

Перспективи розвитку хімічних досліджень у судовій експертизі

Валерія Топчій

науковий співробітник лабораторії криміналістичних та військових досліджень,
Національний науковий центр «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф.
М. С. Бокаріуса» Міністерства юстиції України, м. Харків, Україна,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7690-1187>, e-mail: leramir7771@gmail.com

Надія Чернобай

провідний науковий співробітник лабораторії криміналістичних та військових
досліджень, Національний науковий центр «Інститут судових експертиз
ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» Міністерства юстиції України, м. Харків, Україна,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5736-9277>, e-mail: nadiiachernobai@gmail.com.

Олександр Смирнов

завідувач сектору лабораторії криміналістичних та військових досліджень,
Національний науковий центр «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф.
М. С. Бокаріуса» Міністерства юстиції України, м. Харків, Україна,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6398-2855>, e-mail: smirnov_alexa@ukr.net

Розглянуто сучасний стан і перспективи розвитку хімічних досліджень у судовій експертизі. Акцент зроблено на впровадженні портативних приладів, нанохімії, автоматизації аналізів, застосуванні штучного інтелекту й біосенсорів для підвищення точності, ефективності та швидкості експертиз.

Ключові слова: *судова експертиза; хімічні дослідження; штучний інтелект; біосенсиори.*

Prospects for the Development of Chemical Research Within Forensic Examination

Valeriia Topchii, Nadiia Chernobai, Oleksandr Smyrnov

The paper outlines the current state and prospects for the development of chemical research within forensic examination. The emphasis is placed on the introduction of portable devices, nanochemistry, automation of analyses, the use of artificial intelligence and biosensors to improve the accuracy, efficiency, and speed of forensic examinations.

Keywords: *forensic examination; chemical research; artificial intelligence; biosensors.*

Хімічні дослідження є важливою складовою судово-експертної діяльності, оскільки дають змогу виявити, ідентифікувати та класифікувати речовини, що мають доказове значення у кримінальних, цивільних і адміністративних провадженнях. Розвиток аналітичної хімії безпосередньо впливає на підвищення достовірності висновків експертизи, відповідно, на справедливості судових рішень. Сучасний етап розвитку науки ставить перед судово-хімічною експертизою нові виклики: зростання кількості нових синтетичних речовин, потреба в експрес-методах і підвищення точності аналізів.

На сучасному етапі розвитку судово-експертної діяльності хімічні

дослідження залишаються надзвичайно важливою складовою для з'ясування істини в судовому процесі. На практиці широко застосовують класичні методи аналітичної хімії, що продемонстрували свою ефективність і надійність. Зокрема, газова й рідинна хроматографія, особливо у поєднанні з мас-спектрометрією, дають змогу з високою точністю аналізувати наркотичні речовини, токсини й інші хімічні сполуки [1]. Ці методи дають змогу виявляти навіть мінімальні сліди речовин, що має важливе значення для забезпечення об'єктивності експертних висновків.

Важливе місце у структурі хімічних досліджень посідають методи інфрачервоної та ультрафіолетової спектроскопії, якими активно послуговуються для ідентифікації органічних сполук [2]. Їх застосування дає змогу отримувати інформацію про хімічну структуру речовин на основі характерних спектральних ознак. Методи титриметрії своєю чергою забезпечують точне кількісне визначення концентрацій різноманітних речовин у розчинах, що також має важливе практичне значення для судово-хімічних експертиз.

В Україні ці підходи судово-експертні установи активно впроваджують у свою практику. Фахівці прагнуть розширювати спектр застосовуваних методик і вдосконалювати лабораторне забезпечення, орієнтуючись на кращі міжнародні досягнення. Водночас триває робота над інтеграцією новітніх технологій, удосконаленням методичного забезпечення та підвищенням кваліфікації кадрів.

У країнах Європи й Північної Америки в судово-хімічних дослідженнях активно застосовують новітні технології, які дають змогу значно підвищити точність, ефективність і швидкість проведення аналізів [3]. Однією з таких інновацій є застосування портативних хімічних аналізаторів, які допомагають проводити дослідження безпосередньо на місці події. Це дає змогу експертам оперативно виявляти певні речовини або їх сліди, що особливо важливо в умовах терміновості, коли необхідно швидко приймати рішення, наприклад, у разі виявлення наркотиків, вибухових речовин або токсичних хімікатів. Портативні прилади забезпечують не лише зручність, а й значну економію часу, оскільки для проведення первинного аналізу не потребують доправлення зразків до лабораторії.

Окрім того, останніми роками активно розвивається концепція мініатюризації лабораторій [4]. Це втілюють у створенні мобільних лабораторних комплексів, які можна розгорнути безпосередньо на місці події. Такі мобільні лабораторії оснащені всіма необхідними приладами для проведення комплексних хімічних досліджень, що сприяє оперативному збиранню й аналізуванню даних навіть у віддалених районах або під час масштабних аварій і катастроф. Мобільні лабораторії дають змогу зберегти цілісність зразків і мінімізувати час, витрачений на транспортування матеріалів до основних експертних центрів, що сприяє швидкому реагуванню на критичні ситуації.

Іще однією важливою тенденцією є впровадження високоточних мас-спектрометричних систем, здатних аналізувати сліди речовин у надзвичайно малих кількостях. Такі системи здатні виявляти навіть найменші концентрації різноманітних сполук, що робить їх незамінними під час досліджень на наявність токсичних або наркотичних речовин, слідів вибухових матеріалів або інших хімічних агентів.

Не менш важливим аспектом є міжнародна акредитація лабораторій. Відповідно до стандартів ISO, зокрема ISO 17025, лабораторії проходять процес сертифікації, що гарантує високу якість і точність досліджень [5]. Акредитація за цими стандартами є обов'язковою умовою для забезпечення юридичної сили результатів експертиз у міжнародних процесах.

Світова практика в галузі хімічних досліджень активно розвивається, і вже сьогодні можна спостерігати кілька інноваційних напрямів, які мають потенціал значно підвищити ефективність судово-хімічної експертизи. Однією з найбільш перспективних галузей є нанохімія [6], яка застосовує наночастинки для покращення чутливості для виявлення слідів різних речовин. Завдяки такому підходу можна отримати значно точніші результати, навіть коли йдеться про аналіз слідів у складних сумішах. Це відкриває нові можливості для виявлення наркотичних речовин, токсичних агентів та інших малих кількостей хімічних сполук, які раніше могли не виявити.

Іще однією важливою інновацією є застосування штучного інтелекту для автоматизованого розпізнавання спектрів і патернів у великих базах даних [7]. Така технологія допомагає з високою швидкістю опрацьовувати значні обсяги даних, що вкрай важливо для досліджень, де потрібен швидкий доступ до інформації для прийняття рішень.

Останнім інноваційним напрямом, який набуває популярності, є застосування біохімічних сенсорів для швидкої ідентифікації як біологічних, так і хімічних агентів [7]. Ці сенсори здатні проводити високоточні аналізи на рівні біологічних зразків і хімічних компонентів, що значно підвищує ефективність діагностики та виявлення потенційно небезпечних агентів. Їх можна застосувати для раннього виявлення токсичних або наркотичних речовин, а також біотероризму або випадків отруєння.

Отже, інноваційні тенденції в хімічних дослідженнях значно полегшують роботу експертів, забезпечуючи точність, швидкість і надійність результатів. Ці технології відкривають нові обрії для розвитку судово-експертної практики, зменшуючи витрати часу й ресурсів на проведення складних досліджень і підвищуючи рівень точності у кримінальних розслідуваннях.

Хімічні дослідження відіграють ключову роль у судово-експертній діяльності, забезпечуючи об'єктивність і наукову обґрунтованість висновків. Перспективи їх розвитку пов'язані з упровадженням інноваційних

технологій, автоматизацією процесів та міжнародною кооперацією, що дасть змогу забезпечити високий рівень правосуддя та захист прав людини.

Перелік джерел посилання

1. De Araujo W. R., Cardoso T. M. G., da Rocha R. G., Santana M. H. P., Muñoz R. A. A., Richter E. M., Paixão T. R. L. C., Coltro W. K. T. Portable analytical platforms for forensic chemistry: A review. *Analytica Chimica Acta*. 2018. Vol. 1034. Pp. 1—21. DOI: 10.1016/j.aca.2018.06.014 (дата звернення: 28.03.2025).
2. George N., Singh H., Jotaniya R., Pandya S. R. Raman Spectroscopy for the Determination of Forensically Important Bio-fluids. *Forensic Science International*. 2022. Vol. 340. Art. ID 111441. DOI: 10.1016/j.forsciint.2022.111441 (дата звернення: 28.03.2025).
3. Wetzel W. The Future of Forensic Analysis: An Interview with Brooke Kammrath. *Spectroscopy Supplements*. 2024. Vol. 39. Is. S10. Pp. 13—17 / Spectroscopy. Nov 26, 2024. URL: <https://www.spectroscopyonline.com/view/the-future-of-forensic-analysis-an-interview-with-brooke-kammrath> (дата звернення: 28.03.2025).
4. Norman K., Roffey P., Royds D. Application of a mobile laboratory for real time response to incidents. *Australian Journal of Forensic Sciences*. 2009. Vol. 41. Is. 1. Pp. 73—80. DOI: 10.1080/00450610802452236 (дата звернення: 28.03.2025).
5. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT) [Чинний від 01.01.2021]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88724 (дата звернення: 28.03.2025).
6. Costanzo H., Gooch J., Frascione N. Nanomaterials for optical biosensors in forensic analysis. *Talanta*. 2023. Vol. 253. Art. ID 123945. DOI: 10.1016/j.talanta.2022.123945 (дата звернення: 28.03.2025).
7. Kumar R. B., Baplawat A., Prabakaran P., Sridhar A. Ph., Saraswathi B., Rani M. R. Artificial Intelligence in Forensic Sciences: Bridging Systematic Challenges with Next-Generation Applications. *Journal of Neonatal Surgery*. 2025. Vol. 14. No. 5S. Pp. 639—650. DOI: 10.52783/jns.v14.2105 (дата звернення: 28.03.2025).
8. Gao Q., Fu J., Li Sh., Ming D. Applications of Transistor-Based Biochemical Sensors. *Biosensors*. 2023. Vol. 13. Is. 4. Art. ID 469. DOI: 10.3390/bios13040469 (дата звернення: 28.03.2025).