

## ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ В БІОХІМІЧНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ

О. В. КЕЦА

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012  
e-mail: [o.ketsa@chnu.edu.ua](mailto:o.ketsa@chnu.edu.ua)

*У роботі проведено системний аналіз стану цифровізації охорони праці (ОП) та управління біобезпекою у біохімічних лабораторіях. Основна увага приділена оцінці небезпечних факторів, класифікації ризиків та аналізу сучасних інформаційно-цифрових систем для моніторингу й управління ризиками. Метою дослідження було оцінити можливості застосування інформаційно-цифрових систем для управління ОП в біохімічних лабораторіях та визначити їх ефективність у підвищенні безпеки персоналу та оптимізації управлінських процесів. Для цього проведено аналітичний огляд рецензованих наукових публікацій, нормативно-правових документів, міжнародних стандартів, а також українського законодавства. Пошук джерел здійснювався через наукові бази даних (PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar) та офіційні ресурси урядових органів. Встановлено, що ключовими ризиками для персоналу лабораторії є біологічні агенти, а також хімічні, фізичні та психоемоційні чинники. Показано, що цифрові платформи, включаючи системи моніторингу, портативні датчики та інтерактивні онлайн-платформи, дозволяють інтегрувати дані про персонал, обладнання, реагенти та умови праці, підвищуючи ефективність превентивного управління ризиками та стандартизацію процедур безпеки. Водночас визначено бар'єри впровадження цифрових систем, серед яких високі витрати, потреба у технічній інфраструктурі, навчанні персоналу та ризики кібербезпеки. Отже, ефективне управління біобезпекою у біохімічних лабораторіях передбачає інтеграцію цифрових рішень із національним законодавством та міжнародними стандартами, систематизовану оцінку ризиків, централізований моніторинг інцидентів, підвищення компетенцій персоналу та застосування превентивних заходів безпеки.*

*Ключові слова:* охорона праці, цифровізація, біохімічна лабораторія, цифрові системи моніторингу, біологічні та хімічні ризики.

**Вступ.** У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій особливої актуальності набуває впровадження інформаційно-цифрових систем управління охороною праці (ОП) (Крайнюк та ін., 2020), зокрема у біохімічних лабораторіях, діяльність яких пов'язана з підвищеними хімічними, біологічними та техногенними ризиками. Цифрова трансформація систем ОП спрямована на підвищення ефективності моніторингу небезпечних факторів, своєчасне виявлення професійних ризиків та мінімізацію негативного впливу виробничого середовища на здоров'я персоналу (Крайнюк та ін., 2020).

Використання цифрових інструментів в управлінні ОП передбачає інтеграцію автоматизованих систем збору та аналізу даних, електронного обліку інцидентів, застосування мобільних застосунків, персональних сенсорних пристроїв і лабораторних інформаційних систем. Такі підходи дозволяють перейти від реактивних заходів безпеки до превентивного управління ризиками, що є особливо важливим у лабораторному середовищі з динамічними та

комбінованими небезпечними чинниками (Швець та ін., 2019).

Зарубіжний досвід, зокрема країн Європейського Союзу (ЄС), свідчить про ефективність цифрових платформ у системах ОП, які забезпечують гармонізацію стандартів безпеки, підвищення рівня професійної підготовки працівників та вдосконалення механізмів нагляду і контролю (Demikhov et al., 2023). Водночас в Україні процес цифровізації ОП в біохімічних лабораторіях перебуває на етапі становлення та потребує наукового обґрунтування з урахуванням сучасних викликів, зокрема воєнних, соціально-економічних і кадрових факторів.

Незважаючи на зростання кількості наукових досліджень, питання впровадження персоналізованих інформаційно-цифрових інструментів управління ОП в біохімічних лабораторіях залишається недостатньо висвітленим. Це зумовлює необхідність комплексного аналізу сучасних підходів до цифрової трансформації систем ОП та визначення їх переваг і обмежень у лабораторній практиці.

Мета роботи – дослідити можливості застосування інформаційно-цифрових систем для управління охороною праці в біохімічних лабораторіях та визначити їх ефективність у підвищенні безпеки персоналу та оптимізації управлінських процесів.

**Матеріали та методи.** У роботі застосовано метод системного та порівняльного аналізу наукових публікацій, аналітичних звітів і нормативно-правових документів, що регламентують питання біобезпеки, охорони праці та впровадження інформаційно-цифрових систем управління ризиками в біохімічних лабораторіях.

Пошук джерел здійснювався у міжнародних наукометричних базах даних PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar, а також у національних академічних і правових ресурсах України: Національний репозитарій академічних текстів, офіційні вебсайти Верховної Ради України, Міністерства охорони здоров'я України, Державної служби України з питань праці, платформа «ЛІГА:ЗАКОН».

Для відбору літератури використовувалися ключові слова українською та англійською мовами, зокрема: «інформаційно-цифрові системи», «цифровізація охорони праці», «системи управління охороною праці», «електронні системи управління ризиками», «біохімічна лабораторія», «лабораторна безпека», «біологічні та хімічні ризики», «моніторинг умов праці», «засоби індивідуального захисту», «управління біоризиками», «digitization», «digital OHS management systems», «occupational health and safety», «smart safety systems», «laboratory biosafety».

До аналізу включалися рецензовані наукові статті, звіти міжнародних організацій та нормативно-правові акти щодо управління біологічними та хімічними ризиками, безпечних умов праці в лабораторіях і цифрової трансформації систем ОП. Особливу увагу приділено міжнародним документам (WHO Laboratory Biosafety Manual, ISO 35001:2019, ISO 15190:2020, CDC BMBL) та законодавству України у сфері ОП та безпечної роботи з біологічними агентами.

Проаналізовано також матеріали EU-OSHA (Європейська агенція з охорони праці), ILO (Міжнародна організація праці), OECD (Організація економічного співробітництва та розвитку) та європейські дослідження щодо впровадження цифрових інструментів управління ОП. Вибірка охоплювала джерела після 2000 року.

Усі матеріали оцінено за актуальністю, науковою обґрунтованістю та практичною значущістю, а інформацію систематизовано за напрямками ризиків і цифрових рішень для оцінки застосування інформаційно-цифрових систем у біохімічних лабораторіях.

**Результати та їх обговорення.** *Сучасний стан цифровізації охорони праці в лабораторіях.* У сучасних умовах цифровізація ОП стає важливим інструментом підвищення безпеки працівників та зниження фізичного й психоемоційного навантаження, а також запобігання професійним травмам і захворюванням. У країнах ЄС та Україні активно впроваджуються різноманітні цифрові системи управління ОП, що дозволяють стандартизувати оцінку ризиків, контролювати виконання заходів безпеки та підвищувати компетенції працівників (Zhao et al., 2023).

Зокрема, результати третього Європейського опитування підприємств щодо нових і виникаючих ризиків (Irastorza et al., 2019) показали широке використання персональних комп'ютерів (85 %) та ноутбуків (77 %) на робочих місцях, а також окреме застосування автоматизованих систем моніторингу діяльності працівників і смарт-пристроїв (портативні датчики, роботи для взаємодії з персоналом). При цьому лише 6 % підприємств не використовують цифрові технології. Ці дані свідчать про поступовий перехід до цифрового управління ризиками навіть у невеликих і середніх підприємствах.

Проведений аналіз літератури та практичних рішень підтвердив, що сучасні цифрові системи моніторингу і оцінки ризиків істотно розширюють можливості управління ОП в лабораторному середовищі (Zhao et al., 2023). Ці системи інтегрують механізми автоматизованого збору, обробки та аналізу даних, що дозволяє своєчасно виявляти потенційні загрози, прогнозувати ризики та приймати рішення на основі об'єктивної інформації. Такі цифрові рішення включають сенсорні пристрої для оцінки параметрів робочого середовища (рівні газів, температура, вологість), портативні датчики, які відстежують фізіологічний стан працівників у реальному часі, та мобільні застосунки для інтерактивного моніторингу небезпек. Такі інструменти підвищують ситуаційну обізнаність персоналу та сприяють реалізації превентивних заходів безпеки через аналіз даних і автоматизовані повідомлення про потенційні ризики (Irastorza et al., 2019).

У ЄС однією з найвідоміших цифрових платформ для оцінки ризиків є Online Interactive Risk Assessment (OiRA), розроблена

Європейською агенцією з охорони праці (EU-OSHA) (EU-OSHA, 2025). Платформа дозволяє створювати стандартизовані оцінки ризиків у малих підприємствах різних секторів економіки. OiRA забезпечує багатомовний доступ, інтерактивний веб-інтерфейс і можливість адаптації інструментів оцінки під специфіку конкретного підприємства. Модель платформи включає послідовність функціональних модулів: введення даних, класифікацію інцидентів, систему повідомлень, аналітичні інструменти та зворотний зв'язок, що забезпечує стандартизацію реєстрації подій та підвищує надійність зібраних даних (EU-OSHA, 2025).

У дослідженнях Chen P. та ін. (Chen et al., 2022) та Jafari M.J. та ін. (Jafari et al., 2022) показано, що цифровізація систем управління ОП продемонструвала ефективність у покращенні корпоративного контролю за умовами праці та зниженні рівня виробничих травм. Цифрові платформи забезпечують професійне консультування, дистанційне навчання, а також моніторинг здоров'я працівників. При цьому ключовими аспектами успішного впровадження є розвиток інфраструктури цифрових мереж і доступність цифрових послуг у різних регіонах (Ma et al., 2022).

В Україні цифрові рішення також знаходять практичне застосування, зокрема у сфері охорони здоров'я та профілактики професійних захворювань. Наприклад, в системі національного контролю туберкульозу впроваджено електронну систему раннього попередження та обліку ліків, що забезпечує оптимізацію планування та закупівлі препаратів, автоматизує розрахунки та відображає ключові дані у графічному вигляді для моніторингу стану лікування (Demikhov et al., 2020). Такі інструменти демонструють, що цифровізація дозволяє не лише підвищувати ефективність управління ризиками, але й зменшувати адміністративне навантаження на персонал та забезпечувати своєчасний контроль за станом здоров'я працівників.

Крім того, досвід цифровізації у лабораторіях України, показав ефективність інтеграції онлайн-платформ та віртуальних класів для підготовки фахівців з ОП та лабораторної безпеки (Богуславська та ін., 2024). Такі цифрові рішення дозволяють моделювати різні сценарії ризиків, проводити тестування та формувати практичні навички щодо безпечної роботи в лабораторіях.

Отже, цифровізація систем управління ОП у ЄС та Україні стає ключовим інструментом підвищення безпеки працівників, зниження

фізичного та психоемоційного навантаження, а також запобігання професійним травмам і захворюванням. Впровадження цифрових платформ і систем моніторингу дозволяє стандартизувати оцінку ризиків, інтегрувати автоматизований збір та аналіз даних, підвищувати ситуаційну обізнаність персоналу та оперативно реагувати на потенційні загрози. Досвід як європейських підприємств, так і українських лабораторій демонструє, що цифрові рішення не лише покращують контроль за умовами праці та забезпечують превентивні заходи безпеки, а й оптимізують управлінські та навчальні процеси, зменшують адміністративне навантаження та сприяють формуванню практичних навичок безпечної роботи. У такий спосіб цифровізація ОП забезпечує комплексний і науково обґрунтований підхід до управління ризиками у сучасних лабораторних середовищах.

**Системи моніторингу та оцінки ризиків у цифровому середовищі біохімічних лабораторій.** Сучасні біохімічні лабораторії дедалі більше інтегруються в цифрове середовище, що дозволяє автоматизувати облік хімічних реагентів, контроль стану обладнання, управління експериментальними даними та забезпечення безпеки персоналу. Для ефективного управління ризиками необхідно впроваджувати системи моніторингу та оцінки ризиків, які поєднують якісні та кількісні підходи, забезпечуючи науково обґрунтований аналіз потенційних загроз (Güner et al., 2019). Цифрові моделі, зокрема хмарні моделі (cloud model), дозволяють трансформувати якісні фактори ризику у кількісні, підвищуючи точність оцінки, тоді як система індикаторів ризику охоплює ключові аспекти діяльності лабораторії: персонал, хімічні речовини та обладнання, цифрове середовище та організаційне управління. Інтеграція SHELL-моделі (Human, Software/Hardware, Environment, Liveware) із принципами НАССР забезпечує ідентифікацію потенційних джерел ризику та контроль критичних точок (Bai et al., 2022). Надійність індикаторів оцінюється психометричними методами і вимірюється коефіцієнтом від 0 до 1, де значення, наближене до 1, свідчить про високу достовірність системи. Визначення ваг індикаторів ризику здійснюється комбінованим підходом, що поєднує інтегровану ієрархічну аналізовану процедуру (ІАНР) для суб'єктивних оцінок експертів та автоматизоване експертне зважування (АЕВ) для об'єктивного урахування даних цифрового моніторингу (Li et al., 2022). Водночас застосування принципу мінімізації

інформаційної ентропії дозволяє збалансувати ці впливи та врахувати варіативність показників.

На основі обчислених характеристик хмарної моделі формується цифрова карта ризиків, яка інтегрує інформацію про рівень небезпеки у сегментах персоналу, цифрового середовища, обладнання та реагентів, а також управління (Ma et al., 2022). Такий підхід дозволяє оцінити потенційні загрози, визначити критичні

контрольні точки та забезпечити системний підхід до управління ризиками, підвищуючи безпеку персоналу та зменшуючи ймовірність аварійних ситуацій. Схема цього процесу, що відображає послідовність дій від побудови системи індикаторів ризику до формування інтегрованої цифрової карти ризиків, наведена на рисунку 1 (Zhao et al., 2023).



**Рис.1. Схема моніторингу та оцінки ризиків у цифровому середовищі біохімічних лабораторій**

**Fig. 1. Scheme of monitoring and risk assessment in the digital environment of biochemical laboratories**

Завдяки такій інтеграції цифрових технологій та методів оцінки ризиків, біохімічні лабораторії отримують можливість не лише реагувати на наявні загрози, але й прогнозувати потенційні ризики та впроваджувати превентивні заходи. Використання цифрових карт ризиків і автоматизованих систем моніторингу дозволяє підвищити ефективність внутрішнього контролю, оптимізувати розподіл ресурсів для забезпечення безпеки та покращити підготовку персоналу через моделювання реальних сценаріїв аварійних ситуацій. Крім того, цифрові платформи сприяють стандартизації процедур оцінки ризиків та створюють умови для накопичення і аналізу статистичних даних, що забезпечує основу для науково обґрунтованого вдосконалення систем управління безпекою та розвитку інноваційних рішень у лабораторному середовищі.

Отже, впровадження цифрових систем моніторингу та оцінки ризиків у сучасних біохімічних лабораторіях забезпечує комплексний та науково обґрунтований підхід до

управління безпекою. Такі системи дозволяють трансформувати якісні фактори ризику у кількісні, інтегрувати дані про персонал, обладнання, реагенти та цифрове середовище, прогнозувати потенційні загрози та своєчасно реагувати на них. Використання цифрових карт ризиків, автоматизованого збору та аналізу даних підвищує ефективність контролю, оптимізує управлінські рішення та сприяє підготовці персоналу до безпечної роботи, що в сукупності зменшує ймовірність аварійних ситуацій і підвищує рівень безпеки у лабораторному середовищі.

**Переваги та обмеження впровадження цифрових систем для охорони праці у біохімічних лабораторіях.** Впровадження цифрових систем управління ОП у біохімічних лабораторіях має низку суттєвих переваг, що обумовлюють їхню ефективність у підвищенні безпеки працівників та оптимізації лабораторних процесів. По-перше, цифрові платформи забезпечують автоматизований контроль стану обладнання, хімічних реагентів та параметрів

робочого середовища, таких як температура, вологість та концентрація газів, а також моніторинг фізіологічного стану персоналу. Це дозволяє своєчасно виявляти потенційні ризики та запобігати аварійним ситуаціям. По-друге, цифрові системи сприяють стандартизації процедур оцінки ризиків та обліку інцидентів, підвищуючи надійність та порівнянність даних. По-третє, використання цифрових платформ покращує навчання та підготовку персоналу завдяки моделюванню різних сценаріїв ризиків, проведенню інтерактивних тестів та симуляцій аварійних ситуацій, що сприяє формуванню практичних навичок безпечної роботи (Badea et al., 2025). Крім того, цифрові системи забезпечують аналітичні можливості для прогнозування ризиків та прийняття обґрунтованих управлінських рішень, а також знижують адміністративне та фізичне навантаження на персонал за рахунок автоматизації рутинних процесів.

Водночас впровадження цифрових систем пов'язане з певними обмеженнями. До основних з них належать високі початкові витрати на закупівлю, інтеграцію та технічне обслуговування платформ і сенсорних пристроїв, а також потреба у належній технічній інфраструктурі, включаючи стабільні мережі, сервери та резервне копіювання даних (Alzahrani et al., 2023). Ефективне використання цифрових рішень також потребує підготовки персоналу, що може вимагати додаткових ресурсів і часу. Крім того, існує ризик залежності від технологій, у тому числі можливих збоїв програмного забезпечення та кіберзагроз, а також обмежена інтеграція деяких лабораторних процесів у цифрове середовище, що вимагає поєднання

традиційних і цифрових методів контролю (El-Helaly, 2024).

Таким чином, цифрові системи управління охороною праці у біохімічних лабораторіях демонструють високий потенціал для підвищення безпеки, стандартизації процедур та аналітичної підтримки управлінських рішень, проте їхнє ефективне впровадження потребує комплексного підходу, врахування інфраструктурних і фінансових аспектів, а також підготовки персоналу до роботи з сучасними цифровими технологіями.

**Висновок.** Цифровізація систем управління охороною праці у біохімічних лабораторіях забезпечує ефективне підвищення безпеки працівників, стандартизацію оцінки ризиків та оптимізацію управлінських процесів. Використання автоматизованих систем збору та аналізу даних, цифрових карт ризиків, носимих пристроїв і мобільних застосунків дозволяє прогнозувати потенційні загрози, своєчасно реагувати на них та підвищувати професійну підготовку персоналу через симуляції аварійних ситуацій. Інтеграція методів оцінки ризиків, таких як хмарні моделі, SHELL-модель і принципи НАССР, забезпечує системний та науково обґрунтований підхід до управління ризиками. Водночас ефективне впровадження цифрових рішень потребує врахування інфраструктурних, фінансових та навчальних аспектів, а також забезпечення кібербезпеки. Загалом цифровізація ОП сприяє підвищенню безпеки, ефективності управління та розвитку компетенцій персоналу, що робить її перспективним напрямом для вдосконалення лабораторної практики.

### Список літератури:

1. Alzahrani, A. S. A., Alharbi, H. A. A., Alkhawani, H. A. A., Orepi, A. A., Alamri, A. A., Alzahrani, A. A., Al Rashidi, M. A., Al Mabdi, M. B., Alzahrani, A. H., Al-Zahrani, Y. A. M., Alhusayni, O. S., Almami, F. A., Alsufyani, R. M., Alqurashi, L. M., & Alharbi, T. A. S. (2023). Automation and digitalization in laboratory testing: Revolutionizing accuracy and efficiency. *Review of Contemporary Philosophy*, 22(1), 2252–2266. <https://reviewofconphil.com>
2. Badea, D. O., Darabont, D. C., Trifu, A., Ivan, I., & Ciocirlea, V. (2025). A digital model for incident reporting to support occupational safety and health in laboratories. *Laboratories*, 2(2), 13. <https://doi.org/10.3390/laboratories2020013>
3. Bai, M., Liu, Y., Qi, M., Roy, N., Shu, C. M., Khan, F., & Zhao, D. (2022). Current status, challenges, and future directions of university laboratory safety in China. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 74, 104671. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104671>
4. Chen, P., Zhang, Z., Huang, Y., Dai, L., & Hu, H. (2022). Risk assessment of marine accidents with fuzzy Bayesian networks and causal analysis. *Ocean & Coastal Management*, 228, 106323. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106323>
5. Demikhov, O., Dehtyarova, I. (2020). Розвиток організаційно-правових засад застосування цифрових технологій у сфері громадського здоров'я в Україні. *Збірник наукових праць Національної академії державного управління при Президентові України*, 80-87. <https://doi.org/10.36030/2664-3618-2020-1-80-87>
6. Demikhov, O., Opanasiuk, Y., Demikhova, N., & Merisalu, E. (2023). A digital transformation into occupational health and safety systems: A review of the best practices in Europe. *Agronomy Research*, 21(2), 674–692. <https://doi.org/10.1515/AR.23.083>
7. El-Helaly, M. (2024). Artificial intelligence and occupational health and safety, benefits and Biological systems. Vol.17. Is.3. 2025

- drawbacks. *Medicina del Lavoro*, 115(2), e2024014. <https://doi.org/10.23749/mdl.v115i2.15835>
8. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). (2025). OiRA and other online risk assessment tools in national OSH strategies and legislation. OSHwiki. Retrieved July 18, 2025, from <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/oira-and-other-online-risk-assessment-tools-national-osh-strategies-and-legislation>
  9. Güner, M.D. & Ekmekci, P.E. 2019. Health literacy level of casting factory workers and its relationship with occupational health and safety training. *Workplace Health Safety*, 67(9), 452–460. <https://doi.org/10.1177/2165079919843306>
  10. Irastorza, X., Cavet, M., & Cockburn, W. (2019). Third European Survey of Enterprises on New and Emerging Risks 2019 (ESENER-3) (ZA7735; Version 1.0.0). GESIS Data Archive, Cologne. <https://doi.org/10.4232/1.13649>
  11. Jafari, M. J., Pouyakian, M., Mozaffari, P., Laal, F., Mohamadi, H., Pour, M. T., & Hanifi, S. M. (2022). A new approach to chemicals warehouse risk analysis using computational fluid dynamics simulation and fuzzy Bayesian network. *Heliyon*, 8, e12520. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12520>
  12. Li, Z., Wang, X., Gong, S., Sun, N., & Tong, R. (2022). Risk assessment of unsafe behavior in university laboratories using the HFACS-UL and a fuzzy Bayesian network. *Journal of Safety Research*, 82, 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.01.002>
  13. Ma, L., Ma, X., Xing, P., & Yu, F. (2022). A hybrid approach based on the HFACS-FBN for identifying and analysing human factors for fire and explosion accidents in the laboratory. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 75, Article 104675. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104675>
  14. Ma, T., Wang, Z., Yang, J., Huang, C., Liu, L., & Chen, X. (2022). Real-time risk assessment model for hazmat release accident involving tank truck. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 77, 104759. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104759>
  15. Williams, C. C. (2021). Online Interactive Risk Assessment (OiRA) for Micro and Small Enterprises [Technical report]. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12603.95523>
  16. Zhao, J., Cui, H., Wang, G., Zhang, J., & Yang, R. (2023). Risk assessment of safety level in university laboratories using questionnaire and Bayesian network. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 83, 105054. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2023.105054>
  17. Zhao, Xiaoning & Wei, Zhongcheng & Gao, Yukun & Yin, Penggang. (2023). Laboratory Risk Assessment Based on SHELL-HACCP-Cloud Model. *Sustainability*, 15, 16590. <https://doi.org/10.3390/su152416590>
  18. Богуславська, С. І., & Чубенко, Т. В. (2024). Інтеграція цифрових технологій в механізм управління розвитком персоналу в медичних закладах. *Економічний простір*, (194), 8–12. <https://doi.org/10.30838/EP.194.8-12>
  19. Крайнюк, О. В., Буц, Ю. В., & Богатов, О. І. (2020). Підвищення безпеки виробництва за допомогою цифрових технологій. Theory, Science and Practice: Abstracts of III International Scientific and Practical Conference, Tokyo, Japan., 421–423. <https://doi.org/10.46299/ISG.2020.II.III>
  20. Крайнюк, О. В., Буц, Ю. В., Барбашин, В. В., & Діденко, Н. В. (2020). Перспективи диджиталізації у сфері охорони праці. *Комунальне господарство міст*, 6(159), 130–138. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-6-159-130-138>
  21. Швец, Н., & Черняченко, Д. (2019). Електронна форма трудового договору в контексті реформування законодавства про працю. *Підприємництво, господарство і право*, (1), 84–89.

### References:

1. Alzahrani, A. S. A., Alharbi, H. A. A., Alkhwilani, H. A. A., Orepi, A. A., Alamri, A. A., Alzahrani, A. A., Al Rashidi, M. A., Al Mabdi, M. B., Alzahrani, A. H., Al-Zahrani, Y. A. M., Alhusayni, O. S., Almami, F. A., Alsufyani, R. M., Alqurashi, L. M., & Alharbi, T. A. S. (2023). Automation and digitalization in laboratory testing: Revolutionizing accuracy and efficiency. *Review of Contemporary Philosophy*, 22(1), 2252–2266. <https://reviewofconphil.com>
2. Badea, D. O., Darabont, D. C., Trifu, A., Ivan, I., & Ciocirlea, V. (2025). A digital model for incident reporting to support occupational safety and health in laboratories. *Laboratories*, 2(2), 13. <https://doi.org/10.3390/laboratories2020013>
3. Bai, M., Liu, Y., Qi, M., Roy, N., Shu, C. M., Khan, F., & Zhao, D. (2022). Current status, challenges, and future directions of university laboratory safety in China. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 74, 104671. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104671>
4. Chen, P., Zhang, Z., Huang, Y., Dai, L., & Hu, H. (2022). Risk assessment of marine accidents with fuzzy Bayesian networks and causal analysis. *Ocean & Coastal Management*, 228, 106323. <https://doi.org/10.1016/j.ococoaman.2022.106323>
5. Demikhov, O., Dehtyarova, I. (2020). Розвиток організаційно-правових засад застосування цифрових технологій у сфері громадського здоров'я в Україні. *Збірник наукових праць Національної академії державного управління при Президентові України*. 80-87. <https://doi.org/10.36030/2664-3618-2020-1-80-87>
6. Demikhov, O., Opanasiuk, Y., Demikhova, N., & Merisalu, E. (2023). A digital transformation into occupational health and safety systems: A review of the best practices in Europe. *Agronomy Research*, 21(2), 674–692. <https://doi.org/10.15159/AR.23.083>
7. El-Helaly, M. (2024). Artificial intelligence and occupational health and safety, benefits and drawbacks. *Medicina del Lavoro*, 115(2), e2024014. <https://doi.org/10.23749/mdl.v115i2.15835>
8. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). (2025). OiRA and other online risk assessment tools in national OSH strategies and legislation. OSHwiki. Retrieved July 18, 2025, from

- <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/oira-and-other-online-risk-assessment-tools-national-osh-strategies-and-legislation>
9. Güner, M.D. & Ekmekci, P.E. 2019. Health literacy level of casting factory workers and its relationship with occupational health and safety training. *Workplace Health Safety*, 67(9), 452–460. <https://doi.org/10.1177/2165079919843306>
  10. Irastorza, X., Cavet, M., & Cockburn, W. (2019). Third European Survey of Enterprises on New and Emerging Risks 2019 (ESENER-3) (ZA7735; Version 1.0.0). GESIS Data Archive, Cologne. <https://doi.org/10.4232/1.13649>
  11. Jafari, M. J., Pouyakian, M., Mozaffari, P., Laal, F., Mohamadi, H., Pour, M. T., & Hanifi, S. M. (2022). A new approach to chemicals warehouse risk analysis using computational fluid dynamics simulation and fuzzy Bayesian network. *Heliyon*, 8, e12520. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12520>
  12. Li, Z., Wang, X., Gong, S., Sun, N., & Tong, R. (2022). Risk assessment of unsafe behavior in university laboratories using the HFACS-UL and a fuzzy Bayesian network. *Journal of Safety Research*, 82, 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.01.002>
  13. Ma, L., Ma, X., Xing, P., & Yu, F. (2022). A hybrid approach based on the HFACS-FBN for identifying and analysing human factors for fire and explosion accidents in the laboratory. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 75, Article 104675. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104675>
  14. Ma, T., Wang, Z., Yang, J., Huang, C., Liu, L., & Chen, X. (2022). Real-time risk assessment model for hazmat release accident involving tank truck. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 77, 104759. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104759>
  15. Williams, C. C. (2021). Online Interactive Risk Assessment (OiRA) for Micro and Small Enterprises [Technical report]. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12603.95523>
  16. Zhao, J., Cui, H., Wang, G., Zhang, J., & Yang, R. (2023). Risk assessment of safety level in university laboratories using questionnaire and Bayesian network. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 83, 105054. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2023.105054>
  17. Zhao, Xiaoning & Wei, Zhongcheng & Gao, Yukun & Yin, Penggang. (2023). Laboratory Risk Assessment Based on SHELL-HACCP-Cloud Model. *Sustainability*, 15, 16590. <https://doi.org/10.3390/su152416590>
  18. Boguslavskaya, S. I., & Chubenko, T. V. (2024). Integration of digital technologies into the mechanism of personnel development management in medical institutions. *Economic Space*, (194), 8–12. <https://doi.org/10.30838/EP.194.8-12>
  19. Krainyuk, O. V., Buts, Y. V., & Bohatov, O. I. (2020). Enhancing production safety through digital technologies. *Theory, Science and Practice: Abstracts of III International Scientific and Practical Conference, Tokyo, Japan*, 421–423. <https://doi.org/10.46299/ISG.2020.II.III>
  20. Krainyuk, O. V., Buts, Y. V., Barbashin, V. V., & Didenko, N. V. (2020). Prospects of digitalization in the field of occupational safety. *Municipal Economy of Cities*, 6(159), 130–138. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-6-159-130-138>
  21. Shvets, N., & Chernyachenko, D. (2019). Electronic form of employment contract in the context of labor law reform. *Entrepreneurship, Economy and Law*, (1), 84–89.

## INFORMATION AND DIGITAL SYSTEMS FOR OCCUPATIONAL SAFETY MANAGEMENT IN BIOCHEMICAL LABORATORIES

**Ketsa O. V.**

*Yuriy Fedkovich Chernivtsi National University  
2 Kotsyubynskoho St., Chernivtsi, 58012, Ukraine  
e-mail: [o.ketsa@chnu.edu.ua](mailto:o.ketsa@chnu.edu.ua)*

*The work conducted a systematic analysis of the state of digitalization of occupational health and safety (OHS) and biosafety management in biochemical laboratories. The main attention was paid to the assessment of hazardous factors, risk classification and analysis of modern information and digital systems for monitoring and risk management. The aim of the study was to assess the possibilities of using information and digital systems for OHS management in biochemical laboratories and to determine their effectiveness in increasing personnel safety and optimizing management processes. For this purpose, an analytical review of peer-reviewed scientific publications, regulatory documents, international standards, and Ukrainian legislation was conducted. The search for sources was carried out through scientific databases (PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar) and official resources of government bodies. It was established that the key risks for laboratory personnel are biological agents, as well as chemical, physical and psycho-emotional factors. It is shown that digital platforms, including monitoring systems, wearable devices and interactive online platforms, allow the integration of data on personnel, equipment, reagents and*

*working conditions, increasing the effectiveness of preventive risk management and standardization of safety procedures. At the same time, barriers to the implementation of digital systems are identified, including high costs, the need for technical infrastructure, staff training and cybersecurity risks. Therefore, effective biosafety management in biochemical laboratories involves the integration of digital solutions with national legislation and international standards, systematic risk assessment, centralized incident monitoring, increasing staff competence and applying preventive safety measures.*

*Keywords: occupational safety, digitalization, biochemical laboratory, digital monitoring systems, biological and chemical risks*

*Отримано редколегією 16.10.2025 р.*

**ORCID ID**

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