

В. Г. Мельник, А. М. Гринзовський
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ О. О. БОГОМОЛЬЦЯ

ГОТОВНІСТЬ ЛАБОРАТОРІЙ ДО НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ: ВПЛИВ ПРАКТИЧНОГО ДОСВІДУ, БІОБЕЗПЕКИ ТА СИСТЕМ РЕАГУВАННЯ

Вступ. Готовність лабораторного персоналу до надзвичайних ситуацій (НС) є критично важливою для ефективного реагування на катастрофи, епідемії та інші загрози. Особливо це стосується лабораторій підвищеної біологічної небезпеки, які забезпечують діагностику та контроль інфекційних захворювань.

Мета дослідження – оцінити рівень готовності лабораторій до НС, вивчивши вплив організаційних та технічних аспектів на їхню здатність до ефективного реагування; вивчити ключові фактори готовності лабораторного персоналу до НС, зокрема вплив біобезпечкових структур, практичного досвіду роботи в умовах НС та інших організаційних аспектів.

Методи дослідження. Проведено анкетне опитування серед 105 працівників державних лабораторій підвищеної біологічної небезпеки. Для аналізу даних використовувалися ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена та кластерний аналіз методом К-середніх. Розроблено Індекс готовності, який включав п'ять ключових показників: сприйняття ймовірності зараження, оцінку системи реагування на інциденти, наявність служб екстреного реагування, практичний досвід роботи в НС та сприйняття наслідків НС.

Результати й обговорення. Виявлено, що практичний досвід роботи в умовах НС має найбільший вплив на Індекс готовності ($p \approx 0,58$, $p < 0,001$). Кластеризація дозволила виокремити три групи лабораторій: із середнім рівнем готовності (Кластер 1), високим рівнем (Кластер 2) та низьким рівнем (Кластер 3). Найбільш вразливими виявилися лабораторії з Кластеру 3, які потребують комплексного втручання для підвищення готовності.

Висновки. Результати дослідження підтверджують важливість практичного досвіду та наявності біобезпечкових структур для підвищення готовності лабораторій до НС. Рекомендовано розробити диференційовані заходи для кожного кластера, зокрема підвищення кваліфікації персоналу, впровадження ефективних систем реагування та посилення контролю біоризиків.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: готовність лабораторій; надзвичайні ситуації; лабораторний персонал; біобезпека; практичний досвід; індекс готовності; система реагування; управління ризиками.

ВСТУП. Об'єкти підвищеної біологічної небезпеки посідають одне з ключових місць у системі охорони здоров'я та ветеринарній медицині, забезпечуючи умови безпечної діагностики мікроорганізмів, епідгляд за інфекційними захворюваннями, які викликаються цими патогенами та наукове обґрунтування в лікуванні та профілактиці від небезпек. Одна з передумов в ефективному реагуванні на катастрофи та епідемії – це готовність лабораторій до надзвичайних ситуацій. Під час НС (природних лих, техногенних аварій, спалахів небезпечних інфекцій тощо) лабораторії повинні не тільки продовжувати виконувати повсякденну роботу, але й оперативно інтегруватись до нових умов підвищеної готовності. Крім того, ліквідування наслідків НС залежить від наявності завчасно підготовлених планів реагування та комплексних планів дій для різних

типів катастроф. За відсутності таких планів дій у разі надзвичайних ситуацій може порушитися злагодженість роботи лабораторії. Зокрема, Колегія американських патологів зобов'язує акредитовані лабораторії мати внутрішні і зовнішні протоколи реагування на випадок надзвичайних ситуацій, а міжнародні організації та професійні спілки наголошують на необхідності кваліфікованої лабораторної підготовки [1].

Варто зазначити, що багато лабораторій у світі та в Україні можуть бути недостатньо готовими до НС. Водночас пандемія COVID-19 чітко показала як сильні, так і слабкі сторони лабораторної мережі. На початку жодна країна в регіоні Америки не мала готової системи для діагностики нового вірусу, проте завдяки швидким та скоординованим зусиллям уже за 25 днів у всіх регіонах країни з'явилася можливість проводити тестування [2]. Цей приклад підтверджує

важливість готовності лабораторного персоналу до потенційних загроз. Водночас обмеження даних про готовність персоналу лабораторій, які знаходяться на території України, потребують дослідження шляхом аналізу організаційних структур біобезпеки та їхнього впливу на практичний досвід, спрямованого на визначення ключових факторів готовності та розробки практичних рекомендацій. **Метою** нашого дослідження є оцінка рівня готовності лабораторій до надзвичайних ситуацій, вивчаючи вплив фундаментальних організаційних та технічних аспектів на їх готовність.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ. В ході дослідження за допомогою анкетно-опитувального методу був розрахований індекс готовності працівників до НС. У ході статистичного аналізу за допомогою ліцензованої версії IBM SPSS Statistics Base v.22 було застосовано рангову кореляцію Спірмена (Spearman's rank correlation, ρ) для аналізу зв'язку між змінними, також використовувався кластерний аналіз за методом К-середніх (K-means) для групування за індексом готовності працівників лабораторій.

Для нашого дослідження була створена анкета на основі міжнародних рекомендацій, що використовуються у сфері охорони здоров'я. Водночас питання були адаптовані відповідно до специфіки дослідження, що дозволило отримати максимально релевантні дані щодо умов праці в надзвичайних ситуаціях та рівня ризику.

У цій роботі було проведено аналіз одного з чотирьох розділів анкети, а саме того, що був присвячений рівню обізнаності щодо управління біобезпекою та досвіду роботи в умовах надзвичайних ситуацій. Оцінка ризиків здійснювалася за шкалою, що дозволило провести кількісний аналіз ймовірності професійних загроз. Крім того, анкета містила відкриті питання, що дали можливість респондентам детальніше описати особливості своєї роботи та труднощі, з якими вони стикаються під час НС.

До участі в опитуванні запрошувалися на основі принципу добровільної участі виключно працівники державних лабораторій ($n=105$), що працюють на об'єктах підвищеної біологічної небезпеки. Перед основним етапом збору даних було проведено пілотне тестування анкети серед 10 респондентів, які репрезентували всі групи працівників лабораторії. Це дозволило ідентифікувати та усунути неточності

у формулюванні питань, покращивши їхню чіткість і зрозумілість. Опитування проводилося в онлайн-форматі, що забезпечило ширше охоплення вибірки.

Анкета є надійним та валідним інструментом для збору інформації про професійну діяльність лабораторного персоналу під час НС.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Під час дослідження нами було виявлено коефіцієнт кореляції Спірмена ($\rho = 0,352$, $p < 0,001$) між наявністю досвіду роботи в умовах НС та наявністю біобезпечових структур (комітет з біобезпеки, комітет з біоризиків, спеціаліст з біобезпеки), який вказує на те, що лабораторії, які мають фахівців з біобезпеки та біоризиків, частіше мали досвід роботи в умовах надзвичайних ситуацій. Отримані дані свідчать про позитивний вплив безпечових структур на готовність лабораторій до НС [3].

Не менш важливим є те, що на основі даних, які ми отримали під час опитування лабораторного персоналу, ми змогли оцінити не лише превентивні та організаційні аспекти, а й реальну здатність до ефективного реагування працівників лабораторії на НС. У результаті чого ми розрахували методично обґрунтований Індекс готовності персоналу лабораторій (далі – Індекс), який базувався на кількісних та якісних змінних, які були оцінені та нормалізовані до шкал 0–1 та в загальній сумі ці показники могли становити максимальний бал – 5. Розрахунок проводився за формулою:

Індекс готовності персоналу до НС = $(P1 + P2 + P3 + P4 + P5)$

Таким чином, основними складниками Індексу є сприйняття ймовірності зараження, яке говорить про те, що висока оцінка ймовірності зараження вказує на недостатній контроль біоризиків, що своєю чергою знижує готовність [4]. З урахуванням цього підходу була застосована обернено пропорційна оцінка ймовірності зараження, яка розраховується за формулою:

$P1 = 1 - \text{Оцінка ймовірності зараження} / 10$

Також складниками є оцінка системи реагування на інциденти ($P2$), якщо вона ефективна, то є ключем для оперативного управління [5], наявність служби екстреного реагування ($P3$), наявність підготовленої служби реагування підвищує здатність реагувати в реальному часі [6]; практичний досвід роботи в умовах НС ($P4$), що підвищує адаптивність і практичну готовність

персоналу [7]; сприйняття наслідків природних НС (П5), якщо низьке сприйняття наслідків свідчить про впевненість у захисті від зовнішніх факторів, що також є частиною готовності [3].

У ході розрахунків ми отримали такі дані, що середнє значення індексу готовності – 2,83, тоді як мінімальне значення – 0,45, а максимальне – 4,65. Зокрема, середнє значення сприйняття ймовірності зараження – 0,74 та оцінка реагування на інтенданти – 0,77, що говорить про середню впевненість у безпеці та відносно хороший рівень реагування. Своєю чергою середнє значення наявності служб реагування – 0,43, що вказує на часткову або недостатню підготовленість персоналу. Водночас середнє значення практичного досвіду роботи в НС – 0,31, що вказує на те, що тільки третина працівників мала досвід роботи в НС та сприйняття наслідків природних НС – 0,57, що означає про помірну оцінку наслідків від НС.

У ході проведення розрахунків рангової кореляції Спірмена для оцінки зв'язків між Індексом та його складниками ми отримали такі показники, які наведені нижче в таблиці (таб. 1).

Результати кореляційного аналізу свідчать, що практичний досвід роботи в умовах НС має найбільший вплив на Індекс готовності ($\rho \approx 0,58$, $p < 0,001$). Це підкреслює важливість реального досвіду як ключового чинника підвищення готовності персоналу до надзвичайних ситуацій. Для більш детального аналізу та виявлення груп лабораторій

зі схожими характеристиками було проведено кластеризацію методом К-середніх, які наведені в таб. 2.

Результати, які представлені в таблиці 2, демонструють нам відмінності між групами лабораторій за рівнем готовності до НС. Зокрема, в Кластері 1 ми бачимо працівників лабораторії із середнім рівнем готовності, але відсутнім практичним досвідом роботи в НС, які мають організовану систему реагування на інциденти із середнім рівнем служби екстреного реагування та низьким сприйняттям ризику зараження, що вказує на недостатній контроль біоризиків. Лабораторії цього кластера потребують покращення контролю біоризиків та набуття практичного досвіду роботи в НС, особливо з урахуванням майбутньої акредитації за ISO 15189:2022, яка вимагає більшого акценту на ідентифікації ризиків [8].

У Кластері 2 спостерігається, що працівники мають найвищий рівень готовності до НС, а також найвищу загальну готовність персоналу, добре налагоджений контроль біоризиків з організованою службою реагування та мали реальний досвід роботи в НС. Цей кластер є прикладом ефективної підготовки та організації, однак для підтримки високого рівня готовності важливо продовжувати регулярні тренінги та оновлення процедур біобезпеки. На противагу цьому в Кластері 3 зафіксовано найнижчий рівень готовності, де всі показники, за якими відбувалось порівняння, мають значення нижче середнього. Це вказує на те, що працівники

Таблиця 1 – Кореляційні зв'язки між Індексом готовності та ключовими факторами

Досліджуваний фактор	Значення ρ	p-value
Сприйняття ймовірності зараження	$\approx 0,166$	$>0,05$
Оцінка системи реагування на інцидент	$\approx 0,55$	$<0,001$
Наявність служб екстреного реагування	$\approx 0,50$	$<0,001$
Практичний досвід роботи в умовах НС	$\approx 0,58$	$<0,001$
Сприйняття наслідків НС	$\approx 0,37$	$<0,001$

Таблиця 2 – Основні характеристики кластерів готовності лабораторій за методом К-середніх (K-means)

Параметр	Кластер 1 (n=37)	Кластер 2 (n=27)	Кластер 3 (n=41)
Сприйняття ймовірності зараження	0,78	0,72	0,72
Оцінка системи реагування на інцидент	0,99	0,93	0,48
Наявність служб екстреного реагування	0,51	0,55	0,29
Практичний досвід роботи в умовах НС	0,00	1,00	0,15
Сприйняття наслідків НС	0,72	0,59	0,41
Індекс готовності персоналу	3,01	3,78	2,05

цих лабораторії потребують комплексного втручання, включаючи підвищення кваліфікації персоналу, впровадження ефективних систем реагування на інциденти та поліпшення контролю біоризиків.

Результати дослідження можуть бути використані для розробки цілеспрямованих заходів щодо підвищення готовності лабораторій до надзвичайних ситуацій. Зокрема, для лабораторій із Кластеру 1 рекомендовано зосередитись на підвищенні рівня контролю біоризиків та набутті практичного досвіду роботи в умовах НС, що є особливо важливим для майбутньої акредитації за ISO 15189:2022. Для Кластеру 2 ключовим завданням є підтримка високого рівня готовності через регулярні тренінги та оновлення процедур біобезпеки. Найбільш серйозні заходи необхідні для Кластеру 3, де потрібно впроваджувати комплексні програми підвищення кваліфікації персоналу, розвиток систем екстреного реагування та посилення контролю біоризиків.

ВИСНОВКИ. Результати дослідження підтверджують, що готовність лабораторного персоналу до надзвичайних ситуацій залежить від низки ключових факторів, серед яких найважливішим є практичний досвід роботи в умовах НС. Виявлено, що лабораторії, які мають фахівців з біобезпеки та біоризиків, демонструють вищий рівень

готовності, що підкреслює важливість наявності біобезпечових структур. Кластеризація дозволила виокремити три групи лабораторій: із середнім, високим та низьким рівнями готовності. Найбільш вразливими виявилися лабораторії з низьким рівнем готовності, які потребують комплексного втручання, включаючи підвищення кваліфікації персоналу, впровадження ефективних систем реагування та посилення контролю біоризиків.

Результати дослідження можуть бути використані для розробки диференційованих заходів щодо підвищення готовності лабораторій до НС. Для лабораторій із середнім рівнем готовності рекомендовано зосередитись на покращенні контролю біоризиків та набутті практичного досвіду, тоді як для лабораторій із високим рівнем готовності важливо продовжувати регулярні тренінги та оновлення процедур біобезпеки. Найбільш серйозні заходи необхідні для лабораторій із низьким рівнем готовності, де потрібно впроваджувати комплексні програми підвищення кваліфікації персоналу та розвиток систем екстреного реагування.

Таким чином, дослідження підкреслює важливість інтеграції практичного досвіду, біобезпеки та ефективних систем реагування для підвищення готовності лабораторій до надзвичайних ситуацій, що є критично важливим для забезпечення стабільної роботи лабораторій у умовах кризових ситуацій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Wahyuni R. D., Pasinringi S. A., Palutturi S., Sabir M., Mutiarasari D., Miranti, Rasyid, M., Harun, H., Rahma, Mallongi A., & Lewa A. F. Hospital laboratory management in dealing with disaster. *Gaceta Sanitaria*, 2021. 35 (Suppl. 2), S180–S182. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2021.10.020>.
2. Leite J. A., Gresh L., Vicari A., Gabastou J. M., Perez E., Aldighieri S., et al. 'COVID-19 laboratory preparedness and response in the Americas Region: Lessons learned'. *PLoS One*. 2021. 16(6):e0253334. DOI: 10.1371/journal.pone.0253334.
3. International Organization for Standardization. (2019). *ISO 35001:2019: Biorisk management for laboratories and other related organisations*. URL: <https://www.iso.org/standard/71293.html>.

4. Reason J. Human error: Models and management. *BMJ*, 2000. 320(7237), 768–770. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7237.768>.
5. World Health Organization. *Laboratory biosafety manual* (4th ed.). Geneva, Switzerland: World Health Organization. 2020.
6. Centers for Disease Control and Prevention. *Bio-safety in microbiological and biomedical laboratories* (6th ed.). Atlanta, GA : U.S. Department of Health and Human Services. 2019.
7. Flin R., O'Connor P., & Crichton M. Safety at the sharp end: A guide to non-technical skills. Aldershot, UK: Ashgate Publishing. 2008.
8. International Organization for Standardization. *ISO 15189:2022: Medical laboratories – Requirements for quality and competence*. URL: <https://www.iso.org/standard/76677.html>. 2022.

REFERENCES

1. Wahyuni, R.D., Pasinringi, S.A., Palutturi, S., Sabir, M., Mutiarasari, D., Miranti, Rasyid, M., Harun, H., Rahma, Mallongi, A., & Lewa, A.F. (2021). Hospital laboratory management in dealing with disaster. *Gaceta Sanitaria*, 35(Suppl. 2), S180-S182. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2021.10.020>.
2. Leite J.A., Gresh L., Vicari A., Gabastou J.M., Perez E., Aldighieri S., et al. (2021). 'COVID-19 laboratory preparedness and response in the Americas Region: Lessons learned'. *PLoS One*. 16(6):e0253334. DOI: 10.1371/journal.pone.0253334.
3. International Organization for Standardization. (2019). *ISO 35001:2019: Biorisk management for laboratories and other related organisations*. <https://www.iso.org/standard/71293.html>.
4. Reason, J. (2000). Human error: Models and management. *BMJ*, 320(7237), 768-770. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7237.768>.
5. World Health Organization. (2020). *Laboratory biosafety manual* (4th ed.). Geneva, Switzerland: World Health Organization.
6. Centers for Disease Control and Prevention. (2019). *Biosafety in microbiological and biomedical laboratories* (6th ed.). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
7. Flin, R., O'Connor, P., & Crichton, M. (2008). *Safety at the sharp end: A guide to non-technical skills*. Aldershot, UK: Ashgate Publishing.
8. International Organization for Standardization. (2022). *ISO 15189:2022: Medical laboratories – Requirements for quality and competence*. Retrieved from: <https://www.iso.org/standard/76677.html>.

Адреса для листування: sancta.simplicitas90@gmail.com

V. H. Melnyk, A. M. Hrynzovskyi

NATIONAL MEDICAL UNIVERSITY NAMED AFTER O. O. BOGOMOLOTS

READINESS OF LABORATORIES FOR EMERGENCIES: THE IMPACT OF PRACTICAL EXPERIENCE, BIOSAFETY, AND RESPONSE SYSTEMS

Summary

Introduction. The readiness of laboratory personnel for emergencies is critically important for effective response to disasters, epidemics, and other threats. This is especially true for high biological risk laboratories, which provide diagnostics and control of infectious diseases. The aim of the study was to assess the level of laboratory readiness for emergencies by examining the impact of organizational and technical aspects on their ability to respond effectively.

The Aim of the Study – to investigate the key factors of laboratory personnel readiness for emergencies, particularly the impact of biosafety structures, practical experience in emergencies conditions, and other organizational aspects.

Research Methods. A questionnaire survey was conducted among 105 employees of state high biological risk laboratories. Spearman's rank correlation coefficient and K-means cluster analysis were used for data analysis. A Readiness Index was developed, which included five key indicators: perception of infection risk, evaluation of incident response systems, availability of emergency response services, practical experience in EE, and perception of the consequences of emergencies.

Results and Discussion. It was found that practical experience in emergencies conditions has the greatest impact on the Readiness Index ($\rho \approx 0.58$, $p < 0.001$). Cluster analysis identified three groups of laboratories: medium readiness (Cluster 1), high readiness (Cluster 2), and low readiness (Cluster 3). The most vulnerable were the laboratories in Cluster 3, which require comprehensive intervention to improve readiness.

Conclusions. The results of the study confirm the importance of practical experience and the presence of biosafety structures for improving laboratory readiness for emergencies. Differentiated measures are recommended for each cluster, including staff training, implementation of effective response systems, and enhanced control of biorisks.

KEY WORDS: laboratory readiness; emergencies; laboratory personnel; biosafety; practical experience; readiness index; response system; risk management.