

Література:

1. Калімбет І. Л. Розслідування групових корисливо-насильницьких злочинів неповнолітніх : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.09. Одеса, 2017. 211 с.
2. Петечел О. Ю. Формування злочинних груп неповнолітніх: психологічний аспект. *Актуальні проблеми держави і права*. 2010. Вип. 55. С. 611–615. URL: <http://www.apdp.in.ua/v55/122.pdf> (дата звернення: 02.08.2024).
3. Кримінальний кодекс України від 05.04.2001 р. № 2341-III (зі змін. та допов.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text> (дата звернення: 02.08.2024).
4. Бандурка А. М., Бочарова С. П., Землянская Е. В. Юридическая психология : учебник. Харьков, 2002.
5. Мельничок В. М. Криміналістична характеристика вікових особливостей криміногенної поведінки неповнолітніх. *Актуальні проблеми держави і права*. 2009. Вип. 47. С. 166–173.
6. Сизоненко А. Детермінанти злочинної поведінки неповнолітніх. *Юридичний вісник*. 2021. № 6. С. 127–135. DOI: 10.32837/yuv.v0i6.2274 (дата звернення: 02.08.2024).

МОЖЛИВОСТІ ТА ОБМЕЖЕННЯ МЕТОДУ UV-VIS СПЕКТРОСКОПІЇ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ШТРИХІВ КУЛЬКОВИХ РУЧОК

Герасімов Віктор,

кандидат фармацевтичних наук,

судовий експерт Запорізького відділення

Дніпропетровського науково-дослідного інституту судових експертиз

Міністерства юстиції України

Сучасні чорнила кулькових ручок – це складні суміші, що складаються з декількох барвників або пігментів, суспендованих у розчиннику, а також різних добавок, призначених для регулювання таких властивостей, як в'язкість, стійкість або адгезія. Чорнила кулькових ручок є найпоширенішими рецептурами чорнил, що використовуються сьогодні, хоча поступово поширюється використання чорнил гелевих та масляних ручок.

Сучасні кулькові чорнила зазвичай складаються з синтетичних барвників, розчинених у розчиннику на основі гліколю або бензилового спирту. Це дає змогу

отримати високов'язкий склад, який швидко сохне, достатньо водостійкий та забезпечує контрольований витік чорнила.

Складність і розмаїття сучасних рецептур чорнил, хоча й ускладнюють аналіз, потенційно дозволяють розрізнити їх на основі відмінностей у складі. Тому хімічне та фізичне дослідження компонентів чорнила може надати цінну інформацію щодо автентичності документа. Ці аналізи можуть бути використані для визначення джерела невідомого чорнила, для виявлення дописок або змін, внесених до рукописних чорнильних записів, або оцінити дату, на яку було створено запис.

Датування чорнил кулькових ручок, зокрема, є складним завданням при дослідженні документів. Після нанесення на паперову підложку чорнила можуть зазнавати швидких змін у складі через такі фактори, як випаровування розчинника, хімічна взаємодія з матрицею або деградація барвника. Остаточна швидкість, з якою відбуваються ці процеси, залежить від багатьох факторів та умов зберігання. Взагалі, всі дослідження, що використовують зміни, що спостерігаються у штрихах чорнил з плином часу, для створення надійного способу датування чорнила, можна умовно поділити на три підходи: ті, що ґрунтуються на еволюції смол, визначенні втрати летких компонентів або на деградації барвників [1, с. 44]. Саме для вивчення деградації барвників UV-Vis спектроскопія є придатним та актуальним методом, особливо з сучасними методами обробки результатів досліджень.

Взагалі вважається, що УФ- і видимі спектри барвників не мають достатньої для ідентифікації компонентів штрихів специфічності [1, с. 31]. Крім того, барвники, що входять до складу паст, мають відносно низьку фізичну стійкість до світла. Тому поширені раніше способи дослідження давності нанесення штрихів у цій спектральній області не мали під собою серйозного наукового обґрунтування та майже непридатні для дослідження документів [2, с. 13].

Між тим, в останні роки використання ультрафіолетової спектроскопії та високоефективної тонкошарової хроматографії разом з методом аналізу головних компонент (PCA – Principal Component Analysis) показано для вивчення старіння кулькових чорнил терміном до 18 місяців, склад яких можна корелювати з часом за допомогою множинного лінійного кореляційного аналізу. Отримані рівняння були використані для оцінки віку зразків віком до чотирьох місяців, причому для окремих зразків були отримані прогнози з точністю до десяти днів.

Також доказано доцільність використання ультрафіолетової спектроскопії з множинною лінійною регресією (MLR – Multiple Linear Regression) для моделювання деградації кулькових чорнил віком приблизно до дев'яти місяців.

Незважаючи на безперечну перспективність, слід зазначити, що перелічені вище методики вимагають екстракції чорнила в розчинник, а не аналізу *in situ* на паперовій підкладці. Враховуючи юридичний або фінансовий характер документів, які можуть бути подані на експертизу, неруйнівний контроль є життєво важливим для збереження цілісності документа.

Нещодавно став доступним неінвазивний варіант методики датування чорнил на основі спектрів відбиття в УФ- та ІЧ-діапазонах [3, с. 4894]. Найбільш перспективним напрямком дослідження є спектроскопія подвійного відбиття у видимому діапазоні, яка використовується разом з хемометрією, за допомогою PCA-аналізу та лінійного дискримінантного аналізу (LDA – Linear Discriminant Analysis) для визначення хімічної класифікації компонентів та хімічних змін при старінні кулькових чорнил на папері. Вона є швидкою, вимагає мінімальної підготовки зразків і є неруйнівною при застосуванні *in situ*.

Було виявлено, що матеріали штрихів кулькових ручок, які зберігалися в темному середовищі (на відкритому повітрі або в герметичному пакуванні), залишалися хімічно стабільними, тоді як ті, що піддавалися впливу світла, могли зазнати значних спектральних змін вже за тиждень. Було висловлено припущення, що ці зміни відбулися через фотодеградацію триарилметанових барвників у чорнилах, причому цей процес ще більше прискорюється наявністю діоксиду титану в паперовій підкладці.

Використання методу часткової регресії найменших квадратів (PLSR – Partial Least Squares Regression) для створення моделі старіння, дозволило надійно встановити, що фарби штрихів кулькових ручок, що зберігалися на відкритому повітрі, але були захищені від світла, залишалися незмінними протягом більш ніж 25 місяців (більш ніж 28 місяців – при зберіганні в темряві, при зберіганні в герметичній упаковці – до 32 місяців). Також було встановлено, що навіть за відсутності світла триарилметанові барвники можуть піддаватися окислювальному процесу реагуючи з атмосферним киснем з утворенням похідних дифенілметану і фенолу. На користь цього свідчить той факт, що вказані зміни не спостерігалися для фарб чорнил, які зберігалися в герметичних упаковках з обмеженим доступом повітря.

Результати дослідження було підтверджено за допомогою проєкції зістарених штрихів чорнил на оригінальну модель PCA, яка показала, що зразки залишаються здебільшого кластеризованими з еквівалентними свіжими штрихами. Вивчення спектрів показало збільшення відбиття червоного кольору і зменшення відбиття синього кольору з часом. Це спектральне зрушення може бути пов'язане з

загальним шляхом деградації барвників у чорнилах. Одним з основних запропонованих механізмів деградації триарилметанових барвників є окислювальне N-деметилування, при якому метильні радикали послідовно заміщуються атомами водню. Ступінь метилування триарилметанових барвників впливає на їхній відтінок, причому більший ступінь метилування призводить до синьо-фіолетового кольору, а менший – до червоно-фіолетового.

Отже, червоне зрушення, яке спостерігається в спектрах зістарених фарбників кулькових ручок, узгоджується з деградацією барвника, що відбувається через N-деметилування.

Хоча процес старіння фарбників триває постійно, аналіз спектрів, отриманих з одного штриха чорнила, вказує на те, що швидкість старіння після 32 місяців зберігання сповільнюється. З цього випливає, що швидкість старіння фарбників є найбільшою в перші місяці після впливу світла, а з часом швидкість змін зменшуватиметься. Ці результати також узгоджуються з літературними даними про те, що деградацію триарилметанових барвників можна виявити приблизно до 30 місяців старіння.

Таким чином, цей варіант оформлення методики демонструє корисність УФ- та видимої спектроскопії подвійного відбиття як джерело швидкої та доказової інформації без необхідності руйнівного аналізу.

Моделі PLSR, побудовані для фарб кулькових ручок, що піддавалися впливу світла, добре описують середньо- та довгострокове старіння, хоча короткострокове старіння протягом перших шести місяців виявилось складним завданням. Дворічні зразки чорнил кулькових ручок можна було розрізнити з максимальною похибкою в шість місяців.

Створені цифрові моделі потенційно можуть бути використані для встановлення приблизного віку невідомого чорнильного запису, що допоможе довести або спростувати спірне питання в суді – наприклад, чи був заповіт підписаний відносно недавно (протягом шести місяців), чи багато років тому. Здатність моделі розрізнити «свіжі» та «старі» штрихи кулькових чорнил може також дозволити визначити відносну давність двох або більше записів кульковою ручкою на одному документі. Це може допомогти експертам визначити послідовність написання двох чи більше документів, або, навпаки, виявити зміни, внесені до письмового документа після його первинного створення [4, с. 5614].

Література:

1. Методика встановлення змін хімічного складу барвних речовин у часі. Київський НДІСЕ Міністерства юстиції України. Київ, 2015. 83 с.
2. Удосконалена методика встановлення змін хімічного складу барвних речовин у часі. Київський НДІСЕ Міністерства юстиції України. 2019. 92 с.
3. Georgina Sauzier et al. In-situ studies into the characterisation and degradation of blue ballpoint inks by diffuse reflectance visible spectroscopy. *Analytical Methods*. 21 June 2015. Vol. 7, № 12. P. 4892–4900. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665910719300210> (дата звернення: 15.08.2024).
4. Georgina Sauzier et al. A study into the ageing and dating of blue ball tip inks on paper using in situ visible spectroscopy with chemometrics. *Analytical Methods*. 21 December 2015. Vol. 10, № 47. P. 5591–5740. URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2018/ay/c8ay01418c> (дата звернення: 15.08.2024).

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО МЕТОДУ ДНК-ПРОФІЛЮВАННЯ У ПРАКТИЦІ БОРОТЬБИ ЗІ ЗЛОЧИННІСТЮ

Гресь Юлія,

*кандидат юридичних наук, доцент,
доцент кафедри криміналістики, детективної
та оперативно-розшукової діяльності*

Національного університету «Одеська юридична академія»

Сучасна практика боротьби зі злочинністю в Україні, що протікає на фоні умов війни, які чинять значний вплив на структуру та динаміку злочинності, вимагає застосування сучасних науково-технічних методів для вирішення завдань розслідування. В умовах значного зростання насильницьких злочинів, тіла жертв яких не завжди піддаються візуальній ідентифікації через стан їх виявлення та значні пошкодження, спричинені тортурами або є результатом використання вогнепальної зброї, вибухових пристроїв і речовин чи хімічних методів і технологій для встановлення особи та відновлення обставин злочину. Особливо актуальним дане питання є у ході проведення ідентифікації людських останків, виявлених у ході огляду місць масових поховань.