

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Електронної та біомедичної інженерії
(повна назва)

Кафедра Біомедичної інженерії
(повна назва)

АНОТАЦІЯ кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Система багатофакторного аналізу біологічних зразків на базі методів хемілюмінесценції та електрохемілюмінесценції

Виконав:
студент 2 курсу, групи БМІм-21-1
Пеліх П.В.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 163 Біомедична інженерія
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма «Біомедична інженерія»
(повна назва освітньої програми)

Керівник Сніжко Д. В.
(посада, прізвище, ініціали)

2025 р.

ВСТУП

Сучасні хімічні та біологічні дослідження вимагають глибокого розуміння впливу численних факторів на перебіг реакцій та їх кінцеві результати. Особливо актуальним є вивчення хемолюмінесцентних (ХЛ) та електрохемолюмінесцентних (ЕХЛ) реакцій, які широко використовуються у дослідженні біологічних зразків. Проблема полягає в тому, що недостатнє врахування впливу різних компонентів та умов може призвести до похибок у висновках, що обмежує ефективність цих методів [1-7].

Впровадження багатофакторного аналізу у процеси дослідження ХЛ та ЕХЛ дозволить покращити точність оцінки впливу окремих компонентів та їх комбінацій. Такий підхід сприятиме вдосконаленню технологій аналізу та дозволить створити оптимальні умови для вивчення біологічних матеріалів [8-11].

Мета цієї роботи полягає у представленні методу багатофакторного аналізу, який дозволить детальніше дослідити хімічні та біологічні реакції, а також оцінити вплив окремих компонентів на хемолюмінесцентні та електрохемолюмінесцентні реакції.

Головним завданням є:

- Аналіз існуючих підходів до дослідження ХЛ та ЕХЛ;
- Розробка системи багатофакторного аналізу для цих методів;
- Оцінка можливостей застосування оновлених технічних засобів для підвищення ефективності досліджень.

Наукова новизна роботи полягає в оновленні технічного інструментарію та створенні більш автономної системи аналізу, яка дозволить дослідникам охопити ширший спектр факторів впливу. Хоча робота має переважно теоретичний характер, вона має значний потенціал для подальшого розвитку та практичного застосування [12-16].

Практична значущість дослідження полягає у можливості використання розробленої системи для оптимізації умов дослідження біологічних матеріалів, що сприятиме підвищенню якості результатів та розширенню знань у цій галузі.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У першому розділі роботи було розглянуто принципи хемолюмінесценції (ХЛ) та електрохімічної люмінесценції (ЕХЛ) як потужних методів для дослідження біологічних зразків. Обидва методи мають важливе значення в аналітичній хімії та біомедичних дослідженнях, зокрема, для виявлення низьких концентрацій різноманітних біологічних молекул, таких як маркери захворювань, токсичні речовини, залишки крові, а також для вивчення процесів оксидативного стресу та інших патогенетичних механізмів [17].

Проте, незважаючи на високу чутливість обох методів, для досягнення більш глибокого розуміння та ефективності у дослідженні біологічних зразків, особливо коли мова йде про складні та багатофакторні захворювання, є необхідність у використанні додаткових статистичних інструментів, таких як багатофакторний аналіз. Завдяки поєднанню результатів ХЛ та ЕХЛ з багатофакторним аналізом, можна отримати більш точні та багатогранні дані, що дозволяють враховувати вплив численних факторів, які можуть впливати на результати експерименту [18].

Використання багатофакторного аналізу в поєднанні з ХЛ та ЕХЛ дозволить значно покращити точність і чутливість результатів, що зробить можливим більш детальне дослідження складних біологічних процесів і патологій. Завдяки цьому аналізу, зокрема, можна буде виявляти взаємозв'язки між різними біологічними маркерами, що в перспективі може значно підвищити ефективність діагностики та моніторингу лікування багатьох захворювань [19].

Другий розділ роботи був присвячений вивченню багатофакторного аналізу та його застосуванню для покращення досліджень у біології та медицині. Зокрема, було розглянуто основні методи, які дозволяють одночасно оцінювати вплив кількох факторів на досліджувану залежну змінну, таких як аналіз головних компонент (РСА) і можливості їх використання для зменшення розмірності даних.

Ці методи дозволяють більш ефективно обробляти великі обсяги даних, зберігаючи при цьому найбільш важливу інформацію.

Особлива увага була приділена використанню багатофакторного аналізу для вивчення взаємозв'язків між біологічними маркерами та факторами, які можуть впливати на розвиток різних патологій. За допомогою таких методів можна не тільки покращити точність та чутливість результатів, але й отримати більш глибоке розуміння складних механізмів біологічних процесів.

У результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, що застосування багатофакторного аналізу в біологічних та медичних дослідженнях є важливим кроком до покращення інтерпретації даних та підвищення ефективності діагностики і моніторингу захворювань. Це дозволяє отримати нові знання про взаємозв'язки між різними біологічними факторами та патологіями, що в подальшому може бути використано для розробки нових методів діагностики та лікування.

У третьому розділі було розглянуто можливості поєднання багатофакторного аналізу з методами хемілюмінесценції (ХЛ) та електрохемілюмінесценції (ЕХЛ). Розроблена регресійна модель дозволила описати вплив основних параметрів.

Проведені тести на основі синтетичних даних продемонстрували працездатність моделі та її потенціал для аналізу складних взаємозв'язків між змінними. Однак, результати також вказують на необхідність проведення додаткових експериментів із реальними біологічними зразками для точного коригування моделі та більш детального розуміння впливу компонентів реакцій один на одного.

Запропонована модель має значний потенціал для подальшого вдосконалення. Її адаптація для роботи з експериментальними даними відкриває можливості використання у практичних лабораторних дослідженнях. Це дозволить

підвищити точність і чутливість аналізу, а також забезпечити більш глибоке розуміння механізмів реакцій ХЛ та ЕХЛ.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи було виконано комплексний аналіз методів хемілюмінесценції (ХЛ) та електрохемілюмінесценції (ЕХЛ), а також реалізовано інтеграцію багатофакторного аналізу для підвищення точності та інформативності цих методів.

У першому розділі детально розглянуто фізико-хімічні основи ХЛ та ЕХЛ, описано механізми реакцій, ключові збудники світіння та вплив активних форм кисню (ROS) на інтенсивність люмінесценції. Проаналізовано можливості застосування цих методів для дослідження біологічних зразків, включно з визначенням різних патологій, таких як оксидативний стрес, запальні процеси та пошкодження тканин.

У другому розділі було запропоновано підхід багатофакторного аналізу для моделювання процесів ХЛ і ЕХЛ. Особливу увагу приділено методам лінійної регресії та аналізу головних компонент (PCA) для визначення впливу кількох змінних одночасно. На основі експериментальних даних сформульовано математичні моделі, які враховують вплив таких параметрів, як концентрація реагентів, температура, кислотність середовища, час реакції та концентрація каталізатора.

У третьому розділі виконано інтеграцію багатофакторного аналізу для побудови регресійних моделей ХЛ та ЕХЛ. Проведено тестування моделей на основі синтетичних даних, що дозволило перевірити їхню працездатність і виявити потенціал для подальшого розвитку. Розроблено план експериментів для перевірки моделі на реальних даних, а також запропоновано методику оцінки значущості коефіцієнтів і адекватності моделі.

Загалом, результати роботи демонструють, що поєднання багатофакторного аналізу з методами ХЛ та ЕХЛ відкриває нові можливості для більш точного і

глибокого аналізу біологічних зразків. Це може сприяти покращенню діагностики патологій, аналізу окисно-відновних процесів та моніторингу стану організму. Запропоновані моделі мають потенціал для подальшого вдосконалення та можуть бути адаптовані для використання в реальних лабораторних умовах.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

ХЕМІЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ, ЕЛЕКТРОХЕМІЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ, REACTIVE OXYGEN SPECIES

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Shabihkhani M, Lucey GM, Wei B et al (2014) The procurement, storage, and quality assurance of frozen blood and tissue biospecimens in pathology, biorepository, and biobank settings. *Clin Biochem* 47(4–5):258–266
2. Tuck MK, Chan DW, Chia D et al (2009) Standard operating procedures for serum and plasma collection: early detection research network consensus statement. *J Proteome Res* 8(1):113–117
3. Vaught JB (2006) Blood collection, shipment, processing, and storage. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-06-0630>
4. Elliott P, Peakman TC (2008) The UK biobank sample handling and storage protocol for the collection, processing and archiving of human blood and urine. *Int J Epidemiol* 37:234–244
5. Hashida S, Hashinaka K, Ishikawa S et al (1997) More reliable diagnosis of infection with human immunodeficiency virus type 1 (HIV-1) by detection of antibody IgGs to pol and gag proteins of HIV-1 and p24 antigen of HIV-1 in urine, saliva and/or serum with highly sensitive and specific enzyme immunoassay (immune complex transfer enzyme immunoassay): a review. *J Clin Lab Anal* 11:267–286
6. [Електроний ресурс] Тест-системи для клінічної біохімії. *Лабораторія Гранум* -. URL: <https://granum.ua/produksiya/diagnostichni-test-sistemi/test-sistemi-dlya-klinichnoyi-biohimiyi/> (дата звернення: 13.12.2024).
7. *Josyf C Mychaleckyj, Emily A Farber, Jessica Chmielewski, Jamie Artale, Laney S Light*. [Buffy coat specimens remain viable as a DNA source for highly multiplexed genome-wide genetic tests after long term storage](#) (англ.) // *Journal of Translational Medicine*. — 2011. — Vol. 9, iss. 1. — P. 91. — [ISSN 1479-5876](#). — [doi:10.1186/1479-5876-9-91](https://doi.org/10.1186/1479-5876-9-91)
8. Echeverry G, Hortin GL, Rai AJ (2010) Introduction to urinalysis: historical perspectives and clinical application. In: Rai AJ (ed) *The urinary proteome methods and protocols*, 1st edn. Springer, New York,

9. Koni AC, Scott RA, Wang G et al (2011) DNA yield and quality of saliva samples and suitability for large-scale epidemiological studies in children.
10. Janardhanam SB, Zunt SL, Srinivasan M (2012) Quality assessment of saliva bank samples. *Biopreserv Biobank*
11. Willems EA, Teunissen CE (2015) Biobanking of cerebrospinal fluid for biomarker analysis in neurological diseases. In: Karimi-Busheri F (ed) *Biobanking in the 21st century*. Springer International Publishing, Switzerland
12. 3. A. R. Bowie, M. G. Sanders and P. J. Worsfold, *J. Biolumin. Chemilumin.*, 1996
13. B. Halliwell and J. M. C. Gutteridge, *Free Radicals in Biology and Medicine*, Oxford University Press, Oxford-New York, 1999.
14. F. Barni, S. W. Lewis, A. Berti, G. M. Miskelly and G. Lago, *Talanta*, 2007
15. 1. Miao W (2008) Electrogenenerated chemiluminescence and its biorelated applications. *Chem Rev* 108(7):2506–2553. doi:10.1021/cr068083a
16. Draper, N., and H. Smith (1998), *Applied Regression Analysis*, 3rd ed., John Wiley & Sons, New York. A comprehensive book on regression written for statistically oriented readers.
17. Myers, R. H. (1990), *Classical and Modern Regression with Applications*, 2nd ed., PWS-Kent, Boston. Contains many examples with annotated SAS output. Very well written.
18. Snizhko, D., Zholudov, Y., Kukoba, A., & Xu, G. Potentiostat design keys for analytical applications. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 2023, 936, 117380. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2023.117380>
19. Mostafa, I.M., Abdussalam, A., Zholudov, Y.T., Snizhko, D.V., Zhang, W., Hosseini, M., Guan, Y., Xu, G., Recent Applications and Future Perspectives of Chemiluminescent and Bioluminescent Imaging Technologies. *Chem. & Biomed. Imaging*, 2023, 1 (4), 297-314.