

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНА МЕДИЧНА АКАДЕМІЯ  
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ імені П.Л. ШУПИКА**

**БАЧИНСЬКИЙ Віктор Теодосович**

УДК 61:340.6:616.5-003.42+611.018]-079.7:615.849.19“712.98”

**ЛАЗЕРНА СПЕКТРОФОТОМЕТРІЯ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН  
ЛЮДИНИ В РОЗРОБЦІ ОБ'ЄКТИВНИХ КРИТЕРІЇВ ВИЗНАЧЕННЯ  
ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ ТА ЧАСУ УТВОРЕННЯ  
ГЕМАТОМ**

14.01.25 – судова медицина

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня

доктора медичних наук

Київ – 2009

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Буковинському державному медичному університеті МОЗ України

**Наукові консультанти:** доктор медичних наук, професор **Мішалов Володимир Дем'янович**, Національна медична академія післядипломної освіти імені

П.Л. Шупика, завідувач кафедри судової медицини доктор фізико-математичних наук, професор, **Ушенко Олександр Григорович**, Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича, завідувач кафедри оптики і спектроскопії, проректор з наукової роботи

**Офіційні опоненти:** доктор медичних наук, професор **Михайличенко Борис Валентинович**, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця МОЗ України, завідувач кафедри судової медицини

доктор медичних наук, професор **Ольховський Василь Олексійович**, Харківський державний медичний університет МОЗ України, завідувач кафедри судової медицини та основ права імені Заслуженого професора М.С. Бокаріуса

член-кореспондент АПН України, доктор фізико-математичних наук, професор **Чалий Олександр Васильович**, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця МОЗ України, завідувач кафедри медичної та біологічної фізики

Захист відбудеться «27» березня 2009 року о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.613.03 при Національній медичній академії післядипломної освіти імені П.Л. Шупика МОЗ України за адресою: 04112, м. Київ, вул. Оранжерейна, 9.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національної медичної академії післядипломної освіти імені П.Л. Шупика за адресою: 04112, м. Київ, вул. Дорогожицька, 9.

Автореферат розісланий «24» лютого 2009 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,  
доктор медичних наук, професор

**Сільченко В.П.**

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Дослідження проведені післясмертних морфологічних змін основних типів тканин людини та травматичних макронеоднорідностей її органів для встановлення давності настання смерті (ДНС) людини або часу формування гематом (ЧФГ) – один із головних розділів судової танатології та судової медицини (Попов В.Л., 2002; Деньковский А.Р., та спів., 1998). Досягнення науки і техніки та розробка на їх основі нових методів діагностики в медицині дозволяють знайти нові підходи до розвитку та розв'язання цієї судово-медичної проблеми.

Перспективні в цьому напрямі неінвазивні оптичні методи діагностики структури біологічних тканин (БТ) із використанням комплексу фотометричних, поляризаційних, спектральних і кореляційних методик (Ushenko A. G., Pishak V. P., 2004, 2007). Зазначені методи вивчення явища світлорозсіювання БТ та їх макронеоднорідностей дозволяють реалізувати пошук взаємозв'язків даних динаміки післясмертних змін досліджуваних тканин організму або ЧФГ тих чи інших органів із сукупністю об'єктивних фотометричних, поляризаційних, спектральних і кореляційних параметрів їх оптичних зображень. На цій основі відкриваються можливості об'єктивного і більш точного визначення часового проміжку, що пройшов із моменту настання смерті людини або формування гематоми її органів. Такий підхід реалізується в спектрофото-поляриметричному методі лазерної оптики, заснованому на використанні поляризації лазерних пучків різних довжин хвиль і моделюванні матричними операторами властивостей тканин або гематом органів людини будь-яких типів (Shuliang Jiao, Gang Yao, 2000, 2002). Із судово-медичного погляду доцільне комплексне спектрофотополяриметричне лазерне дослідження зображень основних типів БТ трупа людини та їх гематом у часовій динаміці, що перспективно для визначенням ДНС і ЧФГ.

У загальному випадку застосування лазерів у медичних дослідженнях ґрунтується на використанні широкого кола явищ, пов'язаних з різними ефектами взаємодії світла з біологічними об'єктами. Зокрема, використання лазерів у оптиці світлорозсіювання зумовило розвиток іншого напрямку досліджень, пов'язаного з дослідженням двовимірних розподілів оптичних параметрів зображень біологічних об'єктів (Angelsky O. V., 2005). Тому актуальна розробка нових підходів та засобів аналізу розподілів станів поляризації і фаз світлових коливань зображень БТ у різних спектральних діапазонах, ефективних для розв'язання завдань визначення та моніторингу їх змін, пов'язаних із ДНС або ЧФГ. В основу такого підходу покладено сукупність методів лазерної спектрофотополяриметрії, які поєднують розвиток традиційних однохвильових методів еліпсометрії (Everett M. J., 1998) з розробкою нових методів поляризаційної та спектральної фазометрії лазерних зображень основних типів БТ людини та гематом її органів.

Актуальність такого напрямку діагностики пов'язана з тим, що, з одного боку, широкого розповсюдження набули методи лазерної когерентної поляриметричної діагностики структури БТ (Angelsky O. V., 2005), з іншого, - до останніх років комплексно спектрофотополяризаційні характеристики лазерного випромінювання, що розповсюджується в біооб'єктах, практично в судовій медицині не вивчалися.

Методи лазерної спектрофотополяриметрії (ЛСФП) дають нову та об'єктивну інформацію про динаміку зміни морфологічної структури БТ (Ванчуляк О. Я., 2005), пов'язану з визначенням ДНС або ЧФГ різних органів людини.

Тому можна стверджувати, що ЛСФП БТ – один із найбільш перспективних напрямів подальшого розвитку в плані визначення взаємозв'язку морфологічної структури основних типів БТ і гематом органів людини з часовою динамікою зміни їх оптичних параметрів, а відповідно і з установленням ДНС і ЧФГ.

Отже, актуальність дисертаційного дослідження зумовлена необхідністю розробки нових підходів до визначення ДНС і ЧФГ, пошуку і розробці комплексу нових методів об'єктивної спектральної, поляризаційної та фазової лазерної діагностики й моніторингу змін параметрів основних типів БТ людини та макронеоднорідностей її органів для розробки об'єктивних критеріїв судово-медичного визначення ДНС і ЧФГ.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційне дослідження є складовою комплексної науково-дослідницької роботи кафедри патоморфології та судової медицини із кафедрою травматології, ортопедії та нейрохірургії Буковинського державного медичного університету “Розробити фізичні та біомеханічні методи моделювання діагностики та лікування переломів кісток та їх наслідків” (№ державної реєстрації 01.05.U.002943 за шифром ІН.23.00.0001.05). Автор виконав фрагмент на тему “Лазерна спектрофотоμεтрія біологічних тканин людини в розробці об'єктивних критеріїв визначення давності настання смерті та часу утворення гематом”

### **Мета і завдання дослідження**

Метою дисертаційної роботи була розробка комплексу нових судово-медичних методів і об'єктивних критеріїв установлення давності настання смерті та часу формування гематом шляхом спектрофотополяриметричного і фазового дослідження часової динаміки післясмертних змін лазерних зображень гістологічних зрізів БТ і гематом органів людини.

Для досягнення цієї мети були поставлені такі завдання.

1. Вивчення взаємозв'язків між поляризаційними (розподіли азимутів, еліптичностей поляризації, параметрів вектора Стокса, елементів матриці Мюллера) параметрами лазерних зображень основних типів БТ трупа людини і гематом внутрішніх органів у різних спектральних діапазонах і часовій динаміці їх післясмертних морфологічних змін.

2. Розробка принципів судово-медичної лазерної спектрофотополяриметрії та фазометрії біологічних структур трупа людини.

3. Установлення ефективності кореляційного аналізу (автокореляційні функції і спектри потужності) двовимірних розподілів поляризаційно неоднорідних зображень гістологічних зрізів основних типів біологічних тканин при визначенні давності настання смерті.

4. Розробка основних принципів фазометрії мікроскопічних зображень основних типів БТ і гематом органів трупа людини для визначення давності настання смерті та часу формування гематом.

5. Дослідження можливостей комплексної лазерної спектрофотополяриметрії зображень гістологічних зрізів основних типів

біологічних тканин трупа людини в різних спектральних ділянках з одночасною розробкою й обґрунтуванням комплексу статистичних і кореляційних критеріїв об'єктивного визначення ДНС.

6. Пошук взаємозв'язку між змінами поляризаційної структури спектральних лазерних зображень гематом органів людини та часом їх виникнення.

7. Розробка одно- і двохвильових методів лазерної поляриметрії гематом для об'єктивного встановлення часу їх формування.

8. Обґрунтування принципів і розробка практичних рекомендацій з використанням у судово-медичній практиці спектрофотополяриметрії та фазометрії лазерних зображень гістологічних зрізів тканин і гематом органів трупа людини для об'єктивізації встановлення ДНС і ЧФГ.

*Об'єкт дослідження:* зміни поляризаційних і фазових властивостей лазерних спектральних зображень основних типів БТ і гематом людини у післясмертному періоді.

*Предмет дослідження:* лазерна поляриметрія і спектральна фазометрія зображень основних типів БТ і гематом людини у післясмертному періоді; часова динаміка післясмертних змін БТ і гематом органів людини та зміни поляризаційних, матричних, фазових кореляційних і статистичних параметрів їх спектральних лазерних зображень.

*Методи дослідження:* мікроскопія (зображення гістологічних зрізів БТ у поляризованому лазерному світлі при різних довжинах хвиль); поляриметрія (вимірювання координатних розподілів азимутів і еліптичностей поляризації, параметрів вектора Стокса зображень БТ і елементів їх матриці Мюллера); фазометрія (вимірювання координатних розподілів фазових зсувів спектральних лазерних зображень БТ і гематом органів людини), статистична і кореляційна обробка результатів дослідження.

### **Наукова новизна одержаних результатів**

Вперше запропоновано комплекс методів лазерної спектрофото-поляриметрії та фазометрії для моніторингу часових післясмертних морфологічних змін основних типів БТ і гематом органів людини, який базується на універсальній моделі їх зображення у вигляді двокомпонентної аморфно-кристалічної структури.

Вперше розроблені судово-медичні принципи об'єктивного визначення ДНС і ЧФГ за допомогою взаємодоповнюючого статистичного і кореляційного підходів аналізу одержаної оптичної інформації.

Вперше виявлено, що часова динаміка трупних змін основних типів БТ людини супроводжується змінами структури їх мікроскопічних поляризаційних зображень. На цій основі встановлена сукупність взаємозв'язків між змінами координатних розподілів азимутів і еліптичностей, параметрів вектора Стокса поляризаційних зображень і елементів матриць Мюллера гістологічних зрізів біологічних тканин і величинами часових інтервалів після настання смерті.

Вперше визначено, що процеси трансформації структури гематом органів людини, які зумовлені динамікою їх післясмертних змін, зменшують відносні значення ступеня деполіризації лазерного випромінювання в різних спектральних діапазонах.

Вперше доведено прямий зв'язок між зміною середнього, дисперсії, асиметрії та ексцесу координатного розподілу ступеня деполіризації та ЧФГ.

Вперше встановлено, що визначення статистичної та кореляційної структури (статистичні моменти 1-го – 4-го порядків розподілів інтенсивності, напівширина

та дисперсія автокореляційних функцій) мікроскопічних зображень гістологічних зрізів основних типів БТ і гематом органів людини комплексно зумовлює підвищення точності визначення ДНС і ЧФГ у проміжку від 1 до 140 год після смерті.

Вперше реалізовано спектральну двохвильову фазометрію гістологічних зрізів основних типів БТ і гематом органів людини, що забезпечило можливості встановлення ДНС і ЧФГ у проміжку в різних спектральних діапазонах ( $\lambda_1 = 0,632 \mu m$  і  $\lambda_2 = 0,414 \mu m$ ) та реалізацію максимального інтервалу визначення ДНС для структурованих (1 год – 120 год, тканина міокарда) і паренхіматозних тканин (1 год – 32 год, тканина селезінки).

Отримано 4 деклараційні патенти України на корисну модель: «Спосіб визначення давності настання смерті за допомогою кореляційного аналізу часових змін структури лазерних зображень біологічних тканин трупа людини», «Спосіб визначення давності настання смерті за допомогою поляризаційного картографування біологічних тканин трупа людини», «Спосіб визначення давності настання смерті за допомогою фазометрії лазерних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин трупа людини», «Спосіб визначення часу формування гематом за допомогою статистичного аналізу поляризаційних зображень біологічних тканин трупа людини».

#### **Практичне значення одержаних результатів**

Одержані під час досліджень наукові результати дозволяють отримувати сучасні, науково обґрунтовані, об'єктивні дані про ДНС і ЧФГ.

Отримано комплекс нових судово-медичних критеріїв об'єктивного встановлення ДНС і ЧФГ шляхом використання комплексу методів лазерної спектрофотополариметрії та фазометрії основних типів БТ і гематом органів людини та статистичному і кореляційному аналізу їх зображень.

Результати роботи з лазерної спектрофотополариметрії та фазометрії гістологічних зрізів основних типів БТ і гематом органів людини вказують на закономірний характер їх змін у різних післясмертних періодах, що актуально для:

1. Розробки комплексу спектрофотополариметричних і фазових лазерних методів об'єктивного визначення ДНС шляхом статистичного і кореляційного аналізу післясмертних змін структури зображень основних типів БТ трупа людини;

2. Зменшення похибки та розширення інтервалу визначення ДНС, яка при спектрофотополариметричному і фазовому аналізі мікроскопічних зображень БТ різної морфології складає 1 – 3 години протягом 200 год, що недосяжно при застосуванні традиційних методів судової медицини;

3. Розробки лазерного методу двохвильової фазометрії, ефективного для об'єктивного визначення ЧФГ органів людини з точністю до 30 хв протягом 120 годин.

4. Використаний комплексний оптико-фізичний підхід до дослідження статистичної і кореляційної структури зображень основних типів БТ і гематом органів людини може бути застосований при розробці та конструюванні нових судово-медичних оптичних систем, які забезпечують можливість об'єктивного високоточного встановлення ДНС і ЧФГ у післясмертному періоді різної тривалості від 1 до 200 год.

Результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальну роботу кафедри патоморфології та судової медицини Буковинського державного медичного університету, кафедр судової медицини Національної медичної академії

післядипломної освіти імені П.Л. Шупика, Івано-Франківського державного медичного університету, Харківського національного медичного університету і практичну роботу відділу судово-медичної експертизи трупів, а також судово-медичної криміналістики Бюро судово-медичної експертизи Головного управління охорони здоров'я і медичного забезпечення Київської міської державної адміністрації, бюро судово-медичної експертизи управлінь охорони здоров'я Дніпропетровської, Чернівецької, Тернопільської, Житомирської, Закарпатської та Херсонської обласних державних адміністрацій та Республіканського бюро судово-медичної експертизи МОЗ АРК.

#### **Особистий внесок здобувача**

Основна частина виконаних досліджень здійснена з 2007 по 2008 р.р., хоча роботи, які лягли в основу даної дисертації, почалися ще з 1999 р. Здобувач особисто провів пошук тематичної наукової літератури та провів аналіз отриманих даних, визначив мету, основні напрями та завдання роботи, провів патентно-інформаційне дослідження.

Особисто автором розроблено протоколи морфологічних досліджень, карти експериментальних та експертних спостережень, проведено забір БТ, подальше дослідження та статистична обробка, набір та узагальнення отриманих результатів досліджень.

Автором написані всі розділи даної дисертаційної роботи, викладені основні наукові положення, сформульовані висновки та практичні рекомендації.

Дисертантом розроблено чотири деклараційних патенти на корисну модель (один у співавторстві).

#### **Апробація результатів дисертації**

Наукові положення та висновки, викладені в роботі, доповідалися та обговорювалися на Міжнародних конференціях "Correlation Optics" (Чернівці, 1999 р.); "Coherent Optics of Ordered and Random Media" (Саратов, 2000р.); "Laser Physics and Photonics, Spectroscopy, and Molecular Modeling III; Coherent Optics of Ordered and Random Media III" (Саратов, 2002 р.); нараді-семінарі начальників Бюро судово-медичної експертизи України (Ужгород, 2007 р.); щорічних наукових конференціях співробітників Буковинського державного медичного університету (2002-2008 р.р.); другій міжнародній науково-практичній конференції судових медиків і криміналістів присвяченої 60-річчю Харківського товариства судових медиків і криміналістів ім. проф. М.М. Бокаріуса (Харків, 2008 р.); Міжнародній конференції "Eighth International Conference on Correlation Optics" (Чернівці, 2007 р.); засіданнях судово-медичних експертів обласного Бюро судово-медичної експертизи управління охорони здоров'я Чернівецької обласної державної адміністрації (2002-2008 р.р.), на спільному засіданні наукової комісії, кафедри патоморфології та судової медицини, Буковинського державного медичного університету та лікарів-судово-медичних експертів Чернівецького обласного бюро судово-медичної експертизи (Чернівці, 2008 р.).

#### **Публікації**

Основні наукові положення дисертації викладені у 25 наукових публікаціях (12 одноосібних), що вийшли у фахових виданнях і 3 монографіях; одержано чотири деклараційних патенти на корисну модель, (один у співавторстві).

#### **Структура та обсяг дисертації.**

Робота викладена на 327 сторінках комп'ютерного друку, складається зі вступу, семи розділів, висновків, практичних рекомендацій, містить 184 рисунки, 105

таблиць. Список джерел літератури налічує 223 позиції. Бібліографічний опис джерел літератури викладений на 25 сторінках і містить 84 джерела кирилицею та 139 латиницею.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Під час виконання даної роботи досліджено гістологічні зрізи БТ від 100 осіб різної статі віком від 25 до 90 років, які померли від хронічної ішемічної хвороби серця (93 випадки) та ішемічної хвороби серця, яка ускладнилася гострою коронарною недостатністю (7 випадків); з яких було 40 експериментальних випадків із відомим ЧНС і 60 експертних випадків із невідомим ЧНС. При цьому, для дослідження проводили забір таких БТ: шкіри із передньої стінки живота (n=100), поперечно-посмугованих м'язів живота (прямі) (n=99), серцевий м'яз (n=98), тканини головного мозку (n=98), легень (n=98), печінки (n=96), нирок (n=96), селезінки (n=98) та стінки тонкої кишки (n=97). Забір проводився в приміщенні моргу Чернівецького обласного бюро судово-медичної експертизи з проміжками в 1 год при температурі повітря 18-21°C та вологості повітря 60-80%.

Із вилучених БТ за допомогою заморожувального мікротома отримували нативні гістологічні зрізи БТ товщиною до 60 мкм, які в подальшому досліджували методами ЛП. Також були досліджені зрізи та мазки (залежно від організації) таких гематом: суб- і епідуральних – 35 випадків, печінки – 22 випадки, нирки – 18 випадків, селезінки – 18 випадків, м'язової тканини – 47 випадків. Забір проводився у пацієнтів травматологічного та нейрохірургічного відділень ЛШМД м. Чернівці віком від 23-х до 85-ти років під час оперативних втручань і вилучення гематом в останніх.

У якості методів експериментального дослідження часової динаміки після смертної зміни структури зображень гістологічних зрізів біологічних тканин трупа людини використовувалися методи:

- *лазерної поляриметрії*: поляриметричний аналіз, вимірювання поляризаційних мап, параметрів вектора Стокса, елементів поляризаційної матриці мікроскопічних зображень післясмертних зображень;
- *статистичного аналізу*: визначення сукупності статистичних моментів 1-го – 4-го порядків розподілів і відповідних спектрів потужності поляризаційних параметрів лазерних зображень гістологічних зрізів;
- *кореляційного аналізу*; автокореляційний метод порівняння координатних розподілів параметрів поляризації таких зображень;
- моніторингу часових змін розподілу *ступеня деполіризації* лазерного випромінювання перетвореного гематомами органів трупа людини
- *одно- і двохвильової фазометрії*: статистичний і кореляційний аналіз розподілів фаз і відповідних спектрів потужності мікроскопічних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин, гематом органів трупа людини у різних спектральних діапазонах лазерного випромінювання.

Експериментальні й експертні дослідження проводилися в оптичному розміщенні у двохвильовому вимірюванні двовимірних розподілів інтенсивності лазерних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин і гематом органів людини. Освітлення зразків 10 біологічних тканин або гематом органів людини проводилося паралельними пучками He-Ne лазера 1 ( $\lambda_1 = 0.633 \mu m$ ,  $W = 10,0$  мВт) і He - Cd лазера 2 ( $\lambda_2 = 0.414 \mu m$ ,  $W = 10,0$  мВт). Пучки лазерів 1 і 2 послідовно



спрямовувалися на світлоподільник 3, який задавав орієнтацію розповсюдження в напрямку коліматора 6, що формував паралельний пучок променів ( $\varnothing = 10^2 \mu m$ ). Черговість освітлення визначалась шляхом перекриття оптичної траси механічними діафрагмами 4 і 5. Поляризаційний освітлювач для кожної довжини хвилі  $\lambda_1$  та  $\lambda_2$  складався з пластинок  $\lambda_1/4$  (7; 15),  $\lambda_2/4$  (9; 17) і поляризатора 8. Поляризаційні зображення зразків біологічних тканин і гематом людини 10 за допомогою мікрооб'єктива (11) проектувалися крізь поляризаційний аналізатор (пластинки  $\lambda_1/4$  12;  $\lambda_2/4$  18 і лінійний поляризатор 13) у площину світлочутливої площадки (800x600 пікселів) CCD-камери 14, яка під'єднана до комп'ютера (16). Поляризаційні зображення гістологічних зрізів біологічних тканин обох типів одержувалися для таких значень азимуту поляризації лазерного пучка:  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $45^\circ$  і  $135^\circ$ . Вісь пропускання аналізатора 9 оберталося послідовно на кути  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$  і  $220^\circ$ .

Порівняльний аналіз лазерних зображень біологічних тканин, одержаних у різних поляризаційних ситуаціях експерименту, виявив суттєву залежність координатних розподілів інтенсивності.

Дана трансформація аналітично пов'язана з поляризаційною неоднорідністю зображень оптико-анізотропних позаклітинних матриць.

У дисертаційній роботі використано багатоступеневий алгоритм експериментальних досліджень і аналітичної обробки даних, який наведений на рис. 4 і складається із основних частин.

Таблиця 1

*Часова залежність діапазону зміни статистичних параметрів поляризації зображень дерми шкіри (n=100)*

ДНС, год	1	4	8	12	16
$\Delta\alpha, \text{рад}$ $M_1 \pm 2M_2$	1,727± 0,05233 (p≤0,034)	1,65722± 0,03489 (p≤0,032)	1,36067± 0,02617 (p≤0,025)	1,099± 0,03489 (p≤0,019)	0,99433± 0,01744 (p≤0,0018)
$\Delta\beta, \text{рад}$ $M_1 \pm 2M_2$	0,38378 ± 0,01744 (p≤0,008)	0,33144± 0,02442 (p≤0,006)	0,29656± 0,02093 (p≤0,006)	0,24422± 0,01919 (p≤0,005)	0,19189± 0,02268 (p≤0,004)
ДНС, год	20	24	30	36	48
$\Delta\alpha, \text{рад}$ $M_1 \pm 2M_2$	0,88967± 0,02268 (p≤0,019)	0,80244± 0,03663 (p≤0,016)	0,68033± 0,03489 (p≤0,014)	0,61056± 0,01744 (p≤0,013)	0,48844± 0,02093 (p≤0,01)
$\Delta\beta, \text{рад}$ $M_1 \pm 2M_2$	0,157± 0,0157 (p≤0,003)	0,12211± 0,01221 (p≤0,002)	0,08722± 0,01047 (p≤0,0015)	0,06978± 0,00698 (p≤0,001)	0,03489± 0,00523 (p≤0,001)

Лазерна поляриметрія дерми шкіри виявилася ефективною у вивченні величини ДНС у межах:

- для розподілу азимуту поляризації  $\Delta\alpha$  від 1 год. до 48 год.;
- для розподілу еліптичності поляризації  $\Delta\beta$  від 1 год. до 16 год.

Для тканини мозку виявлена інша часова динаміка зміни  $\Delta\alpha$  і  $\Delta\beta$ .

Таблиця 2 та рис. 6 ілюструють результати часового моніторингу ДНС тканини мозку всереднені по групі з 98 зразків.

Таблиця 2

**Значення параметрів поляризації зображень тканини мозку (n=98)**

ДНС, год	1	2	3	4	6	30
$(M_1 \pm 2M_2)$	0,99481±	0,80283±	0,47123±	0,19198±	0,10472±	
$\Delta\alpha, \text{рад.}$	0,04363 ( $p \leq 0,019$ )	0,04712 ( $p \leq 0,016$ )	0,05096 ( $p \leq 0,011$ )	0,03403 ( $p \leq 0,007$ )	0,04974 ( $p \leq 0,002$ )	
$(M_1 \pm 2M_2)$	0,66321±	0,47123±	0,3316±	0,20943±	0,06981±	
$\Delta\beta, \text{рад}$	0,02967 ( $p \leq 0,013$ )	0,02723 ( $p \leq 0,001$ )	0,03141 ( $p \leq 0,0007$ )	0,02653 ( $p \leq 0,0004$ )	0,02932 ( $p \leq 0,0002$ )	

Ефективність визначення ДНС шляхом поляриметрії гістологічних зрізів тканини мозку складає інтервал 1 – 5 год.

Часові залежності зміни величин статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують трансформацію поляризаційних мап гістологічних зрізів дерми шкіри найменший діапазон (35 год – 45 год) встановлення ДНС зумовлює часова динаміка зміни середнього та дисперсії розподілу азимута й еліптичності поляризації. найбільший діапазон (50 год – 60 год) встановлення ДНС зумовлює часова динаміка зміни асиметрії та ексцесу розподілу значень азимутів і еліптичності поляризації.

Одержані результати дослідження статистичних моментів розподілів значень азимутів поляризаційних мап тканини мозку виявили дуже швидку динаміку їх змін (рис. 8, таблиця 3).

Таблиця 3

**Часова динаміка зміни розподілу азимутів (рад) поляризації зображення тканини мозку (n=98)**

$T$	1	2	3	6	8	10
$M_1$	1,21±0,11 ( $p \leq 0,01$ )	0,97±0,08 1 ( $p \leq 0,007$ )	0,65±0,058 ( $p \leq 0,0051$ )	0,51±0,059 ( $p \leq 0,041$ )	0,52±0,055 ( $p \leq 0,042$ )	0,51±0,057 ( $p \leq 0,041$ )
$M_2$	0,23±0,029 ( $p \leq 0,0021$ )	0,34±0,03 6 ( $p \leq 0,0024$ )	0,45±0,042 ( $p \leq 0,003$ )	0,51±0,046 ( $p \leq 0,0041$ )	0,53±0,048 ( $p \leq 0,004$ )	0,52±0,051 ( $p \leq 0,0042$ )
$M_3$	0,86±0,083 ( $p \leq 0,006$ )	0,75±0,07 9 ( $p \leq 0,005$ )	0,58±0,055 ( $p \leq 0,004$ )	0,35±0,032 ( $p \leq 0,0024$ )	0,37±0,037 ( $p \leq 0,0021$ )	0,36±0,036 ( $p \leq 0,002$ )
$M_4$	1,64±0,13 ( $p \leq 0,011$ )	2,17±0,23 ( $p \leq 0,017$ )	2,91±0,31 ( $p \leq 0,021$ )	3,95±0,35 ( $p \leq 0,031$ )	3,87±0,36 ( $p \leq 0,0034$ )	3,64±0,37 ( $p \leq 0,0041$ )

Значення середнього та дисперсії розподілів поляризаційних параметрів досягають свого насичення протягом 5 год. Часовий діапазон зміни статистичних моментів вищих порядків досягає 7 год, що на 35% - 40% більше за аналогічний термін визначення ДНС методом лазерної поляриметрії.

Для розширення часового діапазону встановлення ДНС проводилися дослідження зміни розподілів четвертого параметра вектора Стокса, що найбільш чутливий до зміни анізотропії речовини біологічних тканин.

З аналізу часових залежностей моментів 3-го і 4-го порядків координатного розподілу значень четвертого параметра вектора Стокса зображень гістологічних зрізів структурованих тканин трупа людини впливає можливість установа ДНС на часовому проміжку - від 65 год до 70 год.

Дослідження зміни розподілів четвертого параметра вектора Стокса зображення тканини стінки тонкої кишки ілюструють.

Аналіз часових змін моментів вищих порядків, які характеризують четвертий параметр вектора Стокса тканини стінки тонкої кишки, виявив можливість діагностики ДНС на інтервалі від 1 год до 24 год для всіх типів паренхіматозних органів людини.

Порівняльний аналіз ефективності визначення ДНС ( $T$ ) і відхилень ( $\Delta T$ ) від апріорного відомого часу шляхом використання сукупності методів лазерної поляриметрії гістологічних зрізів різних тканин і органів трупа людини ілюструє таблиця 6. У ній наведені результати зіставлення ДНС відомого попередньо й апріорно невідомого та визначеного за часовим моніторингом зміни величин поляризаційних параметрів  $\Delta\alpha, \Delta\beta$ , координатної структури поляризаційної мапи  $A(x, y)$ , четвертого параметра вектора Стокса  $S_4(x, y)$  лазерних зображень і фазового елемента  $f_{44}(x, y)$  поляризаційної матриці Мюллера

Одержані експериментальні результати, що наведені у таблиці 6, виявили, що найбільшу часову тривалість визначення ДНС забезпечують методи часового моніторингу змін статистичних моментів розподілів параметрів вектора Стокса  $S_4(x, y)$  і поляризаційної матриці Мюллера  $f_{44}(x, y)$  серії посмертних лазерних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин трупа людини.

Для встановлення експериментальної ефективності кореляційного підходу в діагностиці та підвищення точності встановлення ДНС у якості об'єктів дослідження використовувалася група гістологічних зрізів тканини міокарда.

Урахування кореляційної структури (півширина автокореляційних функцій та дисперсія розподілу їх екстремумів) двовимірних поляризаційних мап, параметрів вектора Стокса і фазового елемента поляризаційної матриці Мюллера параметрів лазерних зображень тканини міокарда для різних значень ДНС дозволило вдвічі зменшити величину похибки  $\Delta T$  визначення ДНС у порівнянні з безпосереднім поляризаційним аналізом.

Дослідження матеріалів статистичного і кореляційного аналізу часової динаміки трупних змін фазових мап лазерних зображень гістологічних зрізів структурованих і паренхіматозних біологічних тканин у різних спектральних діапазонах  $\lambda_1 = 0,632 \mu m$  і  $\lambda_2 = 0,414 \mu m$  дозволило встановити наступні дані.

Результати запропонованого методу аналізу спектрів потужності всього комплексу поляризаційних параметрів лазерних зображень гістологічних зрізів паренхіматозних тканин трупа людини перевірялися в лабораторних умовах при апріорно відомому часі настання смерті (інфаркт міокарда).

Отже, застосування кореляційного аналізу фазових мап гістологічних зрізів основних типів структурованих і паренхіматозних тканин трупа людини в різних спектральних ділянках дозволило одержати максимальні інтервали визначення ДНС при найвищій точності для синьої довжини лазерної хвилі  $\lambda_2 = 0,414 \mu m$ .

Матеріали, що були присвячені розробці й аналізу ефективності нових методів для діагностики давності виникнення гематом органів трупа людини виявили наступне. В якості об'єктів експериментального дослідження були обрані зразки гематом людини:

- Субдуральні гематоми (n=35) – група А.
- Гематоми нирки, селезінки, печінки (n=58) – група Б.
- Гематоми м'язу (n=47) – група В.

Порівняльний аналіз статистичних моментів 1-го – 4-го порядків виявив суттєву залежність їх величин від типу гематом людини: значення середнього зростають у 5 – 6 разів; дисперсія й асиметрія зменшується від 1,5 до 4,5 разу; Ексцес збільшується понад у 4 рази.

---

Встановлено, що використання методу статистичного аналізу спектрів потужності розподілів ступеня деполяризації зображень гематом людини різних типів дозволило збільшити до 10% - 15% діапазон визначення часу їх утворення та на 10% підвищити точність визначення ЧФГ у порівнянні з методами статистичного і кореляційного аналізу параметра  $\Psi(x, y)$ . Розвитком ЧФГ став метод лазерної спектральної фазової діагностики гематом людини. У якості об'єктів дослідження використовувалися зразки гематом селезінки (А) і нирки (Б).

Зменшення довжини хвилі лазерного випромінювання формує більші (до 50%) відмінності між статистичними параметрами фазових зображень гематом людини.

Статистичні дослідження інтервалу визначення часу формування гематом внутрішніх органів людини в блакитній області спектра дозволяють досягти рівня аналогічних досліджень статистики розподілів ступеня деполяризації відповідних лазерних зображень.

Наведені спектри потужності  $J(\Lambda)$  фазових зображень гематом печінки (фрагменти “а”, “б”) і нирки (фрагменти “в”, “г”), визначені для червоного ( $\lambda_1 = 0,632 \mu m$ ) (фрагменти “а”, “в”) і блакитного ( $\lambda_2 = 0,414 \mu m$ ) (фрагменти “б”, “г”) лазерів.

Встановлено, що залежно від типу гематоми відмінності між значеннями середнього, дисперсії, асиметрії й ексцесу координатних розподілів фаз  $\Lambda(x, y)$  знаходяться у межах від 1,5 ( $M_1, M_2$ ) до 8 ( $M_3, M_4$ ) раз.

В результаті комплексного застосування та порівняльного аналізу ефективності методів статистичної і кореляційної поляриметрії та спектральної фазометрії лазерних зображень гематом внутрішніх органів людини виявлена найбільша ефективність методу спектрального фазового аналізу, що дозволяє визначати давність формування гематоми протягом від 1 до 140 год з точністю в межах 1 год – 1,5 год,

Матеріали узагальнення експериментальної та статистичної інформації, одержаної шляхом дослідження можливостей визначення ДНС та ЧФГ на основі оригінальних методів, висвітлюють інформацію щодо:

- Лазерної статистичної поляриметрії післясмертних зображень гістологічних зрізів тканин трупа людини.
- Поляризаційного картографування післясмертних зображень гістологічних зрізів тканин трупа людини.

- Стоксполяриметрії післясмертних зображень гістологічних зрізів тканин трупа людини .
- Матричного методу дослідження біологічних тканин у діагностиці ДНС (таблиця 6).
- Спектральної фазометрії лазерних зображень зрізів біологічних тканин трупа людини для визначення давності настання смерті .
- Статистичного і кореляційного аналізу ступеня деполяризації лазерних зображень гематом людини для діагностики часу їх формування
- Лазерної спектральної фазової діагностики гематом людини для встановлення давності їх формування.

## **ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі пропонується й обґрунтовується комплекс нових судово-медичних методів і об'єктивних критеріїв установлення давності настання смерті і часу формування гематом шляхом спектрофотополяриметричного та фазового дослідження часової динаміки післясмертних змін лазерних зображень у гістологічних зрізах біологічних тканин трупа людини та гематомах внутрішніх органів. З результатів виконаної дисертаційної роботи випливають такі висновки:

1. Координатна структура лазерних зображень біологічних тканин людини, які характеризуються як двокомпонентні аморфно – анізотропні структури, залежить від координатних розподілів поляризаційних, кореляційних і фазових параметрів, які дозволяють кількісно оцінити тип тканини або органу у різні часи після настання смерті. Розроблено комплекс методів судово-медичної лазерної спектрофотополяриметрії та фазометрії біологічних структур трупа людини для об'єктивного визначення давності настання смерті і часу формування гематом.

2. Кількісно поляризаційні зміни біологічних тканин після настання смерті характеризуються зменшенням рівня просвітлення, зміною розмірів поляризаційно активних структур, різницею екстремальних значень азимутів і еліптичності поляризації, звуженні інтервалів випадкової зміни цих параметрів, що зумовлює можливість визначення ДНС у межах 1 – 48 год (для дерми шкіри, м'язів), від 1- 16 год (для нирки, селезінки, легеневої тканини, тонкої кишки) та від 1 - 6 год (тканина мозку).

3. Двовимірна структура поляризаційних мап володіє різною швидкістю зміни статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли значень азимутів і еліптичності лазерних зображень біологічних тканин. Усі статистичні моменти поляризаційних мап тканин трупа людини з плином післясмертного часу досягають насичення діапазону зміни власних значень, що на 35% - 45% розширює часові терміни визначення ДНС у порівнянні з лазерною поляриметрією.

4. Найбільш інформативним до змін оптичної анізотропії біологічних тканин і пов'язаними з цим змінами поляризації лазерного випромінювання є четвертий параметр вектора Стокса. Часові залежності статистичних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли четвертого параметру вектора Стокса зображень тканин трупа, збільшують можливості визначення ДНС порівняно з поляризаційним картографуванням до 70 год післясмертного періоду залежно від виду біологічної тканини.

5. Елементи матриці Мюллера, яка являє собою аналог поляризаційно-фазових властивостей архітекtonіки біологічних тканин людини та морфологічно пов'язана з концентрацією речовини оптично анізотропних протеїнових структур, у післясмертному періоді динамічно змінюються і зумовлюють можливість визначення ДНС у діапазоні від 1 до 13 – 70 год, залежно від типу біологічної тканини.

6. Автокореляційний аналіз розподілів поляризаційних параметрів лазерних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин трупа, зумовлених їх післясмертними руйнівними змінами, є ефективним для відповідного часового моніторингу, що забезпечило збільшення до 120 год інтервал визначення ДНС шляхом кореляційного аналізу поляризаційних параметрів спектрів потужності лазерних зображень гістологічних зрізів м'язової і сполучної тканини у порівнянні з даними поляриметричного моніторингу.

7. У спектральних діапазонах  $0,632 \mu m$  і  $0,414 \mu m$  часова динаміка трупних змін фазових мап лазерних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин забезпечує максимальний діапазон визначення ДНС для структурованих (1 год – 120 год, тканина міокарда) і паренхіматозних тканин (1 год – 32 год, тканина селезінки). На цій основі розроблено метод двохвильової фазометрії, що базується на статистичному і кореляційному аналізі часової динаміки трупних змін фазових мап лазерних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин у різних спектральних діапазонах лазерного випромінювання.

8. Лазерна поляриметрія гематом внутрішніх органів ефективна для судово-медичного визначення часу їх виникнення. Гематоми різної локалізації мають координатно неоднорідну та індивідуальну структуру внаслідок їх багат шарової будови. Для діагностики давності їх виникнення ефективним є використання показників координатних розподілів станів поляризації, ступеня деполаризації та фазових зсувів лазерних зображень гематом внутрішніх органів.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Для визначення ДНС і ЧФГ за допомогою дослідження поляризаційних зображень зрізів біологічних тканин і гематом:

1. Вилучити потрібні для дослідження шматки тканин тіла померлої особи (трупа): шкіра людини (передня черевна стінка), м'язова тканина (серцевий м'яз, прямий м'яз живота), печінка, селезінка, нирка, тонка кишка, легенева тканина, головний мозок (далі БТ), або живої особи (гематома після трепанації черепа чи оперативних втручань).
2. Вилучені шматочки БТ, які підлягають дослідженню, проходять криогенну обробку на мікротомі з подальшим виготовленням нативних зрізів товщиною від 20 мкм до 60 мкм. Аналогічно проходить виготовлення нативних препаратів вилучених гематом.
3. Підготовлені гістологічні зрізи БТ і досліджуваних гематом з невідомими термінами ДНС та ЧФГ послідовно розміщують в оптичній схемі, наведеній на рис. 1 реєструють за допомогою CCD – камери сукупність мікроскопічних лазерних зображень.
4. Шляхом подальшої математичної обробки та заданої програми проводять послідовну обробку отриманих результатів, визначають розподіли:

- азимутів, еліптичностей поляризації посмертних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин трупа людини;
  - параметрів вектора Стокса посмертних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин трупа людини;
  - елементів поляризаційної матриці посмертних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин трупа людини;
  - параметра деполіризації посмертних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин і гематом трупа людини;
  - фазових зсувів посмертних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин і гематом трупа людини.
5. Обчислюють значення сукупності статистичних моментів 1-го – 4-го порядків  $M_1(T); M_2(T); M_3(T); M_4(T)$ . розподілів і спектрів потужності поляризаційних і фазових параметрів посмертних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин і гематом трупа людини.
6. Починаючи з часу  $T^*$ , визначають часову динаміку зміни статистичних моментів  $M_1(T); M_2(T); M_3(T); M_4(T)$ . і встановлюють час  $T_0$  “стабілізації” їх значень.
7. Визначають часовий проміжок  $\Delta T = T_0 - T^*$  стабілізації статистичних моментів  $M_1(T); M_2(T); M_3(T); M_4(T)$ . у межах групи методів, і порівнюють його з часовим інтервалом  $T$  визначення ДНС і ЧФГ для того чи іншого зразка біологічної тканини та гематоми.
8. На основі співвідношення  $T_x = T - \Delta T$  визначають час, який і є ДНС чи ЧФГ.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Ushenko A.G. Phase-polarizing investigation of biotissue fractal structur / A.G. Ushenko, V.T. Bachinskii, S.B. Yermolenko [et al.] // Proc SPIE. – 1999. – Vol. 3904. – P. 549 – 552 (особисто здобувач сформулював завдання досліджень і провів експериментальні дослідження).
2. Ushenko A.G. Laser Polarimetry of the Orientational Structure of Bone Tissue Osteons / A.G. Ushenko, V.T. Bachinskii, S.B. Yermolenko [et al.] // Proc SPIE. – 1999. – Vol. 3904. – P. 557 – 561 (особисто здобувач провів експериментальні дослідження та виконав обґрунтування результатів).
3. Ushenko A.G. Investigated of polarized radiation diffraction on the systems of oriented biofractal fibers / A.G. Ushenko, V.T. Bachinskii, S.B. Yermolenko [et al.] // Proc SPIE. – 1999. – Vol. 3904. – P. 553 – 556 (особисто здобувач сформулював завдання досліджень і провів обґрунтування виконаних самостійно експериментальних результатів).
4. Bachinskii V.T. Vector Microstructure of Laser Biospecles / V.T. Bachinskii, O.Y. Wanchuliak, O.A. Bendas [et al.] // Proc. SPIE. – 2000. – Vol. 4242. – P. 227 - 232.
5. Bachinskii V.T. Wavelet analysis of dynamics of changes in orientation-phase structures biotissue architechtonies / V.T. Bachinskii, O.Y. Wanchuliak, A.G. Ushenko [et al.] // Proc. SPIE. – 2002. – Vol. 5067. – P. 50-55 (особисто здобувач теоретично обґрунтував динаміку змін морфологічної структури біологічних тканин).
6. Бачинський В.Т. Лазерна поляриметрія кісткової тканини / В.Т. Бачинський, В.П. Пішак, О.Г. Ушенко [та ін.] // Буковинський медичний вісник. – 1999. –

- Т.3, №1. – С.173-182 (особисто здобувач провів експериментальні дослідження).
7. Бачинський В.Т. Спосіб кореляційно-оптичної ідентифікації тупих предметів у судово-медичній травматології / В.Т. Бачинський, В.П. Пішак, О.Г. Ушенко [та ін.] // Винахідництво та раціоналізаторство в Буковинській державній медичній академії 2000-2002. – Чернівці: Медакадемія, 2002. – С. 60 (особисто здобувач теоретично обґрунтував динаміку змін морфологічної структури біологічних тканин).
  8. Бачинський В.Т. Поляризаційно-кореляційний аналіз динаміки зміни мікроструктури м'язової тканини / В.Т. Бачинський, О.Г. Ушенко, О.Я. Ванчуляк // Клінічна та експериментальна патологія. – 2002. – Т.1, №1. – С. 69 – 74 (особисто здобувач сформулював завдання досліджень і провів обґрунтування виконаних самостійно експериментальних результатів).
  9. Бачинський В.Т. Використання методу вектора Стокса для встановлення давності настання смерті / В.Т. Бачинський // Журнал академії медичних наук. – 2008. – Т.14, №1. – С. 183 - 191.
  10. Бачинський В.Т. Визначення давності настання смерті за фазовою картографією зображення біологічних тканин / В.Т. Бачинський // Буковинський медичний вісник. – 2007. – Т.11, №4. – С.149-152.
  11. Бачинський В.Т. Моделювання оптичних властивостей гематом для діагностики давності їх виникнення / В.Т. Бачинський // Буковинський медичний вісник. – 2008. – Т.12, №1. – С. 173 - 176.
  12. Бачинський В.Т. Поляризаційні образи позаклітинних матриць основних типів біологічних тканин для завдань судової медицини / В.Т. Бачинський // Клінічна та експериментальна патологія – 2008. – Т.7, №1. – С. 6 - 13.
  13. Бачинський В.Т. Можливості лазерної спектральної фазової діагностики структури гематом людини для визначення давності їх утворення / В.Т. Бачинський // Клінічна та експериментальна патологія – 2008. – Т.7, №2. – С. 7 - 10.
  14. Бачинський В.Т. Статистичний аналіз поляризаційних мап лазерних зображень тканин трупа людини для встановлення давності настання смерті / В.Т. Бачинський // Галицький лікарський вісник – 2007. – Т.4, №4. – С. 10-13.
  15. Бачинський В.Т. Матричний метод дослідження біологічних тканин у діагностиці давності настання смерті / В.Т. Бачинський // Науковий вісник ужгородського університету (серія Медицина) – 2008. – Вип. 33. – С. 3-10.
  16. Бачинський В.Т. Модель визначення давності настання смерті методом автокореляційного аналізу поляризаційних зображень гістологічних зрізів м'язової тканини міокарду трупа людини / В.Т. Бачинський // Вісник наукових досліджень – 2008. – Т.50, №1. – С. 67 – 70.



17. Бачинський В.Т. Кореляційна диференціальна діагностика часу виникнення гематом людини / В.Т. Бачинський // Здобутки клінічної і експериментальної медицини – 2008. – Т.8, №1. – С. 22 – 26.
18. Бачинський В.Т. Статистичний спектральний аналіз лазерних зображень гематом внутрішніх органів людини для встановлення давності їх виникнення / В.Т. Бачинський // Проблеми сучасної медичної науки та освіти – 2008 - №2. – С.60 – 63.
19. Бачинський В.Т. Статистичний аналіз поляризаційних лазерних зображень гематом людини для встановлення давності їх виникнення / Бачинський В.Т. // Одеський медичний журнал – 2008. – Т. 107 №3. – С.10-12.
20. Бачинський В.Т. Взаємозв'язок деполаризації лазерного випромінювання гематомами людини і діагностики давності їх виникнення / В.Т. Бачинський // Практична медицина – 2008. – Т.14 №4. – С. 101 – 106.
21. Angelsky O.V. Correlation structure of biological crystal's Jones matrices / O. V. Angelsky, Yu. A. Ushenko, V. T. Bachinskii [et al.] // Proc. SPIE. – 2008. – Vol. 7008 – 70082A-1 (особисто здобувачем теоретично обґрунтовано динаміку змін морфологічної структури біологічних тканин).
22. Ushenko Yu.A. Polarization properties of biological rough surfaces / Yu. A. Ushenko, V. T. Bachinskii // Proc. SPIE. – 2008. – Vol. 7008 – 700820-1 (особисто здобувач провів експериментальні дослідження та виконав обґрунтування результатів).
23. Tomka Yu. Ya. Fractal structure of biological tissue polarization / Yu. Ya. Tomka, V. T. Bachinskii // Proc. SPIE. – 2008. –Vol. 7008 – 700822-1 (особисто здобувачем сформульовано завдання досліджень і проведено обґрунтування самостійно виконаних експериментальних результатів).
24. Бачинський В.Т. Можливості моделювання оптичних властивостей гематом для судово-медичної оцінки давності їх утворення / О.Я. Ванчуляк, І.Г. Савка. // Друга міжнародна науково-практична конференція судових медиків і криміналістів присвяченої 60-річчю Харківського товариства судових медиків і криміналістів ім. проф. М.М. Бокаріуса – 2008. – С. 128 – 130 (особисто здобувач сформулював завдання досліджень і провів експериментальні дослідження).
25. Пат. 32310 Україна МПК G01N 33/00 Спосіб визначення часу формування гематом за допомогою статистичного аналізу поляризаційних зображень біологічних тканин трупа людини / Бачинський В. Т.; заявник і патентовласник Буковинський державний медичний університет – № u 2008 00201; заявл. 04.01.2008; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9.

#### **АНОТАЦІЯ**

Бачинський В.Т. Лазерна спектрофотополяриметрія біологічних тканин людини в розробці об'єктивних критеріїв визначення давності настання смерті та часу утворення гематом. – Рукопис.

*Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора медичних наук за спеціальністю 14.01.25 – судова медицина – Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика - Міністерство охорони здоров'я України, Київ, 2009.*

У роботі пропонується та обґрунтовується комплекс нових судово-медичних методів і об'єктивних критеріїв установлення давності настання смерті і часу формування гематом шляхом спектрофотополяриметричного і фазового дослідження часової динаміки післясмертних змін лазерних зображень у гістологічних зрізах біологічних тканин трупа людини та гематомах внутрішніх органів.

Двовимірна структура поляризаційних мап характеризуються різною швидкістю зміни статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли значень азимутів і еліптичності лазерних зображень біологічних тканин. Найбільш інформативний до змін оптичної анізотропії біологічних тканин і пов'язаними з цим змінами поляризації лазерного випромінювання – четвертий параметр вектор Стокса, що збільшує можливості визначення ДНС порівняно з поляризаційним картографуванням до 70 год післясмертного періоду. Елементи матриці Мюллера в післясмертному періоді динамічно змінюються, зумовлюючи визначення ДНС в діапазоні від 1 до 13 – 70 год залежно від типу біологічної тканини. У спектральних діапазонах  $0,632 \mu m$  і  $0,414 \mu m$  часова динаміка трупних змін фазових мап лазерних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин зумовлює відповідно максимальний діапазон визначення ДНС для структурованих (1 год – 120 год, тканина міокарда) і паренхіматозних тканин (1 год – 32 год, тканина селезінки). Лазерна поляриметрия гематом внутрішніх органів ефективна для судово-медичного визначення часу їх виникнення. Гематоми різної локалізації мають координатно неоднорідну та індивідуальну структуру внаслідок їх багаточислової будови. Для діагностики давності їх виникнення ефективно використання показників координатних розподілів станів поляризації, ступеня деполіризації та фазових зсувів лазерних зображень гематом внутрішніх органів.

#### **АННОТАЦІЯ**

Бачинский В.Т. Лазерная спектрофотополяриметрия биологических тканей человека в разработке объективных критериев определения давности наступления смерти и времени образования гематом. – Рукопись.

*Диссертация на соискание научной степени доктора медицинских наук по специальности 14.01.25 – судебная медицина – Национальная медицинская академия последипломного образования имени П.Л. Шупика - Министерство охраны здоровья Украины, - Киев, 2009.*

работе предлагается и обосновывается комплекс новых судебно-медицинских методов и объективных критериев установления давности наступления смерти и времени образования гематом путем спектрофотополяриметрического и фазового исследования временной динамики посмертных изменений лазерных изображений гистологических срезов биологических тканей трупа и гематом внутренних органов. Исследованы и проанализированы взаимосвязи между поляризационными (распределения азимуты, эллиптичностей, параметров вектора Стокса, элементов матрицы Мюллера), корреляционными (автокорреляционные функции, спектры мощности) и фазовыми (распределения фазовых сдвигов) параметрами посмертных лазерных изображений гистологических срезов основных типов биологических

тканей и гематом органов трупа человека в различных спектральных диапазонах и временной динамикой их посмертных изменений. На этой основе разработан комплекс методов судебно-медицинской лазерной спектрофотополяриметрии и фазометрии для объективного определения давности наступления смерти и времени образования гематом. Процессы трупных изменений основных типов структурированных и паренхиматозных тканей проявляются в разрушении оптической анизотропии их внеклеточной матрицы, что обуславливает возможность использования эффекта поляризационных изменений гистологических срезов для обоснования ДНС. Исследована и обоснована диагностическая чувствительность величин поляризационных параметров, координатных распределений азимутов и эллиптичностей поляризации лазерных изображений их четвертого параметра вектора Стокса и фазового элемента поляризационной матрицы Мюллера к часовой динамике трупных изменений основных типов биологических тканей. На этой основе выявлена совокупность объективных критериев (статистические моменты, полу ширина автокорреляционных функций и дисперсия ее значений), которые характеризуют поляризационную структуру посмертных лазерных изображений гистологических срезов тканей трупа человека и позволяют установить ДНС. Установлено, что двумерная структура поляризационных карт характеризуется разной скоростью изменения статистических моментов 1-го – 4-го порядков, которые характеризуют координатные распределения значений азимутов и эллиптичностей лазерных изображений биологических тканей. Все статистические моменты поляризационных карт тканей трупа с течением посмертного времени достигают насыщения диапазона изменения собственных значений, что на 35% - 45% расширяет диапазон определения ДНС в сравнении с лазерной поляриметрией. Временные зависимости статистических моментов 3-го и 4-го порядков, которые характеризуют координатное распределения четвертого параметра вектора Стокса изображений тканей трупа, увеличивая возможности определения ДНС сравнительно с поляризационным картографированием до 70 часов посмертного периода. Элементы матрицы Мюллера, которая является аналогом поляризационно-фазовых свойств архитектоники биологических тканей человека, и морфологически связана с концентрацией вещества оптически анизотропных протеиновых структур, в посмертном периоде динамически изменяются, обуславливая определение ДНС в диапазоне от 1 до 13 – 70 часов в зависимости от типа биологической ткани. При использовании данных параметров диапазон установления ДНС изменяется от 1 до 4 часов (ткань мозга) и от 1 до 70 часов (ткань мышцы). Автокорреляционный анализ распределений поляризационных параметров лазерных изображений гистологических срезов биологических тканей трупа вследствие посмертных деструктивных изменений морфологической структуры является эффективным для увеличения до 120 часов интервал определения ДНС путем статистической обработки  $\text{Log} - \log$  зависимостей спектров мощности распределений азимутов и эллиптичностей поляризации лазерных изображений гистологических срезов мышечной ткани и дермы кожи.

В спектральных диапазонах  $0,632 \mu\text{m}$  и  $0,414 \mu\text{m}$  временная динамика фазовых карт посмертных лазерных изображений гистологических срезов биологических тканей обуславливает максимальный диапазон определения ДНС для структурированных (1 час – 120 час, ткань миокарда) и паренхиматозных тканей (1 час – 32 час, ткань селезенки).

Лазерная поляриметрия гематом внутренних органов является эффективной для судебно-медицинского определения времени их образования. Гематомы различной локализации имеют координатно неоднородную и индивидуальную структуру. Для диагностики давности их образования эффективным является использование параметров поляризации, степени деполяризации и фазовых сдвигов лазерных изображений гематом внутренних органов.

#### SUMMARY

Bachyns'kyi V.T. Laser spectrophotopolarimetry of human biological tissues in the elaboration of objective criteria of evaluating the prescription of death coming and the time of hematoma formation.-Manuscript.

*The thesis to obtain the academic degree of a Doctor of Medical Sciences in speciality 14.01.25 – Forensic of Medicine – P.L. Shupyk National Medical Academy of Post-Graduate Education – Ministry of Health Protection of Ukraine, Kyiv, 2009.*

The research suggests and substantiates a complex of new forensic-medical methods and objective criteria of establishing the prescription of deathcoming (PDC) and the time of hematoma formation by means of a spectrophotopolarimetric and phasic study of the temporal dynamics of postmortem changes of laser images in histologic sections of the biological tissues of a human corpse and hematomas of the internal organs.

The two-dimensional structure of polarization maps is characterized by a different rate of a change of the statistical moments of the 1<sup>st</sup> and 4<sup>th</sup> orders which characterize coordinate distributions of the values of the azimuths and ellipticity for laser images of biological tissues. The most informative to changes of the optic anisotropy of biological tissues and connected with it changes of laser radiation is the fourth parameter – Stockes' vector which increases the possibilities of a PDC determination compared with polarization map-making up to 70 hours of the postmortem period. The elements of Muller's matrix change dynamically during the postmortem period stipulating the determination of PDC within the range from 1 to 13-70 hours, depending on the type of a biological tissue. The temporal dynamic of phasic maps for laser images of histologic sections of biologic tissues in the spectral ranges 0,632  $\mu m$  and 0,414  $\mu m$  stipulates respectively the maximal range of determining PDC for structurized (1 hours – 120 hours, the myocardial tissue) and parenchymatous tissues (1 hours – 37 hours, the splenic tissue). Laser polarimetry of hematomas of the internal organs is effective for a forensic-medical evaluation of the time of their origination. Hematomas of a diverse localization have a coordinately heterogeneous and individual structure due to their multilayer structure. The application of the parameters of coordinate distributions of polarization states, the degree of depolarization and phase shifts of laser images for hematomas of the internal organs is effective for diagnosing the prescription of their origination.