

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

**Ванчуляк Олег Ярославович**

УДК 612.013-073.55

**ДІАГНОСТИКА ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ**  
**МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО ПОЛЯРИМЕТРИЧНОГО**  
**МОНІТОРИНГУ ТКАНИН ЛЮДИНИ**

14.01.25 – судова медицина

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата медичних наук

Київ– 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Буковинському державному медичному університеті.

**Наукові керівники:**

кандидат медичних наук, доцент **Бачинський Віктор Теодосович**, начальник Чернівецького обласного бюро судово-медичної експертизи, доцент кафедри патологічної

анатомії та судової медицини Буковинського державного медичного університету, заслужений лікар України

доктор фізико-математичних наук, професор **Ушенко Олександр Григорович**, завідувач кафедри оптики і спектроскопії, проректор з наукової роботи Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича

### **Офіційні опоненти:**

доктор медичних наук, професор **Михайличенко Борис Валентинович**, завідувач кафедри судової медицини Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця

доктор медичних наук, професор **Мішалов Володимир Дем'янович**, завідувач кафедри судової медицини Національної медичної академії післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика

### **Провідна установа:**

Кримський державний медичний університет ім. С.І. Георгієвського, м. Симферопіль

Захист відбудеться “25” травня 2007 року о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.26.613.03 при Національній медичній академії післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика МОЗ України за адресою: 04112, м. Київ, 112, вул. Оранжерейна, 9.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національної медичної академії післядипломної освіти ім. П.Л.

Шупика за адресою: 04112, м. Київ, 112, вул. Дорогожицька, 9.

Автореферат розісланий “18” квітня 2007р.

Вчений секретар **В.Г. Бурчинський**  
спеціалізованої вченої ради, доцент

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми.** Дослідження ранніх післясмертних змін біотканин (БТ) організму на макроскопічному чи мікроскопічному рівні та встановлення давності настання смерті (ДНС) людини є одним із головних розділів судової медицини.

Одними з найважливіших питань при встановленні ДНС є об'єктивізація та збільшення достовірності даних оцінки результатів післясмертних змін БТ, отриманих під час судово-медичного дослідження померлих.

Впродовж минулих десятиріч вітчизняними та закордонними вченими розроблено чимало методів діагностики посмертних дегенеративно-дистрофічних змін БТ, аналізу і обробки отриманих результатів для встановлення ДНС [1\*-5\*]. Проте слід відмітити, що на даний час у судово-медичній практиці використовуються застарілі методики встановлення ДНС, які великою мірою є суб'єктивними,

залежать від багатьох факторів зовнішнього середовища та обставин настання смерті. Наявний вакуум сучасних, об'єктивних методик визначення ДНС, спонукає до пошуку і розробки нових методик вивчення посмертних змін. Перспективними в цьому напрямку є фізичні методи дослідження БТ з використанням методик кореляційної оптики, які, вивчаючи явища світлорозсіяння, дозволяють отримувати об'єктивні дані динаміки посмертних змін досліджуваних тканин організму та більш точно визначати часовий проміжок, що пройшов із моменту настання смерті людини [6\*].

Використання лазерів у біомедичній діагностиці зумовило розвиток іншого напрямку досліджень – лазерна поляриметрія БТ, яка спрямована на дослідження структури зображень БТ [7\* - 10\*]. Тому було б доцільним розробити нові підходи та засоби аналізу поляризації зображень БТ, ефективних для розв'язання завдань визначення та моніторингу їх патологічних змін, пов'язаних із давністю настання смерті (ДНС).

Актуальність такого напрямку діагностики пов'язана з тим, що, з одного боку, широкого розповсюдження набули методи лазерної діагностики структури БТ, з іншого, - до

останніх років поляризаційні характеристики випромінювання, що розповсюджується в біооб'єктах, практично ігнорувалися.

Методи ЛП дають нову інформацію про морфологічну структуру БТ, яка актуальна в завданнях судової медицини, пов'язаних із визначенням ДНС.

Тому можна стверджувати, що ЛП БТ є актуальною для подальшого розвитку в плані визначення взаємозв'язку структури архітекtonіки БТ з їх морфологічним станом, а відповідно й з ДНС.

Отже, *актуальність дисертаційного дослідження* зумовлена необхідністю розробки нових підходів до визначення ДНС, пошуку нових методів діагностики та моніторингу змін параметрів БТ для розробки об'єктивних критеріїв судово-медичного визначення ДНС.

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

Дисертаційне дослідження є складовою комплексної науково-дослідницької роботи кафедри патологічної анатомії 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

”Діагностика давності настання смерті методом лазерного моніторингу тканин людини”.

### **Мета і завдання дослідження**

Метою дисертаційної роботи є розробка судово-медичних критеріїв встановлення ДНС шляхом дослідження лазерних поляриметричних зображень післясмертних змін у гістологічних зрізах БТ на основі методів їх поляризаційного та статистичного аналізу.

Для досягнення цієї мети були поставлені такі задачі.

1. З’ясувати можливість використання лазерного поляриметричного аналізу гістологічних зрізів для виявлення змін у БТ трупа людини після настання смерті.

2. З’ясувати динаміку змін показників матриці Джонса, яка характеризує поляризаційні властивості гістологічних зрізів БТ тіла людини, для різних етапів післясмертного періоду.

3. Виявити взаємозв’язки між змінами в гістологічних зрізах тканин, які описуються поляризаційною матрицею Джонса і поляризаційним параметрами їх лазерних зображень, залежно від ДНС.

4. Розробити практичні рекомендації з використання в судово-медичній практиці лазерного поляриметричного аналізу гістологічних зрізів трупа людини для встановлення ДНС.

**Об'єкт дослідження:** зміни лазерних поляризаційних властивостей БТ у ранньому післясмертному періоді.

**Предмет дослідження:** лазерна поляриметрия зображень БТ у післясмертному періоді; часова динаміка післясмертних змін БТ та зміни поляризаційних, матричних і статистичних параметрів їх поляризаційних зображень.

**Методи дослідження:** мікроскопія (зображення гістологічних зрізів БТ у поляризованому світлі); поляриметрия (вимірювання координатних розподілів азимутів і еліптичностей поляризації зображень БТ); статистична обробка результатів дослідження.

### **Наукова новизна одержаних результатів**

Вперше запропоновано моніторинг часових післясмертних морфологічних змін БТ, який базується на моделі їх зображення у вигляді двокомпонентної аморфно-кристалічної структури. На цій основі розроблені судово-медичні принципи визначення ДНС за допомогою методів ЛП.

Вперше виявлено, що часова динаміка трупних змін БТ супроводжується змінами структури їх мікроскопічних поляризаційних зображень. На цій основі встановлено взаємозв'язок між змінами координатних розподілів азимутів і

еліптичностей поляризаційних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин та часовим інтервалом після настання смерті.

Вперше визначено, що процеси трансформації архітектонічної структури БТ, які зумовлені динамікою їх післясмертних змін, зменшують відносні значення елементів матриці Джонса. Установлено прямий зв'язок між зміною середнього значення координатного розподілу фазового елемента матриці Джонса та ДНС.

Вперше встановлено, що визначення статистичної та кореляційної структури (середнє та дисперсія розподілів інтенсивності, напівширина та дисперсія автокореляційних функцій) мікроскопічних зображень гістологічних зрізів БТ комплексно зумовлює підвищення точності визначення ДНС у проміжку від 1 до 115год після смерті. Отримано деклараційні патенти на винахід: „Спосіб визначення часу настання смерті” за №54113 А від 17.02.2003р., „Спосіб лазерного поляризаційного моніторингу трупних змін біотканин” за №11085 від 15.12.2005р. та посвідчення на раціоналізаторську пропозицію.

### **Практичне значення одержаних результатів**



Одержані під час досліджень наукові результати дозволяють отримувати сучасні, науково обґрунтовані, об'єктивні дані про ДНС. Отримано нові судово-медичні критерії встановлення ДНС шляхом використання методів лазерної поляриметрії БТ та аналізу їх зображень, які на підставі динаміки післясмертних змін БТ трупа людини дозволяють об'єктивно визначати ДНС.

Результати роботи з лазерної поляриметрії гістологічних зрізів БТ вказують на різний характер їх змін у післясмертному періоді, що є актуальним для:

1. Розробки методів визначення ДНС шляхом поляризаційного та статистичного аналізу посмертних змін структури БТ;

2. Зменшенні похибки визначення ДНС, яка при поляризаційно – статистичному аналізі мікроскопічних зображень БТ різної морфології складає 1 – 3 години, що є недосяжним для традиційних методів судової медицини;

3. Використаний підхід до дослідження БТ може бути застосований при розробці та конструюванні нових судово-медичних оптичних систем, які забезпечують можливість візуалізації зображення архітекtonіки БТ.

Результати дисертаційної роботи використовуються на практичних заняттях та в лекційному курсі кафедри патологічної анатомії та судової медицини Буковинського державного медичного університету, впроваджені в 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 управління охорони здоров'я Чернівецької та Тернопільської обласних державних адміністрацій.

### **Особистий внесок здобувача**

Основна частина виконаних досліджень здійснена з 2002 по 2003рр. 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 (у співавторстві) розроблено два деклараційних патенти на винахід та раціоналізаторська пропозиція.

Основні наукові положення дисертації викладені в 15 наукових публікаціях, у т.ч. 6 статей опубліковано в журналах, рекомендованих ВАКом України.

### **Апробація результатів дисертації**

Наукові положення та висновки, викладені в роботі, доповідалися та обговорювалися на Міжнародних конференціях “Correlation Optics” (Чернівці, 1999р.); “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, 2002р.); нараді-семінарі начальників Бюро судово-медичної експертизи України (Чернівці, 2002р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції “Актуальні проблеми морфологічної діагностики хвороб плода і дитини”, присвяченій 60-річчю заснування Чернівецького державного медичного інституту (Чернівці, 2004р.); щорічних наукових

конференціях співробітників Буковинського державного медичного університету (2002-2005рр.); щорічній науковій конференції студентів Буковинського державного медичного університету (2004р.); Міжнародній науково-практичній конференції судових медиків та криміналістів “Актуальні питання та перспективи розвитку судової медицини та криміналістики”, присвяченій 200-річчю кафедри судової медицини та основ права Харківського державного медичного університету(Харків, 2005р.); Міжнародній конференції “Correlation Optics 2005” (Чернівці, 2005р.); засіданнях методичної ради обласного Бюро судово-медичної експертизи управління охорони здоров’я Чернівецької обласної державної адміністрації (2000-2005рр.).

### **Публікації**

Основні наукові положення дисертації викладені в 15 наукових публікаціях (5 одноосібних), у т.ч. 6 статей опубліковано в журналах, рекомендованих ВАКом України (3 одноосібні); у співавторстві одержано два деклараційні патенти на винахід та посвідчення на раціоналізаторську пропозицію.

**Структура та обсяг дисертації.** Робота викладена на 146 сторінках комп’ютерного друку, складається зі вступу, шести

розділів, аналізу і узагальнення результатів досліджень, висновків, практичних рекомендацій, проілюстровані на 68 рис. та 43 таблицях, списку джерел літератури (всього 175 джерел). Бібліографічний опис джерел літератури викладений на 18 сторінках і містить 82 джерела кирилицею та 93 – на латиниці.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **першому розділі** наведено огляд сучасної вітчизняної та закордонної літератури з питань судової медицини, щодо встановлення ДНС, тобто експертного встановлення із застосуванням об'єктивних наукових доказів конкретного періоду часу, який пройшов із моменту смерті до моменту дослідження трупа. Зазначено, що найбільш об'єктивним та перспективним для діагностики ДНС є фізичне моделювання в реальному та прискореному масштабі часу, а також математичне моделювання. За останні 15 – 20 років, завдяки створенню лазерів, широкого розповсюдження набули безконтактні методи діагностики структури біологічних тканин людини. Головна перевага таких методів полягає у багатомісному характері інформації, що міститься в полі розсіяного лазерного випромінювання. Обґрунтована

актуальність адаптації таких методів діагностики для завдань судової медицини, що потребують аналізу та моніторингу післясмертних змін морфологічної будови БТ людини.

**Другий розділ** містить відомості про використаний у роботі матеріал та застосовані методи дослідження.

Провівши аналіз (статистичну обробку) даних Чернівецького обласного бюро судово-медичної експертизи, встановлено, що судово-слідчими органами питання про давність настання смерті ставилось у 2002 році у 23,4% випадків не насильницької та у 24,5% - насильницької смерті, у 2003 році у 23,7% - не насильницької та у 25,2% - насильницької смерті, а у 2004 році у 23,8% - не насильницької та у 25,6% - насильницької смерті, що говорить про постійний та зростаючий інтерес з боку правоохоронних органів до питання діагностики ДНС. Беручи до уваги те, що розвиток післясмертних змін різних БТ тісно пов'язаний із їх структурною будовою, нами проведено вивчення особливостей лазерних поляризаційних зображень структурної будови різних БТ організму.

Під час виконання дисертаційної роботи досліджено БТ від 100 осіб різної статі віком від 25 до 90 років, які померли на фоні повного здоров'я 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 часом настання смерті та 60 експертних випадків із невідомим часом настання смерті. При цьому для дослідження проводили забір таких БТ: шкіри з передньої стінки живота, поперечно-посмугованих м'язів живота (прямі), серцевий м'яз, тканину головного мозку, легень, печінки, нирок, селезінки та стінки товстої кишки. 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 від 20 мкм до 60 мкм.

В якості методів експериментального дослідження часової динаміки після смертної зміни структури зображень гістологічних зрізів використовувалися методи лазерної поляриметрії БТ: поляриметричний аналіз, вимірювання поляризаційної матриці, статистичний аналіз інтенсивності зображення анізотропної складової БТ та автокореляційний метод порівняння координатних розподілів інтенсивності таких зображень.

**Третій розділ** присвячено експериментальним дослідженням післясмертних змін поляризаційних зображень гістологічних зрізів біотканин трупа людини та їх обговоренню.

Експериментальні та експертні дослідження проводилися в оптичному розміщенні [10\*], яке показано на рис. 1.

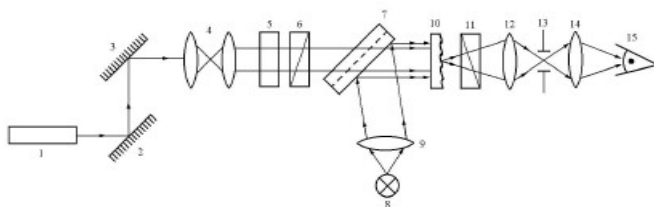


Рис. 1. Схема досліджень поляризаційних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин.

Оптична схема включає два канали - поляриметричний і мікроскопічний та містить такі елементи: джерело випромінювання – 1; дзеркала - 2, 3; коліматор – 4; поляризатор - 5, 6; світлоподільник – 7; джерело природнього світла – 8; конденсор – 9; гістологічний зріз БТ – 10; поляризатор-аналізатор – 11; проекційний мікрооб'єктив – 12; польову діафрагму – 13; конденсор – 14; CCD- камеру - 15.

Поляриметричний канал працює наступним чином: випромінювання He-Ne за допомогою дзеркал (2, 3)



спрямовується на вхід коліматора (4), який складається з двох мікрооб'єктивів та діафрагми. У результаті формується паралельний пучок, який проходить крізь поляризатор (5,6), що задає його стан поляризації. Таке поляризоване випромінювання проходить крізь гістологічний зріз БТ (10). За допомогою мікрооб'єктива (12), діафрагми (13) та конденсора зображення БТ проектується в площину CCD-камери (15). Аналіз станів поляризації зображення БТ здійснюється поляризатором-аналізатором (11).

Мікроскопічний канал складається з джерела природного світла (8), яке за допомогою конденсора (9) та світлоподільника (7) опромінює зріз БТ (10), мікроскопічне зображення якого спостерігається в площині CCD-камери (15).

$$\psi = \arcsin \frac{I_{\min}}{I_{\max}}$$

Методика поляризаційних вимірів складалася в наступному. Обертанням аналізатора визначалися мінімальний ( $I_{\min}$ ) і максимальний ( $I_{\max}$ ) рівні інтенсивності, а також кут повороту поляризатора  $\psi$ , якому відповідає мінімальний рівень інтенсивності ( $I_{\min}$ ). Значення азимута і еліптичності

поляризації  $\square$  у межах кожного пікселя CCD-камери визначалися за допомогою співвідношень; .

Як об'єкти дослідження використовувалися гістологічні зрізи дерми шкіри (ДШ) з геометричною товщиною 25 мкм.

Рис. 2 ілюструє часову динаміку зміни структури поляризаційного зображення дерми шкіри в результаті настання смерті.

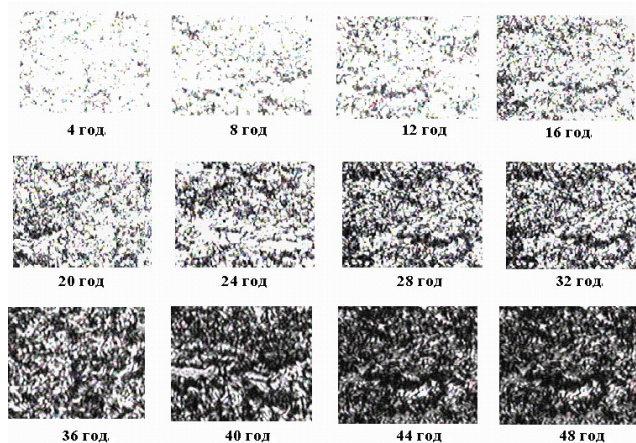


Рис. 2. Поляризаційні зображення дерми шкіри для різних часових проміжків ДНС.

Світлі ділянки таких зображень відповідають еліптично поляризованим коливанням лазерної хвилі, яка пройшла крізь колагенові структури дерми шкіри. Рівень просвітлення пов'язаний як із концентрацією колагенів, так і товщиною

волокон. Видно, що з плином часу рівень просвітлення відповідних зображень дерми шкіри зменшується. Це вказує на деградацію оптичної анізотропії архітектоники дерми шкіри в результаті її післясмертних змін. З іншого боку, починаючи з певного часу ДНС координатна структура поляризаційних мікроскопічних зображень практично не змінюється.

$\alpha$

Експериментально встановлено, що архітектоніка (колагенова сітка) ДШ володіє виразною здатністю до перетворення станів і типів поляризації лазерного випромінювання. Діапазон зміни станів поляризації складає  $\Delta^0 = 0^0 - 90^0$ ;  $\Delta\beta^0 = 0^0 - 90^0$ .

$\alpha$  25

Результати цього аналізу наведено в таблиці 1, яка містить статистично достовірні показники (середнє та дисперсію розподілів ( $\Delta^0$ ,  $\Delta\beta^0$ )).

Таблиця 1

**Часова залежність діапазону зміни середнього і дисперсії розподілів значень азимутів і еліптичностей поляризації зображень дерми шкіри**

| ДНС,<br>ГОД | 1                               | 4                                | 8                                | 12                              | 16                              |
|-------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| $\pm$       | $\pm$                           | $\pm$                            | $\pm$                            | $\pm$                           | $\pm$                           |
|             | 51 <sup>0</sup> 3 <sup>0</sup>  | 42 <sup>0</sup> 2 <sup>0</sup>   | 35 <sup>0</sup> 1,5 <sup>0</sup> | 28 <sup>0</sup> 2 <sup>0</sup>  | 21 <sup>0</sup> 1 <sup>0</sup>  |
| $\pm$       | $\pm$                           | $\pm$                            | $\pm$                            | $\pm$                           | $\pm$                           |
|             | 18 <sup>0</sup> 1 <sup>0</sup>  | 15 <sup>0</sup> 1,4 <sup>0</sup> | 12 <sup>0</sup> 1,2 <sup>0</sup> | 9 <sup>0</sup> 1,1 <sup>0</sup> | 7 <sup>0</sup> 1,3 <sup>0</sup> |
| 20          | 24                              | 30                               | 36                               | 42                              | 48                              |
| $\pm$       | $\pm$                           | $\pm$                            | $\pm$                            | $\pm$                           | $\pm$                           |
| 1801,30     | 1402,1                          | 10020                            | 7010                             | 500,70                          | 200,80                          |
| $\pm$       | 5 <sup>0</sup> 0,9 <sup>0</sup> |                                  |                                  |                                 |                                 |

Згідно з наведеними статистичними даними встановлено ефективність поляриметричного аналізу мікроскопічних зображень БТ у вивченні ДНС у межах від 4 год до 48 год.



На рис. 3 показані часові залежності зміни поляризаційних параметрів  $\Delta^0$  (крива 1),  $\Delta\beta^0$  (крива 2) зображень дерми шкіри.

Рис. 3. Часова динаміка післясмертних змін поляризаційної структури зображень дерми шкіри.

Аналогічні результати дослідження посмертної динаміки зміни поляризаційної структури мікроскопічних зображень одержано для гістологічних зрізів інших структурованих БТ (тканина міокарда та поперечно-посмугованого м'яза); тканин паренхіматозних органів (селезінка, печінка, стінка товстої кишки, нирка, легені) і мозку.

Якісна динаміка таких змін (на прикладі тканини печінки) наведена на серії поляризаційних зображень на рис. 4.

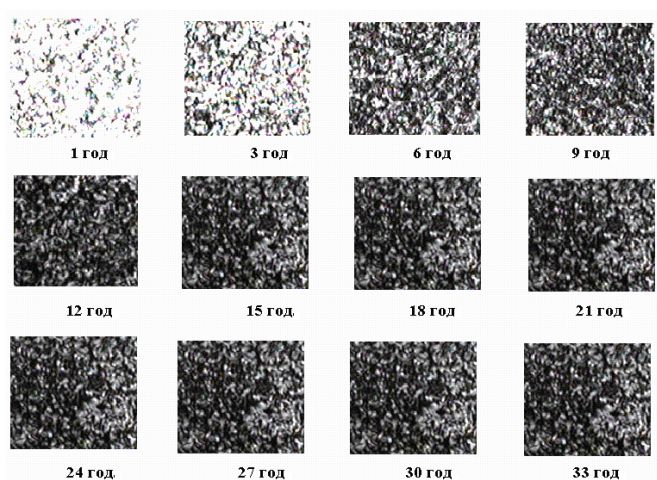


Рис. 4. Часова динаміка поляризаційної деградації архітектоніки печінки:

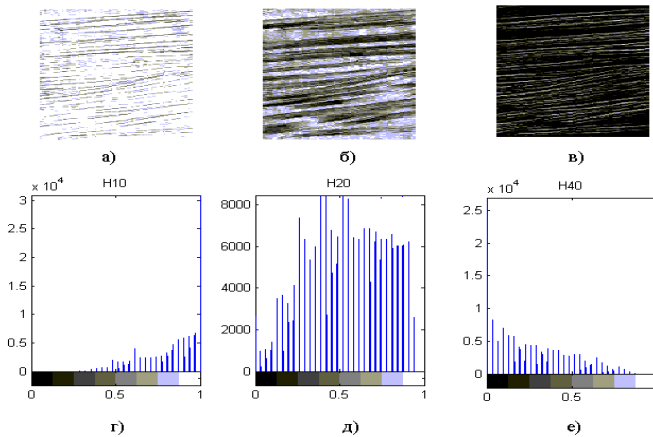
а) – 1 год, б) - 6 год, в) - 15 год.

Рис. 5. Часова динаміка післясмертних змін поляризаційних зображень тканини печінки.

У результаті проведених поляриметричних досліджень лазерних зображень структурованих та паренхіматозних тканин обґрунтована можливість використання в якості критерія ДНС часової деградації оптичної анізотропії архітектоніки в наслідок трупних змін.

У **четвертому розділі** досліджено можливості визначення ДНС шляхом часового моніторингу зміни координатних

розподілів величин четвертого елемента матриці Джонса, що характеризує величину фазових зсувів, які вносить речовина БТ у поляризацію лазерного пучка. На рис. 6 наведена серія двовимірних розподілів такого елемента та гістограм їх значень, одержаних для різних значень ДНС (а) – 1 год; б) - 24 год; в) - 48 год).



$m_{22}$

Рис. 6. Координатна (а, б, в) і статистична (г, д, е) структура фазового елемента матриці Джонса тканини міокарда.

Аналіз одержаних результатів виявив ефективність встановлення ДНС на ширшому інтервалі значень ніж у випадку аналізу статистики розподілів азимутів та еліптичностей поляризації зображень БТ. Час стабілізації зміни координатних розподілів фазового елемента матриці Джонса практично на 50% більший і складає величину приблизно 70 годин.

$S_4$

У п'ятому розділі роботи визначалися статистичні моменти третього () і четвертого () порядків розподілів інтенсивності зображень поляризаційно візуалізованої архітекtonіки БТ.

Встановлено, що часова динаміка спостереження за посмертними зображеннями архітекtonіки БТ всіх органів супроводжуються зменшенням загального рівня статистичних моментів 3-го і 4-го порядків у 3 - 4 рази.

$S_4$

Проведені дослідження статистики 3 го – 4-го порядків двовимірних розподілів інтенсивностей поляризаційних зображень групи структурованих та паренхіматозних БТ показали, що часові діапазони та точність визначення ДНС шляхом визначення асиметрії () та ексцесу () інтенсивностей у



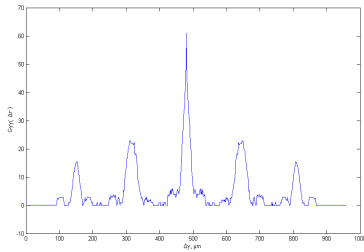
цілому відповідають чутливості поляризаційних методів аналізу розподілів азимутів та еліптичностей поляризації лазерних зображень біологічних тканини.

Інтервал ефективного визначення ДНС зростає до 50% у порівнянні з поляриметричним моніторингом посмертних змін у зображеннях гістологічних зрізів БТ трупа людини. Поряд із цим похибка у визначенні ДНС зростає до 15 - 25%.

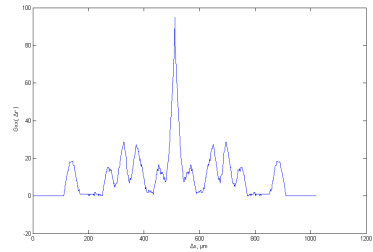
**Шостий розділ** роботи містить результати дослідження можливостей встановлення ДНС шляхом використання кореляційного аналізу координатних розподілів інтенсивностей лазерних зображень БТ трупа людини.

Як об'єкти дослідження використовувалися структуровані БТ. Такий вибір БТ зумовлений тим, що інтервал визначення їх ДНС є найбільшим і складає понад 100 год.

На рис. 7 наведені автокореляційні функції поляризаційного зображення архітектоники тканини міокарда, одержані для наступних значень ДНС: а) – 1 год; б) – 10 год.



а



б

Рис. 7. Автокореляційні функції зображень тканини міокарда.

$$G_i$$

У результаті кореляційних досліджень мікроскопічних зображень посмертних змін біологічних тканин встановлено, що ДНС виявляється зменшенням півширини ( $\Delta t$ ), величини ( $G_i$ ) та кількості локальних екстремумів автокореляційних функцій (рис. 8а та рис. 8б відповідно).

$$\bar{d}_i, G_i$$

Статистично усереднені значення параметрів ( $\bar{d}_i$ ) автокореляційних функцій для різних значень ДНС наведені в таблиці 4.

Таблиця 2

**Часова динаміка зміни структури автокореляційної  
функції зображення тканини серцевого м'яза (96 зразків)  
та точність визначення ДНС**

|                     |                   |                   |                   |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $d_i$<br>, МКМ      | $\pm$<br>650.27   | $\pm$<br>510.25   | $\pm$<br>420.17   |
| $G_i$<br>, В.О.     | $\pm$<br>0.910.11 | $\pm$<br>0.670.14 | $\pm$<br>0.490.13 |
| $T$<br>,ГОД.        | 5                 | 10                | 15                |
| $\Delta T$<br>,ГОД. | 0.5               | 0.6               | 1                 |

|                     |                   |                   |                   |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $d_i$<br>, МКМ      | 310.16            | 210.21            | 120.19            |
| $G_i$<br>, В.О.     | $\pm$<br>0.310.09 | $\pm$<br>0.230.08 | $\pm$<br>0.120.07 |
| $T$<br>,ГОД.        | 20                | 25                | 30                |
| $\Delta T$<br>,ГОД. | 1.2               | 1.3               | 1.6               |

±

ΔT

Встановлено, що урахування кореляційної структури поляризаційних зображень тканини серцевого м'яза та дерми шкіри для різних значень ДНС дозволяє вдвічі зменшити величину похибки визначення ДНС у порівнянні з поляризаційним аналізом аналогічних зображень. При цьому величина на 10 - 20% менша, ніж у випадку кореляційного аналізу зображень зазначених тканин.

## **ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі пропонується та обґрунтовується новий підхід у вирішенні актуального завдання – встановлення сукупності диференційних критеріїв для об'єктивного визначення ДНС за комплексом поляризаційних, матричних, статистичних та кореляційних параметрів лазерних зображень БТ різної морфологічної будови.

1. Виявлено, що часова динаміка зміни морфологічної структури БТ у післясмертному періоді супроводжується динамічними закономірностями зміни структури їх поляризаційних зображень, що є підґрунтям для встановлення ДНС.

2. При використанні показників поляризації лазерних зображень БТ часовий діапазон виявлення ДНС, зумовлений особливостями післясмертних змін останніх, коливається від 1 - 4 год для тканини мозку, до 1 - 48 год для м'язової тканини.

3. Встановлено, що матричний метод дослідження оптичної анізотропії речовини БТ, незалежно від її типу, дозволяє розширити часові інтервали визначення ДНС.

4. Комплексне застосування сукупності поляризаційного, матричного, статистичного та кореляційного методів аналізу зображень гістологічних зрізів БТ дозволяє залежно від їх виду визначати ДНС у термін до 11-115 год, при похибці 1-1,5 год.

5. Досліджена сукупність методів лазерного аналізу поляризаційних зображень БТ є базою для диференціації визначення ДНС шляхом вибіркового аналізу різних типів тканин, а саме: для “довготривалої” діагностики потребує поляриметрії струкутурованих БТ (м'язова тканина, дерма шкіри), а “короткотривалої” – одну, дві тканини паренхіматозних органів або мозку.

## **РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО НАУКОВОГО І ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗДОБУТИХ РЕЗУЛЬТАТІВ**

Для дослідження часової динаміки зміни статистичної, матричної та кореляційної структури поляризаційних зображень гістологічних зрізів БТ різних типів, з метою визначення ДНС, необхідно:

1. Під час проведення розтину вилучити шматочки таких тканин тіла померлого: шкіра людини (передня черевна стінка), м'язова тканина (серцевий м'яз, прямий м'яз живота), печінка, селезінка, нирка, товста кишка, легенева тканина, головний мозок (далі БТ).

2. З вилучених зразків БТ за допомогою заморожувального мікротома виготовити нативні гістологічні зрізи БТ товщиною від 20 мкм до 60 мкм.

3. Отримані гістологічні зрізи БТ з невідомою ДНС розміщують в оптичній схемі та реєструють за допомогою CCD – камери сукупність її поляризаційних зображень.

4. Шляхом подальшої математичної обробки на ЕОМ проводять наступні дослідження отриманих даних:

- визначають імовірні розподіли азимутів, еліптичностей поляризації лазерних коливань та їх інтенсивності;

- обчислюють максимальні значення  $I_{\max}(t_0)$  та дисперсію  $\Delta I(t_0)$ . Тут  $t_0$  – час початку проведення дослідів;
- починаючи з часу  $t_0$ , визначають часову динаміку зміни  $I_{\max}(t \text{ більше } t_0)$ , дельта  $I(t \text{ більше } t_0)$  та встановлюють час  $T_0$  "стабілізації" їх значень;
- на вертикальній осі  $I_{\max}$  відкладають відповідно до табличних даних значення  $I_{\max}(t=0)$ , попередньо визначене для зразків тканини даного органа;
- екстраполюють (проводять дотичну) залежність  $I_{\max}(t)$  на інтервалі часу дельта  $t = T_0 - t_0$  до перетину з горизонтальною прямою, проведеною з точки  $I_{\max}(t_0)$ .
- з точки перетину  $X$  опускають перпендикуляр на часову вісь і визначають час  $t_x$ , який і є ДНС.

### **ЛІТЕРАТУРА, ЩО ЦИТУВАЛАСЯ**

1. Возможности судебно-медицинской экспертизы при определении времени наступления смерти / К.И. Хижнякова; Москва.-Ч.1.- 1973. - 44с.
2. Судебная медицина: Учебник / В.Л.Попов - Санкт-Петербург: Питер, 2002. - 601с.

3. Судебная медицина: Учебник / Л.М. Бедрина, В.Н. Крюкова, А.С. Литвак и др.; под ред. В.М. Смольянинова. – Москва: Медицина, 1982.- 464с.
4. Судебная медицина: Руководство / А.Р. Деньковский, В.С. Житов, К.Н. Калмыков и др./ Под ред. А.А. Матышева. - Санкт-Петербург: Гиппократ, 1998. – 544с.
5. Диагностика давности смерти в судебной-медицине/Г.А. Ботезату, В.В. Тетерчев, С.В. Унгурян. - Кишинев: Штиинца, 1987. - 136с.
6. Тучин В.В. Исследование биотканей методами светорассеяния // Успехи физ. наук. – 1997. – Т.167. – С.517-539.
7. Ushenko A.G., Pishak V.P. Laser Polarimetry of Biological Tissue. Principles and Applications // In Coherent-Domain Optical Methods. Biomedical Diagnostics, Environmental and Material Science / ed. V.Tuchin. - Kluwer Academic Publishers, 2004. – P.67.
8. Ушенко О.Г., Пішак В.П., Ангельський О.В. Лазерна поляриметрична діагностика в біології та медицині. - Чернівці: Медакадемія, 2000. – 305с.
9. Ушенко О.Г., Пішак О.В., Пішак В.П. Дослідження динаміки патологічних змін дисперсії та контрасту



когерентних зображень кісткової тканини // Укр. мед. альманах. – 2000. – Т.3, №4.- С.170-173.

10. Angelsky O.V., Ushenko A.G., Ushenko Yu.A., Ushenko Ye.G., Tomka Yu.Ya., Pishak V.P. Polarization-correlation mapping of biological tissue coherent images // J. Biomed. Opt. – 2005. – Vol.10, No.6. – P.064025.

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

1. Ushenko A.G., Burkovets D.M., Yermolenko S.B., Arkhelyuk A.D., Pishak V.P., Wanchuliak O.Y., Bachinsky V.T., Grigorishin P.M., Zimnyakov D.A. Phase-polarizing investigation of biotissue fractal structure // Proc. SPIE. – 1999. – Vol. 3904. – P. 549-552.
2. Ushenko A.G., Burkovets D.M., Yermolenko S.B., Arkhelyuk A.D., Pishak V.P., Wanchuliak O.Y., Bachinsky V.T., Grigorishin P.M., Zimnyakov D.A. Laser Polarimetry of the Orientational Structure of Bone Tissue Osteons // Proc. SPIE. – 1999. – Vol. 3904. – P. 557-561.
3. Ushenko A.G., Burkovets D.M., Yermolenko S.B., Arkhelyuk A.D., Pishak V.P., Wanchuliak O.Y., Bachinsky V.T., Grigorishin P.M., Zimnyakov D.A. Investigated of

polarized radiation diffraction on the systems of oriented biofractal fibers // Proc. SPIE. – 1999. – Vol. 3904. – P. 553-556.

4. Bachinsky V.T., Bendas O.A., Wanchuliak O.Y., Ushenko A.G. Vector Microstructure of Laser Biospecles // Proc. SPIE. – 2000. – Vol. 4242. – P. 227-232.

5. Wanchulyak O.Y., Bachinsky V.T., Ushenko A.G., Ushenko Yu.A. Wavelet analysis of dynamics of changes in orientation-phase structures biotissue architechtonies // Proc. SPIE. – 2002. – Vol. 5067. – P. 50-55.

6. Пішак В.П., Ушенко О.Г., Бачинський В.Т., Ванчуляк О.Я., Бурковець Д.М., Ушенко Ю.О. Лазерна поляриметрія кісткової тканини // Буковинський медичний вісник. – 1999. – Т.3, №1. – С.173-189.

7. Пішак В.П., Ушенко О.Г., Бачинський В.Т., Ванчуляк О.Я., Бурковець Д.М., Ушенко Ю.О. Спосіб кореляційно-оптичної ідентифікації тупих предметів у судово-медичній травматології // Винахідництво та раціоналізаторство в Буковинській державній медичній академії 2000-2002. – Чернівці: Медакадемія, 2002. – С.60.

8. Пішак В.П., Ушенко О.Г., Бачинський В.Т., Ванчуляк О.Я., Бурковець Д.М., Ушенко Ю.О. Спосіб коваріаційної ідентифікації тупих предметів у судово-медичній травматології // Винахідництво та раціоналізаторство в Буковинській державній медичній академії 2000-2002.– Чернівці: Мед академія, 2002. – С.61.
9. Ванчуляк О.Я., Ушенко О.Г., Бачинський В.Т. Поляризаційно-кореляційний аналіз динаміки зміни мікроструктури м'язової тканини // Клінічна та експериментальна патологія. – 2002. – Т.1, №1. – С.69-74.
10. Ванчуляк О.Я. Застосування лазерного поляриметричного аналізу в діагностиці змін структури кісткової тканини // Буковинський медичний вісник. – 2004. – Т.8, №1. – С.167-170.
11. Ванчуляк О.Я. Поляризаційна візуалізація та аналіз пошкоджень архітектоніки біотканин // Український судово-медичний вісник. – 2004. - №1. – С.36-38.
12. Ванчуляк О.Я., Ушенко О.Г., Беженар І.Л. Застосування поляризаційного методу для аналізу пошкоджень біотканин // Буковинський медичний вісник. – 2004. – Т.8, №3-4. – С.300-301.

13. Ванчуляк О.Я. Метод поляризаційної візуалізації та статистичної обробки лазерних зображень архітектоніки паренхіматозних біотканин у діагностиці часу настання смерті // Клінічна та експериментальна патологія. – 2005. – Т.4, №2. – С.105-110.

14. Ванчуляк О.Я. Статистика 1-4 порядків розподілу інтенсивностей зображень архітектоніки паренхіматозних біотканин у діагностиці часу настання смерті // Матеріали 86-ї підсумкової конференції науковців Буковинського державного медичного університету „Актуальні питання клінічної та експериментальної медицини” (Чернівці, 2005р.). – Чернівці: Медуніверситет, 2005.– С.92-97.

15. Ванчуляк О.Я. Поляриметрія зображень м'яких біотканин у моніторингу їх посмертних змін // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції судових медиків та криміналістів, присвяченої 200-річчю кафедри судової медицини та основ права Харківського державного медичного університету „ Актуальні питання та перспективи розвитку судової медицини та криміналістики ” (Харків, 2005р.). – Х.: Гриф, 2005.– С.126.

## АНОТАЦІЯ

Ванчуляк О.Я. Діагностика давності настання смерті методом лазерного поляриметричного моніторингу тканин людини. – Рукопис.

*Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук за спеціальністю 14.01.25 – судова медицина – Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика - Міністерство охорони здоров'я України, Київ, 2007.*

У роботі на основі методів поляризаційного аналізу зображень гістологічних зрізів біологічних тканин трупа людини пропонується та обґрунтовується новий підхід у вирішенні актуального завдання – встановлення сукупності диференційних критеріїв для об'єктивного визначення ДНС за комплексом поляризаційних, матричних, статистичних та кореляційних параметрів лазерних зображень БТ різної морфологічної будови. При використанні показників поляризації лазерних зображень БТ часовий діапазон виявлення ДНС, зумовлений особливостями післясмертних змін останніх, коливається від 1 - 4 год для тканини мозку, до 1 - 48 год для м'язової тканини. Встановлено, що матричний метод дослідження оптичної анізотропії речовини БТ, незалежно від її типу, дозволяє розширити часові інтервали

визначення ДНС. Встановлено, що комплексне застосування сукупності поляризаційного, матричного, статистичного та кореляційного методів аналізу зображень гістологічних зрізів БТ дозволяє залежно від їх виду визначати ДНС у термін до 11-115 год, при похибці 1-1,5 год. Доведено, що сукупність методів лазерного аналізу поляризаційних зображень БТ є базою для диференціації визначення ДНС шляхом вибіркового аналізу різних типів тканин, а саме: для “довготривалої” діагностики потрібно вивчати поляриметрію структурованих БТ (м’язова тканина, дерма шкіри), а “короткотривалої” – одну, дві тканини паренхіматозних органів або головного мозку.

**Ключові слова:** давність настання смерті, біологічна тканина, паренхіматозні органи, зображення, лазер, поляризація, статистичні моменти, кореляція.

## АННОТАЦІЯ

Ванчуляк О.Я. Діагностика давности наступления смерти методом лазерного поляриметрического мониторинга тканей человека. – Рукопись.

*Диссертация на соискание научной степени кандидата медицинских наук по специальности 14.01.25 – судебная медицина – Национальная медицинская академия последипломного образования имени П.Л.Шупика - Министерство охраны здоровья Украины, Киев, 2007.*

В работе на основе методов поляризационного анализа изображений гистологических срезов биологических тканей (БТ) человека предлагается и обосновывается новый подход в решении актуального задания – установления совокупности дифференциальных критериев объективного определения давности наступления смерти (ДНС) по комплексу поляризационных, матричных, статистических и корреляционных параметров лазерных изображений БТ разного морфологического строения. Определено, что временная динамика изменения морфологической структуры БТ в послесмертном периоде сопровождается динамическими закономерностями изменения структуры их поляризационных изображений, что является фундаментом для установления ДНС. При использовании параметров поляризации лазерных изображений БТ временной диапазон определения ДНС, обусловленный особенностями послесмертных изменений последних, колеблется от 1 - 4 часов для ткани мозга, до 1 - 48 часов для мышечной ткани. Установлено, что матричный метод исследования оптической анизотропии вещества БТ, независимо от ее типа, позволяет расширить временные интервалы определения. Установлено, что комплексное использование совокупности поляризационного, матричного,

статистического и корреляционного методов анализа изображений гистологических срезов БТ позволяет в зависимости от их вида определять ДНС в сроки до 11-115 часов, при ошибке 1-1,5 часа. Доказано, что совокупность методов лазерного анализа поляризационных изображений БТ является базой для дифференциации определения ДНС путем выборочного анализа разных типов тканей, а именно: для “долгосрочной” диагностики необходимо изучать поляриметрию структурированных БТ (мышечная ткань, дерма кожи), а “короткосрочной” – одна, две ткани паренхиматозных органов или головного мозга.

**Ключевые слова:** давность наступления смерти, биологическая ткань, паренхиматозные органы, изображение, лазер, поляризация, статистические моменты, корреляция.

## SUMMARY

Wanchuliak O.Ya. “Diagnostics of prescription of death coming employing the technique of laser monitoring of human tissues”.-Manuscript.

*The thesis for obtaining the academic degree of a Candidate of Medical Sciences in speciality 14.01.25 – Forensic Medicine – P.L. Shupyk National Medical Academy of Post-*



*Graduate Education - Ukraine's Ministry of Health Protection, Kyiv, 2007.*

A new approach to solving a topical task-establishing an aggregate of differentiated criteria for an objective evaluation of the prescription of death coming (PDC) by means of the complex of polarizing, matrix, statistical and correlation parameters for laser images of biological tissues (BT) is suggested in the research on the basis of a polarization analysis for images of microscopic sections of the BT in a human cadaver. When using the indices of BT laser images polarizations, the temporal range of detecting PDC, stipulated by the peculiarities of the latter's postmortem changes, fluctuates from 1 to 4 hours for the brain tissue, from 1 to 48 hours for the muscular tissue. It has been established that the matrix method of investigation of BT optical anisotropy, irrespective of its type, makes it possible to expand time intervals of determining PDC. It has been found out that a complex use of a combination of polarizing matrix, statistical and correlation methods of analyzing images of BT histologic sections allows to ascertain PDC within the range of 11 – 115 hours, depending on their type, allowing for an error of 1-1,5 hours. It has been proved that a combination of methods of laser analysis for BT polarization images is a basis for differentiating a PDC evaluation by means of

an optical analysis of different types of tissues, namely, for “long-term” diagnostics it is necessary to study polarimetry of structured BT (the muscular tissue, derma), whereas “short-term one” – one, two tissue of the parenchymatous organs or the brain.

**Key words:** prescription of death coming, biological tissues, parenchymatous organs, image, laser, polarization, statistical moments, correlation.