

Івасишин Т. М.,
кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри кримінального права, кримінального процесу та криміналістики
Національної академії Служби безпеки України

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ Й ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ У ПРОВЕДЕНІ СУДОВИХ ЕКСПЕРТИЗ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН І ПРОДУКТІВ ПОСТРІЛУ

INSTRUMENTAL AND PHYSICO-CHEMICAL METHODS FOR JUDICIAL EXAMINATION

У статті розглянуто значення інструментальних методів в експертній практиці й надано характеристику фізико-хімічним методам, що використовуються для дослідження вибухових речовин і продуктів пострілу.

Ключові слова: інструментальні методи дослідження, фізико-хімічні методи, вибухові речовини, продукти пострілу.

В статье рассмотрено значение инструментальных методов в экспертной практике и дана характеристика физико-химическим методам, которые используются при исследовании взрывчатых веществ и продуктов выстрела.

Ключевые слова: инструментальные методы исследования, физико-химические методы, взрывчатые вещества, продукты выстрела.

This paper considers the importance of instrumental methods in expert practice as well as the characteristic of physical and chemical methods, which are used in the study of explosives and products of shots.

Key words: instrumental methods of research, physical and chemical methods, explosives, products of shots.

Застосування інструментальних методів в експертній практиці має значення насамперед для експертних досліджень. Використання таких методів дослідження в судовій експертизі дає інформацію про рід і вид досліджуваної речовини або виробу, що сприяє вирішенню питання про належність досліджуваних речовин до вибухових речовин, наркотичних речовин, паливно-мастильних матеріалів тощо, що значно сприяє з'ясуванню обставин провадження.

Інструментальні методи аналізу становлять єдиний засіб отримання доказів, оскільки існує низка досліджень, у яких без застосування інструментальних методів аналізу не можна вирішити поставлене завдання.

Зважаючи на те, що одним із видів процесуальних джерел доказів є висновок експерта, під яким слід розуміти детальний опис проведених експертом досліджень і зроблені за їх результатами висновки [2; 13, с. 335-340; 14], експерт зобов'язаний, використовуючи інструментальні методи дослідження, знати процесуальні аспекти, пов'язані з їх застосуванням. Для повного та якісного дослідження, окрім процесуальних аспектів використання обладнання, необхідні також знання засад і принципів кожного методу дослідження, що використовує експерт, незалежно від того, чи є воно інструментальним, зокрема фізичним чи фізико-хімічним, або хімічним методом дослідження.

Що стосується процесуальних основ використання інструментальних методів у проведенні експертиз, то судова експертиза – це дослідження експертом на основі спеціальних знань матеріальних об'єктів, явищ і процесів, які містять інформацію про обставини кримінального провадження (кримінальної справи), що перебувають у провадженні органів досудового слідства (суду) [1].

Об'єктами дослідження можуть бути речовини і предмети матеріального світу. Часто об'єктами

експертизи стають не самі речовини, а їхні нашарування на інші речовини [5]. Фізичні й фізико-хімічні методи дослідження, що використовуються в науковому аспекті [4] і криміналістичній практиці [6], інтерпретуються як інструментальні методи. Загалом, виокремлюють два аспекти використання інструментальних методів у проведенні судових експертиз: науковий і процесуальний.

Недооцінка першого аспекту приводить до того, що процесуальні вимоги виявляться формально виконаними, водночас відсутність наукового апарату (методик) не дає змоги встановити суттєві для провадження факти. У разі порушення процесуальних аспектів наукове дослідження може втратити доказове значення чи ввести в оману органи розслідування й суд, стати перешкодою у встановленні істини.

Процесуальні аспекти відповідно до чинних вимог законодавства України є важливим елементом судової експертизи [3]. Процесуальні аспекти використання інструментальних методів у проведенні судових експертиз відображені у «Постанові про діяльність експертно-криміналістичної служби МВС України», Законі України «Про судову експертизу».

Зважаючи на те, що використання інструментальних методів аналізу не можливе без використання обладнання, важливим процесуальним аспектом є технічне обслуговування обладнання, що покладається на відділи та відділення експлуатаційно-технічного й метрологічного забезпечення криміналістичної техніки, а також метрологічну повірку та атестацію [12]. Невиконання цих вимог може привести до помилкових висновків експерта.

Експерт зобов'язаний використати рекомендовані техніко-криміналістичні засоби й експертно-криміналістичні методи (зокрема, інструментальні) для правильного та науково обґрунтованого вирі-

шення поставлених перед ним завдань, при цьому він повинен вибрати найбільш ефективний метод, щоб аналітичні можливості аналізу відповідали вимогам завдання, а також згідно із Законом України «Про судову експертизу» використовувати неруйнівні методи, або методи, які дають змогу використовувати мінімальну кількість речових доказів.

Слід зазначити, якщо експертні криміналістичні підрозділи не мають достатньої інструментальної бази для вирішення певних завдань, то вони можуть звертатися в ініціативному порядку по допомогу до науково-дослідницьких установ, організацій, підприємств, інших міністерств і відомств із метою використання обладнання та пристроїв.

Відповідно до ст. 12 Закону України «Про судову експертизу», експерт зобов'язаний провести повне дослідження й дати об'єктивний письмовий висновок, у якому детально описати використаний інструментальний метод та умови проведення аналізу. Будь-які виміри в практиці природничо-наукових досліджень, до яких належать і судові дослідження, побудовано на вивченні хімічних або фізико-хімічних властивостей досліджуваного об'єкта в якісних і кількісних виявах.

У процесі розвитку аналітичної хімії й розділів природознавства розроблено вагові та об'ємні методи визначення речовин. Їх стали згодом називати класичними. Для класичних методів розроблено теоретичні основи реакції осаду, нейтралізації, заміщення й інші.

Із розвитком супутніх галузей знань виявилось, що за допомогою лише класичних методів не завжди можна вирішувати завдання, чому є низка причин (швидкість, точність, відтворюваність речовини, залежність від людського фактора, величина проби, чутливість ($10^{-2} - 10^{-6}\%$) тощо). Були необхідні інші методи, що дають змогу зняти обмеження класичних методів дослідження й ґрунтуватися на вимірі не хімічних, а фізичних властивостей, що визначаються хімічними властивостями речовини. Ці властивості, характерні для речовини загалом, визначаються властивостями елементарних частин речовини, їх називають фізико-хімічними характеристиками речовини.

Залежно від властивостей вибухових речовин і продуктів пострілу, слід вибрати методи їх дослідження. Деякі методи фізико-хімічних досліджень, відношення з вимірвальними властивостями наведено в таблиці № 1.

Таблиця № 1

Властивості	Методи
Абсорбції та десорбції	Тонкошарова хроматографія, рідинна хроматографія
Молекулярна будова, електронна конфігурація молекул	Інфрачервона спектрометрія, мас-спектрометрія, ультрафіолетова спектрофотометрія, фотоелектроколориметрія
Електронна будова атома, елементний склад речовини	Атомно-емісійна спектроскопія, атомно-абсорбційна спектрометрія, нейтронно-активаційний метод

Характеристикою фізико-хімічних методів, зокрема зазначених вище, є чутливість і межі виявлення визначені як найменша концентрація, за якої зникає аналітичний сигнал (при С=0). У більшості випадків цей сигнал і, відповідно, концентрація повинні мати значно більшу величину за однозначної ідентифікації та ще більшу величину за кількісного визначення.

Цей параметр залежить від речовини, яка визначається цим методом і видом інструментального дослідження. У науковій літературі [4; 7; 10; 11, с. 23-25] подаються узагальнені дані, які наведено в таблиці № 2.

Таблиця № 2

Метод	Межі виявлення, г	Межі ідентифікації, г
Спектрофотометрія в ІК спектрі	10^{-7}	10^{-6}
Спектрофотометрія В УФ спектрі	10^{-7}	10^{-6}
Мас-спектрометрія	$10^{-6} - 10^{-12}$	$10^{-5} - 10^{-11}$
Нейтронно-активаційний	$10^{-6} - 10^{-14}$	
Тонкошарова хроматографія	$10^{-6} - 10^{-9}$	
Високоєфективна рідинна хроматографія	$10^{-7} - 10^{-10}$	
Атомно-абсорбційний метод	$10^{-4} - 10^{-7}$	

Розглянемо деякі фізико-хімічні методи в судовій експертизі.

Тонкошарові хроматографічні методи (далі – ТХМ) дослідження побудовані на вибіркового сорбуванні речовин за умов їх проходження через шар поглинача. За чутливістю та можливостями виконання ідентифікаційних досліджень цей метод сьогодні перевершує всі способи аналітичної хімії, які можуть використовуватися для аналізу малих кількостей складних сумішей, що складаються зі сполук, молекулярна вага яких 10000 і менше. До переваг методу ТХМ можна віднести: компактність, зручність і швидкість виконання аналізу, можливість одночасного дослідження великої кількості проб, високу ефективність розділу частин, простоту спостереження і пояснення хроматограм, можливість кількісного визначення хроматографованих речовин, шляхом оптичного сканування пластинки [8].

Поділ речовин методом тонкошарової хроматографії відбувається залежно від проходження рухомої фази через нерухому, при цьому компоненти, які розділяються, переміщуються в шарі сорбенту на пластинці з різною швидкістю (внаслідок різниці абсорбування) в напрямку руху потоку. Для характеристики абсорбування властивостей системи сорбат-сорбент у тонкому шарі введено поняття хроматографічної рухомості (Rf), яка визначається як відношення відстані, пройдені досліджуваною речовиною, з рухомою фазою від стартової лінії. За якісного хроматографічного аналізу сполук застосовується метод

«свідка»: разом із пробою досліджуваної суміші поряд на стартову лінію наносять розчини речовини «свідка», що відповідає імовірним компонентам суміші. Збіг значень Rf досліджуваних речовин і «свідка» дає підстави для ототожнення речовини, яку шукали, з відомою. Водночас розбіжності у хроматографічних розгонах порівнюваних речовин означають, що ці речовини різні. Після поділу досліджуваних компонентів можна виявити за потемнінням люмінесценції при УФ-освітленні шляхом обробки (обприскування) хроматографічних зон.

В основі **методу інфрачервоної спектроскопії** лежить здатність молекул аналізованих речовин вибірково поглинати електромагнітні випромінювання, що проходять через них в інтервалі довжини хвилі від 4000 до 400 см^{-1} . Наявність в інфрачервоному спектрі характерних полос свідчить про те, що в досліджуваній речовині є певні структурні елементи. Кожна речовина має певні межі й коливання у значеннях і, відповідно, має певну постійну частоту в різних речовинах, яка змінюється за рахунок взаємодії з основною частиною молекули. Є і коливання в ділянці від 1000 до 400 см^{-1} , де виявляються багатозначні валентні коливання зв'язку С-С, С-N, N-O та деформаційні коливання. Ця сфера коливань вуглеводного скелету молекули різко реагує на найменші зміни в структурі молекули. Саме ці коливання становлять основну частину спектра й для кожної речовини утворюють неповторний набір полос. Експерти часто використовують цю неповторність для встановлення належності речовини, оскільки збіг ІЧ-спектра є вагомим доказом ідентичності досліджуваних об'єктів.

Пояснення ІЧ-спектрів може дати інформацію про структуру речовини, водночас нітроутримувальні вибухові речовини, за результатами ІЧ-спектра, можна розділити на групи: нітроароматичні з'єднання, нітроєфірні, нітроаміни. Метод ІЧ-спектроскопії можна також використовувати для встановлення продуктів розкладу вибухових сумішей, а саме: визначення нітратів, хлоратів, перхлоратів [12].

Метод спектрофотометрії УФ-спектрі побудований на використанні здатності молекул речовини вибірково поглинати випромінювання. Спектрометрія в УФ-спектрі може використовуватися для якісного й кількісного визначення нітритів і нітратів [13, с. 335-340], що є важливим під час дослідження продуктів вистрілу з використанням бездимного порошу.

Високоєфективна рідинна хроматографія (рідинна хроматографія високого тиску) дає змогу провести аналіз складних сумішей вибухових речовин, які мають близькі фізичні та хімічні властивості.

Метод мас-спектрометрії побудований на іонізації досліджуваної речовини, розділенні пучка іонів, що утворюються, за масою й наступною реєстрацією кількості іонів кожної маси. Іонізація може виконуватися потоком електронів (електронний удар) і шляхом зіткнення молекул зразків з іонізованим газом-

реагентом (хімічна іонізація). Мас-спектрометрія ефективна в криміналістичному дослідженні найбільш поширених бризантних вибухових речовин і деяких порохів.

Емісійний спектральний аналіз – це метод елементного аналізу за атомними спектрами випромінювання. Спектри емісії отримують під час переведення речовини в пароподібний стан і збудженні її атомів під час нагрівання речовини до 1000-10000 °С. Кожний хімічний елемент має випромінювання з характерною довжиною хвилі. Метод дає можливість визначити майже всі елементи, зокрема ті, які наявні в продуктах вистрілу (свинець, сурма, ртуть, мідь тощо) за їх наявності 10^{-4} – $10^{-2}\%$ за масою.

Під час **нейтронно-активаційного аналізу** досліджувану речовину опромінюють тепловими нейтронами з енергією 0,025 еВ, здатними активувати майже всі елементи, починаючи з натрію. Досягненням методу є висока специфічність, можливість одночасного визначення домішок в одній навазці зразка, відсутність поправки контрольного дослідження, оскільки всі операції, зокрема травлення зразка для вилучення поверхневих забруднень, проводять після опромінення. Метод використовується для визначення продуктів пострілу.

Атомно-абсорбційна спектроскопія – це метод елементного аналізу й дослідження речовини за атомним спектром поглинання. Для спостереження за цими спектрами через атомний пар пропускають видимі або УФ-випромінювання. У результаті поглинання квантів випромінювання електрони атомів переходять із нижніх енергетичних рівнів на збуджений. Цим переходам в атомному спектрі відповідають резонансні лінії, характерні для цього елемента. Застосовується для визначення продуктів вистрілу.

Таким чином, можемо дійти **висновку**, що в процесі дослідження вибухових речовин і продуктів пострілу одним із завдань судової експертизи є отримання доказових даних, достатніх для встановлення природи й можливого походження об'єкта за мінімальною його кількістю. Зважаючи на це, поряд із традиційними методами дослідження в судовій практиці використовуються фізичні й фізико-хімічні (інструментальні) методи дослідження, що потребують спеціальних знань.

Інструментальні методи аналізу дають змогу визначити в малих кількостях речовини випадкові домішки, включення, відхилення від стандартної рецептури, що допомагає встановити джерело походження об'єкта й отримати інформацію про його зв'язки з конкретними предметами та особами. Існують також інші фізико-хімічні методи, які застосовуються для вибухових речовин, проте не є інструментальними, наприклад дифузно-контактний. Найбільш поширеними й часто використовуваними у криміналістичній практиці є тонкошарова хроматограма, ІК- і УФ-спектроскопія, атомно-емісійний аналіз.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Закон України «Про судову експертизу» № 4038-12 від 25.02.94. // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12> (дата звернення: 05.05.2019).

2. Кримінальний процесуальний кодекс України: № 4651-VI, від 13.04.2012. // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4651-17> (дата звернення: 05.05.2019).
3. Постанова Пленуму Верховного суду України № 8 від 30.05.97. // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: «Про судову експертизу в кримінальних і цивільних справах». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0008700-97> (дата звернення: 05.05.2019).
4. Юинг Г. Инструментальные методы химического анализа : учебное пособие. Москва, 1989. 608 с.
5. Рошин А.И., Беленчук П.Д., Омельченко Г.Е. Книга криминалиста. Киев, 1995. 413 с.
6. Криминалистика : учебник / под ред. Н.П. Яблокова. Москва: Изд. МГУ, 1999. 340 с.
7. Ваганов П.А., Лукницкий В.А. Нейтроны и криминалистика: монография. Ленинград: Изд. ЛГУ, 1981. 192 с.
8. Руководство по современной тонкослойной хроматографии / под ред. О.Г. Ларионова. Москва, 1994. 582 с.
9. Агинский В.Н., Владимиров С.В., Галяшин В.Н. и др. Криминалистическое исследование взрывчатых веществ / Под ред. Н.М. Кузьмина. Москва: ВНИИ МВД СССР. 68 с.
10. Химический энциклопедический словарь / под ред. И.Л. Кнунянц. Москва, 1983. 792 с.
11. Физические и химические методы исследования материалов веществ и изделий : сб. научных трудов ВНИИСЭ. 1999. № 23. С. 23-25.
12. Уильямс У. Дж. Определение анионов / пер. с англ.: С.У. Крейнгольда, Л.А. Деминой, В.Н. Антонова. Москва: Химия, 1982. 624 с.
13. James H. Wetters and Kenneth L. Uglum "Direct Spectrophotometric Simultaneous Determination of Nitrite and Nitrate in the Ultraviolet Analytical" Chemistry, vol. 42, № 3, march 1970, p. 335-340.
14. Кримінальний процес : підручник / Ю.М. Грошевий, В.Я. Тацій, А.Р. Туманянц та ін. Харків: Право, 2013. 824 с.