



UDC 343.982.342

USE OF CHEMICAL METHODS FOR COLLECTION AND EXAMINATION OF HANDPRINTS IN EXAMINATION OF CRIMINAL OFFENSES

Ihor V. Pyrih¹, Vladimir M. Tertyshnyk², Olga L. Sokolenko³, Alexander V. Sachko³,
Andriy B. Vishnikin³

¹University of Customs and Finance, 2/4, Vernadsky Str., Dnipro, 49000, Ukraine

²Dnipropetrovsk State University of Internal Affairs, 26 Gagarina Ave., Dnipro, 49005, Ukraine

³Oles Honchar Dnipro National University, 72 Gagarin Ave, Dnipro, 49010, Ukraine

Received 16 June 2020; accepted 20 September 2020; available online 4 November 2020

Abstract

The article highlights the problems of identification, fixation and study of handprints of varying degrees of latency by chemical methods. The modern technical means used for realization of the specified methods are reviewed. The focus is on the chemicals used to detect latent handprints, namely ninhydrin, alloxan, silver nitrate, cyanoacrylate, lumicyano, curcumin, features of their preparation and application. Recently proposed small particle reagents are considered, which include a suspension of a sparingly soluble substance such as gray molybdenum disulfide MoS₂ or for dark surfaces zinc carbonate ZnCO₃, detergent, fluorescent or intensely colored dyes. These reagents are suitable for use on various surfaces (metal, paper, plastic, etc.) that are wet or semi-wet, or have been in contact with water for a long time. The mechanism of using the components of such compositions on handprints includes several types of interactions, one of which is the hydrophobic interaction of organic dyes or reagents with the lipid component of handprints, and the second type involves the formation of ion-association complexes between amino groups of amino acids and anionic organic dyes.

Keywords: handprints; detection methods; chemicals; investigation; criminal offenses.

ВИКОРИСТАННЯ ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ ЗБИРАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СЛІДІВ РУК ПРИ РОЗСЛІДУВАННІ КРИМІНАЛЬНИХ ПРАВОПОРУШЕНЬ

Ігор В. Пиріг¹, Володимир М. Тертишник², Ольга Л. Соколенко^{3*}, Олександр В. Сачко³,
Андрій Б. Вишнікін³

¹Дніпропетровський державний університет внутрішніх справ, просп. Гагаріна, 26, Дніпро, 49005

²Університет митної справи та фінансів, вул. Вернадського, 2/4, Дніпро, 49000, Україна

³Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, Дніпро, 49010, Україна

Анотація

У статті висвітлюються проблеми виявлення, фіксації та дослідження слідів рук різного ступеня латентності хімічними методами. Розглянуто сучасні технічні засоби, що використовуються для реалізації означених методів. Зосереджено увагу на хімічних речовинах, що використовуються для виявлення латентних слідів рук, а саме нінгідрині, алоксані, аргентум (I) нітраті, ціаноакрилаті, люміціані, куркуміні, особливостях їх підготовки та застосування. Розглянуті нові, нещодавно запропоновані вологі порошкові реагенти, у склад яких входять суспензії малорозчинної речовини, такої як сірий молібден дисульфід MoS₂, або, для темних поверхонь, цинку карбонат ZnCO₃, детергент, флуоресціюючі або інтенсивно забарвлені барвники. Обговорені механізми хімічних реакцій, за рахунок яких забарвлені реагенти утримуються речовинами, що входять у склад слідів рук (амінокислоти, жирні кислоти).

Ключові слова: сліди рук; методи виявлення; хімічні речовини; розслідування; кримінальні правопорушення.

*Corresponding author e-mail: sokolenko2003dnu@ukr.net

© 2020 Oles Honchar Dnipro National University

doi: 10.15421/082014

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ СОБИРАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ СЛЕДОВ РУК ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ УГОЛОВНЫХ ПРАВОНАРУШЕНИЙ

Игорь В. Пирог¹, Владимир М. Тертышник², Ольга Л. Соколенко^{3*}, Александр В. Сачко³, Андрей Б. Вишникин³

¹Дніпровський державний університет внутрішніх дел, проспект Гагарина, 26, Дніпр, 49005, Україна

²Університет таможенного дела и финансов, ул. Вернадского, 2/4, Дніпр, 49000, Україна

³Дніпровський національний університет имени Олеса Гончара, просп. Гагарина, 72, Дніпр, 49010, Україна

Аннотация

В статье освещаются проблемы выявления, фиксации и исследования следов рук разной степени латентности химическими методами. Рассмотрены современные технические средства, используемые для реализации указанных методов. Акцентировано внимание на химических веществах, используемых для выявления латентных следов рук, а именно нингидрине, аллоксане, азотнокислом серебре, цианоакрилате, люмициане, куркумине, особенностях их подготовки и применения. Рассмотрены новые, недавно предложенные порошковые реагенты, в состав которых входят суспензия малорастворимого вещества, такого как серый дисульфид молибдена MoS₂ или, для темных поверхностей, карбонат цинка ZnCO₃, детергент, флуоресцирующие или интенсивно окрашенные красители. Обсужден механизм химических реакций, за счет которых окрашенные реагенты удерживаются веществами, которые входят в состав следов рук (аминокислоты, жирные кислоты).

Ключевые слова: следы рук; методы обнаружения; химические вещества; расследование; уголовные правонарушения.

Вступ

Постановка проблеми. Одним з основних завдань кримінального провадження, зазначених у статті 2 Кримінального процесуального кодексу України, є забезпечення швидкого, повного та неупередженого розслідування. Вирішення цього завдання вимагає від правоохоронних органів використання не тільки власних юридичних знань, а й залучення до процесу розслідування спеціалістів, які володіють спеціальними компетентностями у галузі інших наук, перш за все – природничих та технічних. Одним з завдань криміналістики є розробка засобів і методів протидії злочинності, заснованих на сучасних досягненнях науки і техніки. Дослідження в галузі хімії з одного боку стосуються фундаментальних теоретичних досліджень, а з другого – мають суто прикладний характер. Криміналістика враховує досягнення таких наук, як аналітична, фізична, біологічна, біоорганічна, колоїдна, квантова, математична хімія, радіохімія, механохімія, хемоінформатика, геохімія, топохімія, нанохімія, термоелектрохімія, агрохімія, екологічна, ядерна хімія.

Сучасні досягнення в галузі хімії використовуються для вдосконалення процесу розслідування кримінальних правопорушень. Процес розслідування являє собою пізнавально-доказову діяльність, успіх якої багато в чому залежить від виявлення, вилучення та подальшого дослідження матеріальних слідів злочину з метою отримання доказової інформації. Серед матеріальних слідів злочину значне місце займають сліди рук, що містять інформацію про

злочинця, яку можливо отримати дослідженням не тільки папілярних візерунків, а й аналізом хіміко-біологічного складу потожирової речовини, що утворює сліди. Актуальність досліджуваної проблеми обумовлюється тим, що, незважаючи на стрімкий розвиток хімії та криміналістики на сучасному етапі, науковцями приділяється недостатньо уваги до використання досягнень хімії при збиранні та дослідженні матеріальних слідів злочину, що, у свою чергу, знижує ефективність розслідування кримінальних правопорушень. Крім того, незважаючи на розробленість сучасних хімічних методів виявлення слідів рук, при їх застосуванні виникають проблеми, пов'язані зі змінами первинного складу об'єкту під дією хімічних речовин, що в подальшому унеможливає його дослідження на молекулярно-генетичному рівні.

Як і в інших сферах, у слідчій діяльності для розкриття і розслідування злочинів постійно враховують новітні досягнення науки і техніки [1–8]. Мета даної роботи полягає у визначенні сучасних можливостей використання хімічних методів при збиранні та дослідженні відбитків пальців рук при розслідуванні кримінальних проваджень.

Обговорення попередніх досліджень та досліджень авторів. З теорії криміналістики відомо, що сліди рук утворюються після взаємодії поверхні пальців рук або долонь зі слідосприймаючою поверхнею, у результаті чого на цій поверхні відображаються сліди папілярних візерунків [9]. Вони відображають сосковий

шар верхньої частини дерми. Епідерміс, накриваючи парний ряд сосочків, копіює їх і утворює папілярну лінію, а в місцях поглиблень – міжпапілярні проміжки, що разом створює неповторний візерунок, індивідуальний для кожної людини. Речовину, що утворює слід, у криміналістиці прийнято називати потожировою. Склад цієї речовини різноманітний і складний. Основну її частину становлять виділення шкірних залоз, що мають органічну та неорганічну природу. На поверхні шкіри знаходяться потові і жирові залози. Потові залози знаходяться в підшкірній жировій клітковині, а їх вивідні протоки, проходячи через дерму, закінчуються у верхньому шарі епідермісу отворами воронкоподібної форми – порами. Крім поту до складу потожирової речовини входить шкірний жир, відмерлі клітини епідермісу, нейтральні жири та забруднення [9; 10; 11–13].

Склад компонентів потожирової речовини має суттєве значення при виявленні слідів різними методами. Латентні відбитки пальців складаються зі слідів від секретів потових екринних, сальних та апокринних залоз, присутніх на долонях, у носі та на голові. Піт містить воду (>98 %), мінерали (0.5 %) та органічні речовини (0.5 %). Екринний піт складається з протеїнів, сечовини, амінокислот, сечової кислоти, молочної кислоти, цукрів, креатиніна та холіна, в той час як сальний піт містить гліцериди, жирні кислоти, воскові естери, сквалени та стерольні естери. На хімічний склад латентних слідів пальців впливає велика кількість факторів, таких як стать, вік, дієта, тип захворювань, ліки, які приймаються, присутність хімічних речовин на поверхні, яка досліджується. Хімічний склад відбитків пальців далі змінюється з часом внаслідок випаровування летких компонентів, дії мікроорганізмів, нагрівання, світла, вологи та повітря [9].

Методи виявлення слідів рук у криміналістиці прийнято поділяти на оптичні, фізичні, хімічні та фізико-хімічні [10]. Оптичні методи ґрунтуються на виявленні слідів рук з використанням різного роду освітлення в видимій зоні спектру під різними кутами зору та на просвіт. Також використовується опромінювання ультрафіолетовими та інфрачервоними променями, що дозволяє виявити слабковидимі потожирові сліди. Фізичні методи ґрунтуються на адгезії – властивості одних матеріальних тіл прилипати до інших. Сутність фізичних методів складає обробка поверхні зі слідами рук дактилоскопічними порошками,

різними за структурою, кольором та магнітними властивостями. Під час обробки порошками відбувається часткова абсорбція потожирової речовини з можливістю збудження власної люмінесценції. При застосуванні оптичних та фізичних методів виявлення слідів рук не відбувається хімічних взаємодій між речовинами, тому ми не будемо зупинятися на їх розгляді, приділивши увагу хімічним та фізико-хімічним методам.

Основою застосування хімічних методів виявлення невидимих слідів рук є обробка поверхні хімічними сполуками, що взаємодіють з потожировою речовиною, у результаті чого відбувається забарвлення сліду.

Найбільш розповсюдженим хімічним методом виявлення слідів рук на сьогодні залишається нінгідринний метод. Нінгідрин (2,2-дигідроксіндан-1,3-діон) є органічною сполукою, що відноситься до класу кетонів, спиртів та конденсованих карбоциклів і являє собою призматичні кристали білого чи жовтого кольору, що при нагріванні розчиняються у воді (хімічна формула – $C_9H_6O_4$, молярна маса – 178.14 г/моль, густина – 0.862 г/см³). Нінгідрин застосовують у вигляді 0.2 %, 0.8 % і 1.2 %-них розчинів в ацетоні, етиловому спирті, піридині. Використовуються для виявлення слідів рук на пористих і шорсткуватих поверхнях, головним чином на папері та картоні, деревині, гіпсокартоні тощо. Він взаємодіє з α -аміногрупами амінокислот, пептидів, білків, що входять до складу потожирової речовини та забарвлює її у залежності від концентрації у рожевий або рожево-фіолетовий колір. Забарвлення виникає через 4–6 годин після обробки. Для прискорення процесу забарвлення, що особливо має значення при виявленні слідів рук безпосередньо при огляді місця події, є допустимим використання теплового впливу на об'єкт зі слідами. Але при цьому слід очікувати потемніння фону та зменшення контрастності виявленого сліду. Використання нінгідрину дозволяє виявляти як свіжі сліди, так і сліди великої давності (до 10–15 років).

Для підвищення якості слідів є можливим застосування розчинів з окремими домішками різною концентрації. Дослідженнями, проведеними авторами статі, встановлено, що найбільш ефективним є наступний склад реакційної суміші: 500 мг нінгідрину, 1 мл крижаної оцтової кислоти, 3 мл етанолу і 95 мл фреону (1,1,2-трихлортрифторетан). Фреон є найкращим розчинником для виявлення відбитків пальців, оскільки він негорючий, нетоксичний,

дуже швидко випаровується і при його використанні чорнила на документах не розпливаються. У той же час він належить до речовин, які руйнують озоновий шар атмосфери. Тому замість нього можна використовувати легку фракцію петролейного ефіру (температура кипіння 30–50 °С). Під час проведених експериментів застосовували різні концентрації оцтової кислоти та етанолу. Експерименти проводили на папері різної щільності та якості поверхні у відношенні до слідів різної давнини (від 1 доби до 1 року). Також експерименти показали, що сліди, оброблені менш концентрованим розчином нінгідрину (0.2–0.5 %), проявляються довше, але зберігаються значно краще.

Запропонований Т. Ф. Моїсеєвою склад нінгідринного реагенту містить 400 мг нінгідрину, розчиненого у 2 мл метанолу, 1 мл оцтової кислоти, 7 мл етилацетату і петролейний етер, яким доводять до 100 мл загального об'єму [12]. Автором також було запропоновано використовувати для посилення контрасту виявлених нінгідрином відбитків пальців рук поряд з трипсином протеолітичний фермент хімотрипсин. Оскільки ці ферменти мають різну специфічність (трипсин гідролізує пептидні зв'язки, утворені карбоксильними групами основних амінокислот аргініну і лізину, а хімотрипсин – пептидні зв'язки, утворені карбоксильними групами триптофану, фенілаланіну і тирозину, то за певних умов посилення інтенсивності забарвлення сліду може давати інформацію про якісний склад білкових і пептидних компонентів [10].

При всіх позитивних властивостях нінгідрину потрібно зазначити і його недоліки. Нінгідрин порівняно легко розкладається при зберіганні, і його якість необхідно періодично перевіряти на контрольних слідах; сліди, виявлені на чорних і кольорових поверхнях, погано помітні; метод розрахований на виявлення не більше 60–80 % слідів рук на об'єкті і не придатний для об'єктів, які зазнали зволоження через вимивання хлоридів. Фермент швидко втрачає активність, тому його необхідно зберігати в прохолодному сухому місці [11]. Сліди рук на лакованому, полірованому, пофарбованому дереві і пластмасі виявляти нінгідрином не можна, оскільки ацетон розчиняє лак і фарбу і тим самим знищує сліди. Також нінгідрин не можна застосовувати, якщо в поверхневому шарі досліджуваного об'єкта містяться сполуки, що вступають із нінгідрином у кольорову реакцію. При обробці таких об'єктів нінгідрином інтенсивно забарвлюється фон поверхні,

що знижує контрастність виявлених слідів, або вони зливаються з фоном [9].

Метод азотнокислого срібла ґрунтується на взаємодії 5–10 %-го розчину AgNO_3 у дистильованій воді з хлоридами потожирової речовини слідів рук. Після нанесення розчину на поверхню спрямовують джерело світла, після чого сліди проявляються та фотографуються, тобто процес носить фотохімічний характер. Закріплення зображення відбувається в розчині гіпосульфїту натрію. Як і нінгідринний, метод не використовується для обробки об'єктів, що були попередньо зволожені. У поєднанні з нінгідрином аргентум (I) нітрат можна використовувати тільки після застосування нінгідрину. За допомогою цього методу можливо виявлення слідів давністю кілька місяців. Метод азотнокислого срібла проходив апробацію у Дніпропетровському науково-дослідному експертно-криміналістичному центрі при безпосередній участі авторів даної статті.

На сьогодні нінгідрин та аргентум (I) нітрат виробляють не тільки у вигляді порошку, а й у аерозольних балонах. Готові розчини нінгідрину та аргентум (I) нітрату у різних розчинниках випускають рядом закордонних підприємств. Фірма «Sirchie» випускає аерозольні балони з використанням нінгідрину: Ninhydrin Spray 202C – на основі етанолу та ксилему, Ninhydrin Spray / Acetone 201 ACE – на основі ацетону; Ninhydrin Special Formula NSI 609 – на основі гідрофторофіру (ГФЭ-7100), що має властивість не розмивати барвники [11; 25]. Аерозольні балони мають різні модифікації залежно від кольору та властивостей поверхні. Серед вітчизняних торгових підприємств, що займаються постачанням хімічної продукції для криміналістичних досліджень, потрібно зазначити фірми «Експертні системи» (м. Київ), «Інжен» (м. Ніжин).

Іншим хімічним методом виявлення слідів рук є обробка поверхні розчином алоксану і DFO. Ці речовини також взаємодіють з білковими компонентами потожирової речовини. Алоксан використовують у вигляді 1 %-вого розчину в ацетоні. Виявлені алоксаном сліди рук мають досить інтенсивну малинову люмінесценцію при освітленні в ультрафіолетових променях. Після виявлення слідів досліджувану поверхню рекомендують обробити 1.5 %-вим розчином купрум (II) нітрату в ацетоні для нейтралізації залишків алоксану на вільній від сліду поверхні і нейтралізації забарвлення фону.

DFO або 1,8-діазафлуорен-9-он (хімічна формула $\text{C}_{11}\text{H}_6\text{N}_2\text{O}$, молярна маса – 182.18 г/моль)

є хімічною речовиною, що використовується для виявлення прихованих відбитків пальців на пористих поверхнях [13]. Перевага DFO особливо помітна при виявленні слідів пальців на білому або багатобарвному папері, матовому та пакувальному папері та полімерних пакетах. Опромінювання оброблених слідів синьозеленим світлом з довжиною хвилі 470 нм призводить до збудження флуоресценції довжиною хвилі 570 нм. Флуоресценцію переглядають та фотографують через оранжевий, червоний фільтр або окуляри.

Методика використання DFO є наступною. 50 мг порошку DFO розчиняють в суміші 4 мл метанолу і 2 мл оцтової кислоти, а потім розбавляють 100 мл фреону. Досліджуваний об'єкт опускають у розчин приблизно на 5 секунд, потім висушують на повітрі і повторно занурюють у розчин на такий же час. Коли об'єкт висохне, його поміщають у термостат і витримують протягом 10 хвилин при температурі 100 °C [12]. При цьому латентні сліди рук забарвлюються у червоний колір, і в променях лазера або іншого джерела ультрафіолетового світла спостерігається люмінесцентне відображення папілярних візерунків. DFO у вигляді порошку може зберігатися необмежено довгий час, а робочий розчин рекомендується готувати безпосередньо перед використанням, оскільки він зберігає свої властивості тільки протягом одного тижня. У разі можливої обробки нінгідрином і DFO, останній повинен використовуватися першим, бо на деяких об'єктах за допомогою нінгідрину можна виявити сліди, які неможливо виявити при обробці DFO.

Наступний метод, що використовується для виявлення слідів рук, запропонований відносно недавно – з початку 90-х років. Цей метод використовує як реагент метил-2-ціанокрилат $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CN})\text{COOR}$ [14]. Латентні сліди рук виявляються в результаті взаємодії парів ціаноакрилату з амінокислотами, що містяться у потожирових виділеннях невидимих слідів рук. При цьому відбувається реакція полімеризації, і поверхня слідів на досліджуваних об'єктах покривається білуватим нальотом у вигляді рельєфних папілярних ліній відбитка, стійких до слабких механічних впливів і вологи. Тривалість повної полімеризації залежить від зовнішніх умов і складає від декількох хвилин до 24 годин. Час обробки зменшується і чутливість збільшується при підтримці вологості близько 80 %. Ціаноакрилат застосовується для виявлення прихованих слідів рук на гладких (непористих) поверхнях, таких як пластик, метал

(оброблений та необроблений), скло, оброблене дерево. Не рекомендується використовувати на більшості пористих поверхонь або на фоні старих слідів. Для створення парової фази використовують клеї на основі ціанакрилових етерів «Super Glue» або вітчизняних клеїв «Ціакрин ОС-4» і «Ціакрин ЕО». Методика виявлення слідів полягає в наступному. Предмет з передбачуваними потожировими слідами розташовується у вологій герметичній камері (спеціальні камери або банка з герметичною кришкою, камера з поліетилену та ін.), на дно якої наноситься кілька крапель клею.

При правильному використанні даного методу створюються передумови для якісного виявлення як самих слідів, так і деталей будови папілярних візерунків, що дуже важливо при виявленні пороеджеоскопічних ознак. Застосування нагрівальних елементів дозволяє прискорити процес виявлення невидимих слідів. Для прискореної обробки ціаноакрилатом при виявленні невидимих слідів рук на різних непористих поверхнях (пластик, метал, скло, плівка, дерево, гума, шкіра, камінь тощо), у тому числі і на великих об'єктах (вогнепальній зброї, портфелях і т. п.), розроблена лабораторна камера СН-315. Камера обладнана системою вентиляції повітря з підключенням до стаціонарної вентиляційної системи і обладнана вентилятором нагнітання повітря та двома герметично-запірними кранами, системою внутрішньої вентиляції камери для рівномірного розподілу парів ціаноакрилату, а також ультразвуковим зволожувачем.

Компанія «Foster & Freeman» розробила компактну систему окурювання об'єктів на місці події парами ціаноакрилату (за назвою «SUPERfume») для виявлення слідів пальців рук на великих поверхнях (приміщення, автомобіль та ін.) зі спеціальним тентом розміром 6 × 3 × 2 метри. Даючи можливість окурювати житлові кімнати, офіси, гаражі, цей набір дозволяє виявляти та фіксувати відбитки пальців безпосередньо на місці події. Зникає необхідність доставляти громіздкі речі в лабораторію [4].

Вдосконаленим різновидом ціаноакрилового є метод з використанням люміціану (Lumicyano) [15]. Метод із використанням люміціану – швидший, кращий і дешевший засіб виявлення маловидимих слідів рук, розроблений у Laboratoire de Photophysique et Photochimie Supramoléculaire et Macromoléculaire (Париж, Франція). Завдяки флуоресцентному барвнику, що входить до його складу, ця речовина дозволяє виявити

флуоресцентні відбитки пальців у стандартних димових камерах на непористих або напівпористих поверхнях і залишає сліди придатними до подальшого дослідження ДНК [15].

Речовина, що також використовується при дактилоскопічних дослідженнях – куркумін або діферулоїлметан (хімічна формула $C_{21}H_{20}O_6$, молярна маса 368.38 г/моль). Він являє собою поліфенол, що міститься у корені куркуми, і представляє собою помаранчево-жовті кристали, нерозчинні у воді, але легко розчинні у спирті, малорозчинні у діетиловому етері. Вчені з Sheffield Hallam University (Велика Британія) вважають, що ця речовина, використана під час мас-спектрометричного дослідження, може допомогти у здійсненні аналізу молекулярних складових відбитків пальців, що, у свою чергу, може допомогти встановити такі дані, як стать особи, що залишила відбитки, та виявити на сліду залишки наркотичних засобів [16].

Різноманітні хімічні реакції, які ґрунтуються на взаємодії з водорозчинною (наприклад, амінокислоти) та нерозчинною (жирні кислоти) частиною слідів рук, слугують одним з простих та ефективних прийомів візуалізації. Тому розуміння хімічних реакцій та їх механізмів може допомогти зрозуміти переваги та недоліки методів візуалізації латентних слідів рук. Такі реакції мало обговорені у літературі. Розглянуті до цього методи належать до традиційних методів, які знайшли широке використання. Між тим, вони не завжди ефективні при певних обставинах, наприклад, при виявленні слідів рук на непоруватих або вологих поверхнях.

Починаючи з 1994 року запропонований ряд вологих порошкових реагентів (small particle reagents, SPR), в склад яких входять суспензія малорозчинної речовини на основі сірого молібден дисульфиду MoS_2 або, для темних поверхонь, цинку карбонату $ZnCO_3$ [17] та детергент. Також використовуються титан (IV) оксид TiO_2 , ферум (III) оксид Fe_2O_3 та інші. Разом із білими порошками, такими як цинку карбонат, для підвищення контрастності у склад формулювань входять органічні барвники. Так, при використанні фуксину [18] чіткі, деталізовані відбитки пальців проявляються на непоруватих поверхнях (метал, скло) навіть після 45 діб знаходження у воді. Для темних або різнокольорових поверхонь у склад порошоків вводять флуоресціюючі барвники (родамін 6G, родамін В, діамантовий жовтий 40, розовий бенгальський, ціановий блакитний, еозин) [19; 20]. Включення родаміну В в SPR-

композицію дає можливість отримувати яскраві, чіткі і деталізовані відбитки пальців, навіть якщо об'єкти знаходилися у воді впродовж 96 годин [19]. Великою перевагою таких композицій є те, що їх можуть з успіхом використовувати навіть недосвідчені криміналісти. Вони не потребують спеціальної апаратури. Методи, які використовують для обробки поверхонь, – це розпилювання, фарбування та занурення. Недоліком цього підходу є те, що при тривалому використанні MoS_2 або TiO_2 проявляють токсичність по відношенню до людини.

Механізм утримання компонентів таких композицій на слідах рук включає декілька типів взаємодій. Молібден дисульфід має дуже добру адгезію до ліпідної складової слідів рук. Одним з типів взаємодій є утримання за рахунок гідрофобних сил між залишками жирних кислот, які у вигляді тригліцеридів або жирів входять у склад потожирових слідів, і гідрофобною частиною специфічних реагентів, у ролі яких часто виступають органічні барвники. Гідрофільне ядро органічних реагентів, у свою чергу, реагує з солями металів, утворюючи забарвлені осад.

Інший механізм взаємодії ґрунтується на реакції між аміногрупами амінокислот та аніонними органічними барвниками [21–24]. Аміногрупи за умови створення достатньо кислого середовища ($pH < 4$) протонуються і утворюють позитивно заряджену групу $R-NH_3^+$, яка утворює з аніонними формами барвників іонно-асоціативні комплекси. Такий хімічний зв'язок має значну стійкість і здатен впродовж значного часу утримувати молекули органічних барвників біля амінокислотних груп слідів рук і утворювати специфічне забарвлення, або – у випадку флуоресцентних реагентів – специфічну люмінесценцію папілярного візерунку відбитків пальців.

Нами були розглянуті основні хімічні методи та спеціальні хімічні речовини, що застосовуються для виявлення слідів рук при розслідуванні кримінальних правопорушень. Означені методи в багатьох випадках реалізуються з використанням спеціального обладнання, в тому числі автоматизованого, що значно спрощує роботу спеціалістів на місці події та в лабораторних умовах. Наприклад, у приладі «RECOVER», розробленому англійською компанією «Foster & Freeman», використовується випаровування певних летких речовин для виявлення відбитків пальців на ряді складних поверхонь, у тому числі тих, що піддавалися

впливу сильного нагрівання (наприклад, гільзи або частини саморобного вибухового пристрою) і предметів, які були вимиті водою у спробі запобігти ідентифікації за слідами папілярних візерунків [25].

Для фіксації та візуального дослідження виявлених слідів застосовується візуалізатор «Scene Score RUVIS 29 MP». У першу чергу він використовується для пошуку невидимих відбитків пальців рук як безпосередньо на місці події, так і в лабораторних умовах без обробки порошками та реактивами на гладких непористих поверхнях, у тому числі різнокольорових. Робота приладу заснована на використанні технології формування зображення за відбитим ультрафіолетовим випромінюванням. Він здатен вибірково підсилювати короткохвильове (254 нм) ультрафіолетове випромінювання та ігнорувати всі інші довжини хвиль світла. Ультрафіолетове світло відбивається від потожирової речовини, залишеної пальцями, підсилюється в декілька тисяч разів та перетворюється на видиме світло, що забезпечує видиме зображення необробленого відбитка пальця.

Прилад SceneScore RUVIS 29MP використовує ультрафіолетове світло з довжиною хвилі 254 нм, але на відміну від інших приладів не здатний реєструвати флуоресценцію. Натомість пристрій формує зображення на основі розсіювання світла з довжиною хвилі 254 нм від гребенів відбитків пальців. Система може виявити відбитки пальців на більшості непористих поверхонь перед обробкою або після використання ціаноакрилату. Програмне забезпечення дає можливість прискорити робочий процес в залежності від оброблених слідів. Воно має певну специфіку в залежності від частини спектра, яка використовується при пошуку, і має три режими захоплення: пошук для сканування; фокус, що дозволяє збільшити зображення для налаштування камери і захоплення для отримання зображення з високою роздільною здатністю. Прилад збільшує можливість виявлення, фотозйомки та збору речових доказів, включаючи невидимі відбитки пальців і долонь рук, укуси, синьці, виявлення крові (за допомогою люмінола), сліди взуття, залишки вогнепального пострілу тощо. RUVIS без будь-якої обробки (об'єкта?) має більшу чутливість, ніж традиційні методи, збільшуючи кількість виявлених речових доказів та покращуючи якість слідів при їх фотозйомці і вилученні [26].

Висновки

Розглянуті основні засоби та методи виявлення, фіксації та дослідження слідів рук різного ступеня латентності за допомогою сучасних хімічних методів. Потрібно зазначити, що розвиток та вдосконалення методів роботи зі слідами рук і відповідних технічних засобів сприяє вирішенню одного з основних завдань кримінального провадження, а саме забезпеченню швидкого, повного та неупередженого розслідування. Результати критичного огляду літератури та дані, які отримані авторами статті, свідчать, що найбільшими перевагами відрізняються методи, які ґрунтуються на застосуванні вологих порошкових реагентів. Вони придатні для використання на різного роду поверхнях (металевих, паперових, пластмасових та ін.), які є вологими або напіввологими, або були довгий час у контакті з водою. Ці методи є простими, дозволяють ідентифікувати сліди рук після довгого контакту з водою, не потребують використання спеціальної апаратури та великого досвіду. Проблемним є те, що не завжди слідчі та експертні підрозділи забезпечені необхідними для проведення розглянутих у статті досліджень матеріалами та обладнанням [27]. Розглянуті хімічні методи ідентифікації слідів рук вказують на необхідність впровадження у слідчу практику сучасних досягнень природничих наук та інноваційних технологій.

Bibliography

- [1] Аверьянова Т. В. Судебная экспертиза: Курс общей теории / Т. В. Аверьянова. – М.: Норма, 2008. – 480 с.
- [2] Лук'яничков Є. Д. Методологічні засади інформаційного забезпечення розслідування злочинів : монографія / Є. Д. Лук'яничков. – К.: Нац. акад. внутр. справ України, 2005. – 360 с.
- [3] Лук'яничков Є. Д. Удосконалення процесуальних засобів збирання криміналістичної інформації. / Є. Д. Лук'яничков, Б. Є. Лук'яничков // Науковий вісник Дніпропетровського юридичного інституту МВС України. – 2000. – № 2. – С. 171–179.
- [4] Пиріг І. В. Теоретико-прикладні проблеми експертного забезпечення досудового розслідування : монографія / І. В. Пиріг. – Дніпропетровськ: Ліра ЛТД, 2015. – 432 с.
- [5] Антонов К. В. Теорія доказів: підручник / К. В. Антонов, О. В. Сачко, В. М. Тертишник, В. Г. Уваров. За заг. ред. В. М. Тертишника. – Київ: Алерта, 2015. – 294 с.
- [6] Tertyshnyk V. M. Сучасний стан експрес-аналітичних методів дослідження матеріальних об'єктів у кримінальному процесі. / V. M. Tertyshnyk, O. L. Sokolenko, A. V. Sachko // J. Chem. and Chem. Technologies. – 2019. – Vol. 27 № 1. – С. 65–70.
- [7] Дубовий О. П. Криміналістичне дослідження слідів рук / О. П. Дубовий, В. Я. Лукашенко, Я. В. Рибалко [та ін.]; ред. Я. Ю. Кондратьєв. – К.: Атака, 2000. – 152 с.

- [8] Щербаковський М. Г. Проведення та використання судових експертиз у кримінальному провадженні : монографія / М. Г. Щербаковський. – Харків: В деле, 2015. – 560 с.
- [9] Шведова О. В. Дактилоскопичні дослідження: навчальний посібник. – К.: КНТ, 2010. – 145 с.
- [10] Пясковський В. В. Криміналістика / В. В. Пясковський, Ю. М. Черноус, А. В. Іщенко, О. О. Алексєєв та ін. – К.: Центр учбової літератури, 2015. – 544 с.
- [11] Современные средства выявления следов рук. Компания «КРИМ-МАРКЕТ». [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.xn----8sbpijdlb6afy.xn--p1ai/images/easyblog_articles/15/sirchiepdf.pdf
- [12] Моисеева Т. Ф. Комплексное криминалистическое исследование потожировых следов человека / Т. Ф. Моисеева. – М.: ООО «Городец-издат», 2000. – 224 с.
- [13] Pounds A. The use of 1,8-Diazafluoren-9-one (DFO) for the fluorescent detection of latent fingerprints on paper. A preliminary evaluation / A. Pounds, R. Grigg, T. Mongkolaussavaratana // J. Forensic Sciences. – 1990. – Vol. 35, N 1. – P. 169–175.
- [14] Wargacki S. P. Understanding the chemistry of the development of latent fingerprints by superglue fuming / S. P. Wargacki, L. A. Lewis, M.D. Dadmun // J. Forensic Sci. – 2007. – Vol. 52, N 5. – P. 1057–1062.
- [15] The optimisation of fingermark enhancement by VMD and Lumicyano™ on thermal paper / P. B. Sherriffs, K. J. Farrugia, J. M. Fraser, B. J. Jones // Science & Justice. – 2020. Vol. 60. – P. 160–168.
- [16] Garg R.K. A new technique for visualization of latent fingerprints on various surfaces using powder from turmeric: A rhizomatous herbaceous plant (*Curcuma longa*) / R. K. Garg, H. Kumari, R. Kaur // Egyptian J. Forensic Sci. – 2011. – Vol. 1. – P. 53–57.
- [17] Bumrah G. S. Emerging latent fingerprint technologies: a review / G. S. Bumrah, R. M. Sharma, O. P. Jasuja // Egyptian J. Forensic Sci. – 2016. – Vol. 6. – P. 39–50.
- [18] Rohatgi R. Development of latent fingerprints on wet non-porous surfaces with SPR based on basic fuchsin dye / R. Rohatgi, A. K. Kapoor // Egyptian J. Forensic Sci. – 2016. – Vol. 6. – P. 179–184.
- [19] Kapoor S. Visualization of latent fingermarks using Rhodamine B: A new method / S. Kapoor, G.S. Sodhi, K. Sanjiv // Int. J. Forensic Sci. Pathology. – 2015. – Vol. 3. – P. 199–201.
- [20] Azman A. R. Relevant visualization technologies for latent fingerprints on wet objects and its challenges: a review / A. R. Azman, N. A. Mahat, R. A. Wahab [et al.] // Egyptian J. Forensic Sci. – 2019. – Vol. 9. № 23. – 13 p.
- [21] Чернявская А. Ю. Исследование взаимодействия бромфенолового синего с катионными полиакриламидами и применение его в анализе / А. Ю. Чернявская, А.Б. Вишникін, Л.А. Іваниця // Вісник ОНУ. Хімія. – 2018. – Т. 23, № 1 (65). – С. 36–47
- [22] Hedjazi M. Rapid, highly sensitive and selective spectrophotometric determination of cadmium(II) as an ion associate of tetraiodocadmiate(II) with Astra Phloxine / M. Hedjazi, A.B. Vishnikin, S.N. Khudyakova // J. Chem. Technol. – 2019. – Vol. 27, № 2. – С. 293–303.
- [23] Спектрофотометричне визначення флокулянтів поліакриламідного типу / Л.О. Іваниця, А.Ю. Чернявська, Н.І. Заболотна, А.Б. Вишнікін // Методи і об'єкти хімічного аналізу. – 2018. – Т. 13, № 1. – С. 5–12.
- [24] Vishnikin A.B. Analytical effects based on interaction of organic dyes with heteropoly anions, anionic metal complexes and cationic polyelectrolytes / A.B. Vishnikin, M.E.A. Al-Shwaiyat, S.I. Okovytyy [et al.] // In «Scientific developments and achievements». – London: Science Publishing, 2018. – P. 181–208.
- [25] Crime-lite forensic light sources. Foster + Freeman. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.fosterfreeman.com/forensic-light-sources.html>.
- [26] ScenesCope RUVIS 29MP System. SPEX Forensics [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://spexforensics.com/products/item/scenescope-ruvis-29mp-system>.

References

- [1] Averyanova, T. V. (2008). [Forensics: General Theory Course]. Moscow: Norma (in Russian).
- [2] Lukyanchikov, E. D. (2005). [Methodological ambush of informational care for medical care: monograph]. Kyiv: National Academy of Internal Reference of Ukraine, 2005 (in Ukrainian).
- [3] Lukyanchikov, E. D., Lukyanchikov, B. E. (2000). [Improvement of procedural means of collecting forensic information]. *Scientific Bulletin of the Dnipropetrovsk Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine*. (2), 171-179 (in Ukrainian).
- [4] Pyrih, I. V. (2015). [Theoretical and applied problems of expert support of pre-trial investigation: monograph]. Dnipropetrovsk: Lira (in Ukrainian).
- [5] Antonov, K. V., Sachko, O. V., Tertyshnyk, V. M., Uvarov, V. G. (2015). [Evidence theory: a textbook]. Ed. V. M. Tertyshnyk. Kyiv: Alerta (in Ukrainian).
- [6] Tertyshnyk, V. M., Sokolenko, O. L., Sachko, A. V. (2019). [State-of-the-art of express analytical methods of research of material object criminal process]. *J. Chem. and Chem. Technologies*, 27(1), 65–70 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/081907>
- [7] Duboviy, O. P., Lukashenko, V. Ya., Rybalko, Ya. V., Tymoshenko, P. Yu., Chornobay, L. M. (2000). [Forensic examination of handprints]. Ya. Yu. Kondratyev (Ed.). Kyiv: Ataka (in Ukrainian).
- [8] Shcherbakovskyi, M. G. (2015). [Conducting and using forensic examinations in criminal proceedings: a monograph]. Kharkiv: V dele (in Ukrainian).
- [9] Shvedova, O. V. (2010) [Dactyloscopic research]: a textbook. K.: KNT (in Ukrainian).
- [10] Piaskovskiy, V. V., Chornous, Yu. M., Ishchenko, A. V., Alieksieiev, O. O. (2015). B. B. [Criminalistics]. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury [in Ukrainian].
- [11] Modern means of detecting handprints. CRIME MARKET https://www.xn----8sbpijdlb6afy.xn--p1ai/images/easyblog_articles/15/sirchiepdf.pdf
- [12] Moiseeva, T. F. (2000). [Comprehensive forensic investigation of human fingerprints]. Moscow: ООО «Horodets-izdat» (in Russian).
- [13] Pounds, A., Grigg, R., Mongkolaussavaratana, T. (1990). The use of 1,8-Diazafluoren-9-one (DFO) for the fluorescent detection of latent fingerprints on paper. A preliminary evaluation. *J. Forensic Sci.* 35 (1), 169–175. <https://doi.org/10.1520/JFS12813J>
- [14] Wargacki, S. P., Lewis, L. A., Dadmun, M.D. (2007). Understanding the chemistry of the development of latent fingerprints by superglue fuming. *J. Forensic Sci.* 52(5), 1057–1062. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2007.00527.x>
- [15] Sherriffs, P. B., Farrugia, K. J., Fraser, J. M., Jones, B. J. (2020). The optimisation of fingermark enhancement by VMD and Lumicyano™ on thermal paper. *Science & Justice* 60, 160–168.

- <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2019.10.004>
- [16] Garg R.K. A new technique for visualization of latent fingerprints on various surfaces using powder from turmeric: A rhizomatous herbaceous plant (*Curcuma longa*) / R. K. Garg, H. Kumari, R. Kaur // *Egyptian J. Forensic Sci.* - 2011. - Vol. 1. - P. 53-57. <https://doi.org/10.1016/j.ejfs.2011.04.011>
- [17] Bumbrah, G. S., Sharma, R. M., Jasuja, O. P. (2016). Emerging latent fingerprint technologies: a review. *Egyptian J. Forensic Sci.* 6, 39-50. <https://doi.org/10.2147/RRFMS.S94192>
- [18] Rohatgi, R., Kapoor, A. K. (2016). Development of latent fingerprints on wet non-porous surfaces with SPR based on basic fuchsin dye. *Egyptian J. Forensic Sci.* 6, 179-184. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejfs.2015.05.007>
- [19] Kapoor, S., Sodhi, G.S., Sanjiv, K. (2015). Visualization of latent fingermarks using Rhodamine B: A new method. *Int. J. Forensic Sci. Pathology.* 3, 199-201. <http://dx.doi.org/10.19070/2332-287X-1500048>
- [20] Azman, A. R., Mahat, N. A., Wahab, R. A., Ahmad, W. A., Huri, M. A. M., Hamzah, H. H. (2019). Relevant visualization technologies for latent fingerprints on wet objects and its challenges: a review. *Egyptian J. Forensic Sci.* 9, 13 p. <https://doi.org/10.1186/s41935-019-0129-3>
- [21] Chernavskaya, A. Yu., Vishnikin A.B., Ivanitsa, L.O. (2018). Investigation of interaction of bromphenol blue with cationic polyacrylamides and its use in analysis. *Odesa National University Herald. Chemistry.* 23 (1), 36-47. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2018.1\(65\).122686](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2018.1(65).122686) (in Ukrainian)
- [22] Hedjazi M., Vishnikin A. B., Khudyakova S. N. (2019). Rapid, highly sensitive and selective spectrophotometric determination of cadmium(II) as an ion associate of tetraiodocadmiate(II) with Astra Phloxine. *J. Chem. Technologies.* 27(2), 293-303. <https://doi.org/10.15421/081930>
- [23] Ivanitsa, L.O., Chernyavskaya, A. Yu., Zabolotna, N.I., Vishnikin, A.B. (2018). Spectrophotometric determination of polyacrylamide type flocculants. *Methods and Objects of Chemical Analysis.* 13 (1), 5-12. <https://doi.org/10.17721/moca.2018.5-12> (in Ukrainian)
- [24] Vishnikin, A.B., Al-Shwaiyat, M.E.A., Okovytyy, S.I., Chernavskaya, A.Yu., Hedjazi, M. (2018). Analytical effects based on interaction of organic dyes with heteropoly anions, anionic metal complexes and cationic polyelectrolytes. In «Scientific developments and achievements». London: Sciecee Publishing.
- [25] Crime-lite forensic light sources. Foster+ Freeman / web-site. <http://www.fosterfreeman.com/forensic-light-sources.html>
- [26] ScenesCope RUVIS 29MP System. SPEX Forensics. <https://spexforensics.com/products/item/scenescope-ruvis-29mp-system>

