцінити ризики та виклики, пов'язані з біотехнологіями, такими, як генетично модифіковані організми, та визначити найбільш ефективні стратегії регулювання та контролю.

4. Біобезпека в галузі здоров'я: предмети, що допомагають зрозуміти, як діагностувати та лікувати захворювання, пов'язані з біологічними агентами, та як забезпечити безпеку пацієнтів і медичного персоналу.

5. Біобезпека в промисловості: передбачає вивчення дисциплін, що дозволяють зрозуміти, як зберегти безпеку при виробництві продуктів на основі біологічних агентів [4, 25, 32, 45].

Підготовка фахівців із біобезпеки є актуальною в багатьох країнах світу, де здійснюється науково-дослідна робота та застосовуються досягнення біотехнологій у різних галузях (медицина, сільське господарство, харчова промисловість та інші). Так, у США багато університетів пропонують курси і програми з біобезпеки, зокрема Johns Hopkins University, George Mason University, University of Maryland та інші. Фахівці можуть отримати ступінь магістра та доктора в галузі біобезпеки і біозахисту-менеджменту.

Курси включають питання безпеки лабораторії,

захисту від біотероризму, управління ризиками та інші. Наприклад, Johns Hopkins University пропонує магістерську програму «Біотехнологія», яка готує студентів до кар'єри в цій галузі та дозволяє фахівцям із біотехнологій вдосконалювати свої навички для просування по кар'єрних сходах. Програма забезпечує теоретичну підготовку та освоєння відповідних практичних навичок. Студенти, які бажають зосередитися на спеціалізованій дисципліні в рамках магістерської програми з біотехнологій, можуть записатися на одну з шести факультативних спеціалізацій, зокрема на спеціалізацію з біозахисту. Остання поєднує фундаментальні та прикладні науки для підготовки наступного покоління професіоналів для роботи в академічних колах, промисловості та уряді, а також досліджує різні застосування медичної науки та біотехнологій для виявлення, ідентифікації та реагування на біологічні загрози. Слухачі програми вивчають молекулярну біологію, інфекційні хвороби, біоінформатику, імунологію, епідеміологію, молекулярну діагностику та політику [12].

Університет Алабами в Бірмінгемі (University of Alabama at Birmingham) пропонує «Базовий навчальний курс із біобезпеки», який проводиться он-лайн та орієнтований на фахівців біологічних дослідницьких лабораторій. Цей курс містить інформацію про методику проведення детальної оцінки біологічних ризиків, визначення рівнів біобезпеки та впровадження біологічного захисту. Після завершення навчання треба вміти детально оцінити біологічний ризик специфічних властивостей агента, визначати різні рівні біобезпеки, необхідні мінімальні заходи контролю та описувати типи агентів, що відповідають кожному рівню [10].

Навчальні програми з біобезпеки у вищих світу можуть відрізнятися залежно від спеціалізації та напряму навчання, а також від країни та закладу вищої освіти. Одним із прикладів є програма «Магістр із біобезпеки» в Університеті Джорджа Мейсона (США). Програма розрахована на студентів із досвідом роботи в галузі охорони здоров'я, медицини та медсестринства, біотехнологій та фармацевтичної промисловості, міжнародних відносин, правоохоронних органів, управління надзвичайними ситуаціями, біобезпеки та біозахисту, а також національної безпеки. Навчання може відбуватися як повністю он-лайн, так і оф-лайн, або з поєднанням обох цих варіантів.

Ця програма охоплює такі теми, як біологічні агенти, віруси, бактерії, гриби, біотехнології, біо-

інформатика, лабораторна безпека та захист, етика та регулювання в галузі біобезпеки, організаційне управління та планування ризиків. Також розглядаються питання переговорів на міжнародній арені, теорія та практика розвідки, політики та безпеки ядерної, біологічної та хімічної зброї, нерозповсюдження та контроль над озброєннями, вивчення терористичних груп, тероризму і зброї масового знищення [45].

Широкий спектр навчальних програм та ініціатив із біобезпеки та суміжних галузей пропонує Гарвардський університет (Harvard University), що розташований в американському місті Кембриджі і входить у п'ятірку кращих університетів світу. Виш готує спеціалістів різних рівнів – від бакалаврів і магістрів до докторів філософії. Навчальні програми охоплюють глобальні аспекти здоров'я населення, включаючи біобезпеку, глобальні епідемії, протидію зброї масового знищення, вивчення технологій та методів, що застосовуються для забезпечення біобезпеки [26].

Проблематикою біобезпеки займається також ще один із найвпливовіших вишів світу – Стенфордський університет (Stanford University), розташований у місті Стенфорді, США. Попри навчальні програми із дисциплінами з біобезпеки, університет відомий своїм Центром міжнародної безпеки та співробітництва (Center for International Security and Cooperation, CISAC), який є підрозділом Інституту міжнародних досліджень Фрімена Споллі. CISAC займається найбільш важливими питаннями безпеки в сучасному світі, об'єднуючи провідних науковців у галузі соціальних та природничих наук для співпраці в різних сферах і з різним професійним досвідом. Фахівці CISAC проводять інноваційні дослідження і діляться своїми висновками з політиками та громадськістю, щоб кожен міг краще зрозуміти міжнародне середовище, яке стає дедалі складнішим.

CISAC пропонує студентські та аспірантські навчальні програми, а також до- та постдокторські стипендії, щоб навчати та надихати наступне покоління лідерів у сфері міжнародної безпеки. Спеціалісти CISAC проводять семінари, зустрічі, дискусії та інші заходи для заохочення співпраці та діалогу щодо ядерної зброї, новітніх технологій, біозахисту та інших ідей, які здатні змінити наш світ [16].

У Канаді біобезпека також є важливою галуззю освіти, і виші, наприклад Університет Торонто (University of Toronto), пропонують програми магістра з біобезпеки та біосистемної інженерії. Ці

курси охоплюють широкий спектр тем, включаючи біологічні загрози, безпеку біологічних систем, біобезпеку в лабораторіях та інші аспекти. Також університет готує фахівців з біобезпеки в агропромисловості, медицині та інших галузях [7, 13]. Університет Макгілла (McGill University) має програму магістра з глобальної біобезпеки, яка зосереджується на глобальних викликах, пов'язаних із біологічною безпекою, включаючи захист від епідемій, безпечність генетично модифікованих організмів тощо [36]. Коледж Сенека (Seneca College) пропонує програму, яка готує студентів до кар'єри в галузі біобезпеки та лабораторної безпеки. Ця програма надає практичні навички і знання, необхідні для роботи в лабораторіях та інших біологічних середовищах [40].

Навчальні заклади Європи також пропонують курси та програми з біобезпеки. Наприклад, Міланський державний університет (University of Milan) в Італії пропонує магістерські програми з біологічних наук і біобезпеки, зокрема безпеки ксенобіотиків і біотехнологічних продуктів, яка охоплює теми «Безпека генетично модифікованих організмів», «Біобезпека в сільському господарстві» та «Поняття біологічної безпеки в лабораторіях» [35].

Католицький університет м. Льовена (Katholieke Universiteit te Leuven, KU Leuven) в Бельгії, який є одним із найдавніших університетів Європи, пропонує різноманітні програми та курси, пов'язані з біобезпекою. Наприклад, програма «Магістр наук з екологічної безпеки та санітарії» присвячена безпеці та управлінню екологічними системами, включаючи проблеми біобезпеки, пов'язані з очищенням води та стічних вод, управлінням відходами та здоров'ям навколишнього середовища [30].

Програма «Магістр з біобезпеки та біотехнології» в Університеті Гента (Бельгія) включає такі теми, як аналіз та оцінка ризиків, захист від біологічних агентів, біозахист, біотехнологія та генетично модифіковані організми.

В Австралії також є навчальні заклади, які пропонують курси та програми з біобезпеки. Наприклад, Університет Мельбурна (University of Melbourne) пропонує магістерські програми з біобезпеки та здоров'я, а також програми з мікробіології та імунології, які охоплюють теми біобезпеки [50]. Крім того, Університет Квінсленду (University of Queensland) пропонує бакалаврські та магістерські програми з мікробіології та імунології, які також містять модулі з біобезпеки [52]. Університет Західної Австралії (The University of Western Australia)



пропонує курси з біобезпеки для студентів та інших здобувачів освіти, які цікавляться науковими напрямками у ветеринарії [46]. Університет Тасманії (University of Tasmania) проводить курси з біобезпеки, пов'язані з виробництвом і переробкою їжі, та з біологічною охороною природи й біорізноманіттям [53].

**Міжнародні організації та ініціативи.** Існує багато навчальних програм із біобезпеки, які пропонуються непрофільними установами, такими, як Центри з контролю та профілактики захворювань (CDC) і Всесвітня організація охорони здоров'я (WHO). Ці програми можуть бути короткотерміновими курсами, семінарами або тренінгами для фахівців із медицини, науки та інших сфер, які працюють із біологічними матеріалами [15, 55].

Вагомий внесок у роботу над забезпеченням глобальної біобезпеки вносить Міжнародна федерація асоціацій з біобезпеки (The International Federation of Biosafety Associations, IFBA) – некомерційна організація, що об'єднує регіональні та національні асоціації з біобезпеки усіх регіонів світу. IFBA є глобальною спільнотою сертифікованих фахівців з управління біоризиками, науковців, працівників лабораторій, архітекторів, інженерів, викладачів та політиків, які мають спільний інтерес у просуванні біобезпеки та біозахисту. Метою IFBA є дотримання безпечних умов роботи з біологічними матеріалами, захист здоров'я громадян від біологічних загроз, а також популяризація важливості біобезпеки та забезпечення належної підготовки фахівців у цій ділянці. IFBA сприяє обміну досвідом і знаннями, розробці стандартів й настанов, організації навчальних заходів, семінарів, конференцій і курсів із біобезпеки. Вона також працює над залученням зацікавлених фахівців і спільнот до проблем біобезпеки на міжнародному рівні та співпрацює з іншими відповідними організаціями й установами. IFBA має представників різних країн, включаючи асоціації, університети, дослідницькі інститути, що працюють у галузі біобезпеки [18, 44].

Виклики сьогодення змушують фахівців розробляти нові альтернативні навчальні середовища, які б забезпечували гнучкість і залишалися доступними протягом тривалого періоду. Так, присутність студентів в аудиторіях вже не є обов'язковою і все більше користувачів мають змогу здобувати необхідні знання в онлайн-форматі. Американська асоціація біологічної безпеки (American Biological Safety Association, ABSA) регулярно організовує вебінари на окремі теми з біобезпеки. Переваги

такого підходу полягають у тому, що, порівняно з очним навчанням, вебінар забезпечує ширшу доступність, оскільки і слухачам, і тренерам не потрібно подорожувати. Крім того, витрати, пов'язані з логістикою, суттєво зменшуються після створення платформи для вебінарів [4, 5].

**Спеціалізовані тренінгові центри.** Навчальний інститут біобезпеки (Biosafety Training Institute, BTI), створений Единбурзьким університетом (University of Edinburgh) як центр передового досвіду, проводить акредитовані професійні навчальні курси для спеціалістів, більшість з яких має першу вищу освіту. Спочатку орієнтовані на біологічних і біомедичних дослідників в університетах, курси BTI підходять для всіх, хто має відношення до охорони здоров'я і безпеки в біологічному або біомедичному середовищі, включаючи біотехнологічну чи фармацевтичну промисловість. Навчання в BTI зазвичай відбувається он-лайн, але можливе і очне відвідування занять. Обираючи «Професійний курс з управління біоризиками» (Professional Course in Biorisk Management), який підходить для міжнародного ринку та забезпечує відмінну підготовку з біобезпеки та біозахисту, учасники отримають сертифікат з управління біоризиками Единбурзького університету, який буде визнаний Единбурзьким університетом на рівні, еквівалентному модулю аспірантури та магістратури. Інший курс, «Практика з біобезпеки 1-го рівня» (Biosafety Practitioner Level 1 courses), є базовим для фахівців цієї галузі та після успішного завершення дозволить слухачам ефективно управляти аспектами охорони здоров'я та безпеки в біологічній лабораторії, надавати надійні, професійні та обґрунтовані поради та інформацію колегам і керівникам, забезпечувати дотримання у своїй установі відповідного законодавства, ефективно взаємодіяти з контролюючими органами й знати про можливе покарання за його недотримання [11].

Активним гравцем у сфері біобезпеки є Центр охорони здоров'я Джона Гопкінса (Johns Hopkins Center for Health Security) – один із провідних наукових центрів, який спеціалізується в галузі охорони здоров'я та біобезпеки. Центр належить до Університету Джона Гопкінса, що знаходиться в Балтиморі, США. Спеціалісти Центру активно займаються дослідженнями в галузі біотехнологій, зброї масового знищення та безпеки лабораторій, підготовкою фахівців, консультуванням урядових органів і розробкою стратегій для поліпшення глобального здоров'я та забезпечення біобезпеки [28].

Актуальними є питання біобезпеки й для Ізраїлю. Так, Ізраїльський інститут біологічних досліджень (Israel Institute for Biological Research, IIBR) є науково-дослідною установою, яка спеціалізується на біологічних дослідженнях, біобезпеці та біообороні. Фахівці IIBR проводять дослідження в галузі біології, медицини, фармацевтики, біотехнології та інших суміжних галузях. Установа відіграє важливу роль у біобезпеці Ізраїлю, розробляючи технології, методи та заходи захисту від біологічних загроз, включаючи дослідження та створення вакцин, діагностичних засобів, інших біологічних технологій. Окрім того, спеціалісти IIBR займаються навчанням і підготовкою фахівців із біобезпеки та біооборони. Вони організують навчальні семінари, курси та тренінги для учасників, які працюють у галузі біобезпеки, лабораторної безпеки та у сферах, пов'язаних із здоров'ям і безпекою. Також IIBR активно співпрацює з іншими науковими установами та організаціями з усього світу в галузі біобезпеки, біооборони та біологічних досліджень шляхом обміну науковими знаннями, технологіями і спільними дослідженнями [27].

**Онлайн-навчання.** Створено чимало освітніх онлайн-платформ, де користувачі Інтернету можуть обирати різноманітні навчальні курси та ресурси. Наразі популярними є Coursera ([www.coursera.org](http://www.coursera.org)), edX ([www.edx.org](http://www.edx.org)), Udemy ([www.udemy.com](http://www.udemy.com)) та FutureLearn ([www.futurelearn.com](http://www.futurelearn.com)). Остання пропонує курси з різних ділянок знань, в їх розробці беруть участь провідні університети та організації світу.

Так, FutureLearn надає доступ до курсу «Біозахист нового покоління: реагування на біоризики XXI століття», розроблений Університетом Бата (University of Bath) у Великій Британії. Цей курс призначений для фахівців, які працюють у сфері громадського та глобального здоров'я, міжнародної безпеки, політики та міжнародних відносин. Він може бути особливо корисним для фахівців із біобезпеки в академічних установах, промисловості та уряді, а також для науковців-початківців у галузі медико-біологічних наук. Після успішного завершення навчання на курсі, як запевняють розробники, учасники зможуть розуміти і пояснювати необхідність лабораторної біобезпеки й біозахисту, особливості політики і керівні принципи біозахисту на міжнародному та національному рівнях, визначати сфери, що викликають занепокоєння з точки зору безпеки та етики в медико-біологічних науках, і обміркувати стратегії та підходи до їх вирішен-

ня в міру виникнення, а також убезпечити себе і спільноту від випадкових і навмисних дій під час роботи в лабораторії [21].

Навчальні програми з біобезпеки можуть бути різного рівня та орієнтовані на різні групи людей, включаючи студентів, науковців, медичних працівників, трудівників у сфері харчування та інших професій. Основні теми, що можуть включатися в ці програми, такі:

1. Головні принципи біобезпеки та заходи щодо попередження поширення інфекційних захворювань.
2. Охорона праці та профілактика професійних захворювань в осіб, які працюють із біологічним матеріалом.
3. Основні принципи біозахисту та заходи, які необхідно вживати для запобігання ризикам, пов'язаним із використанням біологічних агентів.
4. Законодавство та нормативні акти, що регулюють біобезпеку та біозахист.
5. Основні принципи лікування інфекційних хворих і профілактичні заходи.
6. Ризики, пов'язані з біотероризмом, та заходи, які необхідно вживати для запобігання таким загрозам.
7. Процедури і методики збирання, транспортування та зберігання біологічного матеріалу.
8. Безпека та етика досліджень, що пов'язані з використанням біологічних агентів.
9. Контроль якості та сертифікація лабораторних досліджень.
10. Техніки та заходи з використанням засобів індивідуального захисту.

Навчальні програми з біобезпеки в університетах світу можуть включати різні курси та дисципліни залежно від спеціальності та рівня освіти. Наприклад, бакалаврські програми – курси з основ біобезпеки, мікробіології, вірусології, імунології та інших дисциплін, пов'язаних із біологічною безпекою. Магістерські програми передбачають курси з біозахисту, лабораторної діагностики інфекційних захворювань, біотехнологій тощо.

Університети також пропонують практичні заняття та тренування з біобезпеки, що дає студентам можливість навчитися правильного виконання процедур і заходів, пов'язаних із роботою з біологічним матеріалом.

**Міжнародні проекти та співробітництво.** Варто зазначити, що підготовкою фахівців із біобезпеки займаються не лише навчальні заклади. Світова спільнота об'єднує свої зусилля в цьому напрямку через спільні міжнародні програми, які пропонують відповідне навчання та дослідження.

Ці програми часто включають співпрацю між різними університетами або науковими установами з різних країн.

Так, спільні дослідницькі програми, спрямовані на зменшення біологічних загроз, збільшили наукові можливості та потужності в Казахстані, зокрема Німецька програма біозахисту Федерального міністерства закордонних справ Німеччини, Міжнародна програма біологічної безпеки Сполученого Королівства та Програма зменшення біологічної загрози Агентства оборони США зі зменшення біозагрози забезпечують фінансування для країн-партнерів, таких, як Казахстан [14].

Програма “Global Partnership Against the Spread of Weapons and Materials of Mass Destruction” (GP-WMD) створена для забезпечення безпеки від поширення зброї масового знищення та матеріалів для її виготовлення. GP-WMD передбачає участь багатьох країн, які спільно працюють над виявленням і превенцією біологічних загроз та реагуванням на них [24].

Мережа “Global Health Security Agenda” (GHSА) є глобальною спільнотою країн, які працюють над зміцненням здатності до реагування на глобальні загрози здоров’ю, включаючи інфекційні хвороби. У рамках цієї мережі проводяться ініціативи щодо біобезпеки, включаючи покращення лабораторної діагностики, реагування на епідемії та розвиток систем відслідковування захворювань [23].

Міжнародна магістерська програма “European Master in Biological and Chemical Engineering for a Sustainable Bioeconomy” зосереджена на інженерії та науці для створення сталої біоекономіки. Вона охоплює різні аспекти біобезпеки, включаючи безпеку біологічних систем, біохімічну інженерію та забезпечення сталого виробництва (без відхилень) [19].

Протягом багатьох років Група з біобезпеки Міжнародного центру генної інженерії та біотехнології (ICGEB) займалася розробкою та впровадженням комплексної освітньої та навчальної програми з біобезпеки. Завдяки цій програмі підготовлено висококваліфіковані кадри, на яких регуляторні органи можуть покладатися для забезпечення повного та збалансованого врахування питань біобезпеки за належного використання сучасних біотехнологій. Навчальна програма включає, серед іншого, також надання фінансової підтримки низці африканських регуляторних органів для реалізації цих програм. Крім того, Група з біобезпеки організувала численні семінари по всьому світу, забезпечуючи базу

та поглиблену підготовку фахівців і наставництво з метою подальшого розвитку кадрового потенціалу з біобезпеки [4].

**Підготовка кадрів з протидії біотероризму.** Важливим аспектом глобальних зусиль із біобезпеки є протидія біотероризму. Немало організацій та установ займаються навчанням і підготовкою фахівців для виявлення, запобігання та реагування на такі потенційні біологічні загрози. Підготовка кадрів з протидії біотероризму побудована на тісній співпраці університетів та інших урядових установ, спільних тренуваннях, обміні досвідом між експертами та створенні міжнародних мереж співробітництва. Майбутні фахівці в процесі навчання відвідують спеціалізовані тренінги та беруть участь у симуляціях, що моделюють ситуації біотерористичних нападів, проводять наукові дослідження з метою розуміння нових біологічних загроз, розвитку нових технологій для виявлення та реагування на біотерористичні атаки, а також вдосконалюють навички щодо методів діагностики та контролю інфекційних хвороб. Окрім університетів, підготовкою кадрів з протидії біотероризму займаються Центри контролю та профілактики захворювань (CDC) та Агентство зі зменшення загрози у сфері оборони (Defense Threat Reduction Agency) у США, Міжнародна федерація асоціацій з біобезпеки (IFBA), Організація заборони хімічної зброї (Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, OPCW) у Нідерландах та ін. [15, 17, 24, 33, 44, 55].

Таким чином, натепер багато країн, університетів і наукових установ та центрів приділяють увагу розробці дієвих заходів для виявлення та попередження внутрішніх і зовнішніх біозагроз, зміцнення біобезпеки та біозахисту держав загалом і в потенційно небезпечних лабораторіях та підприємствах. Важливе значення надається підготовці спеціалістів із біобезпеки, для чого створено низку програм із врахуванням профілю роботи в цій важливій сфері та триває міжнародне співробітництво. На нашу думку, відповідні державні органи та науково-освітні заклади в Україні повинні максимально використати ці знання та досвід і брати активну участь у міжнародному співробітництві.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Світовий досвід з підготовки фахівців із біобезпеки, у тому числі й протидії біотероризму, розмаїтий залежно від країн та регіонів. У багатьох передових країнах цей процес добре налагоджений, але без достатнього висвітлення в літературі.

Підготовка спеціалістів із біобезпеки здійснюється переважно у формі відповідної спеціалізації – з біології, медицини, харчових технологій тощо. Все більше уваги приділяється міждисциплінарному підходу до підготовки фахівців із біобезпеки, зокрема у навчальні програми включають компоненти з інженерії, права, політики та інших дотичних дисциплін. Процес підготовки спеціалістів із біо-

безпеки наштовхується на ряд проблем, особливо в контексті біологічних загроз та технологій, які постійно змінюються, на неналежну фінансову підтримку, мінливість політичної та соціальної ситуації в конкретних країнах. Наведені дані доцільно використати при відкритті нової спеціальності із біобезпеки та біозахисту та підготовки відповідних фахівців.

### Список літератури

1. Конституція України. Розділ І. Загальні засади [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://constitution.in.ua/articles/3/>.
2. Про схвалення Стратегії забезпечення біологічної безпеки та біологічного захисту за принципом «Єдине здоров'я» на період до 2025 року та затвердження плану заходів щодо її реалізації [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1416-2019-%D1%80#Text>.
3. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text).
4. A curriculum-based approach to teaching biosafety through elearning / D. O. Ndolo, M. Wach, P. Rüdelsheim, W. Craig // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. – 2018. – Vol. 6. DOI 10.3389/fbioe.2018.00042.
5. American Biological Safety Association, ABSA [Electronic resource]. – Access mode : <https://absa.org/>.
6. Bhore S. J. Highlights of biosafety and biosecurity month (BBM) at the AIMST university and perspectives on biorisk management / S. J. Bhore // *Bioinformation*. – 2019. – Vol. 15, No. 8. – P. 568–571. DOI 10.6026/97320630015568.
7. Biomedical Engineering, University of Toronto [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.sgs.utoronto.ca/programs/biomedical-engineering/>.
8. Biosafety and biosecurity / D. Zhou, H. Song, J. Wang [et al.] // *Journal of biosafety and biosecurity*. – 2019. – Vol. 1, No. 1. – P. 15–18. DOI 10.1016/j.jobb.2019.01.001.
9. Biosafety and biosecurity approaches to restrain/contain and counter SARS-CoV-2/COVID-19 pandemic: a rapid-review / T. Ahmad, D. K. Haroon, K. Sharun [et al.] // *Turkish journal of biology*. – 2020. – Vol. 44, No. 3. – P. 132–145. DOI 10.3906/biy-2005-63.
10. Biosafety Basic Training Course, University of Alabama at Birmingham [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.uab.edu/ehs/training/biosafety/basic-biosafety-training>.
11. Biosafety Training Institute, BTI [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.bti.ed.ac.uk/>.
12. Biotechnology Master of Science, Johns Hopkins University [Electronic resource]. – Access mode : [https://e-cat-](https://e-cat-alogue.jhu.edu/arts-sciences/advanced-academic-programs/programs/center-biotechnology-education/biotechnology-master-science/#requirements-text)
13. Biotechnology, University of Toronto [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.sgs.utoronto.ca/programs/biotechnology/>.
14. Building scientific capability and reducing biological threats: the effect of three cooperative bio-research programs in Kazakhstan / K. B. Yeh, K. Tabynov, F. K. Parekh [et al.] // *Frontiers in public health*. – 2021. – Vol. 9. DOI 10.3389/fpubh.2021.683192.
15. CDC [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.cdc.gov/>.
16. Center for International Security and Cooperation [Electronic resource]. – Access mode : <https://cisac.fsi.stanford.edu/>.
17. Educating health professionals to respond to bioterrorism / W. P. McKinney, G. C. Wesley, M. V. Sprang, A. Troutman // *Public Health Reports*. – 2005. – Vol. 120, No. 1. – P. 42–47. DOI 10.1177/00333549051200s109.
18. Ellis M. Strengthening global biosafety & biosecurity / M. Ellis // *One Health & Risk Management*. – 2020. – Vol. 1, No. 1. – P. 80–83.
19. European Master in Biological and Chemical Engineering for a Sustainable Bioeconomy [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.bioceb.eu/>.
20. European University Cyprus [Electronic resource]. – Access mode : <https://euc.ac.cy/en/>.
21. FutureLearn [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.futurelearn.com/courses/biosecurity>.
22. Ghent University [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.ugent.be/en>.
23. Global Health Security Agenda [Electronic resource]. – Access mode : <https://globalhealthsecurityagenda.org/>.
24. Global Partnership Against the Spread of Weapons and Materials of Mass Destruction [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.gpwm.com/>.
25. Greene D. Motivating proactive biorisk management / D. Greene, M. J. Palmer, D. A. Relman // *Health Security*. – 2023. – Vol. 21, No. 1. – P. 46–60. DOI 10.1089/hs.2022.0101.
26. Harvard University [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.harvard.edu/>.



27. Israel Institute for Biological Research, IIBR [Electronic resource]. – Access mode : <https://iibr.gov.il/Pages/home.aspx>.
28. Johns Hopkins Center for Health Security [Electronic resource]. – Access mode : <https://centerforhealthsecurity.org/>.
29. John Hopkins University [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.jhu.edu/>.
30. Katholieke Universiteit te Leuven [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.findamasters.com/masters-degrees/environmental-sciences/ku-leuven/>.
31. Kyoto University [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.kyoto-u.ac.jp/en>.
32. Lee Y.-C. J. The need for biosecurity education in biotechnology curricula / Y.-C. J. Lee, X. Chen, S. Marwaha // *BioDesign Research*. – 2023. DOI 10.34133/bdr.0008.
33. Lessons learned from 2001–2021 – from the bioterrorism to the pandemic era / A. Michalski, J. Knap, A. Bielawska-Drózd, M. Bartoszcze // *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. – 2022. – Vol. 29, No. 1. – P. 1–11. DOI 10.26444/aaem/146604.
34. Massachusetts Institute of Technology [Electronic resource]. – Access mode : <https://web.mit.edu/>.
35. Master Programme “Safety Assessment of Xenobiotics and Biotechnological Products” [Electronic resource]. – Access mode : <https://safetyassessment.cdl.unimi.it/en/courses/course-list-z>.
36. McGill University [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.mcgill.ca/>.
37. Promoting biosecurity by professionalizing biosecurity / R. L. Moritz, K. M. Berger, B. R. Owen, D. R. Gillum // *Science*. – 2020. – Vol. 367, No. 6480. – P. 856–858. DOI 10.1126/science.aba0376.
38. Renault V. Biosecurity concept: origins, evolution and perspectives / V. Renault, M.-F. Humblet, C. Saegerman // *Animals*. – 2021. – Vol. 12, No. 1. DOI 10.3390/ani12010063.
39. RWTH Aachen University [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.rwth-aachen.de/go/id/a/?lidx=1>.
40. Seneca College [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.senecacollege.ca/home.html>.
41. Smith J. A. Biosecurity in an age of open science / J. A. Smith, J. B. Sandbrink // *PLOS biology*. – 2022. – Vol. 20, No. 4. DOI 10.1371/journal.pbio.3001600.
42. Surveillance of emerging infectious diseases for biosecurity / R. Hao, Y. Liu, W. Shen [et al.] // *Science china life sciences*. – 2022. – Vol. 65, No. 8. – P. 1504–1516. DOI 10.1007/s11427-021-2071-x.
43. The culture of biosafety, biosecurity, and responsible conduct in the life sciences: a comprehensive literature review / D. Perkins, K. Danskin, A. E. Rowe, A. A. Livinski // *Applied biosafety*. – 2018. – Vol. 24, No. 1. – P. 34–45. DOI 10.1177/1535676018778538.
44. The International Federation of Biosafety Associations [Electronic resource]. – Access mode : <https://internationalbiosafety.org/>.
45. The Master’s in Biodefense program at George Mason University’s Schar School of Policy and Government [Electronic resource]. – Access mode : <https://schar.gmu.edu/programs/masters-programs/biodefense-ms-online>.
46. The University of Western Australia [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.uwa.edu.au/>.
47. The vital importance of a web of prevention for effective biosafety and biosecurity in the twenty-first century / T. A. Novossiolova, S. Whitby, M. Dando, G. S. Pearson // *One health outlook*. – 2021. – Vol. 3, No. 1. – P. 17. DOI 10.1186/s42522-021-00049-4.
48. University of Cambridge [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.cam.ac.uk/>.
49. University of Georgia [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.uga.edu/>.
50. University of Melbourne [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.unimelb.edu.au/>.
51. University of Oxford [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.ox.ac.uk/>.
52. University of Queensland [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.uq.edu.au/>.
53. University of Tasmania [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.utas.edu.au/>.
54. University of Tokyo [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.u-tokyo.ac.jp/en/>.
55. WHO [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.who.int/>.

## References

1. Konstitutsiia Ukrainy. Rozdil I. Zahalni zasady [Constitution of Ukraine. Chapter I. General Principles]. Retrieved from: <https://constitution.in.ua/articles/3/> [in Ukrainian].
2. Pro skhvalennia Stratehii zabezpechennia biolohichnoi bezpeky ta biolohichnoho zakhystu za pryntsyptom «Yedynе zdorovia» na period do 2025 roku ta zatverdzhenntia planu zakhodiv shchodo yii realizatsii [On the approval of the Strategy for ensuring biological safety and biological protection based on the principle of “One health” for the period until 2025 and the approval of the plan of measures for its implementation]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1416-2019-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
3. Uhoda pro asotsiatsiiu mizh Ukrainoiu, z odniiei storony, ta Yevropeiskym Soiuzom, Yevropeiskym spivtovarystvom z atomnoi enerhii i yikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony [Association Agreement between the European Union and the European Atomic Energy Community and their member states, of the one part, and Ukraine, of the other part]. Retrieved from: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text) [in Ukrainian].

4. Ndolo, D.O., Wach, M., Rüdelsheim, P., & Craig, W. (2018). A curriculum-based approach to teaching biosafety through eLearning. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 6. DOI 10.3389/fbioe.2018.00042.
5. American Biological Safety Association, ABSA. Retrieved from: <https://absa.org/>.
6. Bhole, S.J. (2019). Highlights of biosafety and biosecurity month (BBM) at the AIMST University and perspectives on biorisk management. *Bioinformation*, 15(8), 568-571.
7. Biomedical Engineering, University of Toronto. Retrieved from: <https://www.sgs.utoronto.ca/programs/biomedical-engineering/>.
8. Zhou, D., Song, H., Wang, J., Li, Z., Xu, S., Ji, X., ... Xu, J. (2019). Biosafety and biosecurity. *Journal of biosafety and biosecurity*, 1(1), 15-18. DOI 10.1016/j.jobb.2019.01.001.
9. Ahmad, T., Haroon, Dhama, K., Sharun, K., Khan, F.M., Ahmed, I., ... Hui, J. (2020). Biosafety and biosecurity approaches to restrain/contain and counter SARS-CoV-2/COVID-19 pandemic: a rapid-review. *Turkish journal of biology = Turk biyoloji dergisi*, 44(3), 132-145. DOI 10.3906/biy-2005-63.
10. Biosafety Basic Training Course, University of Alabama at Birmingham. Retrieved from: <https://www.uab.edu/ehs/training/biosafety/basic-biosafety-training>.
11. Biosafety Training Institute, BTI. Retrieved from: <http://www.bti.ed.ac.uk/>.
12. Biotechnology Master of Science, Johns Hopkins University. Retrieved from: <https://e-catalogue.jhu.edu/arts-sciences/advanced-academic-programs/programs/center-biotechnology-education/biotechnology-master-science/#requirementstext>.
13. Biotechnology, University of Toronto. Retrieved from <https://www.sgs.utoronto.ca/programs/biotechnology/>.
14. Yeh, K.B., Tabynov, K., Parekh, F.K., Maltseva, E., Skiba, Y., Shapiyeva, Z., ... Hay, J. (2021). Building Scientific Capability and Reducing Biological Threats: The Effect of Three Cooperative Bio-Research Programs in Kazakhstan. *Frontiers in Public Health*, 9. DOI 10.3389/fpubh.2021.683192.
15. CDC. Retrieved from: <https://www.cdc.gov/>.
16. Center for International Security and Cooperation. Retrieved from: <https://cisac.fsi.stanford.edu/>.
17. McKinney, W.P., Wesley, G.C., Sprang, M.V., & Troutman, A. (2005). Educating health professionals to respond to bioterrorism. *Public health reports*, 120(1), 42-47.
18. Ellis, M. (2020). Strengthening global biosafety & biosecurity. *One Health & Risk Management*, 1(1), 80-83.
19. European Master in Biological and Chemical Engineering for a Sustainable Bioeconomy. Retrieved from: <https://www.bioceb.eu/>.
20. European University Cyprus. Retrieved from: <https://euc.ac.cy/en/>.
21. FutureLearn. Retrieved from: <https://www.futurelearn.com/courses/biosecurity>.
22. Ghent University. Retrieved from: <https://www.ugent.be/en>.
23. Global Health Security Agenda. Retrieved from: <https://globalhealthsecurityagenda.org/>.
24. Global Partnership Against the Spread of Weapons and Materials of Mass Destruction. Retrieved from: <https://www.gpwmd.com/>.
25. Greene, D., Palmer, M.J., & Relman, D.A. (2023). Motivating Proactive Biorisk Management. *Health security*, 21(1), 46-60. DOI 10.1089/hs.2022.0101.
26. Harvard University. Retrieved from: <https://www.harvard.edu/>.
27. Israel Institute for Biological Research, IIBR. Retrieved from: <https://iibr.gov.il/Pages/home.aspx>.
28. Johns Hopkins Center for Health Security. Retrieved from: <https://centerforhealthsecurity.org/>.
29. John Hopkins University. Retrieved from: <https://www.jhu.edu/>.
30. Katholieke Universiteit te Leuven. Retrieved from: <https://www.findamasters.com/masters-degrees/environmental-sciences/ku-leuven/>.
31. Kyoto University. Retrieved from: <https://www.kyoto-u.ac.jp/en>.
32. Lee, Y.-C. J., Chen, X., & Marwaha, S. (2023). The Need for Biosecurity Education in Biotechnology Curricula. *BioDesign Res.*, 5. DOI 10.34133/bdr.0008.
33. Michalski, A., Knap, J., Bielawska-Drózd, A., & Bartoszcze, M. (2022). Lessons learned from 2001–2021 – from the bioterrorism to the pandemic era. *Annals of agricultural and environmental medicine*, 29(1), 1-11.
34. Massachusetts Institute of Technology. Retrieved from: <https://web.mit.edu/>.
35. Master Programme “Safety Assessment of Xenobiotics and Biotechnological Products”. Retrieved from: <https://safetyassessment.cdl.unimi.it/en/courses/course-list-z>.
36. McGill University. Retrieved from: <https://www.mcgill.ca/>.
37. Moritz, R.L., Berger, K.M., Owen, B.R., & Gillum, D.R. (2020). Promoting biosecurity by professionalizing biosecurity. *Science*, 367(6480), 856-858.
38. Renault, V., Humblet, M.F., & Saegerman, C. (2021). Biosecurity Concept: Origins, Evolution and Perspectives. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(1). DOI 10.3390/ani12010063.
39. RWTH Aachen University. Retrieved from: <https://www.rwth-aachen.de/go/id/a/?lidx=1>.
40. Seneca College. Retrieved from: <https://www.senecacollege.ca/home.html>.
41. Smith, J.A., & Sandbrink, J.B. (2022). Biosecurity in an age of open science. *PLoS biology*, 20(4). DOI 10.1371/journal.pbio.3001600.
42. Hao, R., Liu, Y., Shen, W., Zhao, R., Jiang, B., Song, H., ... Ma, H. (2022). Surveillance of emerging infectious diseases for biosecurity. *Science China. Life sciences*, 65(8), 1504-1516.
43. Perkins, D., Danskin, K., Rowe, A.E., & Livinski, A.A. (2019). The Culture of Biosafety, Biosecurity, and Responsible Conduct in the Life Sciences: A Comprehensive Lit-

erature Review. *Applied biosafety: journal of the American Biological Safety Association*, 24(1), 34-45.

44. The International Federation of Biosafety Associations. Retrieved from: <https://internationalbiosafety.org/>.

45. The Master's in Biodefense program at George Mason University's Schar School of Policy and Government. Retrieved from: <https://schar.gmu.edu/programs/masters-programs/biodefense-ms-online>.

46. The University of Western Australia. Retrieved from: <https://www.uwa.edu.au/>.

47. Novosiolova, T.A., Whitby, S., Dando, M., & Pearson, G.S. (2021). The vital importance of a web of prevention for effective biosafety and biosecurity in the twenty-first century. *One health outlook*, 3(1), 17. DOI 10.1186/s42522-021-00049-4.

48. University of Cambridge. Retrieved from: <https://www.cam.ac.uk/>.

49. University of Georgia. Retrieved from: <https://www.uga.edu/>.

50. University of Melbourne. Retrieved from: <https://www.unimelb.edu.au/>.

51. University of Oxford. Retrieved from: <https://www.ox.ac.uk/>.

52. University of Queensland. Retrieved from: <https://www.uq.edu.au/>.

53. University of Tasmania. Retrieved from: <https://www.utas.edu.au/>.

54. University of Tokyo. Retrieved from: <https://www.u-tokyo.ac.jp/en/>.

55. WHO. Retrieved from: <https://www.who.int/>.

Отримано 11.10.2023.  
Рекомендовано 13.10.2023.

Електронна адреса для листування: [yandrachyn@tdmu.edu.ua](mailto:yandrachyn@tdmu.edu.ua)