

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГАРАЗДЮК МАРТА СЛАВІВНА



УДК 340.66:616.831-001.31-005.1/.4-005.8

**СУДОВО-МЕДИЧНА ОЦІНКА ІНФАРКТУ МОЗКУ, КРОВОВИЛИВІВ
ТРАВМАТИЧНОГО І НЕТРАВМАТИЧНОГО ГЕНЕЗІВ ТА
ВИЗНАЧЕННЯ ДАВНОСТІ ЇХ УТВОРЕННЯ МОРФОЛОГІЧНИМИ ТА
ФІЗИЧНИМИ МЕТОДАМИ**

22 – Охорона здоров'я
14.01.25 – Судова медицина

Реферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора медичних наук

Чернівці – 2025

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в закладі вищої освіти Буковинському державному медичному університеті МОЗ України.

Офіційні опоненти:

доктор медичних наук, професорка **КОЗАНЬ Наталія Миколаївна**,
Івано-Франківський національний медичний університет МОЗ України,
професорка закладу вищої освіти кафедри судової медицини, медичного
та фармацевтичного права;

доктор медичних наук, професор **ФРАНЧУК Валентин Васильович**,
Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачев-
ського МОЗ України, професор закладу вищої освіти кафедри
патологічної анатомії із секційним курсом та судовою медициною,
завідувач курсу судової медицини;

доктор медичних наук, доцентка **ПЛЕТЕНЕЦЬКА Аліна Олександрівна**,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, доцентка
закладу вищої освіти кафедри судової медицини та медичного права,

Захист відбудеться “05” вересня 2025 року о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 76.600.01 Буковинського державного медичного університету МОЗ України (58002, м. Чернівці, Театральна площа, 2).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Буковинського державного медичного університету МОЗ України за адресою: 58002, м. Чернівці, вул. Богомольця, 2, тел.: (0372) – 53-52-43.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 76.600.01



Ігор ОЛІЙНИК

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Черепно-мозкова травма (ЧМТ) є одним із найбільш поширених та складних за своїми наслідками видів механічного ушкодження сьогодення, яка охоплює багато галузей медичної практики, включаючи нейрохірургію, неврологію, реабілітацію, судову медицину тощо, вимагаючи мультидисциплінарного підходу до її вирішення (Maas AIR, 2017; Dewan MC, 2018). Нейрохірурги вказують, що травматичні ушкодження черепа та головного мозку складають 30–40 % усіх травм і займають перше місце за показниками летальності та інвалідизації серед осіб працездатного віку (Asken BM, 2021). За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я щорічно у світі отримують ЧМТ понад 10 млн. осіб, 250-300 тис. із цих випадків завершуються летально. Стосовно України, то частота ЧМТ у різних регіонах представлена показниками від 2,3 до 6 випадків (у середньому 4–4,2) на 1000 населення, відповідно смертність становить 2,4 випадки на 10 тис. населення (для порівняння, у США даний показник представлений цифрами 1,8–2,2) (Maas AIR, 2017). Найчастіше травматичне ушкодження кісток черепа та речовини головного мозку людини є наслідком падіння з висоти та дорожньо-транспортних пригод, причому групою ураження є переважно люди віком до 45 років (M. dell'Aquila, 2021). В умовах сьогодення, в Україні, досить часто ЧМТ спричинена вогнепальними та мінно-вибуховими скалковими пораненнями.

Посмертні зміни біологічних тканин трупа людини супроводжуються складним комплексом змін їхньої морфологічної структури та біохімічного складу (Гараздюк МС, 2024). Об'єктивно такі процеси, окрім традиційних судово-медичних підходів, дозволяють визначати й оцінювати сучасні біофізичні діагностичні техніки, зокрема методи багатопараметричної мікроскопії гістологічних зрізів біологічних тканин органів людини зі статистичним і масштабним-селективним (вейвлет) аналізом фазово-неоднорідних мікроскопічних зображень (Ushenko OG, 2023; Dubolazov AB 2024). На цій основі розроблені методики визначення давності настання смерті на часових інтервалах від 10 год. (тканина мозку) до 111 год. (дерма шкіри, м'язова тканина) (Ushenko YA, 2023). Крім цього, диференційовані причини настання смерті (масивна крововтрата та механічна асфіксія), а також гостра коронарна недостатність (Ванчуляк ОЯ, 2020).

Водночас, на даний момент у джерелах вітчизняної та світової літератури практично повністю відсутні дані про можливість комплексного багатофункціонального об'єктивного моніторингу змін полікристалічної структури речовини головного мозку людини залежно від причини смерті, зумовленої крововиливами травматичного та нетравматичного генезу та часу їх утворення. Одержання таких даних може посприяти удосконаленню та розширенню функціональних можливостей біохімічних і біофізичних методів комплексного дослідження причини смерті та давності утворення крововиливів.

Отже, актуальність дисертаційного дослідження зумовлена необхідністю розробки сукупності судово-медичних об'єктивних критеріїв

диференціації та визначення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезу методами багатофункціональної поляризаційної, диференціальної та 3D Мюллер-матричної мікроскопії (МММ) гістологічних зрізів мозку

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана на кафедрі судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету МОЗ України як фрагмент комплексних науково-дослідних робіт кафедри судової медицини та медичного правознавства: «Експертна діагностика змін біологічних тканин та середовищ людини за морфологічними та лабораторними показниками у вирішенні актуальних питань судово-медичної науки та практики» (номер державної реєстрації 0118U001191), строк виконання 01.01.2018 р. – 31.12.2022 р. та «Використання сучасних морфологічних та фізичних методів для діагностики часу та причини настання смерті, виникнення тілесних ушкоджень, розвитку віддалених та наближених їх наслідків з метою вирішення нагальних завдань правоохоронних органів та актуальних питань судово-медичної науки та практики» (номер державної реєстрації 0123U101978), строк виконання 01.01.2023 р. – 31.12.2027 р. Авторка є співвиконавцем науково-дослідної роботи.

Мета дослідження. Розробка судово-медичних критеріїв диференціації та визначення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезу методами багатофункціональної поляризаційної, диференціальної та тривимірної (3D) Мюллер-матричної мікроскопії гістологічних зрізів мозку.

Для досягнення цієї мети розв'язувалися такі **задачі дослідження:**

Вивчити ефективність традиційних гістологічних методів світлової мікроскопії із фарбуванням гістологічних препаратів за методом Ніссля, Перлса та за Шпільмаєром для диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів.

Вивчити ефективність традиційних методів поляризаційної та азимутально-інваріантної МММ гістологічних зрізів мозку для диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів.

Дослідити нові можливості судово-медичної диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів шляхом застосування новітнього методу диференціального Мюллер-матричного картографування (ММК) полікристалічної складової біологічних шарів.

Виявити додаткові судово-медичні критерії диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів шляхом експериментальної апробації новітнього методу 3D МММ з одержанням серії пошарових Мюллер-матричних зображень оптичної активності і двопротинезаломлення біологічних шарів.

Узагальнити статистичне описання ефективності методів поляризаційної, диференціальної і 3D МММ у диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів.

Провести порівняльне дослідження інформативності (чутливості, специфічності та збалансованої точності) методів поляризаційної, диференціальної і 3D МММ у диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів.

Об'єкт дослідження: морфологічні особливості змін гістоархітекτονіки тканини головного мозку людини та строків їх виникнення при ішемічному та геморагічному інфарктах і внутрішньочерепній травмі.

Предмет дослідження: локалізація, зміни та порушення кровопостачання головного мозку та їх наслідки: особливості діагностичних (Мюллер-матрична поляризаційна, поляризаційно-кореляційна, поляризаційно-фазова дифузійна томографія) і морфологічних проявів ушкоджень і просторових перебудов (гістологічні, поляризаційні, Мюллер-матричні та оптико-анізотропні характеристики) щодо визначення генезу та давності утворення крововиливів травматичного та нетравматичного генезів у судово-медичній оцінці.

У роботі використовували **методи** світлової мікроскопії гістологічних зрізів речовини головного мозку людини, зафарбовані за методами Ніссля, Шпільмаєра та Перлса; поляриметрії (визначалися координатні розподіли значень орієнтаційного та фазового параметрів мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку); азимутально-інваріантного ММК (визначалися координатні розподіли величини Мюллер-матричних інваріантів оптичної активності та лінійного двопроменезаломлення гістологічних зрізів мозку); диференціального ММК (визначалися координатні розподіли значень середніх і флуктуацій величини лінійного та циркулярного двопроменезаломлення і дихроїзму гістологічних зрізів мозку); 3D ММК (визначалися пошарові координатні розподіли величини Мюллер-матричних інваріантів оптичної активності та лінійного двопроменезаломлення гістологічних зрізів мозку); статистичного аналізу (визначалися статистичні моменти 1–4-го порядків); інформаційного аналізу (визначалися операційні характеристики сили методів – чутливість, специфічність і збалансована точність).

Новизна наукових результатів, отриманих у дисертаційній роботі, полягає в тому, що:

Узагальнено судово-медичний аналіз структури біологічних тканин на випадок зразків тканини мозку з багатократним (деполяризуючим лазерне випромінювання) розсіянням.

Успішно використано набір традиційних методів поляризаційної та азимутально-інваріантної МММ гістологічних зрізів мозку для виявлення ефективності диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезу.

Уставлено статистичну достовірність та визначено операційні характеристики методів Стокс-поляриметричного (мапи орієнтаційного та фазового параметрів) та азимутально-інваріантного ММК (мапи Мюллер-матричних інваріантів оптичної активності та лінійного двопроменезаломлення).

Запропоновано та успішно експериментально апробовано дизайн дослідження ефективності судово-медичної диференціації випадків інфаркту мозку, крововиливів травматичного генезу та визначення давності їх утворення методами поляризаційно-кореляційного картографування цифрових мікроскопічних зображень і оптичних проявів полікристалічної структури зразків біологічних препаратів на основі оригінальної структурно-логічної схеми оцінки комплексного ступеня взаємної поляризації (КСВП) і комплексного ступеня взаємної анізотропії (КСВА).

Уперше досліджені нові можливості судово-медичної диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів шляхом застосування та визначення чутливості, специфічності і збалансованої точності новітнього методу диференціального ММК полікристалічної складової біологічних шарів.

Розроблено нові судово-медичні критерії диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів на основі статистичного та інформаційного аналізу одержаного набору мап середніх значень і величини флуктуацій лінійного та циркулярного двопроменезаломлення і дихроїзму.

Одержано пошарові розподіли Мюллер-матричних інваріантів оптичної активності та лінійного двопроменезаломлення для випадків травматичного крововиливу, інфаркту мозку ішемічного і геморагічного генезів на основі поляризаційно-кореляційного та цифрового голографічного підходу до описання мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку.

Уперше на основі застосування 3D ММК біологічних шарів визначені нові об'єктивні судово-медичні критерії диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів та визначена сила методу пошарового сканування розподілів Мюллер-матричних інваріантів оптичної активності та лінійного двопроменезаломлення.

Проведено порівняльний аналіз і визначено збалансовану точність методів багатофункціональної поляризаційної, диференціальної та 3D ММК у диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів.

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи з дослідження судово-медичної диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів є розв'язком важливої судово-медичної наукової проблеми зі створення комплексу методів багатофункціональної поляризаційної, диференціальної та 3D ММК, які є базовими в:

Судово-медичному поляризаційному, диференціальному та 3D ММК дослідженні структури полікристалічних мереж гістологічних зрізів головного мозку для диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів.

Розробці та обґрунтуванні нових високоточних судово-медичних критеріїв диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів на випадок деполяризуючих біологічних шарів.

Розробці та конструюванні нових судово-медичних оптичних систем поляриметрії, які забезпечують можливість статистичного та інформаційного аналізу пошарових мікроскопічних зображень оптичної структури деполяризуючих зразків головного мозку.

Розширенні функціональних можливостей відомих судово-медичних оптичних методів діагностики структури біологічних шарів шляхом поляризаційного відтворення параметрів полікристалічної структури та одержання її пошарових координатних зображень, що забезпечує високу збалансовану точність диференціації та установлення давності утворення травматичних крововиливів і інфаркту мозку ішемічного та геморагічного генезів.

Достовірність наукових результатів, викладених у роботі, визначається застосуванням у теоретичному розгляді сукупності апробованих підходів теорії гістологічного дослідження, поляризації та дифузної томографії, а в експериментальній частині дослідження – надійно апробованих методів гістологічного дослідження, поляризаційно-кореляційного картографування та дифузної томографії мікроскопічних зображень, а також статистичного аналізу. Отримані експериментальні дані підтверджують теоретичні розрахунки як за характером спостережуваних явищ, так і за чисельними значеннями.

Особистий внесок здобувача. Основні результати, що наведені в дисертаційній роботі, отримані автором самостійно. Робота написана самостійно.

Здобувачем проведено огляд літератури та самостійно визначено основні напрями подальших досліджень, сформульовано завдання, обґрунтовано та здійснено експериментальні дослідження. Дисертантом виконано теоретичне обґрунтування експериментальних досліджень, узагальнено їхні результати. У наукових працях і розробках, здійснених у співавторстві, автору належить провідна роль щодо ідеї їхнього написання, збору й обробки дослідного матеріалу, підготовки до друку та розробки всіх супровідних документів. Запозичень ідей і розробок співавторів публікацій не було.

Апробація матеріалів дисертації. Практичні рекомендації, розроблені авторкою, впроваджені в діяльність ДСУ «Чернівецьке обласне бюро судово-медичної експертизи» (затверджено 21.12.2023 р.), ДСУ «Дніпропетровське обласне бюро судово-медичної експертизи» (затверджено 21.12.2024 р.), ДСУ «Житомирське обласне бюро судово-медичної експертизи» (затверджено

17.12.2024 р.), ДСУ «Хмельницьке обласне бюро судово-медичної експертизи» (затверджено 18.12.2024 р.), ДСУ «Тернопільське обласне бюро судово-медичної експертизи» (затверджено 06.09.2024 р.), ДСУ «Луганське обласне бюро судово-медичної експертизи» (затверджено 02.01.2025 р.), ДСУ «Харківське обласне бюро судово-медичної експертизи» (затверджено 08.01.2025 р.), ДСУ «Херсонське обласне бюро судово-медичної експертизи» (затверджено 06.01.2025 р.), ДСУ «Миколаївське обласне бюро судово-медичної експертизи» (затверджено 09.12.2024 р.), ДСУ «Донецьке обласне бюро судово-медичної експертизи» (затверджено 02.01.2025 р.), ДСУ «Київське обласне бюро судово-медичної експертизи» (затверджено 11.12.2024 р.), а також у навчальний процес кафедр судової медицини та права Вінницького національного університету імені М.І. Пирогова (затверджено 03.09.2024 р.); судової медицини та медичного права Національного медичного університету імені О.О. Богомольця (затверджено 20.12.2024 р.); морфології, клінічної патології та судової медицини Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика (затверджено 20.12.2024 р.); біології, гістології, патоморфології та судової медицини Державного закладу «Луганський державний медичний університет» (затверджено 12.12.2024 р.), що підтверджено відповідними актами впровадження.

Результати дисертаційного дослідження доповідалися на численних конференціях, симпозіумах і з'їздах: на 99 Annual Congress of the German Society of Legal Medicine (Lucerne, 2020), 100 Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin (München, 2021), на 101-102 науково-практичних конференціях з міжнародною участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету (Чернівці: БДМУ, 2020-2021), Editorial EDULCP (Buenos Aires, Argentina, 2021), IALM 26TH Triennial Meeting (Athens, 2024), а також на засіданнях кафедри судової медицини та медичного правознавства ЗВО Буковинський державний медичний університет.

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 50 наукових робіт, а саме: 26 статей, зокрема: 14 статей – опубліковано у фахових наукових виданнях України (серед них: 9 статей – одноосібно, 4 статті – у фахових виданнях України, що індексуються в наукометричній базі Scopus), 9 статей – опубліковано в іноземних наукових виданнях із індексацією в наукометричній базі Scopus, 3 статті – у закордонних рецензованих наукових виданнях; 10 тез (з яких 3 тез – одноосібно); за результатами проведеного дослідження отримано 14 патентів України на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена українською мовою на 517 сторінках друкованого тексту, з яких 263 сторінки основного тексту. Робота складається з анотації, переліку умовних позначень, вступу, огляду літератури, опису загальної методики, матеріалу та методів дослідження, шістьох розділів власних досліджень, аналізу та узагальнення результатів дослідження, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел та додатків. Дисертація ілюстрована 113 таблицями та 81 рисунком (у тому числі 46 таблиць та 25 рисунків у додатках до рукопису).

Список використаної літератури містить 629 джерел, зокрема 181 – кирилицею, 448 – латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі наведено аналітичний огляд сучасного стану проблеми експертного встановлення причини смерті від крововиливів травматичного та нетравматичного генезів у речовину головного мозку людини та давності їх утворення на основі об'єктивних доказів і критеріїв визначення конкретного періоду часу, що пройшов з моменту утворення крововиливу до моменту дослідження трупа. Проаналізовано сучасний стан питання об'єктивного визначення причини смерті від крововиливів різного генезу у речовину головного мозку шляхом застосування статистичного, кореляційного та фрактального аналізів поляризаційних і фазових мап мозку. Сформульовано нові завдання судово-медичного диференціації генезу крововиливу та давності його утворення шляхом комплексного (гістологічного та Мюллер-матричного) моніторингу змін анізотропного волокнистого середовища з локальними доменами впорядкування тканини головного мозку в посмертному періоді.

Другий розділ містить систематизовані відомості про використаний у роботі матеріал, застосований комплекс методів і алгоритмів обробки результатів дослідження. За темою роботи були опрацьовані зразки мозку від 300 трупів (по 100 з генезом смерті від крововиливів травматичного генезу, ішемічного та геморагічного інфарктів мозку), які сформували групу дослідження, та від 60 трупів, смерть яких наступила від захворювань серцево-судинної системи, які сформували контрольну групу. Охарактеризовано гістологічний метод, а також методи азимутально-інваріантного ММК та 3D МММ. Наведено дані про алгоритми статистичного й інформаційного аналізів, а також розроблений алгоритм визначення давності утворення ушкоджень.

Морфологічні дослідження проводились відповідно основним положенням Конвенції Європейського Союзу про права людини та біомедицину (1997), а також Гельсінської декларації про етичні принципи медичних досліджень із залученням людей (1964-2008), Директив ЄС № 609 (1986), Наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009. Комісією з питань біомедичної етики Буковинського державного медичного університету (протокол № 6 від 20.02.2025 р.) не виявлено порушень морально-правових норм при проведенні науково-дослідної роботи.

У третьому розділі розглядається роль гістологічних методів у судово-медичній практиці для диференціації причин смерті, пов'язаних із ішемічним інфарктом головного мозку (ІІГМ), крововиливами травматичного генезу (КТГ) та крововиливами нетравматичного генезу (КНГ). Використання світлової мікроскопії із забарвленням за Нісслем, Шпільмеєром та Перлсом дозволило виявити морфологічні зміни у нейронах, мієлінових волокнах і наявність гемосидерину. Зокрема, методика за Нісслем дозволила виявити динаміку нейрональних і гліальних змін при ішемічних інфарктах і

крововиливах: ІГМ характеризувалися прогресуючим хроматолізом, вакуолізацією та майже повною втратою нейронів до 8-14 діб, що супроводжується астрогліальною проліферацією; у КНГ спостерігалася відстрочена нейрональна реакція із заміщенням на гліоз; у КТГ відзначалося раптове гетерогенне ураження з вираженим руйнуванням нейронів, мікророзривами судин, запаленням та аксональним розшаруванням у білій речовині.

Фарбування за Шпільмеєром виявилось високоінформативним для диференціації травматичних ушкоджень: вже на 1-3 добу спостерігалися фрагментовані та набряклі мієлінові волокна; до 4-7 діб відзначалося утворення вогнищ демієлінізації, які до 8-14 діб перетворюються на зони повної втрати мієліну. Ці зміни відрізнялися від більш поступової та дифузної демієлінізації при ішемічних інфарктах.

Реакція Перлса виявила особливості метаболізму заліза: при КНГ та КТГ було виявлене інтенсивне відкладення гемосидерину з 4-7 діб, з піком до 8-14 діб. У випадках ІГМ відзначалася слабка позитивна реакція після 7 діб, що могло бути пов'язаним із вторинною геморагічною інфільтрацією. Залізопозитивні макрофаги та периваскулярний гемосидерин особливо виражені при травматичних ушкодженнях, проте динаміка накопичення пігментів і структурних змін має коливальний характер, що ускладнює точне визначення давності ушкоджень.

Гістологічні методи (Ніссля, Шпільмеєра, Перлса) є ефективними для виявлення морфологічних змін при різних типах ушкоджень мозку, проте ці зміни є неспецифічними та мають обмеження щодо точності визначення давності. У дослідженні коефіцієнт згоди між експертами при використанні традиційних гістологічних методів із забарвленням за методиками Ніссля та Шпільмеєра становив $k=0,57$, що відповідає «помірному» рівню узгодженості. Даний факт свідчить про те, що традиційні методи демонструють лише часткову відтворюваність результатів та залежать від суб'єктивного тлумачення морфологічних ознак, що підкреслює необхідність впровадження більш об'єктивних методів діагностики. Проведені дослідження дозволили дійти висновку про те, що гістологічні методи, хоча й є «золотим стандартом» у судовій медицині, але не забезпечують достатньої специфічності для диференціації генезу та давності крововиливів у головному мозку. Отримані дані підкреслюють необхідність пошуку додаткових методів для підвищення точності діагностики.

У четвертому розділі досліджено застосування цифрової поляризаційної та МММ для диференціації інфаркту мозку, травматичних і нетравматичних крововиливів, а також визначення давності їх утворення. Використано методи Стокс-поляриметричного (СтП) та Мюллер-матричного картографування для аналізу орієнтаційного (ОП) та фазового параметрів (ФП), Мюллер-матричних інваріант лінійного (ММІ ЛД) та Мюллер-матричних інваріант циркулярного (ММІ ЦД) дихроїзму гістологічних зразків головного мозку. Результати показали, що:

1. Метод СтП має низьку діагностичну ефективність (чутливість 50-60 %),

оскільки кратно світлорозсіяння у тканині спотворює поляризаційні параметри.

2. МММ демонструє вищу точність (чутливість до 80 %) завдяки прямому виявленню анізотропії фібрилярних структур, особливо для асиметрії розподілів ММІ ЦД.
3. Часова динаміка змін виявила лінійні трансформації статистичних моментів (зменшення середнього та дисперсії, зростання асиметрії) протягом 12-24 год після смерті, але на довших інтервалах переважають нелінійні зміни.
4. Найвищу точність визначення давності утворення крововиливу (до 50 хв $\pm$ 15 хв) забезпечив метод ММК ММІ ЛД).

Таким чином, незважаючи на обмежену ефективність традиційних методів, МММ є перспективним інструментом для судово-медичної діагностики, особливо при аналізі структурної анізотропії. Для підвищення точності необхідні подальші дослідження, зокрема, комбінація з іншими методами візуалізації.

У п'ятому розділі досліджено застосування поляризаційно-кореляційної мікроскопії для диференціації інфаркту мозку, травматичних та нетравматичних крововиливів, а також визначення давності їх утворення. Використано методи КСВП та КСВА для аналізу дегенеративно-дистрофічних змін у тканині головного мозку.

Ключові результати:

1. Метод КСВП виявив високу чутливість (75-85 %) для диференціації груп, особливо за рахунок аналізу асиметрії (SM_3) та ексцесу (SM_4) розподілів.
2. Часова динаміка показала лінійні зміни статистичних моментів протягом 48 год після смерті, що дозволяє точно (45 хв $\pm$ 15 хв) визначати давність ушкоджень.
3. Метод КСВА продемонстрував ще вищу ефективність (87-90 %) у диференціації груп, зокрема для ішемічних та геморагічних інфарктів.

У підсумку проведених досліджень можна стверджувати про те, що поляризаційно-кореляційна мікроскопія є перспективним інструментом у судовій медицині, забезпечуючи високу точність діагностики генезу та давності патологічних змін. Для подальшого вдосконалення методу рекомендовано дослідження з використанням більших вибірок та комбінації з іншими оптичними методами.

У шостому розділі представлено результати дослідження методів поляризаційно-фазової томографії для судово-медичної оцінки інфаркту мозку, крововиливів травматичного генезу та визначення давності їх утворення. Основна увага приділена аналізу оптичної анізотропії гістологічних зрізів головного мозку за допомогою ММК, що дозволяє вивчати лінійне та циркулярне двопроменезаломлення, а також дихроїзм.

Дослідження показало, що методи поляризаційно-фазової томографії забезпечують високу точність диференціації патологічних станів мозку. Наприклад, лінійне двопроменезаломлення демонструє хорошу (85-92 %) та

відмінну (97-100 %) точність у диференціації груп зразків, тоді як циркулярне двопротенезаломлення має дещо нижчі показники (80-90 %). Лінійний дихроїзм виявився найбільш ефективним для визначення давності утворення крововиливів та інфарктів, з точністю до 30 хв.

Важливим результатом є розширення часового діапазону визначення давності утворення крововиливів до 96 годин, що значно перевищує можливості традиційних методів. Однак зазначається необхідність подальшого дослідження впливу деполяризації лазерного випромінювання на результати томографії.

Таким чином є всі підстави стверджувати, що методи поляризаційно-фазової томографії є перспективними для судово-медичної практики, забезпечуючи високу точність диференціації патологій мозку та визначення давності їх утворення. Подальші дослідження мають бути спрямовані на оптимізацію методик для роботи з деполяризуючими зразками.

У сьомому розділі представлено результати досліджень, що стосуються судово-медичної оцінки інфарктів мозку та травматичних крововиливів, зокрема шляхом використання методів дифузної томографії. Використання структурно-логічної схеми дозволило систематизувати підходи до експериментальної апробації нових методик у судово-медичній практиці. Виявлено, що флуктуації лінійного та циркулярного двопротенезаломлення, а також дихроїзму, надають значну інформацію для диференціальної діагностики та визначення давності патологічних змін у мозковій тканині. Статистичний аналіз показав високу чутливість та специфічність методів, що підтверджує їхню ефективність у клінічному використанні. Загальна точність діагностики для флуктуацій лінійного двопротенезаломлення склала 84-100 %, тоді як для циркулярного – 85-92 %. Чутливість методів варіює від 82 % до 100 %, специфічність – від 80 % до 98,3 %. Визначена точність давності утворення крововиливів шляхом використання методу дифузної томографії розподілів величини флуктуацій лінійного дихроїзму гістологічних зрізів мозку становить $30 \text{ хв} \pm 5 \text{ хв}$ на часовому проміжку 168 год з моменту утворення крововиливу.

Даний фрагмент дослідження дозволив дійти висновку про те, що розроблені методи дифузної томографії демонструють високу точність у судово-медичній практиці, що відкриває нові можливості для диференціальної діагностики інфарктів та травматичних крововиливів, а також сприяє покращенню якості судово-медичних експертиз.

У восьмому розділі досліджено застосування методу 3D MMM для судово-медичної оцінки інфарктів мозку та травматичних крововиливів. Показано, що для фазового перерізу $\Delta = 0,4 \text{ rad}$, збалансована точність міжгрупової диференціації досягає 95-96 % для групи "1"- "2+3+4" і "2"- "4", тоді як для групи "2"- "3" становить 92-93 %. Даним методом встановлено відмінний рівень збалансованої точності міжгрупової диференціації крововиливів травматичного та нетравматичного генезів шляхом обчислення статистичних моментів 3-го і 4-го порядку, які характеризують асиметрію та ексцес розподілів величини лінійного двопротенезаломлення фібрилярних

мереж нервової тканини гістологічних зрізів із відмінною точністю (100 %). У той же час, аналіз показав, що при фазовому перерізі $\Delta = 0,8$ grad спостерігається зниження точності до 89-90 % для групи "1"-2+3+4". При фазовому перерізі $\Delta = 1,2$ grad точність знижується до 73-88 %, що свідчить про значну залежність ефективності методу від фазового зсуву.

На підставі отриманих результатів ми стверджуємо, що метод 3D МММ демонструє високу точність у диференціації випадків інфаркту мозку та КТГ, зокрема за малих фазових зсувів, що підкреслює його потенціал у судово-медичній практиці.

Дев'ятий розділ являє собою аналіз дисертаційної роботи та отриманих результатів, в якому вказано, що сучасні дослідження підкреслюють складність диференціації травматичних і нетравматичних крововиливів у тканину головного мозку людини, що має вирішальне значення для судово-медичної експертизи. Традиційні методи, такі як гістологія, КТ, МРТ, залишаються "золотим стандартом", але мають обмеження щодо точності та об'єктивності. Зокрема, гістологічні методи (забарвлення за Нісслем, Шпільмеєром, Перлсом) демонструють чутливість 83,3-88,9 %, проте їх результати залежать від суб'єктивної інтерпретації.

Інноваційні підходи, такі як поляризаційна мікроскопія (СтП, ММК, 3D ММК), пропонують нові можливості для аналізу структурних змін у тканинах. Вони дозволяють виявляти патологію на мікроскопічному рівні, а також точніше визначати давність ушкоджень (з точністю до 30 хв). Наприклад, метод 3D ММК досягає збалансованої точності 95-100 % при диференціації крововиливів ктавматичного та нетравмтичного генезів.

Порівняльний аналіз показав, що комбінація традиційних і поляризаційних методів підвищує діагностичну ефективність.

Таким чином, розробка нових критеріїв на основі фізико-оптичних методів відкриває перспективи для проведення об'єктивного судово-медичного дослідження, що особливо актуально у складних випадках з обмеженою клінічною інформацією.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена актуальна проблема сучасної судово-медичної практики щодо диференціації причини смерті від крововиливів у речовину головного мозку людини травматичного та нетравматичного генезів та визначення давності їх утворення. Уперше розроблено структурно-логічні схеми і дизайн багатофункціональних Мюллер-матричних поляризаційних, поляризаційно-кореляційних, поляризаційно-фазових і дифузних томографічних досліджень анізотропного волокнистого середовища з локальними доменами впорядкування у нативних гістологічних зрізах мозку.

1. Традиційні гістологічні методи світлової мікроскопії з фарбуванням за Нісслем, Перлсом та Шпільмеєром дозволяють візуалізувати характерні морфологічні ознаки травматичних крововиливів та інфарктів мозку ішемічного й геморагічного генезів: набряк, некроз, гемосидероз, детрит,

реактивну глію. Однак діагностична ефективність цих методів у встановленні генезу та давності ушкоджень є обмеженою й суб'єктивною: правильність класифікації не перевищує 88,3 %, а коефіцієнт згоди (κ) = 0,57 знижується при близьких за часом ушкодженнях та значній морфологічній гетерогенності, що свідчить про різну узгодженість інтерпретацій результатів між експертами. Таке неспівпадіння трактування гістологічної картини обумовлене переважно суб'єктивністю оцінки морфологічних ознак, відсутністю чітких кількісних критеріїв та морфологічною гетерогенністю ушкоджень, що підтверджує необхідність використання більш об'єктивних, математично обґрунтованих методів аналізу.

2. Було виявлено, що традиційні методи поляризаційної й азимутально-інваріантної Мюллер-матричної мікроскопії виявляють достовірні відмінності в анізотропії та двопроменезаломленні мозкової тканини ($p < 0,05$), що відображає дезорганізацію волокнистих структур. Ішемічні інфаркти характеризуються поступовим зниженням анізотропії (-35 ± 4 % за 24 год) і підвищенням флуктуацій через набряк і демієлінізацію; геморагічні – різкою втратою впорядкованості (-50 ± 3 % за 6-12 год), підвищенням асиметрії розподілу через масивний вихід крові й руйнування тканини. Чутливість методу склала 75-81 %, специфічність – 72-76 %, точність – 74 %; визначення давності можливе з точністю не більше, ніж 50 хв $\pm$ 15 хв у інтервалі 12-24 год.

3. Статистично доведено, що диференціальне Мюллер-матричне картографування підвищує об'єктивність кількісної оцінки дезорганізації мозкової тканини, чітко розрізняючи травматичні та нетравматичні ушкодження головного мозку. Травматичні крововиливи відзначаються локалізованістю, вираженою морфологічною гетерогенністю, грубим руйнуванням тканини й високими флуктуаціями й асиметрією (на 15-20 % більшими, ніж при нетравматичних, $p < 0,05$), що морфологічно відповідає наявності детриту, розривів і вираженої реактивної глії. Нетравматичні (ішемічні та геморагічні) ушкодження проявляються більш рівномірною дифузною дезорганізацією з поступовим зниженням анізотропії, помірними флуктуаціями й чіткішими межами ушкодження, з менш вираженою глією та гемосидерозом.

Параметри поляриметричного аналізу достовірно корелюють із морфологічними ознаками генезу ($p < 0,05$), а метод показав вищу інформативність (чутливість – 83 %, специфічність – 85 %, точність – 84 %, похибка визначення давності – до 45 хв $\pm$ 15 хв у проміжках до 48 год), що перевищує можливості традиційних морфологічних підходів.

4. Експериментальна апробація поляризаційно-фазової томографії з пошаровим картографуванням виявила можливість тривимірної візуалізації мікроструктурних змін головного мозку та аналізу їх динаміки. Встановлено, що на ранніх етапах (< 6 год) переважав набряк (зниження лінійної анізотропії на 20-25 %), при 12-24 год – некроз і руйнування волокнистих структур (підвищення флуктуацій та асиметрії на 30-40 %), після 48-72 год – гемосидероз, демієлінізація, формування гліозу (зміни ставали менш вираженими й стабілізувались). Точність визначення давності у проміжку 72-96 год за допомогою поляризаційно-фазової томографії становила 30-35 хв

за рахунок усунення світлорозсіяного фону, перевищуючи інші попередні методи дослідження.

5. Статистичне узагальнення результатів показало значущі відмінності ($p < 0,05$) поляриметричних параметрів залежно від генезу й давності ушкоджень. Визначені діапазони показників дозволяють із точністю $> 85 \%$ класифікувати ушкодження за генезом і відносити їх до часових інтервалів: < 6 год, 6-12 год, 12-24 год, 24-48 год, 48-72 год, 72-96 год, 96-120 год, 120-144 год, 144-168 год. Порівняльне дослідження ефективності поляризаційної, диференціальної та тривимірної Мюллер-матричної мікроскопії у диференціації травматичних крововиливів і інфарктів мозку ішемічного та геморагічного генезів показало такі результати: класичні поляризаційні методи, такі як оптична поляризаційна мікроскопія, демонструють низьку діагностичну ефективність (чутливість 47-50 %, специфічність 48-50 %, точність 60-78 %), що обмежує їх клінічне застосування; диференціальна поляризаційно-кореляційна томографія виявила значно вищі показники (чутливість 80-85 %, специфічність 80-85 %, точність 80-85 %), наближаючись до “золотого стандарту” гістології (83,3-88,9 %); тривимірна Мюллер-матрична мікроскопія досягла відмінних результатів у диференціації груп інфарктів ішемічного та геморагічного генезів, точність якої склала 95-100 %.

6. Порівняльний аналіз методів підтвердив, що нові запропоновані методи (тривимірна Мюллер-матрична мікроскопія, поляризаційно-кореляційна, поляризаційно-фазова й дифузійна томографія) дозволяють визначати давність утворення ушкоджень крововиливів з більшою точністю й у дрібніших часових проміжках, ніж традиційні гістологічні. Так для поляризаційної та Мюллер-матричної мікроскопії діагностичний інтервал становить 12-24 год, точність $50 \text{ хв} \pm 15 \text{ хв}$; для поляризаційно-кореляційної (взаємна поляризація й анізотропія) – давність до 48 год, точність $45 \text{ хв} \pm 15 \text{ хв}$; для поляризаційно-фазової томографії – давність 72-96 год, точність 30-35 хв; для дифузійної томографії – давність до 168 год, точність $30 \text{ хв} \pm 5 \text{ хв}$.

Рівні чутливості, специфічності й точності методів перевищували 85 %, порівняно із “золотим стандартом” (морфологічні: макро- і мікроскопічні (гістологічні) дані). Параметри лінійного й циркулярного двопроменезаломлення, флуктуацій і асиметрії розподілу статистично достовірно корелюють із морфологічними ознаками давності ($p < 0,05$).

7. Додатково було встановлено, що застосування описових статистичних характеристик розподілів вимірюваних оптичних величин – асиметрії (3-й момент) та ексцесу (4-й момент) – підвищує збалансовану точність диференціації між групами ушкоджень. Так було досягнуто: 95-96 % точності при відокремленні контрольної групи від груп патології, зокрема травматичних від ішемічних інфарктів мозку; 92-93 % – між травматичними крововиливами та геморагічними інфарктами; 85-86 % – між геморагічними та ішемічними інфарктами ($p < 0,05$).

Це свідчить про додаткову діагностичну цінність статистичних моментів для об’єктивної оцінки форми розподілу оптичних зображень і, як наслідок, у підвищенні точності судово-медичної диференціації генезу ушкоджень.

8. Розроблений підхід на основі багатофункціональної поляризаційної, диференціальної, тривимірної Мюллер-матричної мікроскопії та їхніх новітніх модифікацій, значно підвищує об'єктивність і доказову силу судово-медичних висновків щодо генезу та давності ушкоджень головного мозку, зменшуючи похибку до $30 \text{ хв} \pm 5 \text{ хв}$ та підвищуючи точність до $> 85 \%$. Методи можуть бути рекомендовані як об'єктивні та відтворювані інструменти для диференціації генезу й визначення давності ушкоджень мозкової тканини в судово-медичній практиці. Результати валідовано на морфологічних (макро- та мікроскопічних) даних, що забезпечує їхню надійність.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

На основі результатів дисертаційного дослідження пропонуються наступні заходи для вдосконалення навчального процесу:

1. Першочерговим завданням є оновлення навчальної програми з урахуванням сучасних методів діагностики. До базових курсів судової медицини необхідно включити модулі, присвячені поляризаційній мікроскопії, Мюллер-матричній томографії та дифузійній томографії, з акцентом на їх застосуванні для диференційної діагностики інфарктів мозку та крововиливів різного генезу. Особливу увагу слід приділити практичному освоєнню методів аналізу поляризаційних карт та інтерпретації статистичних моментів 1-го – 4 - го порядків.

2. Для забезпечення навчального процесу необхідно розробити спеціалізовані підручники та навчальні посібники, які б охоплювали як традиційні гістологічні методи, так і сучасні фізико-оптичні підходи. Доцільно створити практики з розбором клінічних випадків, що включають аналіз гістологічних препаратів, поляризаційних даних і томографічних зображень. Важливим елементом є розробка інтерактивних навчальних модулів з використанням віртуальних симуляторів для навчання навичок інтерпретації отриманих даних.

3. Рекомендується організувати спеціалізовані тренінги з освоєння нових методів діагностики, а також забезпечити можливість стажування у провідних лабораторіях для професорсько-викладацького складу кафедр. Для підвищення ефективності навчання доцільно використовувати кейс-метод, що дозволяє студентам розвивати навички комплексного аналізу експертних матеріалів.

4. Перспективними напрямками є дослідження впливу деполяризації на точність томографічних методів, розробка автоматизованих алгоритмів аналізу даних, а також порівняльні дослідження ефективності різних методів діагностики. Міждисциплінарна співпраця з кафедрами біофізики, кібернетики та патологічної анатомії дозволяє створити комплексні навчальні програми.

5. Впровадження запропонованих заходів дозволить підвищити якість підготовки фахівців у галузі судової медицини та забезпечити їх готовність до використання сучасних методів діагностики в практичній діяльності.

Ключовим аспектом є поєднання теоретичної підготовки з практичним освоєнням інноваційних підходів, що особливо актуально у світовому швидкому розвитку медичних технологій.

На основі проведених досліджень пропонується впровадити наступні практичні підходи до експертної оцінки інфарктів мозку та крововиливів різного генезу, а саме:

1. Комплексне застосування традиційних гістологічних методів із сучасними фізико-оптичними технологіями. Особливу увагу слід приділити Мюллер-матричній мікроскопії, яка демонструє високу точність (до 95-100%) при диференціації травматичних та нетравматичних крововиливів у головний мозок при малих фазових зсувах ($\Delta = 0,4 \text{ rad}$).

2. Для визначення давності утворення патологічних змін рекомендовано використовувати алгоритм, заснований на аналізі часової динаміки статистичних моментів. Метод дифузної томографії забезпечує точність діагностики часу утворення крововиливу $30 \text{ хв} \pm 5 \text{ хв}$ на інтервалі до 168 годин.

3. Слід зазначити, що запропоновані методи вимагають спеціальної підготовки експертів. Рекомендується організовувати спеціалізовані тренінги з інтерпретації поляризаційних даних та роботи з обладнанням. Для стандартизації підходів доцільно розробити уніфіковані протоколи проведення досліджень.

4. Подати до ДСУ «Головне бюро судово-медичної експертизи МОЗ України» для опрацювання у відповідності до чинного законодавства з подачею надалі на затвердження до МОЗ України зміни до «Інструкції про проведення судово-медичної експертизи» та «Правил проведення комісійних судово-медичних експертиз в бюро судово-медичної експертизи» із внесенням запропонованого у дисертації уніфікованого алгоритму проведення диференційної діагностики генезу та давності утворення крововиливів у тканину головного мозку людини.

Впровадження цих рекомендацій у практику судово-медичних експертиз дозволить значно підвищити точність діагностики, особливо у складних випадках, що має важливе значення для об'єктивного встановлення причин смерті та давності утворення патологічних змін. Ключовим аспектом є поєднання високотехнологічних методів з ретельним клініко-морфологічним аналізом, що відповідає сучасним вимогам до якості судово-медичних досліджень.

Принцип розрахунку (ПР) часу утворення крововиливів у речовину головного мозку людини

1. Загальні положення

Розглянуто три випадки з різною давністю утворення крововиливів мозку:

- $T = 11 \text{ год}$;
- $T = 44 \text{ год}$;
- $T = 116 \text{ год}$.

Для визначення давності утворення крововиливів травматичного генезу,

інфаркту мозку ішемічного і геморагічного генезу методами поляриметрії, поляризаційної корелометрії і томографії застосовано наступний аналітичний алгоритм, який було розроблено на основі наших досліджень часових залежностей величини центральних статистичних моментів, що характеризують одержані експериментальні дані про динаміку некротичних змін полікристалічної структури нативних гістологічних зрізів мозку:

$$T^* = T_1 + \left(\Delta T_{12} / \Delta SM_{12} \right) (SM^* - SM_1)$$

Тут:

T_1 - початковий час вимірювань;

ΔT_{12} - попередньо експериментально визначений часовий інтервал лінійної зміни величини центрального статичного моменту;

ΔSM_{12} - попередньо експериментально визначений інтервал зміни величини центрального статичного моменту;

SM^* - виміряне значення величини центрального статистичного моменту для невідомого часу давності ушкодження;

SM_1 - початкове значення (для часу T_1) величини центрального статистичного моменту;

T^* - невідомий час ушкодження.

Приклад:

Дифузна томографія циркулярного дихроїзму нативних гістологічних зрізів мозку

Мапи флуктуацій циркулярного дихроїзму нативних гістологічних зрізів мозку з різною давністю ушкодження (табл.)

Таблиця

Мапи флуктуацій анізотропії циркулярного дихроїзму - $T = 11$ год					
Група	ΔT , год.	ΔSM_i	SM_i^*	T^* , год.	$\tilde{T}$, год.
Група 2	144	2,67	0,53	10,9	-0,1
Група 3	144	4,26	0,77	11,5	+0,5
Група 4	144	3,37	0,63	10,7	-0,3
Мапи флуктуацій анізотропії циркулярного дихроїзму - $T = 44$ год					
Група	ΔT , год.	ΔSM_i	SM_i^*	T^* , год.	$\tilde{T}$, год.
Група 2	144	2,67	1,15	44,3	+0,3
Група 3	144	4,26	1,71	43,6	-0,4
Група 4	144	3,37	1,42	44,5	+0,5
Мапи флуктуацій анізотропії циркулярного дихроїзму - $T = 116$ год					

Група	ΔT , год.	ΔSM_i	SM_i^*	T^* , год.	$\tilde{T}$, год.
Група 2	144	2,67	2,49	116,6	+0,6
Група 3	144	4,26	3,81	115,5	-0,5
Група 4	144	3,37	3,08	115,4	-0,6

Установлено наступні параметри можливість вимірювання всіх випадків з давністю $T = 11$ год. ($\tilde{T}$, год. $\approx -0,4 \div +0,5$); $T = 44$ год. ($\tilde{T}$, год. $\approx -0,4 \div +0,5$) і $T = 116$ год. ($\tilde{T}$, год. $\approx -0,6 \div +0,6$).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Список праць, у яких опубліковані основні результати дисертації:

1. **Garazdiuk M**, Bachynskiy V, Nechytailo O, Garazdiuk O, Malanchuk S. Methods to determine complex degrees of mutual anisotropy for the differentiation of hemorrhages in the human brain substance resulting from traumatic and non-traumatic genesis. Proceedings of CBU in Medicine and Pharmacy. 1. 18-23. 10.12955/pmp.v1.92 (закордонне видання). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

2. **Гараздюк МС**. Судово-медична оцінка крововиливів у головний мозок травматичного та нетравматичного генезу методом багатопараметричної поляризаційної томографії лінійного дихроїзму. Клінічна та експериментальна патологія. 2020;19(1):45-50. doi: [10.24061/1727-4338.XIX.1.71.2020.7](https://doi.org/10.24061/1727-4338.XIX.1.71.2020.7) (Фахове видання України, категорія Б). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

3. **Гараздюк МС**. Цифрова поляризаційна мікроскопія для диференціації крововиливів у головному мозку травматичного і нетравматичного генезів. Буковинський медичний вісник 2020;24(2):23-8. doi: [10.24061/2413-0737.XXIV.2.94.2020.38](https://doi.org/10.24061/2413-0737.XXIV.2.94.2020.38) (Фахове видання України, категорія Б). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

4. **Garazdyuk M**, Savka I, Tomka Yu, Soltys I, Dubolazov O, Dvorjak V. Azimuthally invariant Mueller-matrix microscopy in the differential diagnosis of cerebral infraction. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2020;11509:115090T. doi: [10.1117/12.2568436](https://doi.org/10.1117/12.2568436) (Іноземне видання, що індексується БД Scopus, Q4). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

5. Dubolazov O, **Garazdyuk M**, Vanchulyak O, Zavolovich Y, Tomka Y, Soltys I, et al. Diffuse tomography of brain nerve tissue in the temporary monitoring

of pathological changes in optical anisotropy. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2020;11510:115102Q. doi: [10.1117/12.2568443](https://doi.org/10.1117/12.2568443) (Іноземне видання, що індексується БД Scopus, Q4). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

6. **Garazdiuk MS**, Dubolazov OV, Malanchuk SM. Use of azimuthal-invariant Mueller-matrix images of linear dichroism of histological sections of brain substance for diagnosis of hemorrhage genesis. Reports of Morphology. 2020;26(2):62-6. doi: [10.31393/morphology-journal-2020-26\(2\)-09](https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2020-26(2)-09) (Фахове видання України, що індексується БД Scopus, Q4). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

7. **Гараздюк МС**, Дуболазов ОВ, Тюленєва ВО. Судово-медична диференційна діагностика інфарктів мозку та крововиливів травматичного генезу методом 3D-Мюллер-матричної мікроскопії. Буковинський медичний вісник. 2021;25(1):24-30. doi: [10.24061/2413-0737.XXV.1.97.2021.4](https://doi.org/10.24061/2413-0737.XXV.1.97.2021.4) (Фахове видання України, категорія Б). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

8. **Гараздюк МС**, Дуболазов ОВ. Судово-медична оцінка крововиливів у головний мозок травматичного та нетравматичного генезу методом Мюллер-матричної мікроскопії циркулярного дихроїзму. Буковинський медичний вісник. 2021;25(2):29-34. doi: [10.24061/2413-0737.XXV.2.98.2021.5](https://doi.org/10.24061/2413-0737.XXV.2.98.2021.5) (Фахове видання України, категорія Б). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

9. **Гараздюк МС**. Визначення давності утворення крововиливів травматичного та нетравматичного генезів у речовину головного мозку людини методом реконструкції розподілів величини флуктуацій лінійного дихроїзму. Судово-медична експертиза. 2021;1:25-36. doi: [10.24061/2707-8728.1.2021.4](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2021.4) (Фахове видання України, категорія Б). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

10. **Garazdiuk M**, Bachynskyi V, Nechytailo O, Garazdiuk O. To develop forensic criteria for the differential diagnosis of intracerebral hemorrhage of traumatic and non-traumatic origin using Mueller-matrix microscopy of linear dichroism. Proceedings of CBU in Medicine and Pharmacy. 2021;2:21-4. doi: [10.12955/pmp.v2.165](https://doi.org/10.12955/pmp.v2.165) (Іноземне видання). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

11. **Garazdiuk MS**, Bachynskyi VT. Estimation of the time hemorrhages formation of in the substance of the brain by the time dynamics of changes in the maps of the phase parameter of microscopic images of histological sections of the human brain. In: Proceedings of the III-lea Congres Internațional al Medicilor

Legiști din Republica Moldova, consacrat aniversării a 70 ani de la fondarea Centrului de Medicină Legală; 2021 Sep 30-Oct 02; Chișinău, Republica Moldova. Chișinău; 2021, p. 55-9. **(Іноземне видання).** *(Здобувач проводила відбір матеріалу та підготовку його до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)*

12. **Garazdyuk MS, Bachinsky VT, Hulei L, Ushenko VA, Slyotov M, Fesiv IV, et al.** Laser-induced 3D Mueller-matrix microscopy method for forensic evaluation cerebral infarction, hemorrhagic hemorrhages of traumatic genesis. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2021;12126:121262A. doi: [10.1117/12.2616838](https://doi.org/10.1117/12.2616838) **(Іноземне видання, що індексується БД Scopus, Q4).** *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)*

13. **Garazdyuk MS, Bachinsky VT, Ushenko YuA, Gorodenskiy PA, Gantuyuk VK, Slyotov MM, et al.** Forensic medical assessment of cerebral infarction, hemorrhagic hemorrhages of traumatic genesis and determination of the duration of their formation methods of spectral-selective laser-induced direct polarization-phase tomography. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2021;12126:1212621. doi: [10.1117/12.2616659](https://doi.org/10.1117/12.2616659) **(Іноземне видання, що індексується БД Scopus, Q4).** *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)*

14. **Гараздюк МС.** Диференційні можливості класичних гістологічних методів дослідження для встановлення генезу крововиливу в речовину головного мозку. Судово-медична експертиза. 2021;2:39-45. doi: [10.24061/2707-8728.2.2021.5](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2021.5) **(Фахове видання України, категорія Б).** *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)*

15. **Гараздюк МС.** Використання методу дифузної томографії для дослідження давності утворення крововиливів у речовину головного мозку людини. Неонатологія, хірургія та перинатальна медицина. 2024;14(2):108-15. doi: [10.24061/2413-4260.XIV.2.52.2024.16](https://doi.org/10.24061/2413-4260.XIV.2.52.2024.16) **(Фахове видання України, що індексується БД Scopus, Q4).** *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)*

16. **Гараздюк МС.** Порівняльний аналіз ефективності використання гістологічного та фізико-оптичного методів дослідження давності утворення крововиливів у речовину головного мозку людини. Неонатологія, хірургія та перинатальна медицина. 2024;14(1):125-30. doi: [10.24061/2413-4260.XIV.1.51.2024.18](https://doi.org/10.24061/2413-4260.XIV.1.51.2024.18) **(Фахове видання України, що індексується БД Scopus, Q4).** *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)*

17. **Гараздюк МС, Ушенко ОГ, Дуболазов ОВ.** Поляризаційне відтворення мап структурної анізотропії препаратів головного мозку для диференціальної діагностики крововиливів травматичного та нетравматичного

генезу. Неонатологія, хірургія та перинатальна медицина. 2025;15(1):116-25. doi.org/10.24061/2413-4260.XV.1.55.2025.19 (Фахове видання України, що індексується БД Scopus, Q4). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

18. Гараздюк МС, Ушенко ОГ, Дуболазов ОВ. Метод мюллер-матричної мікроскопії некротичних змін структурної анізотропії речовини головного мозку людини для діагностики причини смерті від крововиливів травматичного та нетравматичного генезів. Буковинський медичний вісник. 2025;29(1):15-24. doi.org/10.24061/2413-0737.29.1.113.2025.3 (Фахове видання України, категорія Б). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

19. Sklyarchuk V, Kinzerska O, **Garazdyuk M**, Kukovska I, Kvasnyuk D. Forensic medical methodology of azimuthally invariant Mueller matrix mapping of histological brain tissue sections from deceased individuals. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2024;12938:129381Q. doi: [10.1117/12.3014294](https://doi.org/10.1117/12.3014294) (Іноземне видання, що індексується БД Scopus, Q4). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

20. Ushenko O, Syvokorovskaya A, Bachinsky V, **Garazdyuk M**, Vanchuliak O, Dubolazov O, et al. Fluorescent microscopy of biological tissues of the dead with the different levels of blood loss. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2020;11581:115810B. [10.1117/12.2580194](https://doi.org/10.1117/12.2580194) (Іноземне видання, що індексується БД Scopus, Q4). (Здобувач проводила відбір речовини головного мозку, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, брала участь у написанні та підготовці статті до друку.)

21. Ushenko YA, Hu Z, Bezhenar IL, Gorsky MP, Dubolazov OV, Bakun O, Mikiran I, **Garazdyuk MS**, et al. Study of the Evolution of Phase Images of the Skin for Differentiation of the Lifetime and Post-mortal Skin Abrasions and the Time of Their Appearance. In: Laser Polarimetry of Biological Tissues. Computer Algorithms for Data Processing in Forensic Age Determination of Injuries. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. Singapore: Springer; 2023, p. 77-93. doi: [10.1007/978-981-99-1734-1_5](https://doi.org/10.1007/978-981-99-1734-1_5) (Іноземне видання, що індексується БД Scopus) (Здобувач проводила відбір зразків, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, брала участь у написанні та підготовці статті до друку.)

22. **Гараздюк МС**. Бачинський В.Т. Диференційна діагностика давності утворення крововиливів травматичного генезу, інфаркту мозку ішемічного і геморагічного генезу методом картографування розподілів величини комплексного ступеня взаємної поляризації. Буковинський медичний вісник 2020;24(3):9-15. doi: [10.24061/2413-0737.XXIV.3.95.2020.65](https://doi.org/10.24061/2413-0737.XXIV.3.95.2020.65) (Фахове видання України, категорія Б). (Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

Наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

23. **Гараздюк МС.** Сучасні можливості діагностики та диференціації крововиливів у головному мозку травматичного та нетравматичного генезів (огляд літератури). Судово-медична експертиза. 2020;2:8-15. doi: [10.24061/2707-8728.2.2020.2](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2020.2) (**Фахове видання України, категорія Б**). *(Здобувач проводила підбір та аналіз літературних джерел, написання та підготовку статті до друку).*

24. **Гараздюк МС.** Аналіз можливостей сучасних методів дослідження для діагностики крововиливів у речовину головного мозку людини (огляд літератури). Судово-медична експертиза. 2024;1:21-9. doi: [10.24061/2707-8728.1.2024.3](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2024.3) (**Фахове видання України, категорія Б**). *(Здобувач проводила підбір та аналіз літературних джерел, написання та підготовку статті до друку).*

25. **Гараздюк МС.** Мюллер-матрична мікроскопія для диференціації геморагічних крововиливів в головному мозку травматичного і нетравматичного генезів. В: Матеріали 101-ї підсумкової наукової конференції професорсько-викладацького персоналу вищого державного навчального закладу України «Буковинський державний медичний університет»; 2020 Лют 10, 12, 17; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2020, с. 24-5. *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання тез).*

26. **Garazdiuk M, Bachynskyi V, Garazdiuk O, Pavliukovych N.** Differentiation of formation of hemorrhages of traumatic genesis, cerebral infarction of ischemic and hemorrhagic genesis by azimuthally invariant Muller-matrix images of optical activity of histological sections of the brain. In: Proceedings of the 99th Annual Congress of the German Society of Legal Medicine; 2020 Apr 01-04; Lucerne, Switzerland. Lucerne; 2020, FM-10. *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання тез.)*

27. **Garazdiuk M, Pavliukovych O, Bachynskyi V, Garazdiuk O.** Estimation of time of formation of traumatic and non-traumatic hemorrhages in human brain substance by Stokes-polarimetric mapping. In: Proceedings of the 99. Annual Congress of the German Society of Legal Medicine; 2020 Apr 01-04; Lucerne, Switzerland. Lucerne; 2020, FM-11. *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання тез.)*

28. **Гараздюк МС.** Використання методу комплексного ступеня взаємної поляризації при дослідженні крововиливів різного генезу у головний мозок для верифікації причини настання смерті. В: Матеріали 102-ї науково-практичної конференції з міжнародною участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету; 2021 Лют 08, 10, 15; Чернівці. Чернівці: БДМУ; 2021, с. 21. *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання тез).*

29. **Garazdiuk MS.** Temporal dynamics of complex degree module maps of microscopic images mutual polarization of brain histological sections to establish the time of hemorrhages formation. В: Матеріали 103-ї науково-практичної конференції з міжнародною участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського

державного медичного університету; 2021 Лют 07, 09, 14; Чернівці. Чернівці: БДМУ; 2022, с. 4. *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання тез).*

30. **Garazdiuk M**, Pavliukovych O, Bachynskiy V, Garazdiuk O. Differential diagnosis of hemorrhage of traumatic origin, cerebral infarction of ischemic and hemorrhagic origin by diffuse tomography of fluctuations of linear dichroism. In: Proceedings of the 100. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin; 2021 Sep 13-16; München, Germany. München; 2021, p. 338. doi: 10.1007/s00194-021-00521-5 *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання тез.)*

31. **Garazdiuk M**, Bachynskiy V, Garazdiuk O, Pavliukovych N. Differentiation of formation of hemorrhages of traumatic genesis, cerebral infarction of ischemic and hemorrhagic genesis by azimuthally invariant Muller matrix images of optical activity of histological sections of the brain. In: Proceedings of the 100. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin; 2021 Sep 13-16; München, Germany. München; 2021, p. 361. doi: [10.1007/s00194-021-00521-5](https://doi.org/10.1007/s00194-021-00521-5) *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання тез.)*

32. **Гараздюк МС**, Тютенєва ВО. Азимутально-інваріантна мікроскопія зрізів речовини головного мозку з крововиливами травматичного генезу як метод визначення давності їх утворення. In: Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference Achievements and prospects of modern scientific research; 2021 Feb 07-09; Buenos Aires, Argentina. Buenos Aires: Editorial EDULCP; 2021; p. 55-6. *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання тез.)*

33. Тютенєва ВО, **Гараздюк МС**. Використання методу диференційного Мюллер-матричного картографування фазової анізотропії лінійного дихроїзму для встановлення давності утворення крововиливів травматичного і нетравматичного генезу. BIMCO Journal. 2021;2021:38. *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання тез.)*

34. Pavliukovych O, **Garazdiuk M**, Bachynskiy V, Pavliukovych N. The Use of the Circular Birefringence Polarization-Phase Tomography Method for the Diagnosis of the Time of Formation of Hematomas of Traumatic and NonTraumatic Origin in the Human Brain. In: Proceedings of the 26th Congress of the International Academy of Legal Medicine (IALM 2024); 2024 May 21-23; Greece. Athens; 2024, p. 88-9. *(Здобувач проводила відбір матеріалу, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання тез.)*

Список праць, які додатково відображають наукові результати дисертації:

35. Litvinenko A, **Garazdyuk M**, Bachinskiy V, Vanchulyak O, Ushenko A, Ushenko Yu, et al. Polarization reconstruction of birefringence of the polycrystalline component of biological tissues with different damage durations. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2020;11509:115090P. doi: [10.1117/12.2568412](https://doi.org/10.1117/12.2568412) **(Іноземне видання, що індексується БД Scopus, Q4).**

(Здобувач проводила відбір зразків головного мозку людини, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)

36. Litvinenko A, **Garazdyuk M**, Bachinsky V, Vanchulyak O, Ushenko A, Ushenko Yu, et al. Multiparametric polarization histology in the detection of traumatic changes in the optical anisotropy of biological tissues. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2020;11510:115102O. doi: [10.1117/12.2568408](https://doi.org/10.1117/12.2568408) (Іноземне видання, що індексується БД Scopus, Q4). *(Здобувач проводила відбір зразків головного мозку людини, підготовку зразків до дослідження, аналіз та статистичну обробку даних, написання та підготовку статті до друку.)*

37. **Гараздюк МС**, Бачинський ВТ, Ванчуляк ОЯ, Ушенко ОГ, Ушенко ЮО, Дуболазов ОВ, та ін., винахідники; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, патентовласник. Спосіб 3D-мюллер-матричної диференційної діагностики та визначення давності утворення крововиливів травматичного генезу, інфаркту мозку ішемічного і геморагічного генезу. Патент України на корисну модель № 145299. 2020 Лис 25. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

38. **Гараздюк МС**, Бачинський ВТ, винахідники; Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», патентовласник. Спосіб встановлення причини настання смерті від крововиливів у головний мозок людини травматичного та нетравматичного генезів методом багатопараметричної поляризаційної томографії лінійного дихроїзму. Патент України на корисну модель № 146983. 2021 Бер 31. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

39. **Гараздюк МС**, Бачинський ВТ, винахідники; Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», патентовласник. Спосіб встановлення причини настання смерті від крововиливів у головний мозок людини травматичного та нетравматичного генезів методом багатопараметричної поляризаційної томографії циркулярного дихроїзму. Патент України на корисну модель № 147635. 2021 Тра 26. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

40. **Гараздюк МС**, Бачинський ВТ, винахідники; Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», патентовласник. Спосіб встановлення давності утворення крововиливів у головний мозок людини травматичного та нетравматичного генезів методом дифузної томографії флуктуацій циркулярного дихроїзму. Патент України на корисну модель № 148345. 2021 Лип 28. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

41. **Гараздюк МС**, Бачинський ВТ, Ванчуляк ОЯ, Ушенко ОГ, Ушенко ЮО,

Дуболазов ОВ, та ін., винахідники; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, патентовласник. Спосіб поляризаційно-кореляційного картографування оптичної анізотропії гістологічних зрізів тканини мозку. Патент України на корисну модель № 145300. 2020 Лис 25. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

42. **Гараздюк МС**, Бачинський ВТ, Ванчуляк ОЯ, Ушенко ОГ, Ушенко ЮО, Дуболазов ОВ, та ін., винахідники; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, патентовласник. Спосіб вектор-параметричної диференційної діагностики та визначення давності утворення крововиливів травматичного генезу, інфаркту мозку ішемічного і геморагічного генезу. Патент України на корисну модель № 145840. 2021 Січ 06. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

43. **Гараздюк МС**, Бачинський ВТ, Ванчуляк ОЯ, Ушенко ОГ, Ушенко ЮО, Дуболазов ОВ, та ін., винахідники; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, патентовласник. Спосіб мюллер-матричної томографії 3D розподілів двопротенезаломлення гістологічних зрізів тканини мозку. Патент України на корисну модель № 145841. 2021 Січ 06. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

44. **Гараздюк МС**, Бачинський ВТ, Ванчуляк ОЯ, Ушенко ОГ, Ушенко ЮО, Дуболазов ОВ, та ін., винахідники; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, патентовласник. Спосіб дифузного мюллер-матричного поляризаційного картографування оптичної анізотропії гістологічних зрізів тканини мозку. Патент України на корисну модель № 146892. 2021 Бер 31. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

45. Ушенко ОГ, Ушенко ЮО, Дуболазов ОВ, Солтис ІВ, Литвиненко ОЮ, **Гараздюк МС**, та ін., винахідники; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, патентовласник. Спосіб мюллер-матричного поляризаційно-флуоресцентного детектування і моніторингу змін мап двопротенезаломлення препаратів біологічних тканин. Патент України на корисну модель № 155511. 2024 Чер 03. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

46. Ушенко ОГ, Ушенко ЮО, Дуболазов ОВ, Солтис ІВ, Литвиненко ОЮ, **Гараздюк МС**, та ін., винахідники; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, патентовласник. Спосіб поляризаційно-інтерференційного детектування мап локального контрасту інтерференційних зображень для моніторингу змін двопротенезаломлення препаратів біологічних тканин. Патент України на корисну модель № 155510. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

47. Ушенко ОГ, Ушенко ЮО, Дуболазов ОВ, Солтис ІВ, Литвиненко ОЮ, **Гараздюк МС**, та ін., винахідники; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, патентовласник. Спосіб поляризаційно-матричного флуоресцентного детектування і моніторингу змін мап дихроїзму препаратів біологічних тканин. Патент України на корисну модель № 156081. 2024 Тра 08. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

48. Ушенко ОГ, Ушенко ЮО, Дуболазов ОВ, Солтис ІВ, Литвиненко ОЮ, **Гараздюк МС**, та ін., винахідники; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, патентовласник. Спосіб 3D цифрового голографічного пошарового детектування і моніторингу змін мап двопротинне-заломлення препаратів біологічних тканин. Патент України на корисну модель № 156595, 2024 Чер 17. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

49. Ушенко ОГ, Ушенко ЮО, Дуболазов ОВ, Солтис ІВ, Литвиненко ОЮ, **Гараздюк МС**, та ін., винахідники; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, патентовласник. Спосіб поляризаційно-інтерференційного детектування мап локального контрасту інтерференційних зображень для моніторингу змін дихроїзму препаратів біологічних тканин. Патент України на корисну модель № 155509. 2024 Бер 06. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту. Здобувачем проведено тестування методики.)*

50. Ушенко ОГ, Ушенко ЮО, Дуболазов ОВ, Солтис ІВ, Литвиненко ОЮ, **Гараздюк МС**, та ін., винахідники; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, патентовласник. Спосіб 3D-Мюллер-матричного пошарового детектування і моніторингу змін мап дихроїзму препаратів біологічних тканин. Патент України на корисну модель № 156080. 2024 Тра 08. *(Здобувач провела інформаційно-патентний пошук, експериментальне дослідження, оформлення й відправлення заявки та матеріалів патенту, тестування методики.)*

АНОТАЦІЯ

Гараздюк М.С. Судово-медична оцінка інфаркту мозку, крововиливів травматичного і нетравматичного генезів та визначення давності їх утворення морфологічними та фізичними методами.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора медичних наук галузі знань 22 «Охорона здоров'я» за науковою спеціальністю 14.01.25 «Судова медицина». – Буковинський державний медичний університет, Чернівці, 2025.

Дисертаційна робота присвячена судово-медичній оцінці інфарктів мозку та крововиливів травматичного і нетравматичного генезу, а також визначенню давності їх утворення за допомогою морфологічних та фізичних методів. Актуальність теми зумовлена високою частотою черепно-мозкових травм (ЧМТ), які є одними з найпоширеніших причин летальності та

інвалідизації серед працездатного населення. У роботі розглянуті сучасні методи діагностики, включаючи традиційні гістологічні техніки, поляризаційну та 3D Мюллер-матричну мікроскопію, а також їх ефективність у диференціації причин смерті.

У рамках дослідження було проведено порівняльний аналіз гістологічних зразків мозку від 300 трупів з різним генезом смерті. Встановлено, що традиційні гістологічні методи мають обмежену специфічність при визначенні давності утворення крововиливів. Натомість, застосування 3D Мюллер-матричної мікроскопії забезпечує високу точність (до 100 %) у диференціації випадків інфаркту мозку та геморагічних крововиливів.

Методи поляризаційно-кореляційної мікроскопії продемонстрували чутливість до 90 % у встановленні генезу патологій при аналізі асиметрії та ексцесу розподілів. Дослідження також показало, що часові зміни в морфології мозкової тканини можуть бути об'єктивно оцінені, зокрема, часова динаміка змін статистичних моментів вказує на можливість визначення давності утворення крововиливів до 96 годин.

Результати дисертаційної роботи мають практичне значення для судово-медичної експертизи, оскільки сприяють удосконаленню діагностичних методик та розробці нових критеріїв для оцінки причин смерті. Розроблені підходи можуть бути впроваджені у практику обласних бюро судово-медичної експертизи, що підвищить ефективність розслідування кримінальних справ, пов'язаних з ЧМТ.

Ключові слова: черепно-мозкова травма; давність утворення ушкоджень; матриця Мюллера; лазерна поляриметрія; біологічні тканини; діагностика; гістологічні зрізи; лазер; поляризація; статистичні моменти 1-4 порядків; ішемічний інфаркт мозку; геморагічний інфаркт мозку; гостра ішемія; судово-медична експертиза; судова медицини.

ABSTRACT

Garazdiuk M.S. Forensic evaluation of brain infarction, hemorrhages of traumatic and non-traumatic genesis and determination of the time of their formation by morphological and physical methods.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Medical Sciences in the specialty 14.01.25 "Forensic Medicine". – Bukovyna State Medical University, Chernivtsi, 2025.

This dissertation presents a comprehensive study on the forensic medical evaluation of brain infarction and hemorrhages of both traumatic and non-traumatic genesis, as well as the determination of the time of their formation utilizing morphological and physical methods. The significance of this research is highlighted by the alarming statistics surrounding traumatic brain injuries (TBI), which constitute 30-40% of all trauma cases and represent the leading cause of mortality and disability among working-age individuals. Globally, over 10 million people suffer from TBIs annually, with 250,000 to 300,000 cases resulting in death, while

the incidence in Ukraine ranges from 2.3 to 6 cases per 1,000 population, with a mortality rate of 2.4 per 10,000.

This dissertation emphasizes the necessity for a multidisciplinary approach in addressing TBIs, involving fields such as neurosurgery, neurology, rehabilitation, and forensic medicine. The study systematically reviews the current state of forensic methodologies concerning the determination of causes of death related to brain hemorrhages, focusing on the objective criteria for assessing the time elapsed since the onset of hemorrhage until post-mortem examination.

A total of 300 brain samples from deceased individuals were analyzed, including 100 samples each from cases of traumatic hemorrhage, ischemic infarction, and hemorrhagic infarction, alongside a control group of 60 samples from individuals who died from cardiovascular diseases. Traditional histological methods, including Nissl staining, Shpil-Mayer staining, and Perl's reaction, were evaluated for their effectiveness in differentiating and establishing the age of traumatic hemorrhages and brain infarcts. The results indicated that these methods, while essential, do not provide sufficient specificity for accurate differentiation of the genesis or age of hemorrhages.

In contrast, advanced techniques such as differential Mueller-matrix microscopy (MMM) demonstrated a significant improvement in diagnostic accuracy. For instance, MMM achieved a balanced accuracy of 95-96% for group differentiation between traumatic and non-traumatic origins, with sensitivity levels ranging from 82% to 100%. The study also revealed that the time dynamics of changes in statistical moments indicated a capacity to determine the age of hemorrhages within 24 hours, with a margin of error of $50 \text{ min} \pm 15 \text{ min}$.

Moreover, the research introduced new forensic medical criteria based on statistical and information analysis of the obtained datasets, highlighting the importance of polarimetric and phase tomographic methods in forensic applications. Findings showed that the time of formation of traumatic hemorrhages could be accurately determined within 168 hours, depending on the applied method, with the highest precision achieved through polarimetric approaches, which demonstrated accuracy up to $30 \text{ min} \pm 10 \text{ min}$.

The practical implications of these findings extend to the enhancement of forensic diagnostic methods, providing a robust framework for the differentiation and assessment of brain injuries. The integration of these advanced methodologies into forensic practice promises to improve the accuracy of evaluations related to the causes of death and the timing of injuries, addressing a critical need within the field of forensic medicine. This dissertation not only fills a significant gap in the existing literature but also lays the groundwork for future research aimed at refining diagnostic techniques for brain injuries.

Key words: traumatic brain injury; age of injury; Muller matrix; laser polarimetry; biological tissues; diagnosis; histological sections; laser; polarization; statistical moments 1-4 orders; ischemic cerebral infarction; hemorrhagic cerebral infarction; acute ischemia; forensic medical examination; forensic medicine.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ІГМ	– ішемічний інфаркт мозку;
КНГ	– крововилив нетравматичного генезу;
КСВА	– комплексний ступінь взаємної анізотропії;
КСВП	– комплексний ступінь взаємної поляризації;
КТ	– комп'ютерна томографія;
КТГ	– крововилив травматичного генезу;
ММІ ЛД	– Мюллер-матричний інваріант лінійного дихроїзму протеїнових мереж гістологічного зрізу мозку;
ММІ ЦД	– Мюллер-матричний інваріант циркулярного дихроїзму протеїнових мереж гістологічного зрізу мозку;
ММК	– Мюллер-матричне картографування;
МММ	– Мюллер-матрична мікроскопія;
ОП	– операційний параметр;
СтП	– Стокс-поляриметрія;
ФП	– фазовий параметр;
ЧМТ	– черепно-мозкова травма;
ЗД	– тривимірне дослідження.