

УДК 577.112.3:[535.361+535.51]

В.О. Савіч,

О.Г. Ушенко \*,

П.М.Григоришин

ВДНЗ України "Буковинський  
державний медичний університет"  
\*Чернівецький національний  
університет імені Юрія Федьковича

## ЛАЗЕРНО-ПОЛЯРИМЕТРИЧНА ДІАГНОСТИКА ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ МЕРЕЖ ТОНКИХ ШАРІВ АМІНОКИСЛОТ

**Ключові слова:** лазерна поляри-  
метрія, амінокислоти.

**Резюме.** У статті наведена лазерно-поляриметрична діагностика полікристалічних мереж тонких шарів амінокислот. Для встановлення критерію оцінки формування кластерних полікристалічних мереж амінокислот і розпорядкування напрямів оптичних осей парціальних кристалів визначають статистичний, кореляційний та фрактальний параметри структури дійсної складової джонс-матричних зображень "фазових" елементів.

### Вступ

До оптичних властивостей основних складових більшості біологічних рідин відносяться природні амінокислоти, які містять амінні та карбоксильні групи. З оптичного погляду, більшість амінокислот існує у двох оптично активних формах, маючи L-конфігурацію (основна кількість) і D-конфігурацію (трапляються значно рідше). На важливість дослідження амінокислот вказує широке коло фізико-хімічних методів, які застосовуються. Можна виділити такі: хімічні, ферментативні, методи із застосуванням ізотопів, мікробіологічні, хроматографічні й оптичні методи.

Під час оптичних методів визначення амінокислот застосовують переважно спектральний аналіз. Важливою особливістю властивостей усіх відомих 22 амінокислот, які входять до складу білків, є наявність кристалічних властивостей, що формують оптичну активність речовини. Це дає можливість використання поляриметричного підходу до аналізу оптичних властивостей амінокислот [1-3]. Геліконова В.М. та ін. [4] проводять аналіз діагностичних можливостей застосування когерентного лазерного випромінювання для вивчення структури біологічних тканин. Основа сукупності різноманітних (поляризаційних, когерентних, матричних, томографічних тощо) методів оптичної діагностики біологічних шарів складають властивість прозорих речовин перетворювати площину поляризованого променя світла, його еліптичність і фазу. Однак не проводилися систематичні дослідження можливостей діагностики різноманітних біологічних рідин з використанням поляриметричних методів. У роботі [5] використовується поляризаційно-чутлива оптична коге-

рентна томографія, досліджується інформація, яка закладена в станах поляризації лазерного випромінювання для отримання додаткового контрастування зображень досліджуваного зразка. Поляризаційно-чутлива оптична когерентна томографія забезпечує високу просторову роздільну здатність інформації про стан поляризації, дає можливість отримання розподілу азимутів і еліптичностей поляризації (поляризаційні мапи зображень об'єкта на різних глибинах). При цьому не визначені прямі взаємозв'язки між набором статистичних моментів 1-го-4-го порядків, функцій автокореляції, фрактальних розмірностей, які характеризують оптико-анізотропну структуру біологічних тканин, і поляризаційний параметр.

### Мета дослідження

Встановити критерій оцінки формування кластерних полікристалічних мереж амінокислот і розпорядкування напрямів оптичних осей парціальних кристалів, які визначають параметри: статистичної, кореляційної та фрактальної структури дійсної складової джонс-матричних зображень "фазових" елементів.

### Матеріал і методи

У роботі досліджувалися мазки таких амінокислот: аспарагін, цистеїн, гліцин, глобулін, глютамін, ізолейцин, метіонін, орнітин, пролін, треонін, триптофан, валін. Спосіб диференціації полікристалічних мереж тонких шарів амінокислот здійснюється шляхом використання лазерної поляриметрії. Для встановлення критерію оцінки формування кластерних полікристалічних мереж амінокислот і розпорядкування напрямів оптич-

них осей парціальних кристалів визначають статистичний, кореляційний та фрактальний параметри структури дійсної складової джонс-матричних зображень "фазових" елементів.

### Обговорення результатів дослідження

Аналіз результатів комп'ютерного моделювання структури джонс-матричних зображень такої багат шарової двопротенезаломлюючої полікристалічної мережі показав, координатні розподіли  $R_{ik}^{2-6}(m \times n)$  залишаються квазірегулярними зі зростаючою кількістю періодів координатної модуляції. Автокореляційні залежності  $G_{ik}(x, y)$  координатних розподілів  $R_{ik}(m \times n)$  зберігають різночастотні осциляції власних значень.

Знають трансформації і логарифмічні залежності  $LgJ(G_{ik})$  спектрів потужності  $R_{ik}(m \times n)$  дійсної складової елементів матриці Джонса: зменшується амплітуда їхньої модуляції, а також подальше формування одного стабільного нахилу. Джонс-матричні зображення набувають самоподібного, фрактального вигляду практично у межах трьох декад зміни геометричних розмірів.

Координатні розподіли елементів  $R_{ik}(m \times n)$  узагальненого матричного оператора Джонса являють

декількома основними частотами флуктуацій та кратними до них. Одержані результати можна пов'язати зі зростаючим, багатократним (дев'ятикратним) внеском у величину матричних елементів  $R_{ik}$  і "орієнтаційно-фазових" ( $\rho, \delta$ ) складових локальних кристалів. Координатно повторюванні осциляції власних значень дійсної складової джонс-матричних зображень і є причиною формування масштабно подібних кластерів для всього діапазону зміни їхніх геометричних розмірів, що призводить до формування самоподібної, фрактальної структури розподілів  $R_{ik}(m \times n)$ . Така трансформація "детектується" формуванням стабільного нахилу апроксимуючої кривої до логарифмічних залежностей  $LgJ(G_{ik})$  спектрів потужності.

На рис. 1 показано оптичну схему поляриметра для вимірювання сукупності координатних розподілів дійсної та уявної складової елементів матриці Джонса полікристалічних мереж тонких шарів амінокислот

Поляризаційні зображення полікристалічних мереж тонких шарів амінокислот за допомогою мікрооб'єктива 7 (збільшення 4x) проектувалися на площу світлочутливої площини (800 x 600

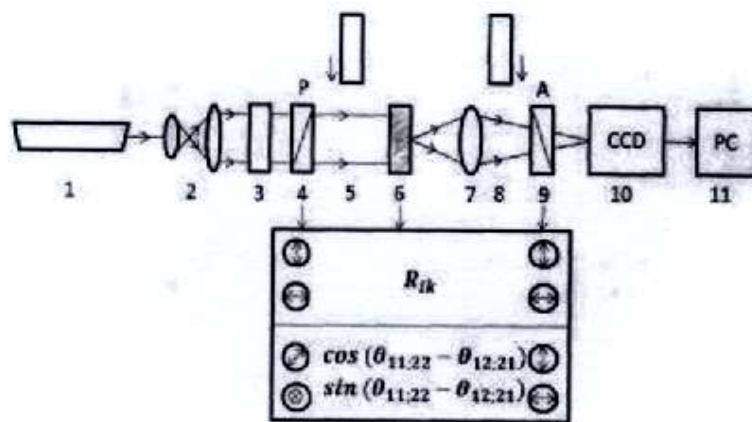


Рис. 1. Оптична схема поляриметра: 1-He-Ne лазер; 2 - коліматор; 3 - стаціонарна чвертьхвильова пластинка; 5, 8 - механічно рухомі чвертьхвильові пластинки; 4, 9 - поляризатор і аналізатор відповідно; 6 - об'єкт дослідження; 7 - мікрооб'єктив; 10 - CCD - камера; 11 - персональний комп'ютер

пкселів) CCD-камери, яка забезпечувала діапазон вимірювання структурних елементів зображення для подальших розмірів 2-2000 мкм. Освітлення проводилося паралельним ( $\theta=10^4$  мкм) пучком He-Ne лазера ( $\lambda=0,6328$  мкм,  $W = 5,0$  мВт). Поляризаційний освітлювач складається з 3 - стаціонарної чвертьхвильової пластинки; 5, 8 - механічно рухомих чвертьхвильових пластинок і поляризатора 4, що забезпечує формування лазерного пучка з довільним азимутом  $0^\circ \leq \alpha_0 \leq 180^\circ$  або еліптичністю  $0^\circ \leq \beta_0 \leq 90^\circ$  поляризації.

На рис. 2 наведена серія поляризованих зоб-

ражень кристалічних шарів основних типів амінокислот організму людини.

На рис. 3 наведені: координатна (а), імовірнісна (б), кореляційна (в) та самоподібна (г) структура дійсної складової елементу матриці Джонса полікристалічної мережі шару гліцину.

На рис. 4 наведені: координатна (а), імовірнісна (б), кореляційна (в) та самоподібна (г) структура дійсної складової елемента матриці Джонса полікристалічної мережі шару гліцину.

Результати кількісного аналізу значень і діапазонів зміни статистичних, кореляційних і спек-

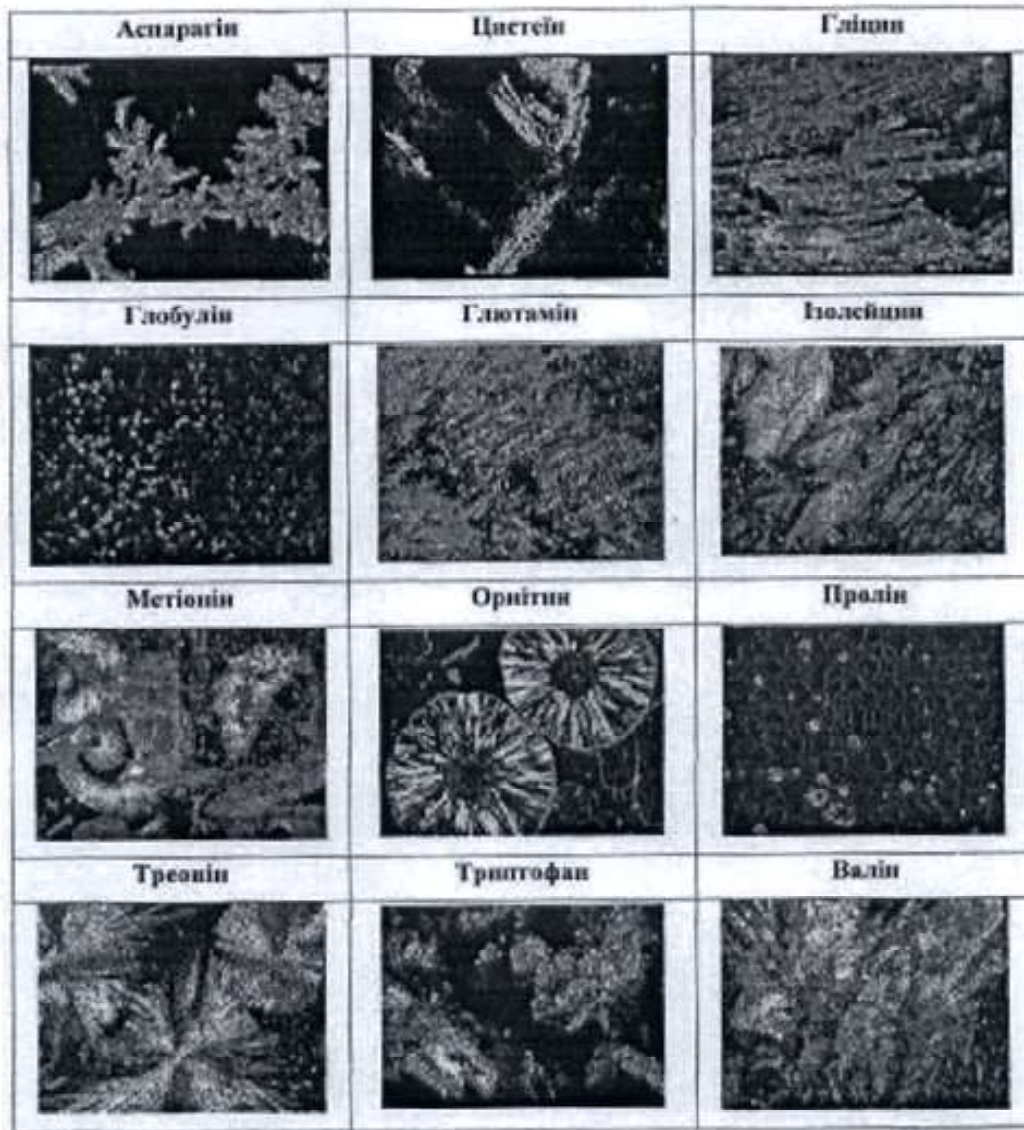


Рис. 2. Поляризаційні зображення кристалічних шарів основних типів амінокислот організму людини

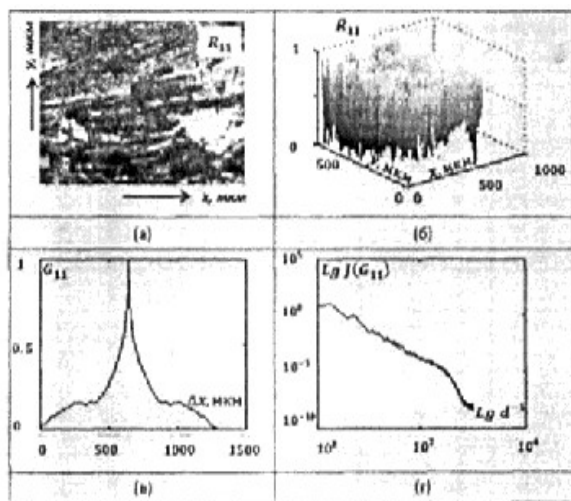


Рис. 3. координатна (а), імовірнісна (б), кореляційна (в) та самоподібна (г) структура дійсної складової елемента матриці Джонса  $R_{11}$  полікристалічної мережі шару гліцину

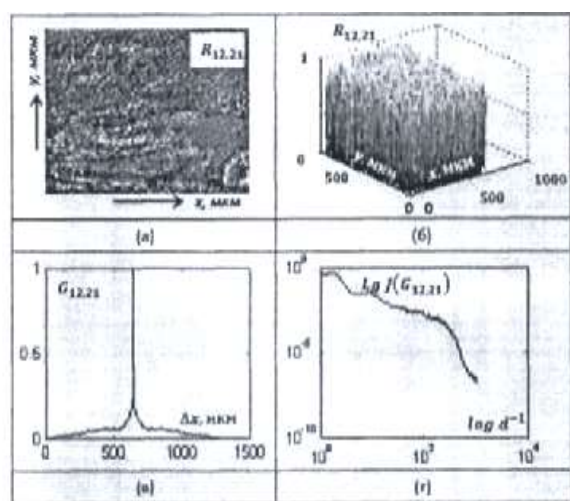


Рис. 4. Координатна (а), імовірнісна (б), кореляційна (в) та самоподібна (г) структура дійсної складової елемента матриці Джонса  $R_{12,21}$  мережі гліцин

Таблиця

Статистичні ( $M, \zeta, A, E$ ), кореляційні ( $K_{i=1,2,3,4}$ ), спектральні ( $S_{i=1,2,3,4}$ ) параметри джонс-матричних зображень ( $R_{ik} (m \times n)$ ) полікристалічних шарів амінокислот

| $R_{11}(m \times n)$ |      |       |      |       |      | $R_{12;21}(m \times n)$ |      |       |      |       |      |
|----------------------|------|-------|------|-------|------|-------------------------|------|-------|------|-------|------|
| <b>Гліцин</b>        |      |       |      |       |      |                         |      |       |      |       |      |
| M                    | 0,41 | $K_1$ | 0,44 | $S_1$ | 0,56 | M                       | 0,46 | $K_1$ | 0,48 | $S_1$ | 0,53 |
| $\zeta$              | 0,21 | $K_2$ | 0,14 | $S_2$ | 0,19 | $\zeta$                 | 0,19 | $K_2$ | 0,14 | $S_2$ | 0,14 |
| A                    | 0,86 | $K_3$ | 1,31 | $S_3$ | 0,62 | A                       | 0,24 | $K_3$ | 0,29 | $S_3$ | 0,43 |
| E                    | 0,63 | $K_4$ | 3,16 | $S_4$ | 0,83 | E                       | 0,17 | $K_4$ | 1,19 | $S_4$ | 0,37 |
| <b>Метіонін</b>      |      |       |      |       |      |                         |      |       |      |       |      |
| M                    | 0,31 | $K_1$ | 0,52 | $S_1$ | 0,48 | M                       | 0,51 | $K_1$ | 0,51 | $S_1$ | 0,5  |
| $\zeta$              | 0,15 | $K_2$ | 0,11 | $S_2$ | 0,13 | $\zeta$                 | 0,24 | $K_2$ | 0,11 | $S_2$ | 0,11 |
| A                    | 0,53 | $K_3$ | 0,57 | $S_3$ | 0,47 | A                       | 0,18 | $K_3$ | 0,24 | $S_3$ | 0,31 |
| E                    | 0,68 | $K_4$ | 2,12 | $S_4$ | 0,39 | E                       | 0,12 | $K_4$ | 0,91 | $S_4$ | 0,27 |
| <b>Пролін</b>        |      |       |      |       |      |                         |      |       |      |       |      |
| M                    | 0,39 | $K_1$ | 0,45 | $S_1$ | 0,56 | M                       | 0,48 | $K_1$ | 0,48 | $S_1$ | 0,52 |
| $\zeta$              | 0,28 | $K_2$ | 0,1  | $S_2$ | 0,13 | $\zeta$                 | 0,32 | $K_2$ | 0,07 | $S_2$ | 0,09 |
| A                    | 0,12 | $K_3$ | 0,24 | $S_3$ | 0,48 | A                       | 0,12 | $K_3$ | 0,36 | $S_3$ | 0,21 |
| E                    | 0,09 | $K_4$ | 1,38 | $S_4$ | 0,27 | E                       | 0,09 | $K_4$ | 1,15 | $S_4$ | 0,18 |

ральних моментів, які характеризують координатні розподіли  $R_{ik} (m \times n)$  дійсної складової елементів матриці Джонса полікристалічних шарів основних типів амінокислот наведені в табл.

### Висновки

1. Значний вплив справляють особливості орієнтаційної структури напрямів оптичних осей мережі парціальних кристалів амінокислот. На це вказує широкий діапазон зміни ( $0 \leq \Delta P_{ij} \leq 1$ ) власних значень матричного елемента  $R_{ij} (m \times n)$  кристалічних шарів основних типів амінокислот. Причому всі координатні розподіли дійсної складової "орієнтаційних" елементів матриці Джонса індивідуальні для полікристалічних мереж із різною геометричною побудовою.

2. Автокореляційні функції  $C_{11;12;21}(\Delta x)$  координатних розподілів дійсної складової елементів матриці Джонса кристалічних шарів амінокислот з дендритною та сферолітною геометриєю являють собою спадні залежності з яскраво вираженими флуктуаціями власних значень.

3. Логарифмічні залежності  $LgJ(G_{ik})$  характе-

ризуються постійним у межах усього діапазону зміни геометричних розмірів парціальних кристалів кутом нахилу.

4. Запропонована оптико-анізотропна модель поляризаційних властивостей тонких шарів амінокислот людини дозволила одержати діапазон змін статистичних, кореляційних і фрактальних параметрів, які характеризують відповідні дійсні складові джонс-матричних зображень.

### Перспективи подальших досліджень

Виникла необхідність дослідження на основі лазерної поляриметрії патології крові.

**Література.** 1. Основи лазерної поляриметрії. Біологічні ридини: монографія / О.Г. Ушенко, Т.М. Бойчук, О.В. Дуболазов [та ін.]. - Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2011. - 656 с. 2. Поляризаційна корелометрія біологічних тканин людини / О.Г. Ушенко, В.П. Пішак, О.П. Пересунько, Ю.О. Ушенко. - Чернівці: Рута, 2007. - 606 с. 3. Лазерна поляризаційна морфологія біологічних тканин: статистичний і фрактальний підходи: Монографія / О.Г. Ушенко, В.П. Пішак, О.В. Ангельський, Ю.О. Ушенко. - Чернівці: Колір-Друк, 2007. - 314 с. 4. Геликонов В.М. Когерентная оптическая томография микронеоднородностей биотканей / В.М. Геликонов, Г.В. Геликонов, Н.Д. Гладкова // Письма ЖЭТФ. - 1995. - Т. 61. - С. 149-153. 5. De Boer J.F. Determination of the dehtresolved Stokes parameters of light backscattered

from turbid media by use polarization-sensitive optical coherence tomography / J.F. de Boer, T.E. Milner, J.S. Nelson // Opt. Lett. - 1999. - Vol. 24. - P. 300-302.

#### ЛАЗЕРНО-ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ТОНКИХ СЛОЕВ АМИНОКИСЛОТ

*В.А. Баланецкая, А.Г. Ушенко, П.М. Григоришин*

**Резюме.** В статье приведена лазерно-поляриметрическая диагностика поликристаллических сетей тонких слоев аминокислот. Для установления критерия оценки формирования кластерных поликристаллических сетей аминокислот и разупорядочения направлений оптических осей парциальных кристаллов определяют статистический, корреляционный и фрактальный параметры структуры действительной составляющей джонс-матричных изображений "фазовых" элементов.

**Ключевые слова:** лазерная поляриметрия, аминокислоты.

#### LASER-POLARIMETRIC DIAGNOSTICS OF POLYCRYSTALLINE NETWORKS OF THIN AMINO ACID LAYERS

*V.A. Balanetska, A.G. Ushenko, P.M. Grygorishin*

**Abstract.** The article presents laser-polarimetric diagnostics of polycrystalline networks of thin layers of amino acids. To establish the criterion of estimating the formation of cluster polycrystalline amino acid networks and disordering the directions of the optical axes of the partial crystals, the statistical, correlation and fractal parameters of the structure of the real component of the Jones matrix images of the "phase" elements are determined.

**Key words:** laser polarimetry, amino acids.

**HSEE of Ukraine "Bukovinian state medical university",  
Chernivtsi**

**Yu.Fed'kovych National university, Chernivtsi**

*Clin. and experim. pathol.- 2017.-Vol.16, №2(60), p.2.-P.70-74.*

*Надійшла до редакції 20.04.2017*

*Рецензент – проф. В.Т.Бачинський*

*© В.О. Савіч, О.Г. Ушенко, П.М.Григоришин, 2017*