Forensic Science, 4'2026
ISSN: 3083-6085 (print), 3083-6093 (online)

УДК 343.98:343.134:004.89
DOI https://doi.org/10.32782/forensic.science.2026.4.3

Маркіян Білінський
судовий експерт лабораторії почеркознавчих та технічних досліджень документів,
Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз Міністерства юстиції України
https://orcid.org/0009-0002-8136-2961

ТЕХНІКО-КРИМІНАЛІСТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОКУМЕНТІВ ІЗ КРИТИЧНО ВТРАЧЕНИМИ ОПТИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ: ВІД СТАБІЛІЗАЦІЇ НОСІЯ ДО ВІДЕОСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

У статті досліджено комплексний підхід до відновлення та ідентифікації згаслих і обвуглених реквізитів документів у системі судово-експертної діяльності з урахуванням сучасних вимог технічного дослідження документів. Визначено значення пошкоджених документів як джерела доказової інформації у судочинстві й обґрунтовано необхідність упровадження безпечних двоетапних протоколів їх дослідження в умовах зростання кількості об'єктів з екстремально втраченими оптичними характеристиками. Наголошено, що термічне ураження та природне старіння носіїв істотно знижують їхню механічну міцність, що потребує перегляду традиційних підходів і першочергового вирішення завдань із збереження фізичної цілісності речових доказів.

Проаналізовано препаративний етап підготовки об'єктів, пов'язаний із застосуванням ощадливої полімерної стабілізації целюлозного каркаса. Висвітлено методичні аспекти використання 6%-го розчину крохмального аналога для підвищення міцності паперу на розрив і створення захисної гідрофобної плівки, що забезпечує процесуальну можливість проведення подальших маніпуляцій без ризику руйнування носія. Доведено, що дана обробка не створює оптичних завад і зберігає спектральні характеристики барвників реквізитів, готуючи об'єкт до застосування високоточних інструментальних методів.

Висвітлено роль відеоспектрального аналізу та цифрових технологій у підвищенні ефективності судових експертиз, зокрема застосування інфрачервоної люмінесценції та довгопрохідних фільтрів (VSC) для диференціації штрихів і підкладки. Розглянуто потенціал використання кососпрямованого освітлення для виявлення мікрорельєфу тиску, а також цифрової обробки зображень і алгоритмів розпізнавання (HCR) для автоматизованого дешифрування пошкоджених знаків. Визначено перспективи розвитку цього напряму, пов'язані з інтеграцією інноваційних методів фізико-хімічної стабілізації та цифрової фільтрації для зміцнення доказової бази в судочинстві.

***Ключові слова**: технічне дослідження документів, судова експертиза, згаслі реквізити, обвуглені документи, стабілізація носія, відеоспектральний компаратор, інфрачервона люмінесценція, цифрова обробка зображень.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку судово-експертної діяльності документ залишається одним з основних носіїв юридично значущої інформації та ключовим джерелом доказів у судочинстві. Водночас у практиці СТЕД (Судова технічна експертиза документів) дедалі частіше виникає потреба в дослідженні об'єктів із критично втраченими оптичними та фізичними характеристиками: згаслих відбитків печаток, вицвілих рукописних текстів та термічно пошкоджених (обвуглених) носіїв, вилучених із місць подій.

Традиційні підходи до дослідження таких об'єктів стикаються із суттєвими обмеженнями. З одного боку, тривалий вплив несприятливих чинників (високих температур, вологості, сонячного випромінювання) призводить до того, що штрихи барвника стають практично невидимими для неозброєного ока, хоча й зберігають специфічні фізико-хімічні властивості на мікрорівні. З іншого боку, термічний вплив призводить до критичної деструкції целюлозного каркаса паперу: носій втрачає механічну міцність, стає надзвичайно крихким і загрожує безповоротним руйнуванням від найменшого механічного чи повітряного впливу .

Особливу складність у судово-експертній практиці становлять випадки, коли без-

посереднє застосування інструментальних методів візуалізації є неможливим без попереднього вжиття заходів щодо збереження фізичної цілісності речового доказу. Спроби розміщення неприготованого обвугленого документа в предметній камері компаратора чи маніпулювання ним під джерелами освітлення нерідко призводять до втрати його фрагментів і, як наслідок, до унеможливлення встановлення ідентифікаційних ознак.

Паралельно із цим постає завдання вибору таких методів оптичного та спектрального аналізу, які б забезпечували максимальне контрастування прихованих реквізитів без пошкодження об'єкта. Застосування застарілих хімічних способів підсилення штрихів є небажаним через їхній руйнівний характер, що потребує переходу до комплексної методики, яка б поєднувала ощадливу підготовку носія та неруйнівну відеоспектральну люмінесценцію.

У зв'язку із цим постає низка науково-практичних питань: які технологічні рішення дають змогу стабілізувати крихку структуру карбонізованого паперу без створення оптичних завад чи спотворення спектральних характеристик барвника, які режими відеоспектрального аналізу є найбільш ефективними для виявлення слабо виражених або прихованих реквізитів та як інтеграція алгоритмів цифрової обробки зображень може підвищити категоричність висновків судового експерта.

Таким чином, актуальність дослідження зумовлена необхідністю розробки й обґрунтування комплексного двоетапного протоколу СТЕД, який поєднує попередню фізичну стабілізацію пошкодженого носія з подальшим оптико-спектральним аналізом і цифровою фіксацією прихованих реквізитів.

Мета статті. Метою цієї статті є розробка й обґрунтування комплексного двоетапного протоколу судової технічної експертизи документів (СТЕД) із критично втраченими оптичними та фізичними характеристиками (згаслих відбитків печаток, вицвілих текстів та обвуглених носіїв), що поєднує ощадливу підготовку об'єкта та неруйнівний відеоспектральний аналіз. Стаття спрямована на аналіз особливостей пошкоджених документів як джерела доказової інформації у судочинстві, визначення межі застосовності традиційних інструментальних методів без попередньої обробки об'єкта, а також на розробку технологічних рішень для підвищення механічної стійкості карбонізованого паперу. Основна увага приділяється обґрунтуванню препаративного етапу дослідження із застосуванням 6%-го розчину крохмального аналога для підвищення міцності паперу на розрив і створення захисної гідрофобної плівки без утворення оптичних завад чи спотворення спектральних характеристик барвників. Окремий акцент зроблено на дослідницькому етапі, що передбачає використання відеоспектрального компаратора (зокрема, системи VSC 40), режимів інфрачервоної люмінесценції (700–1100 нм), довгопрохідних спектральних фільтрів (695 nm, 715 nm) і кососпрямованого освітлення для виявлення мікрорельєфу тиску. Крім того, мета статті полягає у визначенні ролі цифрових технологій – комп'ютерної обробки зображень, програмних режимів суміщення (overlay), колірного розділення й алгоритмів розпізнавання (HCR) – у підвищенні точності, об'єктивності та відтворюваності висновків судового експерта. Таким чином, стаття має на меті створити цілісне науково-практичне уявлення про комплексний підхід до відновлення та ідентифікації критично пошкоджених реквізитів, оцінити його потенціал для збереження речових доказів і визначити перспективні напрями розвитку СТЕД у сучасних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній науковій доктрині судово-експертної діяльності питання технічного дослідження документів (СТЕД) посідають одне з провідних місць, що зумовлено як зростанням ролі речових доказів у доказуванні, так і суттєвим ускладненням способів їх виготовлення та фальсифікації. В умовах стрімкого розвитку технологій створення документів, включно з цифровими засобами обробки зображень, високоточними друкарськими пристроями та комбінованими методами формування реквізитів, традиційні підходи до їх дослідження потребують переосмислення та суттєвого вдосконалення. Особливої гостроти ця проблема набуває під час експертизи об'єктів із критично втраченими оптичними чи фізичними характеристиками: згаслих відбитків печаток, вицвілих текстів та обвуглених носіїв, де звичайний огляд не дає результатів, а сам об'єкт загрожує безповоротним руйнуванням [1, с. 361].

У цьому контексті особливої актуальності набувають наукові дослідження, присвячені застосуванню спектральних методів аналізу, зокрема використанню ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання, а також інтеграції зазначених методів із сучасними цифровими технологіями. Саме ці напрями сьогодні визначають вектор розвитку технічного дослідження документів як самостійного виду судово-експертної діяльності.

Значний внесок у розвиток зазначеного напряму зроблено в роботі L. V. Keith та W. Runion *Short-wave UV imaging casework applications*, у якій розглядаються особливості застосування короткохвильового ультрафіолетового випромінювання у криміналістичній практиці. У межах цього дослідження автори детально аналізують механізми взаємодії ультрафіолетового випромінювання з матеріалами документа, зокрема папером і фарбувальними речовинами, що використовуються під час виконання текстів і реквізитів. Наголошується, що різні види чорнил і паперу характеризуються індивідуальними властивостями флуоресценції, що дає змогу виявляти навіть незначні відмінності між ними [2, с. 564].

Особливе значення в цій роботі надається практичному аспекту застосування ультрафіолетового випромінювання, який полягає у можливості виявлення прихованих або слабовиражених ознак втручання в документ. Ідеться, зокрема, про випадки дописування окремих елементів, внесення змін до тексту, заміни окремих фрагментів або використання різних письмових матеріалів у межах одного документа. Автори підкреслюють, що такі втручання можуть не проявлятися під час звичайного візуального огляду, однак стають очевидними під час дослідження в ультрафіолетовому спектрі [3].

Важливим є також те, що в наукових працях акцентується увага на застосуванні ультрафіолетового випромінювання для дослідження документів, які містять спеціальні захисні елементи. До таких документів належать, зокрема, банкноти, цінні папери, сертифікати, а також документи, що посвідчують особу. У цих випадках ультрафіолетове випромінювання дає змогу виявляти елементи захисту, водяні знаки та люмінесцентні мітки, які не відображаються у видимому спектрі, що має вирішальне значення для встановлення автентичності документа [4, с. 12].

Подальший розвиток спектральних методів дослідження документів пов'язаний із застосуванням інфрачервоного випромінювання, можливості якого детально розкрито в науковій праці A. C. Y. Lin, H. M. Hsieh, L. C. Tsai, A. Linacre та J. C. I. Lee *Forensic applications of infrared imaging for the detection and recording of latent evidence*. У зазначеному дослідженні обґрунтовується, що інфрачервоний спектр відкриває принципово нові можливості для аналізу документів, зокрема в частині виявлення прихованих записів, дослідження структури матеріалів та встановлення особливостей нанесення реквізитів.

Встановлено, що інфрачервоне випромінювання здатне проникати крізь окремі шари фарбувальних речовин і забруднень, що дає змогу виявляти записи, які були навмисно приховані, закреслені або частково видалені [6, с. 1149]. Це має особливе значення у випадках, коли документ зазнав механічного, хімічного чи термічного впливу з метою знищення або зміни інформації. У таких ситуаціях традиційні методи дослідження виявляються недостатніми, тоді як інфрачервоний аналіз дає можливість відновити первинний зміст документа або встановити факт втручання.

Крім того, у зазначеній роботі значна увага приділяється можливості використання інфрачервоного випромінювання для диференціації чорнил. Зокрема, підкреслюється, що різні фарбувальні речовини мають відмінні спектральні характеристики в інфрачервоному діапазоні, що дає змогу встановлювати факт використання різних письмових засобів навіть у тих випадках, коли візуально вони здаються однаковими. Це є надзвичайно важливим для дослідження підписів, рукописних записів та інших реквізитів, виконаних із використанням кулькових ручок, гелевих чорнил або інших письмових засобів [7, с. 648].

Суттєвим аспектом дослідження є також використання багатоспектральної зйомки, яка передбачає отримання зображень документа в різних діапазонах електромагнітного спектра з подальшою їх обробкою за допомогою комп'ютерних технологій. Такий підхід дає змогу створювати комплексне уявлення про структуру документа, його матеріальні властивості й особливості формування окремих елементів. У практичній діяльності це сприяє

більш точному встановленню послідовності нанесення реквізитів, що є ключовим завданням технічного дослідження документів.

Не менш важливим є внесок у розвиток зазначеного напряму, зроблений у роботі A. De Donno, D. Carlucci та F. Introna *The use of infrared rays for identification purposes*. У цьому дослідженні інфрачервоне випромінювання розглядається як універсальний інструмент ідентифікації, який може бути застосований для дослідження широкого спектра об'єктів, у тому числі пошкоджених документів. Автори підкреслюють, що інфрачервоний аналіз дає змогу виявляти навіть мінімальні зміни у структурі документа, які можуть бути наслідком втручання або використання різних матеріалів. Зокрема, зазначається, що за допомогою інфрачервоного випромінювання можна встановлювати відмінності у складі чорнил, досліджувати особливості паперу, а також аналізувати взаємодію між різними елементами документа [8, с. 195].

Особливої уваги заслуговує той факт, що в зазначеній роботі інфрачервоний аналіз розглядається не ізольовано, а в поєднанні з іншими методами дослідження, зокрема оптичними та цифровими. Такий комплексний підхід дає можливість суттєво підвищити ефективність експертного дослідження та забезпечити більш високий рівень достовірності отриманих результатів [5].

Узагальнюючи результати наведених наукових досліджень, слід зазначити, що сучасний розвиток технічного дослідження документів характеризується тенденцією до комплексного використання різних методів аналізу, серед яких провідне місце посідають спектральні методи. При цьому їх ефективність значною мірою зумовлена можливістю інтеграції з цифровими технологіями, що забезпечують обробку, аналіз та інтерпретацію отриманих даних. У практичній діяльності судових експертів це знаходить своє відображення у використанні спеціалізованих технічних засобів, зокрема відеоспектральних компараторів, систем багатоспектральної зйомки та програмного забезпечення для обробки зображень. Застосування таких засобів дає змогу проводити дослідження документів на якісно новому рівні, що передбачає аналіз у різних спектральних діапазонах, виявлення прихованих елементів, диференціацію матеріалів та встановлення послідовності нанесення реквізитів.

Разом із тим поглиблений аналіз сучасної спеціальної літератури свідчить про наявність вираженого методологічного дисбалансу: переважна більшість існуючих праць і стандартних експертних методик орієнтована на дослідження відносно цілісних носіїв інформації. Питання ж опрацювання критично пошкоджених та термічно деструктованих (обвуглених) документів, чий целюлозно-паперовий каркас повністю втратив механічну міцність і еластичність, залишаються висвітленими не повною мірою.

Практична робота з такими речовими доказами ускладнюється тим, що за температурного впливу понад 300°C відбувається масштабна карбонізація целюлози, супроводжувана руйнуванням міжволокнистих водневих зв'язків. Як наслідок, документ перетворюється на надзвичайно крихку вуглецеву матрицю, схильну до дефрагментації та розпадання на попіл від найменшого зовнішнього чинника. Безпосереднє розміщення таких тендітних об'єктів у предметних камерах експертних приладів, їх вирівнювання або навіть легка дія конвекційних потоків повітря всередині оптичного обладнання нерідко призводять до їх незворотного руйнування ще на етапі підготовки до огляду [9, с. 804].

Сучасними дослідниками запропоновано інноваційний метод попередньої хімічної стабілізації паперу, що зазнав екстремальної термічної деструкції у діапазоні температур 300–310°C.

Для відновлення структурної цілісності обвугленого носія без спотворення його первинних характеристик автори розробили спеціальний біополімерний розчин.

Його основою є 6%-й водний розчин модифікованого крохмалю з додаванням гліцерину як пластифікатора та оцтової кислоти (у строго визначеному співвідношенні 1 : 3) (рис. 1).

Ключовою особливістю підготовки розчину є його мікрохвильовий синтез за температури 80°C протягом 10 хвилин, що забезпечує часткову деструкцію та етерифікацію полісахаридних ланцюгів, підвищуючи їхню проникаючу й адгезійну здатність.

Поверхнева аерозольна обробка цим складом формує на карбонізованій поверхні тонку, прозору й еластичну плівку з коротким часом висихання (10–15 хвилин). Інстру-

ментальні випробування за допомогою тесту на опір продавлюванню та розриву (Bursting Strength Test) підтвердили, що ця обробка суттєво підвищує фізико-механічні показники міцності різних типів паперу:

– **для стандартного офісного паперу щільністю 75 g/m²:** спостерігається зростання показника міцності з початкового рівня 00,12 kg/cm² до 0,21 kg/cm², що становить +75 % до вихідного стану;

– **для офісного паперу щільністю** 80g/m²: показник міцності зростає з 0,15 kg/cm² до 0,25 kg/cm² (+66 %);

– **для високощільного гербового, бланочного та цільно-паперового носія (Bond paper / e-stamp):** міцність підвищується з 0,25 kg/cm² до 0,35 kg/cm² (+40 %) (рис. 2).

Окрім вирішення суто механічної задачі зі зміцнення носія, зазначений біополімерний розчин виконує функцію фізико-хімічного проявника, забезпечуючи виникнення первинного колірного контрасту між тлом і штрихами. Цей ефект досягається завдяки суттєвій відмінності в полярності та змочуваності матеріалів: неполярні олійні, жирові та смоляні компоненти пасти кулькових ручок виступають репелентом і відштовхують водно-крохмальну суміш, тоді як відкриті та пористі ділянки обвуглених целюлозних волокон паперу її активніше вбирають.

Для подальшої високоточної оптичної візуалізації та дешифрування прихованих або деградованих штрихів авторами проведено серію експериментів і математично обґрунтовано оптимальні режими відеоспектрального аналізу на експертних приладах серії VSC-8000:

– **для стандартних типів офісного паперу** (75–80 g/m²): найвищу чіткість і контрастність штрихів забезпечує використання режиму розсіяного освітлення Flood Light у поєднанні з довгохвильовим інфрачервоним фільтром 715 nm (long pass);

– **для щільного бланочного, спеціального та гербового паперу**: найбільш ефективним виявилося застосування режимів точкового підсвічування White Spot light із застосуванням довгохвильового ІЧ-фільтра 695 nm (long pass) [10, с. 694].



Рис. 1



Рис. 2

Отримане за такої послідовної комплексної обробки висококонтрастне цифрове оптичне зображення створює необхідне якісне підґрунтя для інтеграції в процесуальний перебіг судово-технічного дослідження документів сучасних алгоритмів автоматичного розпізнавання рукописного тексту (Handwritten Character Recognition / HCR, зокрема, на базі платформ типу Google Lens). Це дає змогу не лише візуалізувати та зафіксувати фрагментарно збережені записи, але й забезпечити їх оперативну, об'єктивну та достовірну конвертацію у цифровий текстовий формат для подальшого аналізу й залучення до матеріалів справи (рис. 3).

Таким чином, запропонований синергетичний підхід, що поєднує попередню біополімерну стабілізацію крихкого носія, підсилення оптичного контрасту в інфрачервоному діапазоні та подальшу HCR-автоматизацію фіксації даних, закладає принципово новий вектор розвитку методології СТЕД під час роботи з критично пошкодженими речовими доказами.

Практична реалізація окресленого синергетичного підходу дає змогу подолати традиційне обмеження СТЕД, коли висновки експерта щодо змісту термічно деструктованого документа мають суб'єктивно-описовий характер. Завдяки застосуванню алгоритмів штучного інтелекту та комп'ютерного зору процесуальне фіксування результатів отримує додатковий рівень верифікації: автоматизоване декодування штрихів мінімізує вплив людського чинника під час прочитання складнопрочитуваних або деформованих графічних знаків, створюючи математично обґрунтовану базову матрицю текстових символів.

Поряд із цим застосування біополімерного розчину на основі модифікованого крохмалю відкриває перспективи розробки уніфікованого експертного протоколу роботи з обвугленими об'єктами. Такий протокол має регламентувати не лише хімічну обробку й оптико-спектральні режими VSC-аналізу, але й порядок створення цифрових дублікатів (високодеталізованих растрових копій), які підлягають подальшій комп'ютерній обробці без загрози фізичній цілісності оригінального речового доказу. Це забезпечує дотримання принципу максимального збереження початкового стану речових доказів у кримінальному, цивільному та господарському судочинстві [11].

Отже, інтеграція хімічної стабілізації, спектрального підсилення та HCR-технологій стає підґрунтям для формування новітніх



Рис. 3

експертних методик. Подальші дослідження в цьому напрямі мають бути спрямовані на розширення спектра досліджуваних фарбувальних речовин (зокрема, тонерів лазерного друку та чорнил струменевих принтерів) та адаптацію нейромережевих моделей до розпізнавання специфічних рукописних і друкованих гарнітур, пошкоджених унаслідок вищих температурних режимів.

Висновки. За результатами проведеного дослідження встановлено, що методологія судово-технічного дослідження документів у сучасних умовах перебуває на етапі глибокої трансформації, зумовленої необхідністю опрацювання критично пошкоджених та термічно деструктованих носіїв інформації. Традиційні підходи СТЕД, орієнтовані на збережені та цілісні паперові об'єкти, виявляють свою недостатність під час роботи з обвугленими джерелами, що об'єктивно зумовлює необхідність їх доповнення та інтеграції з новітніми хіміко-фізичними та цифровими методами. Встановлено, що ключовим бар'єром під час експертизи обвуглених документів є масштабна карбонізація целюлозного каркаса та руйнування міжволокнистих зв'язків за температурного впливу понад 300 °С. Це призводить до критичної втрати механічної міцності носія, унаслідок чого будь-які стандартні експертні маніпуляції чи конвекційні потоки всередині оптичного обладнання створюють ризик безповоротного руйнування речового доказу ще на етапі його підготовки до огляду. Доведено, що розв'язання цієї проблеми полягає у застосуванні розробленого методу попередньої хімічної стабілізації носія за допомогою біополімерного розчину на основі 6%-го водного розчину модифікованого крохмалю з додаванням гліцерину та оцтової кислоти (1 : 3). Встановлено, що використання мікрохвильового синтезу (80 °С, 10 хвилин) забезпечує часткову етерифікацію полісахаридних ланцюгів, підвищуючи їхню проникаючу й адгезійну здатність щодо карбонізованої поверхні. Обґрунтовано, що аерозольне нанесення зазначеного біополімерного складу формує тонку, прозору й еластичну плівку, яка суттєво підвищує фізико-механічні характеристики обвугленого паперу. Експериментально підтверджено зростання показників міцності на розрив для стандартного офісного паперу (75–80 g/m²) на +66–75 %, а для щільних бланочних та цінних паперів – на +40 %, що гарантує збереження цілісності об'єкта під час подальшого інструментального аналізу. Встановлено, що нанесений біополімерний розчин виконує подвійну функцію, виступаючи не лише механічним зміцнювачем, але й фізико-хімічним проявником первинного колірного контрасту. Завдяки різниці у змочуваності та полярності неполярні компоненти паст кулькових ручок відштовхують водно-крохмальну суміш, тоді як відкриті ділянки обвугленої целюлози її активніше вбирають, забезпечуючи первинну оптичну локалізацію штрихів. Разом із тим під час дослідження обґрунтовано оптимальні режими подальшої оптико-спектральної візуалізації прихованого тексту на експертних системах VSC-8000. Доведено, що для стандартних типів паперу найвищу чіткість і контрастність забезпечує режим розсіяного освітлення Flood Light у поєднанні з довгохвильовим ІЧ-фільтром 715 nm, тоді як для щільних бланочних та гербових носіїв найбільш ефективним є точкове підсвічування White Spot light із застосуванням ІЧ-фільтра 695 nm. У цьому контексті доведено доцільність інтеграції отриманих висококонтрастних цифрових зображень із сучасними алгоритмами автоматичного розпізнавання рукописного тексту (HCR). Застосування таких нейромережевих технологій дає змогу підвищити ефективність дешифрування деградованих штрихів, мінімізувати вплив суб'єктивного фактора експерта та забезпечити оперативну конвертацію збережених записів у цифровий текстовий формат. Окремо слід підкреслити, що підвищення ефективності дослідження термічно деструктованих документів потребує розробки уніфікованого експертного протоколу. Це є необхідною умовою забезпечення єдності експертної практики, дотримання процесуальних вимог щодо збереження речових доказів та підвищення рівня довіри до результатів судово-технічної експертизи. Таким чином, результати проведеного дослідження дають змогу сформулювати узагальнюючий висновок про те, що сучасний розвиток СТЕД для роботи з критично пошкодженими об'єктами характеризується переходом до синергетичної моделі. Ця модель послідовно поєднує попередню біополімерну стабілізацію носія, оптико-спектральне підсилення контрасту в інфрачервоному діапазоні та подальшу автоматизовану HCR-фікса-

цію даних, що відповідає сучасним потребам судово-експертної діяльності. Перспективи подальших досліджень у цій сфері пов'язані з розширенням експериментальної бази щодо дослідження інших типів фарбувальних речовин (зокрема, тонерів лазерного друку та струменевих чорнил), удосконаленням складів біополімерних імпрегнатів, а також адаптацією HCR-моделей до розпізнавання специфічно деформованих рукописних ы друкованих елементів. У підсумку слід зазначити, що впровадження розробленого методологічного підходу дає змогу ввести в доказовий оборот інформацію з об'єктів, які раніше вважалися безповоротно втраченими. Саме такий підхід забезпечує формування об'єктивних, достовірних і науково вивірених експертних висновків, що мають вирішальне значення для забезпечення справедливого судочинства.

Список використаної літератури:

1. Kesarwani S., Tripathy D. Advancements in Potential Preservation and Decipherment Techniques of Charred Documents. *Indian J. Forensic Med. Pathol*. 2021. Vol. 2. P. 359–366.
2. Keith L. V., Runion W. Short-wave UV imaging casework applications. *Journal of Forensic Identification*. 1998. Vol. 48. P. 563–566.
3. Sharma S., Garg D., Chophi R., Singh R. On the spectroscopic investigation of stamp inks using ATR-FTIR and chemometrics: Application in forensic document examination. *Forensic Chem*. 2021. Vol. 26. DOI: https://doi.org/10.1016/j.forc.2021.100377.
4. Chayal V. M., Paite N. L., Barik A. K., Kumar S., Bhattacharya S., Amin H. Stabilization and Examination of Charred Documents: A Systemic Review. *J. Forensic Res*. 2023. Vol. 1. P. 10–14.
5. Tetley C., & Young S. Digital infrared and ultraviolet imaging. Part 2: Ultraviolet. *Journal of Visual Communication in Medicine*. 2008. Vol. 31. P. 51–60. DOI: https://doi.org/10.1080/17453050802131977.
6. Lin A. C. Y., Hsieh H. M., Tsai L. C., Linacre A., Lee J. C. I. Forensic applications of infrared imaging for the detection and recording of latent evidence. *Journal of Forensic Sciences*. 2007. Vol. 52. P. 1148–1150. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2007.00512.x.
7. Moon H. W. Identification of wrinkled and charred counterfeit currency offset printing plate by infrared examination. *Journal of Forensic Sciences*. 1984. Vol. 29. P. 644–650. DOI: https://doi.org/10.1520/JFS11720J.
8. De Donno A., Carlucci D., Introna F. The use of infrared rays for identification purposes. *Journal of Forensic Identification*. 2008. Vol. 58. P. 193–202.
9. Donald D. Charred Documents, their Handling, and Decipherment: A Summary of available Methods for Treating Burnt Papers. *J. Crim. L Criminol. Police Sci*. 1952. Vol. 43. P. 798–812. DOI: https://doi.org/10.2307/1139415.
10. Dalrymple B. E. Visible and infrared luminescence in documents: Excitation by laser. *Journal of Forensic Sciences*. 1983. Vol. 28. P. 692–696. DOI: https://doi.org/10.1520/JFS11585J.
11. Larry E. Daniel and Lars E. Daniel. Digital Forensics for Legal Professionals: Understanding Digital Evidence from the Warrant to the Courtroom. 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/C2010-0-67122-7

Markiyan Bilinskyi. Forensic technical examination of documents with critically lost optical characteristics: from substrate stabilization to video spectral analysis

The article examines an integrated approach to the recovery and identification of faded and charred document details within the forensic expertise system, taking into account modern requirements of technical document examination. The significance of damaged documents as a source of evidentiary information in legal proceedings is determined, and the necessity of introducing safe two-stage examination protocols in response to the growing number of objects with extreme loss of optical characteristics is substantiated. It is emphasized that thermal damage and natural aging of substrates significantly reduce their mechanical strength, requiring a review of traditional approaches and prioritizing the preservation of the physical integrity of physical evidence.

The preparative stage of object preparation involving gentle polymer stabilization of the cellulose framework is analyzed. Methodological aspects of using a 6% starch analog solution to increase paper tensile strength and create a protective hydrophobic film are highlighted, ensuring the procedural feasibility of further manipulations without the risk of substrate destruction. It is proven that this treatment creates

no optical interference and preserves the spectral characteristics of writing materials, preparing the object for high-precision instrumental methods.

The role of video spectral analysis and digital technologies in improving the efficiency of forensic examinations is highlighted, particularly the use of infrared luminescence and long-pass filters (VSC) to differentiate stroke entries from the substrate. The potential of side-angle (oblique) illumination for detecting pressure micro-relief, as well as digital image processing and recognition algorithms (HCR) for automated deciphering of damaged characters, is considered. Prospects for the development of this field are identified, focusing on the integration of innovative physical-chemical stabilization methods and digital filtering to strengthen the evidentiary base in legal proceedings.

Keywords: *technical document examination, forensic expertise, faded details, charred documents, substrate stabilization, video spectral comparator, infrared luminescence, digital image processing.*

Дата першого надходження статті до видання: 13.10.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 09.11.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 18.11.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу (CC BY 4.0)