

БІОБЕЗПЕКА ЯК СКЛАДОВА ОХОРОНИ ПРАЦІ У БІОХІМІЧНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ

О. В. КЕЦА

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, Україна, 58012
e-mail: o.ketsa@chnu.edu.ua

У роботі проведений системний аналіз стану біобезпеки як ключового елементу охорони праці у біохімічних лабораторіях. Основна увага приділена класифікації ризиків, оцінці небезпечних чинників та визначено ефективні підходи до їх управління на національному та міжнародному рівнях. Метою роботи було систематизувати наявні наукові дані щодо біобезпеки в біохімічних лабораторіях та оцінити основні ризики впливу різних факторів на персонал, а також визначити ефективні підходи до управління цими ризиками. Під час дослідження проведено аналітичний огляд рецензованих наукових публікацій, офіційних нормативно-правових документів, міжнародних стандартів (the International Organization for Standardization (ISO), World Health Organization (WHO), Centers for Disease Control (CDC)), а також українського законодавства. Пошук джерел здійснювався через наукові бази даних (PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar) та офіційні урядові ресурси. Встановлено, що найбільшу загрозу для персоналу біохімічних лабораторій становлять біологічні агенти, які спричиняють до 60 % інцидентів розвитку патологічних станів у персоналу, у той час як хімічні, фізичні та психоемоційні фактори також мають значний вплив, але меншою мірою порівняно з біологічними ризиками. Показано, що існує низка бар'єрів у забезпеченні біобезпеки в біохімічних лабораторіях – застаріла нормативна база, недостатнє фінансування, обмежене навчання персоналу, відсутність єдиної системи моніторингу інцидентів. Проведений порівняльний аналіз національних підходів із міжнародними практиками дозволив виявити структурні відмінності й недоліки імплементації стандартів біоризик-менеджменту. Отже, ефективне управління біобезпекою у біохімічних лабораторіях передбачає комплексний підхід, що охоплює технічні, організаційні, поведінкові, санітарно-гігієнічні та медичні заходи. Необхідна інтеграція українського законодавства з міжнародними стандартами та впровадження систематизованої оцінки ризиків, створення централізованої системи моніторингу інцидентів, оновлення нормативної бази та інформування щодо культури біобезпеки.

Ключові слова: біобезпека, біохімічна лабораторія, охорона праці, біологічні ризики, засоби індивідуального захисту

Вступ. Біохімічні лабораторії – це спеціалізовані наукові та виробничі підрозділи, де проводяться дослідження, аналізи та маніпуляції з біологічними матеріалами, хімічними речовинами та біологічним матеріалом у осіб за умов різних патологічних станів (Stankovic et al., 2022). Через специфіку роботи в таких умовах існує підвищений ризик для здоров'я працівників, пов'язаний із впливом шкідливих біологічних агентів, хімічних речовин, а також можливістю виникнення аварійних ситуацій (Hogg et al., 2023). Саме тому питання біобезпеки є важливою складовою системи охорони праці у біохімічних лабораторіях.

Під біобезпекою розуміють комплекс заходів, спрямованих на запобігання виникненню та розповсюдженню професійних захворювань, а також мінімізації впливу біологічних факторів, які можуть завдати шкоди здоров'ю людини та довкіллю (Vandeveldt et al., 2021). У контексті біохімічних лабораторій

біобезпека визначає контроль за роботою з патогенними мікроорганізмами, токсичними хімічними речовинами, а також забезпечення належного рівня санітарно-гігієнічних умов (Resnik et al., 2024).

Виконання вимог біобезпеки в біохімічних лабораторіях – одна з ключових складових системи охорони праці, особливо в умовах зростання біологічних ризиків та збільшення обсягів наукових досліджень із використанням патогенних агентів (Peng et al., 2018). У біохімічних лабораторіях проводиться робота з біологічно активними матеріалами, включаючи потенційно небезпечні бактерії, віруси, токсини, а також генно-модифіковані об'єкти, що створює загрозу як для персоналу, так і для навколишнього середовища. Основні ризики у біохімічних лабораторіях пов'язані з біологічними факторами (робота з бактеріями, вірусами, грибами, клітинами людини або тварин, що можуть бути патогенними), хімічними факторами (контакти з токсичними,

канцерогенними, мутагенними речовинами) та фізичними факторами (підвищений рівень шуму, освітлення, електромагнітного випромінювання) (Aspland et al., 2021; Li et al., 2024). Не можна виключати й психологічні фактори – стрес, пов'язаний з відповідальністю за безпеку та монотонність роботи (Killgore et al., 2020). Все це робить актуальним дослідження, яке полягає в необхідності системного аналізу стану біобезпеки як складової охорони праці в біохімічних лабораторіях, визначення основних ризиків, бар'єрів і перспектив їх усунення шляхом впровадження сучасних управлінських, освітніх та інженерно-технічних рішень.

Мета роботи – систематизувати наявні наукові дані щодо біобезпеки в біохімічних лабораторіях та оцінити основні ризики впливу різних факторів на персонал, а також визначити ефективні підходи до управління цими ризиками.

Метеріали та методи. У даній роботі проведено огляд сучасних наукових публікацій, аналітичних звітів та нормативно-правових документів, що стосуються біобезпеки як складової охорони праці в біохімічних лабораторіях. Пошук джерел здійснювався в авторитетних міжнародних наукових базах: PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar, а також у національних академічних та правових ресурсах, зокрема: Національний репозитарій академічних текстів України, офіційний веб-портал Верховної Ради України (<https://zakon.rada.gov.ua/>), Сайт Міністерства охорони здоров'я України (moz.gov.ua), Сайт Державної служби України з питань праці (dsp.gov.ua), платформа «ЛІГА:ЗАКОН» – для доступу до актуальних редакцій нормативних актів.

Пошукові запити проводилися із використанням ключових слів українською та англійською мовами: «біобезпека», «біологічні ризики», «охорона праці», «патогенні мікроорганізми», «безпечні лабораторні умови», «лабораторна безпека», «гігієна праці в лабораторіях», «біохімічна лабораторія», «робота з патогенами», «засоби індивідуального захисту», «контроль небезпек» тощо.

До аналізу включалися лише рецензовані наукові публікації та офіційно затверджені нормативно-правові документи, що стосуються: управління біологічними ризиками у лабораторіях; охорони праці в закладах, що працюють із потенційно небезпечними біоагентами; сучасних протоколів безпечної роботи з хімічними речовинами та біологічними агентами; законодавчих механізмів забезпечення належного санітарно-гігієнічного стану лабораторій. Особливу увагу приділено аналізу

таких міжнародних законодавчих актів та нормативних документів: World Health Organization (WHO) Laboratory Biosafety Manual (4th ed., 2020) ISO (the International Organization for Standardization) 35001:2019 – Biorisk management in laboratories, ISO 15190:2020 – Medical laboratories – Safety requirements, CDC BMBL (6th ed.) – Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories. Окрім того, у роботі аналізувалося законодавство України, а саме: Закон України «Про охорону праці» (16), Закон України «Про захист населення від інфекційних хвороб» (15), Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» (14), ДСанПіН 2.2.7.029-99 – Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення (13), Наказ № 1192 від 11.09.2012 – Про затвердження Правил охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях (19), Наказ МОЗ № 26 від 24.01.2008 р. – Про затвердження державних санітарних норм і правил "Організація роботи лабораторій при дослідженні матеріалу, що містить біологічні патогенні агенти I-IV груп патогенності молекулярно-генетичними методами" (20), витяги з Кодексу законів про працю України (розділи про безпечні умови праці та відповідальність роботодавців) (17).

Усі відібрані джерела були критично оцінені відповідно до нормативної обґрунтованості та актуальності. Інформація структурована за тематичними напрямками, що дозволило створити комплексне уявлення про стан біобезпеки в біохімічних лабораторіях, чинники ризику та засоби їх регулювання у рамках національного і міжнародного правового поля.

Результати та їх обговорення. Визначення та класифікація ризиків у біохімічних лабораторіях. Безпека роботи в біохімічних лабораторіях значною мірою залежить від розуміння та ефективного управління різноманітними ризиками, що виникають у процесі науково-дослідної та виробничої діяльності. Класифікація ризиків дозволяє систематизувати потенційні загрози, оцінити їх вплив на здоров'я працівників і розробити адекватні заходи захисту.

Аналіз джерел літератури та нормативно-правових актів показав, що діяльність біохімічних лабораторій пов'язана з комплексною дією низки факторів, серед яких найбільшу загрозу становлять біологічні, хімічні, фізичні та психоемоційні ризики. За даними Мельник В. Г. & Гринзовського А. М. (Мельник та ін., 2025) встановлено, що біля 60% лабораторних інцидентів пов'язані з

біологічними агентами (рис.1). При цьому, негативний вплив на організм залежить від спеціалізації лабораторії, досвіду роботи в надзвичайних ситуаціях, частоти респіраторних захворювань працівників та статусу вакцинації. Міжнародні дослідження показують, що понад 80 % випадків лабораторних інфекцій пов'язані з порушенням стандартних процедур безпеки, неправильним використанням засобів індивідуального захисту та людським фактором. У дослідженні Blacksell SD et al. (Blacksell et al., 2024) показана участь патогенів у лабораторно-набутих інфекціях персоналу. Авторами встановлено, що найпоширенішими лабораторно-набутими інфекціями є: *Neisseria meningitidis* (37,5%), *Yersinia pestis* (25%), *Salmonella enterica* серотипу Typhimurium (12,5%), вірус Ебола (12,5%), *Salmonella enteritidis* (6,8%), вірус вісповакцини (4,2%), *Brucella spp* (3,9%), *Brucella melitensis* (3,6%), SARS-CoV (18,8%) та поліовірусу (18,8%).

Проаналізовані результати вказують на той факт, що постійне вдосконалення управління

лабораторно-набутими інфекціями, шляхом аналізу першопричин та ретельного розслідування таких інцидентів, – важливе для запобігання їх виникнення в майбутньому. Слід зауважити, що понад 24 % випадків потенційно небезпечного впливу біологічних агентів у лабораторіях спричинені комунікаційними помилками. Така статистика вказує на нагальну потребу посилення контролю, підвищення кваліфікації персоналу та впровадження сучасних інженерних систем безпеки.

Хімічні ризики в біохімічних лабораторіях становлять близько 25% усіх небезпечних впливів на персонал, включаючи отруєння, подразнення слизових оболонок та розвиток алергічних реакцій (рис.1). Водночас, фізичні фактори (шум, вібрація, недостатнє освітлення) оцінюються як менш часті, оскільки їх дія спостерігається у 18 % випадків (рис.1), проте їх кумулятивний вплив може призводити до підвищеної втоми та зниження концентрації уваги, що, у свою чергу, збільшує ймовірність помилок і травматизму.

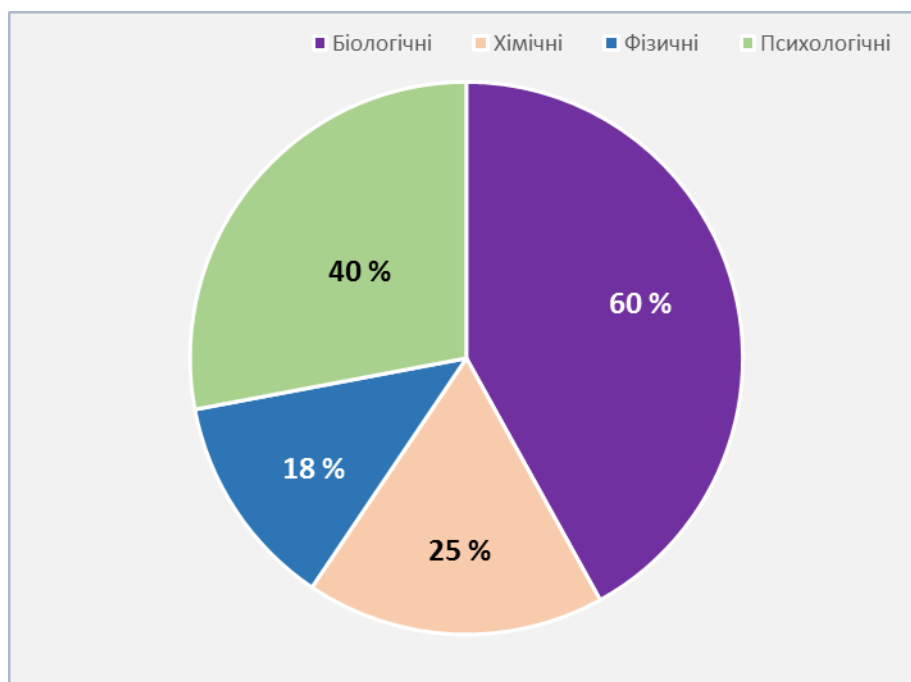


Рис.1. Розподіл небезпечних факторів впливу на персонал біохімічних лабораторій

Fig. 1. Distribution of hazardous factors affecting biochemical laboratory personnel

Значна частина фізичних ризиків пов'язана з обладнанням (Keckler et al., 2018). У роботі Zhang W.R. et al. (Zhang et al., 2020) зазначено, що психоемоційне навантаження у працівників лабораторій спостерігається у понад 40% респондентів, які скаржилися на хронічний стрес. При цьому встановлено, що під час пандемії COVID-19 у персоналу лабораторій під

час діагностики виявлялося безсоння (38,4% осіб), тривога (13 % осіб), депресія (12,2%), соматизація (1,6%) та obsесивно-компульсивні симптоми (5,3%). Окрім того, у 15% працівників лабораторій виявлялися симптоми професійного вигорання.

Отже, робота в біохімічних лабораторіях пов'язана з дією низки ризиків, серед яких

найбільш небезпечними є біологічні агенти, що спричиняють до 60 % інцидентів. Значну роль у виникненні надзвичайних ситуацій відіграють порушення безпеки, комунікаційні помилки та людський фактор, тоді як психоемоційне навантаження зумовлює високий рівень стресу. Ефективне управління цими ризиками вимагає системного підходу, що охоплює профілактику, навчання, технічне вдосконалення та психологічну підтримку персоналу.

Складові біобезпеки у біохімічній лабораторії. Забезпечення біобезпеки в

біохімічних лабораторіях – ключовий компонент охорони праці та профілактики професійних захворювань, особливо в умовах роботи з патогенними мікроорганізмами та потенційно небезпечними біоматеріалами (Aspland et al., 2021). У структурі біобезпеки інтегруються технічні, організаційні та поведінкові заходи, спрямовані на запобігання несанкціонованому поширенню біологічних агентів, захист персоналу, навколишнього середовища та об'єктів дослідження (рис.2)..

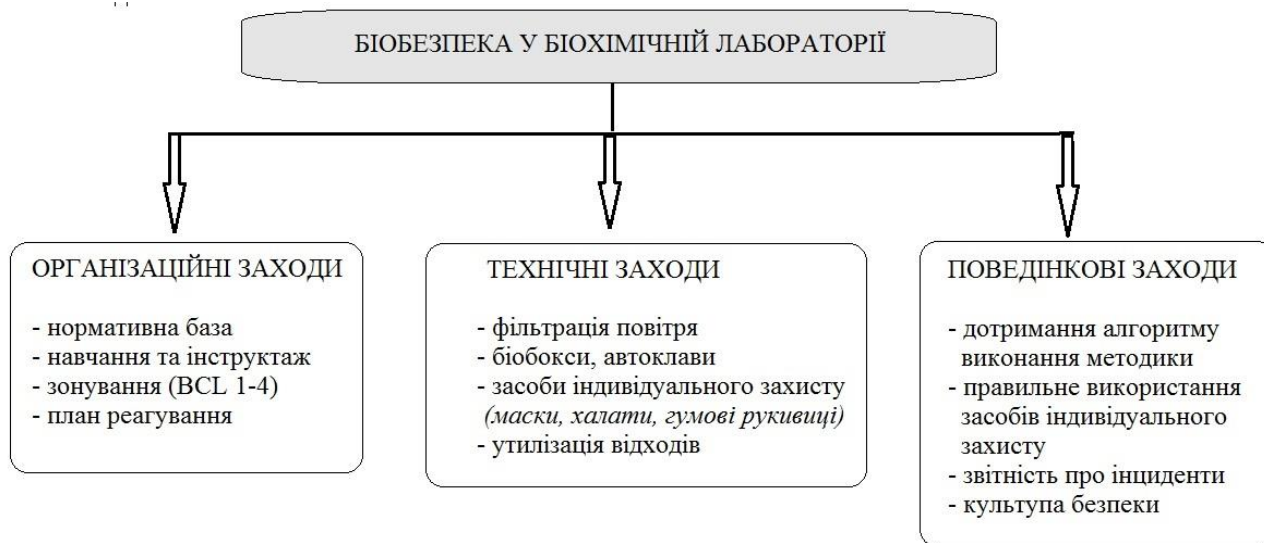


Рис. 2. Складові системи біобезпеки у біохімічній лабораторії

Fig. 2. Components of the biosafety system in a biochemical laboratory

Упровадження ефективної системи біозахисту ґрунтується на принципах ризик-орієнтованого підходу, що охоплює ідентифікацію загроз, належне технічне забезпечення, дотримання стандартних операційних процедур, навчання працівників та формування культури безпеки.

Система біобезпеки у біохімічних лабораторіях базується на трьох ключових напрямках: організаційних, технічних, поведінкових (санітарно-гігієнічних) заходах. Організаційні заходи включають розробку та впровадження внутрішніх нормативних документів і стандартів охорони праці, проведення навчання й інструктажів персоналу, зонування приміщень відповідно до класів біологічної небезпеки (BSL-1-4), а також розробку планів дій на випадок аварійних ситуацій (рис.2). Технічні заходи охоплюють використання сучасного лабораторного обладнання з ефективними системами фільтрації повітря, безпечного поводження з відходами, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) (рукавичками, халатами, респіраторами, захисними окулярами),

а також організацію безпечного зберігання й транспортування біологічних і хімічних матеріалів. Поведінкові та санітарно-гігієнічні заходи передбачають регулярну дезінфекцію робочих поверхонь і інструментів, контроль за чистотою повітря та приміщень, підтримання оптимального рівня освітлення й вентиляції, дотримання процедури виконання методики, правильне використання засобів індивідуального захисту (Killgore et al., 2020).

Не варто виключати і медичний контроль у системі біобезпеки. Так, для працівників біохімічних лабораторій передбачаються обов'язкові профілактичні медичні огляди (16), проведення вакцинації проти інфекційних агентів, з якими потенційно може контактувати персонал, а також постійний моніторинг стану здоров'я (14, 15). Комплексна реалізація цих заходів створює основу для зниження ризиків, пов'язаних із біологічними агентами, та забезпечення високого рівня безпеки лабораторного середовища.

Отже, ефективне забезпечення біобезпеки в біохімічних лабораторіях можливе лише за

умови комплексного підходу, який охоплює організаційні, технічні, поведінкові, санітарно-гігієнічні та медичні заходи. Такий підхід дозволяє не лише мінімізувати ризики інфікування персоналу та забруднення навколишнього середовища, а й формує безпечне виробниче середовище, орієнтоване на дотримання стандартів, контроль ризиків і постійне вдосконалення систем захисту.

Аналіз нормативної бази та проблеми імплементації біобезпеки в практиці. В Україні та інших країнах діє низка нормативних актів, що регулюють питання охорони праці та біобезпеки в лабораторних умовах. Серед них – державні санітарні правила і норми, стандарти ISO, рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ). Гармонізація національної нормативної бази з міжнародними стандартами, передусім з ISO 35001:2019 (ISO 35001:2019), є критично важливою для забезпечення ефективного функціонування системи біобезпеки. Особливу увагу слід приділити таким аспектам, як управління біоризиками, створення культури безпеки в лабораторному середовищі та впровадження системи оцінки ризиків на всіх рівнях. Доцільним є запровадження механізмів атестації лабораторій за рівнями біозахисту відповідно до світових практик.

У результаті проведеного аналізу чинної нормативно-правової бази України встановлено, що національна система регулювання біобезпеки в лабораторіях є структурно сформованою, проте демонструє суттєві розбіжності з сучасними міжнародними стандартами. Зокрема, окремі документи, що регламентують санітарно-гігієнічні вимоги до роботи в лабораторіях, залишаються застарілими, а їхній зміст не враховує поточні наукові досягнення та технічний прогрес.

Крім того, сучасні положення міжнародних стандартів, зокрема ISO 35001:2019, не інтегровані в українські нормативні документи в повному обсязі. Законодавство України наразі не містить чітко визначених процедур матричної оцінки біологічних ризиків, яка рекомендована міжнародною практикою як один з ефективних інструментів управління біоризиками.

Дослідження практичного стану біобезпеки в біохімічних лабораторіях показав низку системних бар'єрів, що ускладнюють впровадження ефективних заходів охорони праці. Серед основних проблем слід виокремити:

- обмежене фінансування заходів безпеки (відсутність ресурсів на модернізацію

обладнання, вентиляційних систем, закупівлю ЗІЗ);

- дефіцит фахівців у сфері біоризик-менеджменту та відсутність профільних освітніх програм;

- низьку обізнаність персоналу щодо актуальних нормативних вимог та методик безпечної роботи з патогенними агентами;

- відсутність єдиної системи моніторингу лабораторних інцидентів та механізму зворотного зв'язку для аналізу й усунення причин порушень.

Аналіз міжнародних норм біобезпеки показав, що найефективніші системи щодо питань біобезпеки ґрунтуються на комплексному підході, який охоплює не лише технічні й організаційні заходи, а й культурні аспекти – зокрема формування усвідомленої відповідальності кожного співробітника за дотримання протоколів безпеки. Успішні приклади впровадження таких підходів зафіксовані у країнах Європейського союзу (ЄС), Канаді, США, де біобезпека розглядається як частина загального ризик-менеджменту організації.

Порівняльний аналіз ключових параметрів біобезпеки в Україні та міжнародних стандартах (WHO, ISO) показав, що в нашій країні відсутня системна оцінка біоризиків, тоді як міжнародні норми вимагають чіткої методології (ISO 35001:2019). Навчання персоналу нерегулярне, що відрізняється від міжнародних стандарт, які регламентують регулярне навчання персоналу з питань біобезпеки з обов'язковою атестацією. Моніторинг інцидентів в Україні фрагментарний, без централізованої електронної системи, на відміну від системного підходу за кордоном (табл. 1). Окрім того, в Україні застарілі санітарні норми, тоді як міжнародні практики передбачають їх постійне оновлення. Хоча вимоги до ЗІЗ в Україні існують, вони не завжди виконуються належним чином, тоді як міжнародні стандарти вимагають суворого контролю якості ЗІЗ.

Аналіз проведених досліджень показав, що українська система біобезпеки потребує модернізації й уніфікації з міжнародними вимогами. На основі цього можна рекомендувати вдосконалювати систему біобезпеки в Україні через низку стратегічних напрямків, реалізація яких дозволить суттєво підвищити рівень біологічного захисту в біохімічних лабораторіях. Так, необхідно розробити національні стандарти біобезпеки, адаптованих до положень ISO 35001:2019, з урахуванням специфіки українського законодавства та інфраструктури.

Comparison of key biosafety standards in Ukraine and international standards

Параметр	Україна (Законодавство)	Міжнародні стандарти (ISO, WHO)	Коментар
Оцінка біологічних ризиків	Відсутня системна методика	Обов'язкова оцінка з використанням матричних схем	Потрібно впровадити
Навчання персоналу	Рекомендоване, нерегулярне	Обов'язкове, періодичне, з атестацією	Необхідне посилення
Моніторинг інцидентів	Фрагментарний, не централізований	Системний, електронний	Вимагає уніфікації
Санітарно-гігієнічні вимоги	Затверджені ДСанПіН, але застарілі	Регулярне оновлення та перевірка	Потрібне оновлення
Вимоги до ЗІЗ	Визначені, але доступність та якість варіюються	Строгі технічні стандарти та регулярна перевірка	Потрібно покращити контроль

Варто впровадити обов'язкові процедури оцінки біоризиків для кожної лабораторії, у якій проводиться робота з біологічно активними або патогенними агентами. Не менш важливою є організація системного навчання персоналу з питань біобезпеки та охорони праці, включно з періодичним тестуванням, симуляційними тренінгами та практичними вправами.

Створення електронної системи обліку інцидентів дозволить здійснювати моніторинг у реальному часі, аналізувати ризики та приймати рішення. Окрім того, необхідне посилення міжвідомчої координації між Міністерством охорони здоров'я, Держпраці, Держпродспоживслужбою, науковими інститутами та профільними асоціаціями для створення інтегрованої системи біозахисту.

Висновок. Організація біобезпеки в біохімічних лабораторіях – критично важлива умова для захисту здоров'я персоналу, запобігання поширенню інфекцій, підвищення

ефективності лабораторних процесів та відповідності міжнародним стандартам. Комплексний підхід, що включає оцінку ризиків, навчання, технічне забезпечення та нормативну гармонізацію, дозволяє створити безпечне робоче середовище та знизити ймовірність виникнення інцидентів. Незважаючи на певні недоліки у вітчизняній нормативній базі, впровадження сучасних підходів до управління біоризиками відкриває реальні перспективи для підвищення рівня біозахисту в Україні. Комплексний підхід, що передбачає організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та медичні заходи, є запорукою мінімізації ризиків, пов'язаних із специфікою лабораторної роботи.

Конфлікт інтересів: Авторка заявляє, що дослідження проводилося за відсутності будь-яких комерційних або фінансових відносин, які можна було б витлумачити як потенційний конфлікт інтересів.

Список літератури[^]

- Aspland, A. M., Douagi, I., Filby, A., Jellison, E. R., Martinez, L., Shinko, D., Smith, A. L., Tang, V. A., & Thornton, S. (2021). Biosafety during a pandemic: Shared resource laboratories rise to the challenge. *Cytometry Part A*, 99(1), 68–80. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.24280>
- Blacksell, S. D., Dhawan, S., Kusumoto, M., Le, K. K., Summermatter, K., O'Keefe, J., Kozlovac, J. P., Almuhaire, S. S., Sendow, I., Scheel, C. M., Ahumibe, A., Masuku, Z. M., Bennett, A. M., Kojima, K., Harper, D. R., Hamilton, K. (2024). Laboratory-acquired infections and pathogen escapes worldwide between 2000 and 2021: A scoping review. *Lancet Microbe*, 5(2), e194–e202. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(23\)00319-1](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(23)00319-1)
- Hogg, S. L., Carling, R. S., Cantley, N. W., Hamilton, G., Goddard, P., Aitkenhead, H., Barski, R., Collingwood, C., Moat, S. J., & Kemp, H. J. (2023). Cross-sectional audit assessing the quality of dried bloodspot specimens received by UK metabolic biochemistry laboratories for the biochemical monitoring of individuals with phenylketonuria. *Annals of Clinical Biochemistry*, 60(3), 208–211. <https://doi.org/10.1177/00045632231156035>
- ISO 35001:2019(en) Biorisk management for laboratories and other related organisations. (2019). <https://www.iso.org/obp/ui/ru/#iso:std:iso:35001:ed-1:v1:en>
- Keckler, M. S., Anderson, K., McAllister, S., Rasheed, J. K., & Noble-Wang, J. (2019). Development and implementation of evidence-based laboratory safety management tools for a public health

- laboratory. *Safety Science*, 117, 205–216. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.04.003>
6. Killgore, W. D. S., Taylor, E. C., Cloonan, S. A., & Dailey, N. S. (2020). Psychological resilience during the COVID-19 lockdown. *Psychiatry Research*, 291, 113216. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113216>
7. Li, Y., Jiao, H., Zhang, H., Wang, X., Fu, Y., Wang, Q., Liu, H., Yong, Y. C., Guo, J., & Liu, J. (2024). Biosafety consideration of nanocellulose in biomedical applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 265(Pt 1), 130900. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130900>
8. Peng, H., Bilal, M., & Iqbal, H. M. N. (2018). Improved biosafety and biosecurity measures and/or strategies to tackle laboratory-acquired infections and related risks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(12), 2697. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122697>
9. Resnik, D. B. (2024). Biosafety, biosecurity, and bioethics. *Monash Bioethics Review*, 42(1), 137–167. <https://doi.org/10.1007/s40592-024-00204-3>
10. Stankovic, S., & Santric Milicevic, M. (2022). Use of the WISN method to assess the health workforce requirements for the high-volume clinical biochemical laboratories. *Human Resources for Health*, 19(Suppl 1), 143. <https://doi.org/10.1186/s12960-021-00686-w>
11. Vandevelde, N. M., Vermeersch, P., Devreese, K. M. J., Vincent, M. F., Gulbis, B., Eyskens, F., Boemer, F., Gothot, A., Van Hoof, V. O., Bonroy, C., Stepman, H., Martens, G. A., Bossuyt, X., Roosens, L., Smet, J., Laeremans, H., Weets, I., Minon, J. M., Vernelen, K., Coucke, W., & Advisory Board of the Action 1 of the Belgian National Plan for Rare Diseases. (2021). Belgian rare diseases plan in clinical pathology: Identification of key biochemical diagnostic tests and establishment of reference laboratories and financing conditions. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 16(1), 89. <https://doi.org/10.1186/s13023-021-01728-1>
12. Zhang, W. R., Wang, K., Yin, L., Zhao, W. F., Xue, Q., Peng, M., Min, B. Q., Tian, Q., Leng, H. X., Du, J. L., Chang, H., Yang, Y., Li, W., Shangguan, F. F., Yan, T. Y., Dong, H. Q., Han, Y., Wang, Y. P., Cosci, F., & Wang, H. X. (2020). Mental health and psychosocial problems of medical health workers during the COVID-19 epidemic in China. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 89(4), 242–250. <https://doi.org/10.1159/000507639>
13. ДСанПіН 2.2.7.029-99 – Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення. (n.d.). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=47238
14. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення». (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text>
15. Закон України «Про захист населення від інфекційних хвороб». (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1645-14#Text>
16. Закон України «Про охорону праці». (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
17. Кодекс законів про працю України. (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>
18. Мельник, В. Г., & Гринзовський, А. М. (2025). Біобезпека лабораторного персоналу: Ризики та готовність реагування до надзвичайних ситуацій. *Медична наука України*, 21(1), 45–54.
19. Наказ № 1192 від 11.09.2012 – Про затвердження Правил охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях. (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1648-12#Text>
20. Наказ МОЗ № 26 від 24.01.2008 р. – Про затвердження державних санітарних норм і правил "Організація роботи лабораторій при дослідженні матеріалу, що містить біологічні патогенні агенти I-IV груп патогенності молекулярно-генетичними методами". (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0088-08#Text>

References:

1. Aspland, A. M., Douagi, I., Filby, A., Jellison, E. R., Martinez, L., Shinko, D., Smith, A. L., Tang, V. A., & Thornton, S. (2021). Biosafety during a pandemic: Shared resource laboratories rise to the challenge. *Cytometry Part A*, 99(1), 68–80. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.24280>
2. Blacksell, S. D., Dhawan, S., Kusumoto, M., Le, K. K., Summermatter, K., O'Keefe, J., Kozlovac, J. P., Almuhaire, S. S., Sendow, I., Scheel, C. M., Ahumibe, A., Masuku, Z. M., Bennett, A. M., Kojima, K., Harper, D. R., & Hamilton, K. (2024). Laboratory-acquired infections and pathogen escapes worldwide between 2000 and 2021: A scoping review. *Lancet Microbe*, 5(2), e194–e202. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(23\)00319-1](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(23)00319-1)
3. Hogg, S. L., Carling, R. S., Cantley, N. W., Hamilton, G., Goddard, P., Aitkenhead, H., Barski, R., Collingwood, C., Moat, S. J., & Kemp, H. J. (2023). Cross-sectional audit assessing the quality of dried bloodspot specimens received by UK metabolic biochemistry laboratories for the biochemical monitoring of individuals with phenylketonuria. *Annals of Clinical Biochemistry*, 60(3), 208–211. <https://doi.org/10.1177/00045632231156035>
4. ISO 35001:2019(en) Biorisk management for laboratories and other related organisations. (2019). <https://www.iso.org/obp/ui/ru/#iso:std:iso:35001:ed-1:v1:en>
5. Keckler, M. S., Anderson, K., McAllister, S., Rasheed, J. K., & Noble-Wang, J. (2019). Development and implementation of evidence-based laboratory safety management tools for a public health laboratory. *Safety Science*, 117, 205–216. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.04.003>
6. Killgore, W. D. S., Taylor, E. C., Cloonan, S. A., & Dailey, N. S. (2020). Psychological resilience during the COVID-19 lockdown. *Psychiatry Research*, 291, 113216. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113216>
7. Li, Y., Jiao, H., Zhang, H., Wang, X., Fu, Y., Wang, Q., Liu, H., Yong, Y. C., Guo, J., & Liu, J. (2024). Biological systems. Vol.17. Is.1. 2025

- Biosafety consideration of nanocellulose in biomedical applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 265(Pt 1), 130900.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130900>
8. Peng, H., Bilal, M., & Iqbal, H. M. N. (2018). Improved biosafety and biosecurity measures and/or strategies to tackle laboratory-acquired infections and related risks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(12), 2697. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122697>
 9. Resnik, D. B. (2024). Biosafety, biosecurity, and bioethics. *Monash Bioethics Review*, 42(1), 137–167. <https://doi.org/10.1007/s40592-024-00204-3>
 10. Stankovic, S., & Santric Milicevic, M. (2022). Use of the WISN method to assess the health workforce requirements for the high-volume clinical biochemical laboratories. *Human Resources for Health*, 19(Suppl 1), 143. <https://doi.org/10.1186/s12960-021-00686-w>
 11. Vandevelde, N. M., Vermeersch, P., Devreese, K. M. J., Vincent, M. F., Gulbis, B., Eyskens, F., Boemer, F., Gothot, A., Van Hoof, V. O., Bonroy, C., Stepman, H., Martens, G. A., Bossuyt, X., Roosens, L., Smet, J., Laeremans, H., Weets, I., Minon, J. M., Vernelen, K., Coucke, W., & Advisory Board of the Action 1 of the Belgian National Plan for Rare Diseases. (2021). Belgian rare diseases plan in clinical pathology: Identification of key biochemical diagnostic tests and establishment of reference laboratories and financing conditions. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 16(1), 89. <https://doi.org/10.1186/s13023-021-01728-1>
 12. Zhang, W. R., Wang, K., Yin, L., Zhao, W. F., Xue, Q., Peng, M., Min, B. Q., Tian, Q., Leng, H. X., Du, J. L., Chang, H., Yang, Y., Li, W., Shangguan, F. F., Yan, T. Y., Dong, H. Q., Han, Y., Wang, Y. P., Cosci, F., & Wang, H. X. (2020). Mental health and psychosocial problems of medical health workers during the COVID-19 epidemic in China. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 89(4), 242–250. <https://doi.org/10.1159/000507639>
 13. State Sanitary Norms and Rules 2.2.7.029-99 – Hygienic requirements for handling industrial waste and determining their hazard class to public health. (n.d.). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=47238
 14. Law of Ukraine “On ensuring sanitary and epidemiological welfare of the population.” (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text>
 15. Law of Ukraine “On protection of population from infectious diseases.” (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1645-14#Text>
 16. Law of Ukraine “On labor protection.” (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
 17. Labor Code of Ukraine. (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>
 18. Melnyk, V. H., & Hrynzovskyi, A. M. (2025). Laboratory personnel biosafety: Risks and readiness to respond to emergencies. *Medical Science of Ukraine*, 21(1), 45–54.
 19. Order No. 1192 of September 11, 2012 – On approval of labor protection rules during work in chemical laboratories. (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1648-12#Text>
 20. Order of the Ministry of Health No. 26 of January 24, 2008 – On approval of state sanitary norms and rules “Organization of laboratory work when studying materials containing biological pathogenic agents of pathogenicity groups I-IV by molecular genetic methods.” (n.d.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0088-08#Text>

BIOSECURITY AS A COMPONENT OF OCCUPATIONAL SAFETY IN BIOCHEMICAL LABORATORIES

O. V. Ketsa

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
2 Kotsiubynskyi St., Chernivtsi, 58012, Ukraine
e-mail: o.ketsa@chnu.edu.ua

This work presents a systematic analysis of the state of biosecurity as a key element of occupational safety in biochemical laboratories. Special attention is given to risk classification, assessment of hazardous factors, and identification of effective approaches to their management at national and international levels. The aim of the study was to systematize existing scientific data on biosecurity in biochemical laboratories and assess the main risks posed by various factors to personnel, as well as to determine effective risk management strategies. The study involved an analytical review of peer-reviewed scientific publications, official regulatory documents, international standards (International Organization for Standardization (ISO), World Health Organization (WHO), Centers for Disease Control and Prevention (CDC)), and Ukrainian legislation. Source searches were conducted through scientific databases (PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar) and official government resources. It was established that biological agents pose the greatest threat to biochemical laboratory personnel, accounting for up to 60% of incidents leading to pathological conditions in staff. Chemical, physical, and psycho-emotional factors also have significant impacts, though to a lesser extent compared to biological risks. The study revealed several barriers to ensuring biosecurity in biochemical laboratories, including outdated regulatory frameworks, insufficient funding, limited staff training, and the absence of a unified incident monitoring system. A comparative analysis of national approaches with international practices identified structural differences and shortcomings in the implementation of biorisk management standards. Therefore, effective biosecurity management in biochemical laboratories requires a

comprehensive approach encompassing technical, organizational, behavioral, sanitary-hygienic, and medical measures. Integration of Ukrainian legislation with international standards, implementation of systematic risk assessments, establishment of a centralized incident monitoring system, updating regulatory frameworks, and promoting a culture of biosecurity are essential.

Keywords: biosecurity, biochemical laboratory, occupational safety, biological risks, personal protective equipment

Отримано редколегією 11.04.2025 р.

ORCID ID

Оксана Кеца: <https://orcid.org/0000-0002-2695-1790>