

УДК 616.36-002.2-079.4-073.55:535.5

Присяжнюк В.П.<sup>1</sup>, Ушенко О.Г.<sup>2</sup>, Дуболазов О.В.<sup>2</sup>**Картографування розподілів азимутів поляризації лазерних мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові у диференційній діагностиці хронічних дифузних захворювань печінки**<sup>1</sup> – Буковинський державний медичний університет<sup>2</sup> – Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

**Резюме.** Хронічні дифузні захворювання печінки є поширеними захворюваннями у клініці внутрішніх хвороб, які часто перебігають із подібною симптоматикою та однотипними змінами клінічно-лабораторних параметрів. Тому, актуальною є об'єктивізація диференційної діагностики різних форм захворювань печінки.

**Метою** роботи було дослідження та обґрунтування інформаційних можливостей об'єктивного методу поляризаційного картографування мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові у диференційній діагностиці неалкогольної жирової хвороби печінки та хронічного гепатиту невірусного походження.

**Матеріал і методи.** Обстежено 50 хворих на неалкогольну жирову хворобу печінки, які склали першу групу. До другої групи увійшли 50 пацієнтів із хронічним гепатитом невірусної етіології. Контрольну групу склали 30 практично здорових осіб репрезентативних за віком та статтю до досліджуваних груп. В якості об'єктів експериментального дослідження використовувалася серія полікристалічних плівок плазми крові, які досліджувалися за допомогою лазерного стокс-поляриметра.

**Результати.** Найбільш інформативними для диференційної діагностики хронічного гепатиту та неалкогольної жирової хвороби печінки виявилися рішення, визначенні на основі обчислення величини статистичних моментів 2-го і 3-го порядків, які характеризують координатні розподіли значень азимута поляризації у точках (пікселях) цифрових мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові. Установлено, що для статистичного моменту  $M_2^{\alpha}$  чутливість складає 78,0%, специфічність – 70,0%. Для статистичного моменту  $M_3^{\alpha}$  чутливість становить 82,0%, специфічність – 75,0%. Точність методу картографування розподілів значень азимутів поляризації мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові коливається в діапазоні 74,0% – 79,0%.

**Висновок.** Встановлено найбільш чутливі для захворювань печінки статистичні параметри (статистичні моменти 2-го і 3-го порядків, які характеризують розподіли випадкових значень азимута поляризації) мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові.

**Ключові слова:** неалкогольна жирова хвороба печінки, хронічний гепатит, лазерна поляриметрія, картографування.

**Постановка проблеми і аналіз останніх досліджень.**

Захворювання органів гепатобіліарної системи є важливою медико-соціальною проблемою в Україні та світі. Серед них вагомим місцем належить неалкогольній жировій хворобі печінки (НАЖХП), яка сьогодні є найпоширенішою нозологією серед захворювань печінки [1]. Зокрема, її поширеність складає 20% – 30% дорослого населення у країнах Західної Європи та Північної Америки та 15% у країнах Азії [6]. За даними К. Das et al., НАЖХП є причиною розвитку криптогенного цирозу печінки в 15-20% хворих [8]. Окрім НАЖХП, значного поширення набуло захворювання на хронічний гепатит (ХГ). Зокрема, у 2011 р. в нашій країні було зареєстровано більше 350 тисяч таких хворих, більше того в останні роки спостерігалася тенденція до подальшого зростання їхньої кількості [3]. Нині актуальним питанням залишається об'єктивізація диференційної діагностики цих захворювань печінки, оскільки існуючі методи мають ряд недоліків, серед яких інвазивність та висока вартість обстеження.

Для вирішення цього завдання нами використані методи лазерної поляриметрії. Найбільшого розповсюдження набули методи діагностики на основі вивчення полів розсіяного випромінювання засобами класичної фотометрії

[4], Стокс-поляриметрії [9]. Паралельно до цих наукових напрямів розвивалися лазерні методи дослідження оптико-неоднорідних біологічних структур – кореляційна оптика й оптика спеклів [10], які використовують у якості зонду когерентне поляризоване випромінювання.

Когерентність лазерних променів обумовила необхідність розробки інших підходів до аналізу полів розсіяного випромінювання – фрактальна оптика [5], сингулярна оптика [7]. На їх основі визначено прямі взаємозв'язки між набором статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, функцій автокореляції, фрактальних розмірностей, які характеризують оптико-анізотропну структуру біологічних тканин і поляризаційними параметрами (координатні розподіли азимутів і еліптичності поляризації) їхніх лазерних зображень [2].

**Метою** нашої роботи було дослідження та обґрунтування інформаційних можливостей об'єктивного методу поляризаційного картографування мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові у диференційній діагностиці НАЖХП та ХГ невірусного походження.

**Матеріал і методи дослідження**

Обстежено 50 хворих на НАЖХП віком від 21 до 77 (54,5±13,3) років, як складали першу групу. Переважним етіологічним чинником розвитку НАЖХП був аліментарний (схильність до надмірного вживання їжі впродовж тривалого періоду часу, одно- або дворазового прийому їжі на добу, вживання висококалорійних продуктів на тлі гіподинамії). До другої групи увійшли 50 хворих на ХГ невірусної етіології віком від 23 до 75 (50,5 ± 12,9) років. Переважним етіологічним чинником розвитку ХГ у обстежених пацієнтів було довготривале зловживання алкогольними напоями, на тлі періодичних, клінічно підтверджених, впливів побутових та промислових токсинів. Контрольну групу склали 30 практично здорових осіб репрезентативних за віком та статтю до досліджуваних груп. Перед проведенням обстеження всі пацієнти та практично здорові волонтери дали письмову інформовану згоду на проведення дослідження.

В якості об'єктів експериментального дослідження використовувалася полікристалічні плівки плазми крові. Зразки плазми крові готувалися в ідентичних умовах – крапля рідини наносилася на підкладку з оптично однорідного скла та розтікалася. Утворена плівка просушувалася при кімнатній температурі протягом 24 годин до повної кристалізації. Вимірювання значення азимута поляризації в межах кожного  $m \times n$  пікселя світлочутливої площадки CCD – камери проводилося шляхом обертання площини пропускання поляризатора-аналізатора на кути від  $0^{\circ}$  до  $180^{\circ}$ , відповідно. При цьому послідовно вимірювалися сигнали  $I_{\min}$  з наступним обчисленням значення азимута поляризації

$$\alpha_{mn} = (\Theta_{\min} + 90^{\circ}). \quad (1)$$

Тут  $\Theta_{\min}$  - кут обертання площини пропускання поляризатора, при якому сигнал мінімальний  $I_{\min}$ .

Сукупність значень  $\alpha_{mn}$  складає двовимірний масив випадкових значень азимута поляризації мікроскопічного зображення полікристалічної плівки плазми крові.

$$\alpha = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \dots & \alpha_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \alpha_{n1} & \dots & \alpha_{nm} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Таким чином, за вимірними інтенсивностями  $I_{\min}$  лазерного випромінювання, можна однозначно визначити розподіл значень азимута поляризації мікроскопічного зображення полікристалічної плівки плазми крові та обчислити статистичні моменти першого  $M_1$ , другого  $M_2$ , третього  $M_3$  і четвертого  $M_4$  порядків

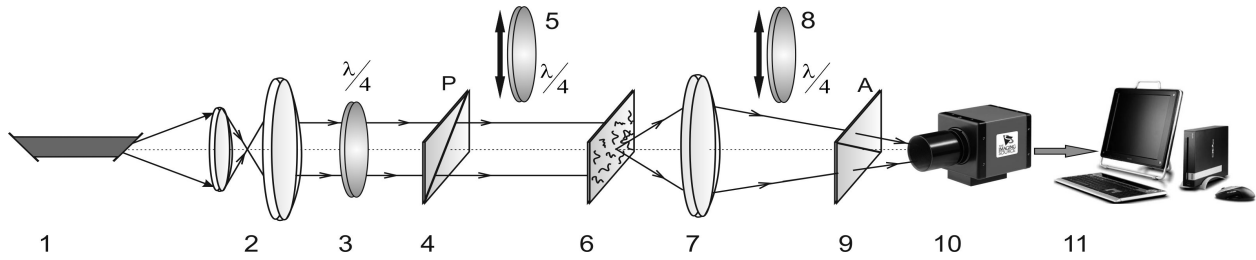


Рис. 1. Оптична схема стокс - поляриметра, де 1 – He-Ne лазер; 2 – коліматор; 3 – стаціонарна чвертьхвильова пластинка; 5, 8 – механічно рухомі чвертьхвильові пластинки; 4, 9 – поляризатор і аналізатор; 6 – біологічний шар; 7 – поляризаційний мікроскоб’єктив; 10 – CCD камера; 11 – персональний комп’ютер

$$\begin{aligned}
 M_1 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\Delta_i| = \frac{1}{N} (|\Delta_1| + |\Delta_2| + \dots + |\Delta_N|); \\
 M_2 &= \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta_i^2} = \sqrt{\frac{1}{N} (\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_N^2)}; \\
 M_3 &= \frac{1}{M_2^3} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta_i^3 = \frac{1}{M_2^3} \frac{1}{N} (\Delta_1^3 + \Delta_2^3 + \dots + \Delta_N^3); \\
 M_4 &= \frac{1}{M_2^4} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta_i^4 = \frac{1}{M_2^4} \frac{1}{N} (\Delta_1^4 + \Delta_2^4 + \dots + \Delta_N^4),
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

де  $m \times n$  - кількість пікселів.

На рис. 1 представлена оптична схема лазерного стокс-поляриметра. У даному оптичному розташуванні реалізується поляризаційне картографування зразків полікристалічних плівок плазми крові людини [11].

Опромінювання зразків плівок плазми крові 6 проводилося паралельним (діаметр поперечного перерізу  $\varnothing = 2 \times 10^3 \mu\text{m}$ ) пучком He-Ne лазера ( $\lambda=0,6328\mu\text{m}$ ). Інтенсивність пучка обиралася достатньо слабкою ( $W=5,0 \text{ мВт}$ ) для того, щоб при його проходженні крізь зразок мало місце лише перетворення його параметрів. Формування станів поляризації опромінювача здійснюється за допомогою чвертьхвильових пластинок 3, (Achromatic True Zero-Order Waveplate) і поляризатора 4 (B+W Kaesemann XS-Pro Polarizer MRC Nano). Мікроскопічні зображення полікристалічного шару плазми крові за допомогою поляризаційного мікроскоб’єктива 7 (Nikon CFI Achromat P, фокусна відстань – 30мм, числова апертура – 0,1, збільшення – 4x) проектувалося у площину світлочутливої площадки ( $m \times n = 1280 \times 960$  пікселів) CCD-камери 10 (The Imaging Source DMC 41AU02.AS, monochrome 1/2" CCD, Sony ICX205AL (progressive scan); роздільна здатність – 1280x960; розмір світлочутливої площадки – 7600x6200мкм; чутливість – 0,05 lx; динамічний діапазон – 8 bit, SNR – 9 bit). Аналіз зображень полікристалічних плівок плазми крові 6 здійснювався за допомогою поляризатора 9 і чвертьхвильової пластинки 8.

### Результати дослідження та їх обговорення

Аналіз експериментально вимірної поляризаційної мапи  $\alpha(x, y)$  сукупності точок лазерного мікроскопічного зображення полікристалічної плівки плазми крові практично здорової людини виявив оптичну анізотропію мережі оптично активних біологічних кристалів – голчасті кристали альбуміну та глибокоподібні кристали глобуліну. Кількісно на зазначений факт вказує достатньо широкий діапазон зміни значень азимута поляризації у структурі гістограми експериментально виміряного розподілу поворотів даного поляризаційного параметру. Як видно її залежність сформована з двох частин: перша, - “аморфна” – центральний екстремум (кількість значень  $N \approx 1,6 \times 10^5$ ), який співпадає з азимутом поляризації опромінюючого пучка  $\alpha_0 = 0^\circ$ ; друга, - “анізотропна” – серія локальних екстремумів, кількість яких лежить у межах  $10 \leq N \leq 1,1 \times 10^5$  для  $\alpha_k \neq 0^\circ$ . Крім цього, для даної гістограми характерний достатньо широкий діапазон зміни ( $-20^\circ \leq \Delta\alpha \leq 20^\circ$ ) значень азимута поляризації лазерного випромінювання,

сформованого голчастими кристалами альбуміну та глибокоподібними кристалами глобуліну.

Статистично прояви оптичної активності полікристалічної плівки плазми крові здорового донора ілюструє сукупність значень статистичних моментів 1-го – 4-го порядків -  $M_1^a = 0,07$ ;  $M_2^a = 0,11$ ;  $M_3^a = 0,24$ ;  $M_4^a = 0,53$ .

Двомірний розподіл значень азимута поляризації  $\alpha(x, y)$  та гістограма  $N(\alpha)$  його випадкових значень, що обчислені для лазерного мікроскопічного зображення зразку полікристалічної плівки плазми крові здорової людини приведені на рис. 2.

Захворювання печінки виявляється в одночасній зміні біохімічного складу білків плазми крові та відповідної структури її полікристалічної плівки. Тому слід очікувати зміни двомірних розподілів значень азимута поляризації у точках мікроскопічних зображень зразків плазми крові, взятих у пацієнтів із НАЖХП (перша група) та ХГ невірусної етіології (друга група).

На рис. 3 представлена серія залежностей, що ілюструє результати поляризаційного картографування азимутів поляризації лазерного мікроскопічного зображення зразку полікристалічної плівки плазми крові пацієнта з НАЖХП.

Аналіз одержаних даних про двомірну  $(x, y)$  та статистичну будову  $N(\alpha)$  розподілу значень поляризаційної мапи азимута поляризації у сукупності точок площини лазерного цифрового мікроскопічного зображення плівки плазми крові пацієнта із НАЖХП вказує на зростання оптичної активності мережі сформованої кристалами альбуміну та глобуліну. Має місце збільшення інтервалу зміни ( $-35^\circ \leq \Delta\alpha \leq 25^\circ$ ) порівняно з аналогічною гістограмою розподілу значень азимута поляризації сукупності точок (пікселів) у площині мікроскопічного зображення полікристалічної плівки плазми крові практично здорової людини. Це можна пов’язати з тим, що захворювання на НАЖХП супроводжується ростом концентрації полікристалічних сполук плазми крові. У результаті має місце виникнення у її плівці додаткових оптично анізотропних полікристалічних структур, які формують більші значення повороту поляризації лазерного випроміню-

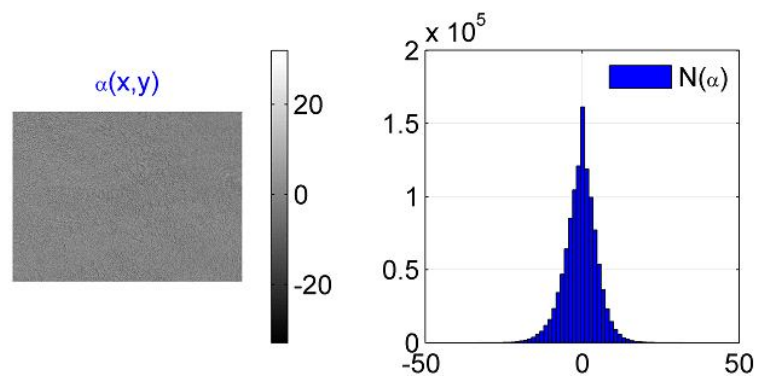
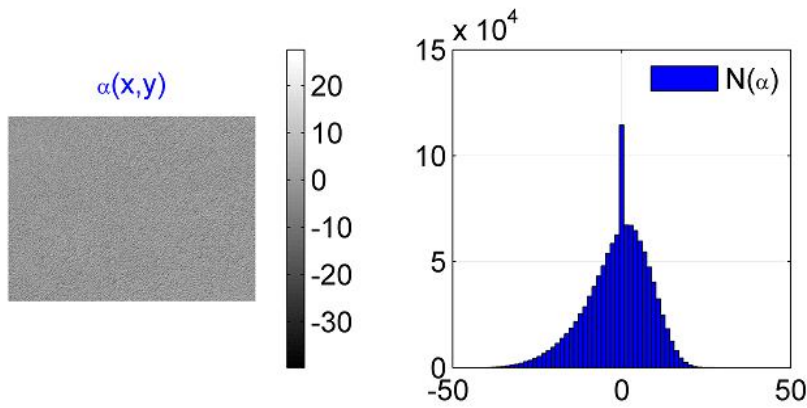


Рис. 2. Поляризаційна мапа азимута (ліва частина) та гістограма розподілу її значень (права частина) мікроскопічного зображення плівки плазми крові практично здорової особи



**Рис. 3.** Поляризаційна мапа азимута (ліва частина) та гістограма розподілу її значень (права частина) мікроскопічного зображення плівки плазми крові пацієнта із неалкогольною жирною хворобою печінки

вання, що пройшло крізь них. В результаті такого процесу збільшується інтервал зміни величини азимутів поляризації лазерного випромінювання, перетвореного такою полікристалічною плівкою.

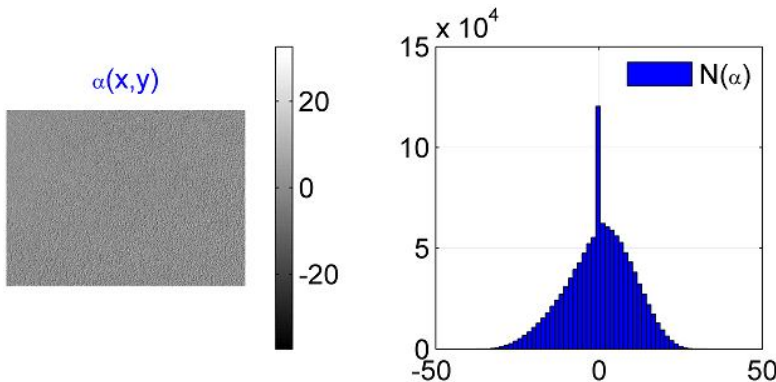
Кількісно статистичні зміни біохімічного складу плівки плазми крові, взятої у пацієнта із НАЖХП, ілюструє незначне зростання величини середнього (статистичного моменту 1-го порядку); зростання дисперсії (статистичного моменту 2-го порядку) в 1,2 рази та значну зміну величин статистичних моментів 3-го (зростання в 1,4 рази) і 4-го порядків (зменшення в 1,27 рази), які характеризують ймовірнісний розподіл значень азимутів мікроскопічного зображення зразку плазми крові хворих першої групи, -

$$M_1^\alpha = 0,086; \quad M_2^\alpha = 0,14; \quad M_3^\alpha = 0,32; \quad M_4^\alpha = 0,41$$

Захворювання на ХГ також виявляється у формуванні більш розвиненої полікристалічної мережі кристалів плівки плазми крові порівняно зі зразком практично здорового донора. Зростання оптичної анізотропії полікристалічної плівки плазми крові, взятої у хворого на ХГ, виявляється у формуванні співрозмірних із гістограмою  $N(\alpha)$  для зразку плазми крові хворого на НАЖХП локальних екстремумів відповідної гістограми розподілу значень азимуту поляризації мапи зразка плазми крові пацієнта другої групи (рис. 4).

Обчислення статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують координатний розподіл величини азимутів поляризації мікроскопічного зображення плазми крові пацієнтів із ХГ, порівняно з набором статистичних моментів, визначених для поляризаційної мапи плівки плазми крові, взятої у хворих на НАЖХП не виявило значних відмінностей  $M_1^\alpha = 0,092; M_2^\alpha = 0,15; M_3^\alpha = 0,39; M_4^\alpha = 0,48$ . Як видно, відмінності не перевищують 10% - 25%.

У таблиці 1 приведені значення і діапазонів зміни статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характери-



**Рис. 4.** Поляризаційна мапа азимута (ліва частина) та гістограма розподілу її значень (права частина) мікроскопічного зображення плівки плазми крові пацієнта із хронічним гепатитом

зують гістограми координатних розподілів значень азимута поляризації у точках цифрових мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові обстежених всіх трьох груп.

У межах таких статистично достовірних груп (довірчий інтервал  $p < 0,001$ ) зразків визначалися усереднені величини і стандартні відхилення статистичних моментів 1-го – 4-го порядків.

Установлені наступні діапазони відмінностей між середньостатистичними величинами статистичних моментів  $M_{i=1,2,3,4}^\alpha$ , які характеризують поляризаційні лазерні мікроскопічні зображення полікристалічних мереж плівок плазми крові осіб контрольної групи та хворих із різними формами хронічних дифузних захворювань печінки (перша та друга групи), - середнє (збільшення у 1,15 – 1,22 рази); дисперсія (збільшення у 1,29 – 1,34 рази); асиметрія (збільшення у 1,43 – 1,51 рази) і ексцес (зменшення у 1,35 – 1,39 рази).

З аналізу одержаних даних (таблиця 1) видно, що діапазони зміни величини набору статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли значень азимутів поляризації у точках мікроскопічних зображень плівок плазми крові дещо перекриваються – у результаті цього формуються хибно позитивні або хибно негативні рішення щодо типу патології. Отже, актуальним є внутрішньо груповий аналіз сукупності поляризаційних мап азимута поляризації – визначення інформативності (сили) методу поляризаційного картографування азимутів поляризації цифрових мікроскопічних зображень плівок плазми крові пацієнтів всіх репрезентативних груп.

З метою оцінювання інформативності техніки поляризаційного картографування азимутів поляризації мікроскопічних лазерних зображень полікристалічних плівок плазми крові визначалися операційні характеристики (чутливість, специфічність та точність) для діагностики та диференціації наступних станів: фізіологічна норма – НАЖХП (практично здорові особи та пацієнти із НАЖХП) – таблиця 2; фізіологічна норма – ХГ (практично здорові особи і хворі на ХГ) – таблиця 3; НАЖХП – ХГ (пацієнти першої та другої груп) – таблиця 4.

Аналіз одержаних даних виявив, що найбільш інформативними для діагностики НАЖХП виявилися рішення, визначенні на основі обчислення величини статистичних моментів 2-го і 3-го порядків, які характеризують координатні розподіли значень азимута поляризації у точках (пікселях) цифрових мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові. Також установлено, що для статистичного моменту  $M_2^\alpha$  кількість позитивних і хибно негативних рішень складає 36 та 14 (чутливість  $Se=72\%$ ), а кількість негативних і хибно позитивних рішень складає 19 та 11 (специфічність  $Sp=63\%$ ). Виявлено, що для статистичного моменту  $M_3^\alpha$  кількість позитивних і хибно негативних рішень складає 39 та 11 (чутливість  $Se=78\%$ ), а кількість негативних і хибно позитивних рішень складає 20 та 10 (специфічність  $Sp=75\%$ ). Точність  $Ac$  методу картографування розподілів значень азимутів поляризації мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові складає 68%-77%.

Проведений аналіз отриманих даних засвідчив, що найбільш інформативними для діагностики ХГ, як і у випадку НАЖХП

**Таблиця 1. Середні  $M_1^\alpha$ , дисперсія  $M_2^\alpha$ , асиметрія  $M_3^\alpha$  та ексцес  $M_4^\alpha$ , які характеризують розподіли  $\alpha(x, y)$  лазерних мікроскопічних зображень зразків плівок плазми крові різних груп пацієнтів**

| $M_k^\alpha$ | Практично здорові особи (n=30) | Хворі на НАЖХП (n=50) | Хворі на ХГ (n=50) |
|--------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|
| $M_1^\alpha$ | 0,077±0,009                    | 0,089±0,011           | 0,097±0,012        |
| $M_2^\alpha$ | 0,13±0,015                     | 0,19±0,022            | 0,21±0,024         |
| $M_3^\alpha$ | 0,25±0,032                     | 0,34±0,041            | 0,39±0,044         |
| $M_4^\alpha$ | 0,54±0,48                      | 0,41±0,043            | 0,36±0,039         |

**Таблиця 2. Операційні характеристики інформативності двомірного поляризаційного картографування розподілів азимутів поляризації лазерних зображень полікристалічних плівок плазми крові практично здорових осіб та пацієнтів із неалкогольною жировою хворобою печінки**

| Параметри              | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $M_4$ |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Чутливість $Se, \%$    | 62    | 72    | 78    | 63    |
| Специфічність $Sp, \%$ | 60    | 63    | 75    | 61    |
| Точність $Ac, \%$      | 61    | 68    | 77    | 62    |

**Таблиця 3. Операційні характеристики інформативності двомірного поляризаційного картографування розподілів азимутів поляризації лазерних зображень полікристалічних плівок плазми крові практично здорових осіб та хворих на хронічний гепатит**

| Параметри              | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $M_4$ |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Чутливість $Se, \%$    | 66    | 78    | 82    | 66    |
| Специфічність $Sp, \%$ | 63    | 70    | 73    | 66    |
| Точність $Ac, \%$      | 65    | 74    | 79    | 66    |

**Таблиця 4. Операційні характеристики інформативності картографування азимутів поляризації лазерних зображень полікристалічних плівок плазми крові пацієнтів із неалкогольною жировою хворобою печінки та хронічний гепатит**

| Параметри              | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $M_4$ |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Чутливість $Se, \%$    | 58    | 60    | 64    | 58    |
| Специфічність $Sp, \%$ | 54    | 58    | 60    | 54    |
| Точність $Ac, \%$      | 56    | 59    | 62    | 56    |

(таблиці 2 та 3) виявилися рішення, визначенні на основі обчислення величини статистичних моментів 2-го і 3-го порядків, які характеризують координатні розподіли значень азимута поляризації у точках (пікселях) цифрових мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові.

Встановлено, що для статистичного моменту  $M_2^\alpha$  кількість позитивних і хибно негативних рішень складає 39 та 11 (чутливість  $Se=78\%$ ), а кількість негативних і хибно позитивних рішень складає 21 та 9 (специфічність  $Sp=70\%$ ). Визначено, що для статистичного моменту  $M_3^\alpha$  кількість позитивних і хибно негативних рішень складає 41 та 9 (чутливість  $Se=82\%$ ), а кількість негативних і хибно позитивних рішень складає 22 та 8 (специфічність  $Sp=75\%$ ). Точність  $Ac$  методу картографування розподілів значень азимутів поляризації мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові складає 74%-79%.

Аналіз одержаних даних виявив можливості диференціації різних станів (група 2 і група 3) суттєво нижчі - для статистичного моменту  $M_2^\alpha$  досягнуто наступні значення основних операційних характеристик  $Se=60\%$  і  $Sp=58\%$  - зниження на 10%-16%. Для статистичного моменту  $M_3^\alpha$  -

значення чутливості понижуються до рівня  $Se=64\%$ , а специфічності до  $Sp=60\%$ , відповідно суттєво зменшується і точність методу  $Ac=59\%-62\%$ .

Порівняльний аналіз знайдених операційних характеристик методу лазерної поляризаційної мікроскопії розподілів значень азимутів поляризації мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові практично здорових осіб та хворих із НАЖХП та ХГ виявив достатню високу чутливість даної методики.

### Висновки

1. У межах статистичного аналізу досліджено структуру (розподіли азимутів) поляризаційно-неоднорідних мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові трьох груп пацієнтів - контрольна група практично здорових осіб; хворі на неалкогольну жирову хворобу та пацієнти з хронічним гепатитом.

2. Установлені найбільш чутливі для захворювань печінки статистичні параметри (статистичні моменти 2-го і 3-го порядків, які характеризують розподіли випадкових значень азимута поляризації) мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові.

3. Визначено операційні характеристики сили (чутливість, специфічність, точність) діагностичного тесту, заснованого на двомірному картографуванні розподілів азимутів поляризації мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові.

### Перспективи подальших досліджень

вбачаємо у подальшому вивченні можливостей картографування розподілів азимутів поляризації лазерних мікроскопічних зображень полікристалічних плівок плазми крові та інших методів лазерної поляриметрії у диференційній діагностиці різних форм хронічних дифузних захворювань печінки, з урахуванням ступеня активності та стадії хвороб.

### Література

1. Бабак О. Я. Вплив сироваткового рівня адипонектину на вираженість неалкогольного стеатозу печінки у хворих на цукровий діабет 2 типу з надлишковою масою тіла / О. Я. Бабак, О. В. Колеснікова, І. В. Шуть // Сучасна гастроентерологія. – 2011. – №1 (57). – С. 5 – 11.
2. Лазерна поляриметрична діагностика в біології та медицині / [Пішак В. П., Ушенко О. Г., Ангельський О. В., Єрмоленко С. Б. та ін.]. – за редакцією В. П. Пішака та О. Г. Ушенка. – Чернівці : Медакадемія, 2000. – 305с.
3. Степанов Ю. М. Гастроентерологічна допомога населенню України: основні показники здоров'я та ресурсне забезпечення у 2011 р. / Ю. М. Степанов, І. Ю. Сकिра // Гастроентерологія, 2013. т.№ 1.-С.8-11.
4. Ушенко А. Г. Поляризаційна структура біоспеклов і деполаризація лазерного излучения / А. Г. Ушенко // Опт. і спектр. – 2000. – Т. 89, № 4. – С. 651-654.
5. Angelsky O. V. Fractal description of rough surfaces / O. V. Angelsky, D. N. Burkovets, A. V. Kovalchuk, S. G. Hanson. // Appl. Opt. – 2002. – Vol. 41. – P. 4620-4629.
6. Bellentani S. Epidemiology of non-alcoholic fatty liver disease / S. Bellentani, F. Scaglioni, M. Marino // Dig. Dis. – 2010. – № 28. – P. 155–161.
7. Dennis M. R. Polarization singularities in paraxial vector fields: morphology and statistics / M. R. Dennis // Opt. Commun. – 2002. – Vol. 213. – P. 201-221.
8. Nonobese population in a developing country has a high prevalence of nonalcoholic fatty liver and significant liver disease / K. Das, K. Das, P.S. Mukherjee [et al.] // Hepatology. – 2010. – № 51. – P. 1593-1602.
9. Shuliang J. Two-dimensional depth-resolved Mueller matrix of biological tissue measured with double-beam polarization-sensitive optical coherence tomography / J. Shuliang, V. W. Lihong // Opt. Lett. – 2002. – Vol. 27. – P. 101-103.
10. Ushenko A. G. Polarization structure of scattering laser fields / A. G. Ushenko // Optical Engineering. – 1995. – Vol. 34, №4. – P. 1088-1093.

11. Ushenko Yu.O. Phase maps for networks of polycrystalline human biological liquids: Statistical and fractal analyses / Yu.O. Ushenko, V.V. Istratiy, V.O. Balanets'ka, D.O. Kvasniyk, V.T. Bachinsky, O.I. Olar // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. – 2010. – Vol. 13, №3. – P. 240-247.

Присяжнюк В.П., Ушенко А.Г., Дуболазов А.В.

**Картографирование распределений азимутов поляризации лазерных микроскопических изображений поликристаллических пленок плазмы крови в дифференциальной диагностике хронических диффузных заболеваний печени**

**Резюме.** Хронические диффузные заболевания печени являются распространенными заболеваниями в клинике внутренних болезней, которые часто протекают с подобной симптоматикой и однотипными изменениями клинико-лабораторных показателей. Поэтому, актуальной задачей является объективизация дифференциальной диагностики различных форм заболеваний печени.

**Целью** работы было исследование и обоснование информационных возможностей объективного метода поляризационного картографирования микроскопических изображений поликристаллических пленок плазмы крови в дифференциальной диагностике неалкогольной жировой болезни печени и хронического гепатита невирусного происхождения.

**Материал и методы.** Обследовано 50 больных неалкогольной жировой болезни печени, которые составляли первую группу. Во вторую группу вошли 50 больных хроническим гепатитом невирусной этиологии. Контрольную группу составили 30 практически здоровых лиц репрезентативных по возрасту и полу в исследуемых группах. В качестве объектов экспериментального исследования использовалась серия поликристаллических пленок плазмы крови, которые исследовались с помощью лазерного стока-поляриметра.

**Результаты.** Наиболее информативными для дифференциальной диагностики хронического гепатита и неалкогольной жировой болезни печени оказались решения, определенности на основе вычисления величины статистических моментов 2-го и 3-го порядков, которые характеризуют координатные распределения значений азимута поляризации в точках (пикселях) цифровых микроскопических изображений поликристаллических пленок плазмы крови. Установлено, что для статистического момента чувствительность составляет 78,0%, специфичность - 70,0%. Для статистического момента чувствительность была 82,0%, специфичность - 75,0%. Точность метода картографирования распределений значений азимутов поляризации микроскопических изображений поликристаллических пленок плазмы крови составляет 74,0% -79,0%.

**Вывод.** Установлены наиболее чувствительны для заболеваний печени статистические параметры (статистические моменты

2-го и 3-го порядков, характеризующих распределения случайных значений азимута поляризации) микроскопических изображений поликристаллических пленок плазмы крови.

**Ключевые слова:** неалкогольная жировая болезнь печени, хронический гепатит, лазерная поляриметрия, картографирование.

V.P. Prisyazhniuk<sup>1</sup>, O.H. Ushenko<sup>2</sup>, O.V. Dubolazov<sup>2</sup>

**Mapping the Azimuth Distribution of Laser Microscopic Images of Polycrystalline Films of Blood Plasma in the Differential Diagnosis of Chronic Diffuse Liver Diseases**

<sup>1</sup> – Bukovynian State Medical University

<sup>2</sup> – Yurii Fedkovych Chernivtsi National University

**Abstract.** Chronic diffuse liver diseases are common disease in clinic of internal medicine which often occur with similar symptoms and same changes of clinical and laboratory parameters. Therefore, the urgent task is objectification of differential diagnosis of various forms of liver disease.

The **objective** was to study the information possibilities and justification of the objective method of polarization mapping of microscopic images of polycrystalline films of plasma in the differential diagnosis of nonalcoholic fatty liver disease and nonviral chronic hepatitis.

**Material and methods.** The study involved 50 patients with nonalcoholic fatty liver disease, who made up the first group. The second group included 50 patients with nonviral chronic hepatitis. The control group consisted of 30 healthy individuals chosen by age and gender to the studied groups. As objects of experimental research was used a series of polycrystalline films of plasma studied by laser-Stokes polarimeter.

**Results.** The most informative for differential diagnosis of chronic hepatitis and nonalcoholic fatty liver disease were the solutions determined on the basis of calculating the value of statistical points in the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> order, describing the coordinate value distribution azimuth of polarization at points (pixels) of digital microscopic images polycrystalline films of plasma. It has been found that for statistical moment  $M_2^\alpha$  sensitivity is 78.0%, and specificity 70.0%. For the statistical moment  $M_3^\alpha$  sensitivity is 82.0%, and specificity 75.0%. The accuracy of the method of mapping the distribution of values azimuth polarization microscopic images of blood plasma polycrystalline film varies in the range 74.0% -79.0%.

**Conclusion.** There have been determined the statistical parameters (statistical moments of the 2nd and 3rd order, describing the distribution of random values polarization azimuth) of polycrystalline films of microscopic images of blood plasma the most susceptible to liver disease.

**Keywords:** nonalcoholic fatty liver disease, chronic hepatitis, laser polarimetry, mapping.

Надійшла 15.09.2015 року.

УДК 611.087.3

Цигикало О.В., Олійник І.Ю., Кашперук-Картюк І.С.

**Застосування тривимірного комп'ютерного реконструювання в морфології**

ВДНЗ "Буковинський державний медичний університет", м. Чернівці, Україна

E-mail: zodiakello@gmail.com, olijnyk@list.ru

**Резюме.** Пропонований програмно-апаратний комплекс для тривимірного комп'ютерного реконструювання розв'язує головні проблеми, які можуть спотворювати модель та перешкоджають широкому застосуванню тривимірного моделювання. Отримання цифрових зображень для реконструювання з поверхні парафінового блоку з препаратом дозволяє значно спростити реконструювання, виготовляти моделі, тотожні за формою та пропорціями оригінальному препаратів. Для тривимірного комп'ютерного реконструювання доцільно відбирати 60-80 файлів-зрізів, які репрезентують всю послідовну серію отриманих зображень.

**Ключові слова:** тривимірне комп'ютерне реконструювання, плоди, людина.

Тривимірне комп'ютерне реконструювання (3D-

реконструювання) є методом морфологічного дослідження і одночасно методом медичної діагностичної візуалізації, полягає в перетворенні серії послідовних зрізів (гістологічних, макроскопічних, розпилів, комп'ютерних томограм тощо) в об'ємне віртуальне цифрове зображення, яке можна вивчати та вимірювати [1, 2]. Створюється віртуальна копія анатомічної структури чи органоконструкції в певному масштабі. Метод ґрунтується на піроговських зрізах та дослідженнях М.Г. Туркевича, учні якого широко застосовують графічне та пластичне реконструювання в дослідженнях ембріотопографії [3]. Незважаючи на переваги 3D-реконструювання над графічним та пластичним, воно залишається трудомістким і багатоетапним, тому потребує відпо-