

Медичні науки

УДК 340:616-002.6

Білецька Ганна Андріївна

кандидат медичних наук, доцент,

доцент кафедри криміналістики

Національний юридичний університет імені Ярослава Мудрого

Biletska Ganna

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor,

Associate Professor of the Department of the Forensics

Yaroslav Mudryi National Law University

**МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДНК РЕЧОВИХ
ДОКАЗІВ БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ
ЛЮДИНИ**

**MOLECULAR-GENETIC STUDY OF DNA OF MATERIAL EVIDENCE
OF BIOLOGICAL ORIGIN FOR HUMAN IDENTIFICATION**

Анотація. Це дослідження присвячено аналізу даних про використання сучасного високоточного генетичного дослідження (генотипоскопії) деяких речових доказів біологічного походження при проведенні судово-медичної експертизи по ідентифікації особи в кримінальному провадженні або по справах, що пов'язані з ідентифікацією осіб під час воєнних дій та масової міграції населення.

Авторка приділила увагу деяким питанням сучасних методів дослідження поту, слини, сечі, волосся та нігтів, які сьогодні потужно використовуються в практиці судово-медичного експерта і юриста як в медико-біологічній лабораторії Бюро СМЕ, так і в приватних структурах. Генотипоскопія перелічених об'єктів, яка впроваджується в повсякденну експертну практику, може дати чітку відповідь при проведенні

ідентифікації особи, а питання про «відповідність» або «не відповідність» зразків в цих випадках відповідають. Сучасні методи дослідження стосуються використання і методу газової хроматографії-мас-спектрометрії задля виявлення наркотичних та інших речовин, а також мікроелементів в представлених зразках волосся задля проведення ідентифікаційного дослідження. Такі знання про традиційні дослідження і новітні можливості сучасної високотехнологічної діагностики різних біологічних зразків на сучасному етапі дуже актуальні в практичній діяльності судово-медичного експерта та правників.

Ключові слова: речові докази біологічного походження, генотипоскопія, ідентифікація.

Summary. This study is devoted to the analysis of data on the use of modern high-precision genetic research (genotyping) of certain material evidence of biological origin in the course of forensic medical examination for identification of a person in criminal proceedings or in cases related to the identification of persons during military operations and mass migration.

The author paid attention to some issues of modern methods of examination of sweat, saliva, urine, hair and nails, which are now widely used in the practice of a forensic expert and a lawyer both in the medical and biological laboratory of the Bureau of FFI and in private structures. Genotyping of the listed objects, which is being implemented in everyday expert practice, can give a clear answer when conducting identification of a person, and the questions of "compliance" or "non-compliance" of samples in these cases disappear. Modern research methods also include the use of gas chromatography-mass spectrometry to detect drugs and other substances, as well as trace elements in the submitted hair samples for identification research. Such knowledge about traditional research and the latest capabilities of modern

high-tech diagnostics of various biological samples is very relevant in the practical activities of forensic experts and lawyers at the present stage.

Key words: physical evidence of biological origin, genotyping, identification.

Питання судово-медичної ідентифікації особи донедавна вирішувались без застосування методів молекулярної біології. Традиційно така експертиза базувалась на аналізі групових антигенів еритроцитарних, сироваткових, ферментативних систем крові, що дозволяло достовірно встановити лише групові властивості об'єктів, які досліджувались. Вивченням речових доказів біологічного походження займалися такі вчені як В.Р. Таранухін, К.Е. Завадська, Г.Ф. Кривда, В.О. Котельнікова, Р.О. Старовойтова, В.І. Воскобойників, В.Т. Бачинський, В.Г. Бурчинський, Т. В. Хохолєва, А. П. Дем'янчук та ін. Вони досліджували різні виділення та частини людського тіла на етапах досудового розслідування у кримінальних провадженнях щодо вбивств, нанесення тілесних ушкоджень, згвалтувань та інших злочинів, а також – для ідентифікації людини.

Новим видом судово-медичного експертного дослідження є генотипоскопічна експертиза. Дослідження об'єктів за допомогою методів молекулярно-генетичної індивідуалізації людини здійснюють переважно з метою судово-медичної ідентифікації особи й встановлення спірного походження дітей. Судово-медичні експертизи і дослідження з використанням ДНК-аналізу проводяться відповідно до Правил проведення судово-медичних експертиз (досліджень) у відділеннях судово-медичної імунології бюро судово-медичної експертизи [1] і виконуються лікарями та судово-медичними експертами – імунологами.

Найбільш важливим для судово-медичної практики є можливість надавати висновки з певною ймовірністю про належність біологічних

слідів конкретній особі; це дає змогу ідентифікувати, насамперед, підозрюваних у скоєнні тяжких злочинів — вбивств, спричиненні тілесних ушкоджень тощо, а також встановлювати невпізнаних осіб (померлих, живих осіб, що перебувають без тям, хворих на амнезію після різного походження травм та ін.) при наявності зразків, належність яких відома, встановлювати генетичну статево належність особи, що залишила слід.

Так, для «ідентифікації джерела походження біологічних слідів від конкретної особи, чії генетичні ознаки у процесі дослідження порівнюються з генетичними ознаками об'єкта, походження якого невідоме» використовують два основні методичні підходи. Першим методом є «пряма ідентифікація», яка полягає у зіставленні характеристик об'єкта ідентифікації та характеристик об'єктів порівняння з бази даних. Пряме порівняльне дослідження застосовується найчастіше тоді, коли визначено особу, чії біологічні сліди виявлено та вилучено дома події. Суть іншого «опосередкованого» методу у порівнянні об'єкта з генетичними ознаками найближчих родичів. Така ідентифікація здійснюється у вигляді встановлення факту кровної спорідненості. Подібні дослідження часто проводяться щодо останків невпізнаних трупів, які не можуть бути ідентифіковані традиційними та антропометричними методами [2].

Об'єктами для генетичного дослідження при проведенні судово-медичної експертизи (СМЕ) можуть бути: кров, слина, сперма й деякі інші виділення людини: волосся (при наявності в ньому волосяної цибулини з піхвовими оболонками), кістки, зуби, нігті й піднігтьовий вміст, тканини й органи. Для дослідження беруть зразки біологічного матеріалу як від живих осіб, так і від трупів, а також біологічні сліди на речових доказах. Усе це є матеріалом, з якого можна виділити клітини, що мають ядра за для подальшого вивчення дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК).

Слідчий або суд, які призначають таку СМЕ, повинні враховувати, що успішне виділення ДНК і подальше її типування можливе лише у випадку, коли речові докази правильно вилучені і правильно зберігалися до направлення їх на дослідження. У природньому стані, тобто в такому, в якому ДНК перебуває у клітині живого організму, вона являє собою високомолекулярну структуру – безперервну довгу молекулу. В слідах на речових доказах ДНК завжди перебуває у деградованому стані, розпадається на фрагменти різної довжини та загниває, за умов перебування у вологому стані або під дією високої температури. Тому для відбору і направлення на дослідження біологічних зразків варто залучати спеціалістів у галузі судової медицини. Вилучені речові докази просушують при кімнатній температурі без дії нагрівальних приладів і запаковують тільки у паперові пакети (не використовують для цього скляні або пластикові флакони, що щільно закриваються та поліетиленові пакети, оскільки при тривалому зберіганні навіть висушених речових доказів без доступу повітря в такій упаковці починається утворення конденсату з наступним руйнуванням ДНК). За сприятливих умов зберігання зразків ДНК-типування можливе і у випадках значної давності утворення слідів на речових доказах (навіть десятки років).

Як відомо, молекула ДНК зберігає притаманну їй індивідуальну специфічність у будь-якій клітині організму, що містить ядро (збігається тільки в монозиготних близнюків) і незмінна протягом усього життя людини [3].

Тому при проведенні ДНК-аналізу можна встановити певну кількість ознак, що дозволяють із високим ступенем вірогідності (99%) встановити походження біологічних слідів людини від конкретної особи, а також біологічну спорідненість. Крім цього, метод ДНК-аналізу дозволяє встановлювати статеву належність об'єктів, що досліджуються [4].

Такі біологічні рідини, як сльози і сеча, мають ознаки групової належності та зазвичай не містять клітин, придатних для виробництва генотипоскопічних досліджень. Однак, якщо у людини наявний запальний процес, то в цих рідинах з'являються лейкоцити, за якими можливо провести ДНК-аналіз. Також у сечі жінок можлива присутність клітин епітелію піхви, що також дозволяє використати їх для ДНК-типуювання.

Піт людини являє собою водний розчин солей та органічних речовин з потових залоз. Сліди поту є об'єктом дослідження у випадках, коли виникає потреба встановлення належності одягу, взуття, гребінців тощо певній особі шляхом дослідження пото-жирових виділень, в яких можуть бути групові антигени системи АВО, а в деяких випадках можуть бути наявні і клітини з ядрами. Крім того, за відбитками пальців рук проводиться надзвичайно важливе дактилоскопічне дослідження, результати якого дозволяють установити особу, яка їх залишила [5].

Потожирові відбитки на різноманітних предметах представляють собою речовину, основу якої становлять піт і жир від конкретної особи і, зрозуміло, що клітини з ядрами у таких виділеннях відсутні. Однак об'єктами судово-медичних генотипоскопічних досліджень виступають не самі виділення в чистому вигляді, а їх сліди на речових доказах: сліди на руків'ях вогнепальної зброї, ножів, сокир, на інших знаряддях травми, рукавицях, головних уборах, комірцях, манжетах, мобільних телефонах, окулярах, наручних годинниках, ювелірних виробках тощо. Тобто це сліди, що утворилися не від короткочасного контакту зі шкірою людини, а сліди, що утворилися протягом певного часу. За цей час відбувався тісний контакт шкіри з предметом шляхом тертя шкіри по ньому, що супроводжувалося утворенням мікроскопічних ушкоджень, які не викликають будь-яких суб'єктивних відчуттів у людини та їх не можна побачити оком, але з базального шару шкіри на речові докази можуть потрапляти клітини, що містять ядра. Як показали експериментальні

дослідження, зокрема у відділенні судово-медичної цитології, у таких слідах дійсно виявляються ядромісні клітини. Отже, коли необхідно провести ДНК-аналіз за слідами поту або пото-жирових відбитків, такі сліди, перш за все треба дослідити у відділенні судово-медичної цитології на наявність ядромісних клітин і, якщо клітини будуть знайдені, направити цей об'єкт на дослідження молекулярно-генетичними методами [6].

Визначення наявності слини на досліджуваному предметі ґрунтується на виявленні ферменту амілази. Внаслідок того, що слина може містити групові антигени АВО і епітеліальні клітини слизуватої оболонки ротової порожнини, то їх дослідження дозволяє встановити групу крові людини та з'ясувати, одній чи кільком особам належать ці сліди. У разі наявності клітин у слині можна використати дослідження ДНК. З місця події предмети-носії слини потрібно вилучати лише пінцетом, якщо вони вологі, а потім їх слід висушити при кімнатній температурі. Кожний зразок вміщують в окремий конверт. Слина може виявлятися на кляпах, якими закривали жертві рота. Об'єктом дослідження є також листи, на клапанах конвертів і марках яких можуть бути виявлені сліди слини. Сліди слини можна знайти на жувальних гумках, посуді і також на залишках їжі [7].

Волосся та нігті є похідними (деріватом) шкіри. Волоссяний покрив мається не тільки у людини, але і у великої кількості тварин. Волосся на тілі людини зростає на різних ділянках і має різну будову, а волосся, що зростає в одній зоні, також може значно відрізнятися один від одного за товщиною та формою поперечного зрізу. На поперечному зрізі волосся виділяють три шари: центральний - серцевина, далі - кірковий шар з пігментом і зовні - кутикула. Кірковий шар волосся тварини менший за розмірами, ніж у волоссі людини. У зовнішній будові волосся розрізняють

дві основні частини – корінь та стрижень. Корінь волосся закінчується волосяною цибулиною, з якої відбувається його зростання.

У повсякденному житті постійно відбувається природна зміна волосся: вони випадають чи ламаються, вони можуть бути вирвані, відрізані або відламані.

Волосся як речові докази можуть бути використані для встановлення деяких обставин у кримінальному провадженні та для ідентифікації людини, від якої вони походять. Раніше в процесі виробництва СМЕ традиційними методами вирішувалися питання не про тотожність, а лише подібність волосся. В цьому випадку були можливі два варіанти висновків:

- 1) зразки волосся не подібні між собою і, отже, походять від різних людей;
- 2) зразки волосся подібні і можуть належати однієї людині.

В ситуаціях, коли було вилучено лише поодинокі волосся, проведення експертизи подібності в більшості випадків було безрезультатним [7].

У волоссі досить добре встановлюються антигени системи АВО, що дає можливість виключати або не виключати їх походження від конкретної людини, хоча 25% населення Землі не є видільниками групових антигенів.

За наявності клітинних елементів цибулин проводиться статева диференціація волосся за наявністю в них Х- або Y-хроматину в ядрах клітин, що перебувають у спокої. Перед початком поділу клітинного ядра відбувається ущільнення тяжів хроматину та утворюються хромосоми. У цей час можна досліджувати каріотип.

Волосся людини містить хімічні елементи, які зазвичай визначаються методом емісійно-спектрального аналізу. Основна проблема в тому, що організм не виробляє мікроелементи самостійно, а отримує їх ззовні, з їжі. Пропорції вмісту цих елементів можуть бути різними. При тривалому контакті людини з деякими токсичними хімічними елементами

відбувається накопичення їх у волоссі (барій, свинець, миш'як, ртуть, кадмій, цирконій, олово, вісмут, вольфрам, сурма та ін.) або з'являється вміст нестандартних кількостей типових елементів (кальцій, цинк, мідь, магній, селен, залізо, марганець, хром) [8].

Сьогодні можлива і діагностика вживання наркотиків по волоссю. Призначає СМЕ для визначення наркотичних сполук, якщо справа стосується конфліктної ситуації – дорожньо-транспортна пригода, завдання тілесних ушкоджень тощо. Результат цього дослідження – вагомий аргумент для суду під час встановлення опіки над дитиною. Регулярний моніторинг допомагає своєчасно виявити зрив у пацієнта, який пройшов лікування. Допінг-контроль – дуже схожа процедура для огляду та допуску спортсменів до змагань.

Судмедексперти встановлюють факт вживання наркотиків за їх вмістом в клітинах людського тіла, що ороговіли, – волоссі і нігтях. Справа в тому, що наркотик, потрапляючи в організм людини, майже відразу починає розкладатися і поступово виводиться. Тому за аналізом крові, сечі та тканин вже через досить короткий час важко, а іноді і неможливо визначити, чи вживала людина наркотики. Зазвичай всі хімічні речовини організму потрапляють у волосяну цибулину. Потім клітина цибулини волосся виходить на поверхню шкіри й ороговіє. І в цій клітці речовину можна знайти до тих пір, поки ціле волосся. А волосся зберігається краще, ніж кістки, і зустрічається в доброму стані навіть у стародавніх гробницях.

Дослідження у цій галузі розпочалися ще 1954 року. Спочатку вчені займалися виявленням слідів барбітуратів у шерсті морських свинок. А на початку 80-х в Америці та Європі вперше виявили опіати у волоссі з голови людини [9; 10; 11].

Волосся є однією з найбільш активних в метаболічному аспекті тканин, у зв'язку з чим дає постійну інформацію про активність обміну речовин в організмі. Рівень елементів у волоссі відповідає рівню цих

елементів у внутрішніх тканинах, точніше, ніж у крові та сироватці через дії механізмів, що регулюють їх рівень (гомеостатичні механізми). Надлишок елементів в організмі часто не визначається в сироватці внаслідок їхнього переміщення з крові в тканини. Склад крові може дуже швидко змінюватися, залежно від фізіологічного стану і від способу харчування, а волосся дуже довго зберігає «інформацію», що відклалася в їх структурі [12].

Більшість наркотичних речовин відкладаються всередині волосяного стрижня в малих, але в той же час дозах, що виявляються. Це дозволяє робити точне визначення навіть одноразового прийому речовини в невеликій кількості, що відбувся за кілька місяців до аналізу. Метод виявлення наркотичних речовин по волоссю є найбільш надійним і широко застосовується в Європі та США. Серед переваг цього методу слід зазначити такі як: простоту забору зразків; високу чутливість та достовірність; діагностику одноразового прийому наркотичних препаратів протягом останніх місяців; можливість розрізнити хронічне та одноразове споживання. Волосся, накопичуючи в собі всі елементи, що є в організмі, відображають стан харчування організму протягом останніх кількох тижнів, відтворюють хронологію вживання наркотичних і психотропних речовин. Зразки волосся можуть бути взяті багато місяців після прийому наркотику і з високою точністю визначити в якому місяці, яку речовину і в якій дозі було прийнято. Важливим моментом є можливість взяття зразків навіть у трупа, що широко застосовується у криміналістиці. Після потрапляння в організм наркотична речовина поглинається та надходить у кровоносну систему. Кожне волосся має свою власну систему циркуляції крові, і речовини, що знаходяться в ній, включаючи наркотичні, потрапляють до його структури. Потрапивши до волосся наркотичні речовини акумулюються у ньому. Визначення терміну прийому наркотичних речовин проводиться за зростанням волосся. Волосся росте в

середньому зі швидкістю від 1 до 1,2 см на місяць і служить своєрідною «магнітофонною стрічкою», на якій «записані» всі речовини, які людина приймала. Якщо взяти волосся довжиною 3 см і нарізати його на три рівні частини, то частина, яка знаходиться найближче до кореня, несе інформацію про всі речовини, які людина приймала за останній місяць. Другий сегмент – про речовини, які потрапили в організм за попередній місяць. Третій сегмент розповість про речовини, прийняті три місяці тому. За таким принципом складається картина прийому наркотичних речовин протягом тривалого часу. Якщо ж ці три місяці ми приймемо за один період, то можна встановити, чи людина приймала наркотичні речовини, коли-небудь за останні три місяці. Визначення максимального терміну, протягом якого можна проаналізувати прийом наркотичних речовин залежить від довжини досліджуваного волосся. Для аналізу можуть бути використані зразки волосся (від 15-20 до 50 - 100 волосків) з голови або інших частин тіла (наприклад, пахвова область), проте волосся з голови дає найбільш точні результати, так як волосся з інших частин тіла росте з іншого швидкістю і дають правдивої оцінки періоду, протягом якого вживалися наркотичні речовини, хоча сам факт вживання буде встановлено. Відібрані зразки волосся поміщають кожен окремий конверт і заклеюють. Зразки волосся переносять у лабораторію, де волосся в пробірці обробляють спеціальним органічним розчинником, який розчиняє білковий стовбур волосся і, у процесі цього, вивільняє закріплені в ньому речовини. Отриманий таким чином розчин аналізують на сучасному газовому хроматографі-мас-спектрометрі, який має високу точність виявлення речовин у мінімальних дозах. Список речовин, які можуть бути виявлені при аналізі волосся на наркотики методами газової хроматографії-мас-спектрометрії: амфетамін, метамфетамін, меткатинон, кокаїн, нікотин, метадон, героїн, морфін, кодеїн, всі види барбітуратів, солі, екстазі, спайси, каннабіноїди та аналоги – гашиш, марихуана;

оксибутират натрію та ін. Такі дослідження допомагають і при проведенні ідентифікації особи.

Питання про походження волосся від конкретної людини вирішується при їх порівняльному вивченні. Виявлене волосся на місці пригоди порівнюється із зразками волосся, вилученого у підозрюваного чи жертви, а при необхідності й у інших осіб, які могли залишити такі речові докази на місці пригоди. Зразки вилучають із волосистої частини голови людини з п'яти областей: лобової, потиличної, тім'яної та двох скроневих. Волосся з кожної області беруть у кількості не менше 15–20 штук шляхом зрізання їх біля кореня. При необхідності порівняти цибулинні ділянки волосся їх необхідно вилучати шляхом висмикування з коренем. Якщо виникає необхідність порівняти волосся з інших частин тіла, то необхідно вилучати відповідні зразки [13].

Безпосереднє порівняння волосся проводиться експертом за всіма можливими характеристиками, в першу чергу - за будовою волосся в цілому і характером будови їх окремих частин. Порівнюються ознаки загального плану: довжина, товщина, малюнок кутикули та інших. Аналізуються індивідуалізуючі характеристики: їх наявність чи відсутність на порівнюваному волоссі, можливості зміни цих характеристик з часом або під впливом факторів зовнішнього середовища тощо.

Крім морфологічних характеристик можуть порівнюватися деякі фізичні показники, наприклад, міцність на розрив, опір при пропусканні електричного струму та ін.

Встановлено, що нігті можуть дати обґрунтовану інформацію про статеву, вікову та індивідуальну приналежність. Основні статеві та вікові відмінності виражені на тканинному рівні, індивідуальні – на молекулярному та атомному. В практиці аналізу ДНК зразки нігтів є нестандартними зразкам і їх слід використовувати, якщо немає можливості

взяти стандартний зразок – букальний епітелій (мазок зі слизуватої ротової порожнини).

У разі успішності виділення ДНК із нестандартного матеріалу, точність дослідження так само висока, як і при використанні стандартного.

Для ДНК-дослідження піднігтьового вмісту рук нігтьові зрізи, після їх огляду під стереомікроскопом, замочують у дистильованій воді та потім виділяють надосадову рідину (для визначення наявності крові), та осад, який після висихання і є матеріалом, що використовується для ДНК-аналізу [5].

Таким чином, біологічні сліди людини завжди відігравали велику роль у розкритті та розслідуванні тяжких злочинів. У зв’язку зі зростанням кількості злочинів проти людини під час воєнних дій, масштабна міграція населення використання слідів біологічного походження, які є носіями значущої інформації – потребує професійного підходу. По-перше, якщо виникає необхідність у дослідженні поту, слини, сечі - їх спочатку треба піддати цитологічному дослідженню і за наявності ядровмісних клітин – спробувати виділити ДНК. По-друге, правники та судово-медичні експерти мають знати про те, що вилучені і правильно збережені біологічні зразки до направлення їх на дослідження ДНК - запорука успіху в проведенні слідчих дій та подальших досліджень.

Молекулярно-генетичний аналіз ДНК – лише один з етапів ідентифікації поряд з традиційними методами. Використання технології генотипоскопії в експертизі по ідентифікації людини дозволяє вийти на якісно високий рівень аналізу, оскільки генодактилоскопічні системи мають можливості виключення та вибіркості, які на кілька порядків вищі ніж у традиційних маркерних систем.

Література

1. Про розвиток і вдосконалення судово-медичної служби України : Наказ МОЗ України № 6 від 17.01.1995 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0248-95#Text> (дата звернення: 26.10.2023).
2. Уманський Д. О. Судово-медична ідентифікація особи за допомогою дослідження геномної ДНК у цитологічних препаратах, приготовлених з мікрослідів крові. *Український медичний альманах*. 2012. Т. 15. № 4. С. 101–104.
3. Лісовська Т. П. Генетика : курс лекцій для студентів III курсу біологічного факультету денної і заочної форми навчання. *Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, біологічний факультет, кафедра ботаніки*. Луцьк : Друк ПП Іванюк В.П., 2014. 180 с.
4. Кофанов А. В., Кофанова О. С. Людина як носій ідентифікуючої біологічної інформації. *Вісник ОНДІСЕ*. 2020. Вип. 8. С. 47-57.
5. Михайличенко Б.В., Мішалов В.Д., Біляков А.М., Войченко В.В. Судово-медична експертиза об'єктів біологічного походження за STR локусами ядерної ДНК з використанням полімеразно-ланцюгової реакції : навчально-методичний посібник. Київ, 2012. 83 с.
6. Генотипоскопічна експертиза. URL: https://pidru4niki.com/74908/pravo/genotiposkopichna_ekspertiza (дата звернення: 26.10.2023).
7. Кривда Г. Ф., Дем'янчук А. П., Котельникова В. О., Старовойтова Р. О., Кривда Р. Г. Судово-медичне дослідження речових доказів: навч.-метод. посіб. Херсон : Наддніпряночка, 2014. 460 с.
8. Мікроелементний аналіз волосся «бачить» справжню причину хвороби – пояснює кандидатка медичних наук Ілона Руснак. *Громадське радіо* : вебсайт. 2023. URL:

- <https://hromadske.radio/publications/mikroelementnyy-analiz-volossia-bachyt-spravzhniu-prychynu-khvoroby-poiasniuie-kandydat-medychnykh-nauk-ilona-rusnak> (дата звернення: 26.10.2023).
9. Goldberger B.A., Caplan Y.H., Maguire T., Cone E.J. Testing human hair for drugs of abuse. III. Identification of heroin and 6-acetylmorphine as indicators of heroin use. *Journal of Analytical Toxicology*. 1991. 15(5). P. 226-231. doi: <https://doi.org/10.1093/jat/15.5.226>.
 10. Baumgartner A.M., Jones P.F., Baumgartner W.A., Black C.T. Radioimmunoassay of hair for determining opiate-abuse histories. *J Nucl Med*. 1979. 20(7). P. 748-752.
 11. Musshoff F., Lachenmeier K., Wollersen H., Lichtermann D., Madea B. Opiate concentrations in hair from subjects in a controlled heroin-maintenance program and from opiate-associated fatalities. *Journal of Analytical Toxicology*. 2005. 29(5). P. 345-52. doi: <https://doi.org/10.1093/jat/29.5.345>.
 12. Диагностика - Элементный анализ организма по волосам. *Real health : вебсайт*. URL: https://doctor-ilonarusnak.com/diagnostika?gclid=Cj0KCQjw-NaJBhDsARIsAAja6dPN2HPJXlc0_I0R8TSPLijBDSKjKQRLJfe-KLSpQ3V_3WzzkMT441IaAlmhEALw_wcB (дата звернення: 26.10.2023).
 13. Дослідження волосся. URL: https://stud.com.ua/112943/pravo/doslidzhennya_volossya (дата звернення: 26.10.2023).