

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці
 *Буковинська державна медична академія, Чернівці

АВТОКОРЕЛЯЦІЙНА СТРУКТУРА ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ОБРАЗІВ БІОТКАНИН

Наведені результати досліджень автокореляційної структури когерентних зображень біотканин (сполучна, м'язова, кісткова, шкіра), які складають основу сухої маси людини. Встановлені умови ранньої діагностики дегенеративно-дистрофічних змін морфологічної структури таких тканин шляхом поєднання методів поляриметрії і корелометрії їх когерентних зображень.

The results of investigation of autocorrelation structure of biotissues (connective, muscular, bone, skin) coherent images which make the basis of the man's dry mass are presented. The conditions of early diagnostics of degenerative-dystrophic changes of the morphologic structure of such tissues by integrating the methods of polarimetry and correlometry of their coherent images are established.

Серед великої кількості опублікованих на даний час праць у галузі біомедичної оптики переважну увагу дослідників привертають питання розсіяння біотканинами лазерного випромінювання у скалярному наближенні [1-10]. З іншого боку, у роботах [11-21] показана актуальність урахування векторного характеру світлорозсіяння у питаннях діагностики орієнтаційної та оптико-анізотропної структури біотканин, візуалізації їх архітектонічних структур, визначенні оптичних параметрів їх речовини і т.ін. Дана робота спрямована на дослідження кореляційної структури когерентних зображень таких біооб'єктів:

- Сполучна тканина – система статистично орієнтованих колагенових волокон.
- М'язова тканина – система орієнтованих пучків міозинових волокон.
- Кісткова тканина – система мінералізованих кристалами гідроксилапатиту колагенових пучків.

Такі біоструктури володіють властивостями оптично одноосних кристалів. Основними відмінностями є величина показника двоприменезаломлення речовини біотканини та градієнт його координатного розподілу вздовж напрямків укладання волокон.

Методика визначення автокореляційної структури граничного поля біооб'єктів детально описана в [15]. У даній роботі основну увагу буде приділено порівняльному аналізу структури фун-

кцій автокореляції поляризаційних образів біотканин з наступною їх поляризаційною селекцією для одержання інформації про архітектоніку оптично анізотропних морфологічних структур.

На рис.1 наведена серія когерентних зображень і відповідних функцій автокореляції м'язової тканини $U(X)$, одержаних при обертанні осі пропускання аналізатора від 0° до 90° відносно площини поляризації лазерного пучка (фрагменти 1 – 3 відповідно).

Аналіз одержаних даних показує, що:

- Структура АКФ – повільно спадаюча залежність, що вказує на високий ступень орієнтації міозинових пучків вздовж напрямку аналізу їх когерентних зображень.
- В околі схрещених поляризатора та аналізатора (фрагмент 3) спостерігається формування додаткового максимуму, який може бути пов'язаний з доменною структурою м'язової тканини.

Більш детально статистика орієнтацій міозинових пучків спостерігається в інших поляризаційних умовах експерименту – синхронному обертанні схрещених поляризатора та аналізатора навколо напрямку опромінення.

Якісні і кількісні результати наведені на рис.2. Видно, що для кожного кута обертання локалізація та відносна величина екстремумів АКФ змінюється, що може бути покладено в основу аналізу статистики орієнтацій біотканин такої природи.

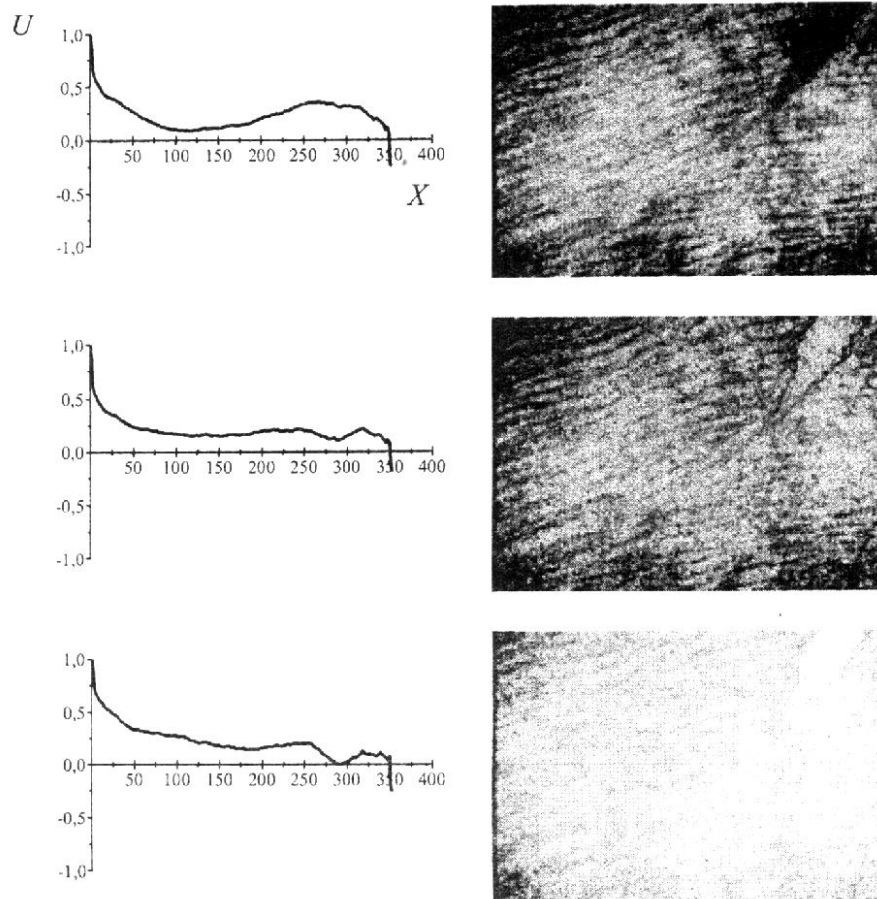
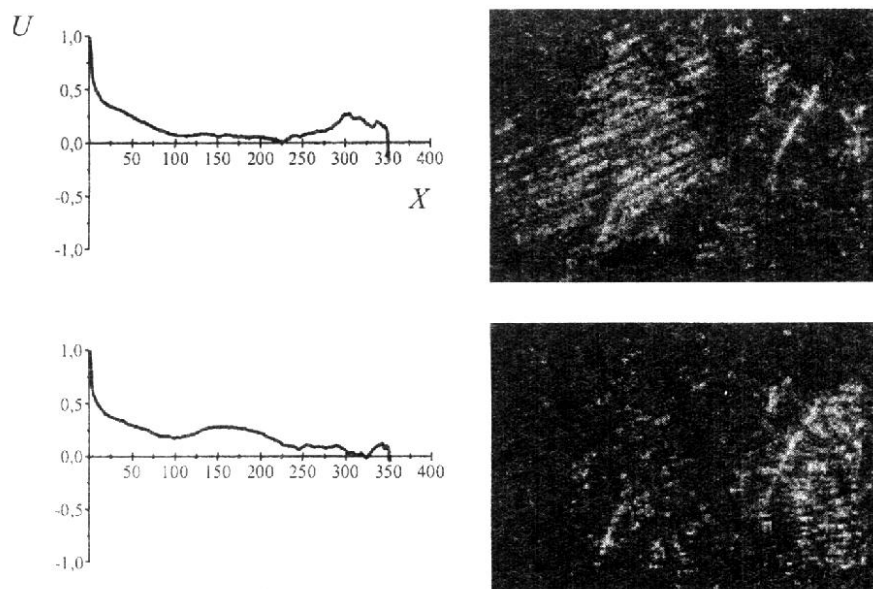


Рис.1. АКФ м'язової тканини (норма). Тут і надалі нумерація фрагментів зверху до низу.



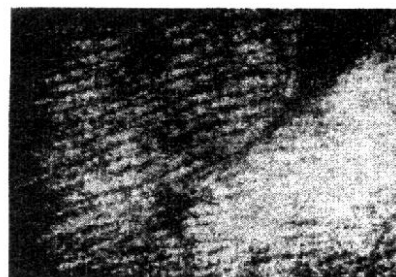
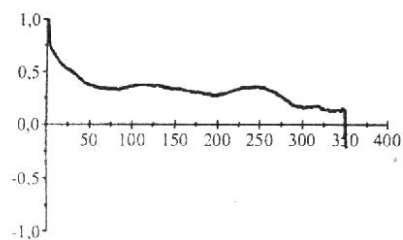


Рис.2. АКФ м'язової тканини (інфаркт). (Фрагмент 1 і 2 на попередній сторінці).

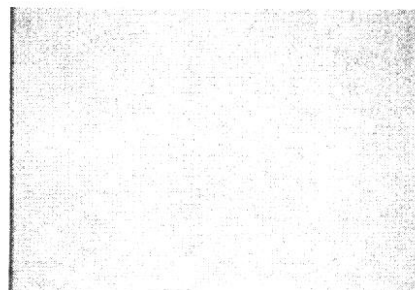
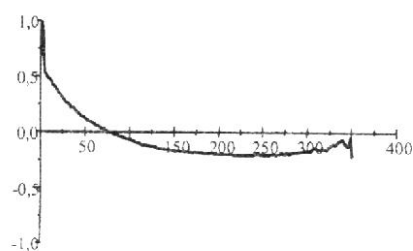
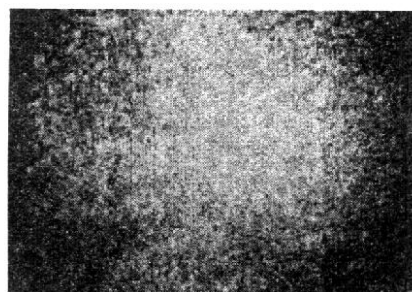
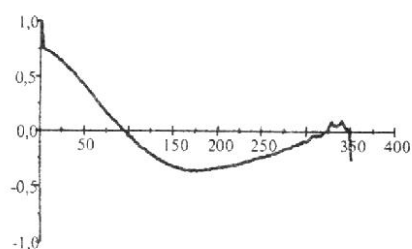
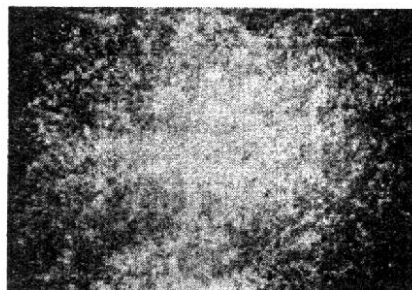
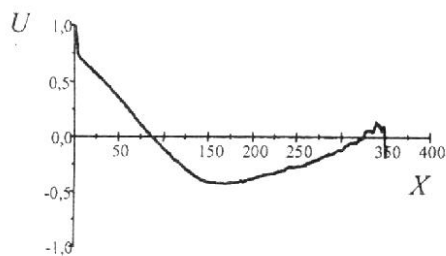
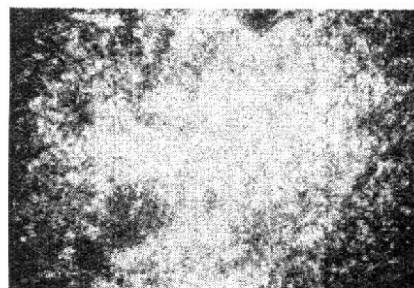
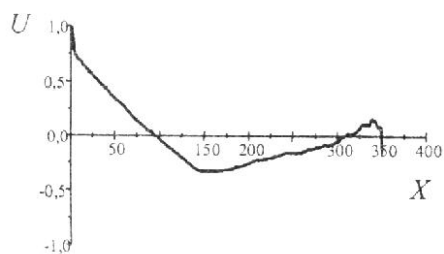


Рис.3. АКФ дерми шкіри (норма).



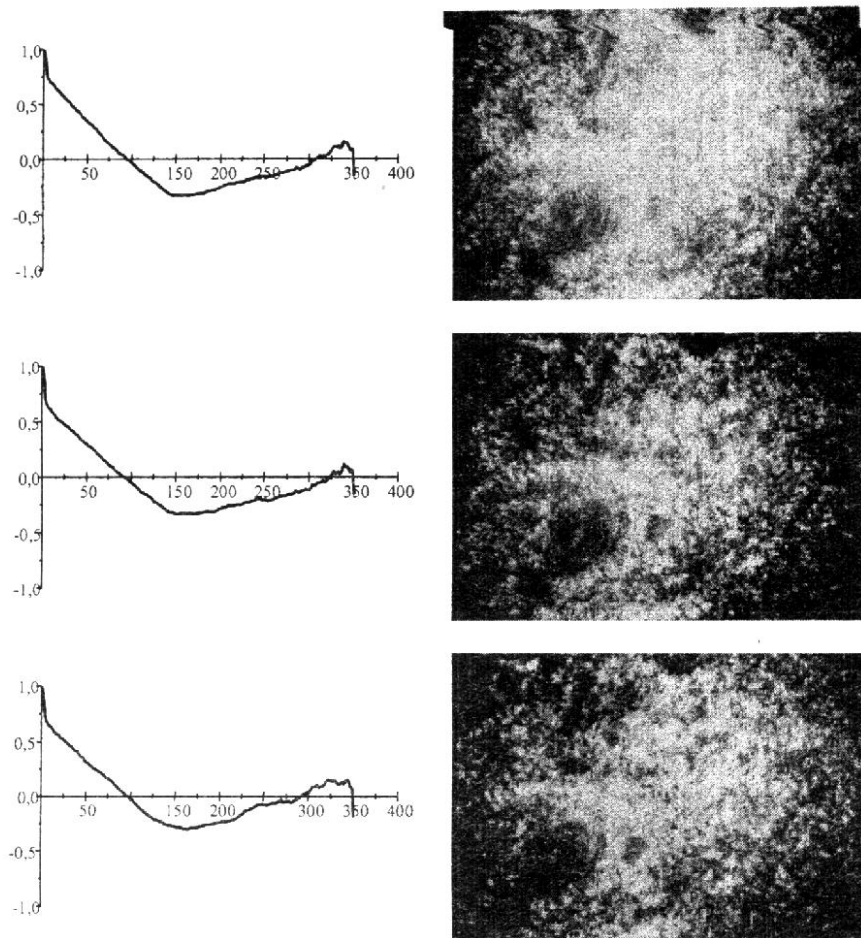
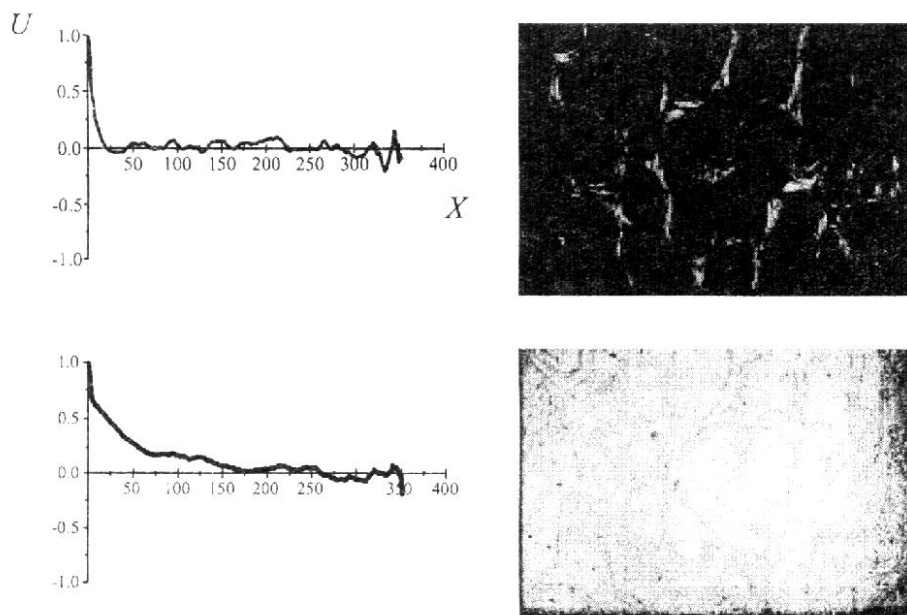


Рис.4. АКФ дерми шкіри (псоріаз). (Фрагмент І на попередній сторінці).



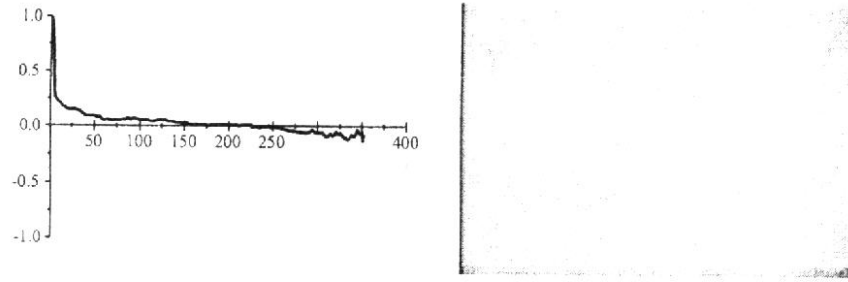


Рис.5. АКФ кісткової тканини (норма). (Фрагмент 1 і 2 на попередній сторінці).

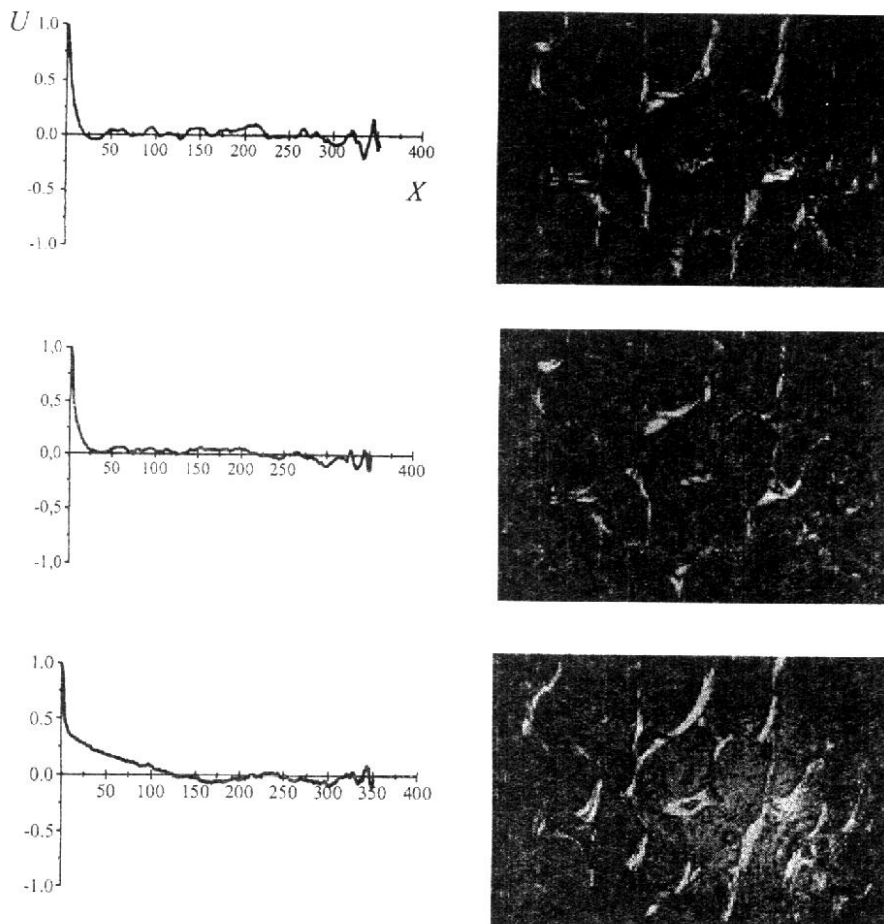


Рис.6. АКФ кісткової тканини (остеопороз).

Розвинена статистика орієнтацій колагенових пучків еднальної тканини обумовлює практично ідентичну структуру серії відповідних АКФ, – рис.3 і рис.4, відповідно.

Особливості морфологічної побудови архітектонічної сітки кісткової тканини виявляються у таких особливостях кореляційної побудови її когерентних поляризаційних образів (рис.5, 6):

- АКФ дуже швидко спадають (на два порядки) до мінімального значення, що відповідає прак-

тично повній розкореляції когерентних зображень.

- На хвостах АКФ спостерігаються (стохастичні) флуктуації їх значень, які вказують на квазі-періодичну структуру архітектонічної сітки кісткової тканини.
- Найбільш яскраво така структура спостерігається у схрещених поляризаторі і аналізаторі, де "усунено" вплив на структуру зображення статистичного сигналу, сформованого сполуч-

ною компонентою речовини кісткової тканини.

Отже, поляризаційна корелометрія когерентних зображень біотканин відкриває додаткові можливості у ранньому діагностуванні їх дегенеративно-дистрофічних змін, що актуально для створення нових методів оптичної біопсії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Посудин Ю.И.* Лазерная фотобиология. - Киев, Вища школа, 1989.
2. *Приезжев А.В., Тучин В.В., Шубочкин Л.П.* Лазерная диагностика в биологии и медицине. - М., Наука, 1989.
3. *Tuchin V.V.* Lasers and fiber optics in biomedicine // *Laser Physics.* - 1993. - **3**, No.3,4. - P.767-820, 925-950.
4. *Tuchin V.V.* Lasers light scattering in biomedical diagnostics and therapy // *J. Laser Appl.* - 1993. - **5**, No.2,3. - P.43-60.
5. *Yodh A., Tromberg B., Sevick-Muraca E., Pine D.* Diffusing photons in turbid media // *J. Opt. Soc. Am. A.* - 1997. - **A14**. - P.136-342.
6. *Девятков Н.Д., Зубкова С.М., Лапрун И.Б., Макеева Н.С.* Физико-химические механизмы биологического действия лазерного излучения // *Успехи совр. биол.* - 1987. - **103**, No.1. - С.31-43.
7. *Letokhov V.S.* Laser biology and medicine // *Nature.* - 1985. - **316**, No.6026. - P.325-328.
8. *Pishak V.P., Ushenko A.G., Grigorishin P.M., Yermolenko S.B., Pishak O.V.* Study of polarization structure of biospeckle fields in crosslinked tissues of human organism. 1. Vector structure of skin biospeckles // *Proc. SPIE.* - 1997. - **3317**. - P.418-424.
9. *Pishak V.P., Ushenko A.G., Grigorishin P.M., Yermolenko S.B., Pishak O.V.* Study of polarization structure of biospeckle fields in crosslinked tissues of human organism. 2. Crystal optic properties of the transverse and longitudinal sections of bone // *Proc. SPIE.* - 1997. - **3317**. - P.425-433.
10. *Ushenko A.G., Pishak V.P., Yermolenko S.B., Pishak O.V., Bodnar B.D., Burkovets D.M.* Laser measurements of crystal optical properties of blood formed elements // *Proc. SPIE.* - 1998. - **3573**. - P.613-615.
11. *Angelsky O.V., Ushenko A.G., Pishak V.P., Yermolenko S.B.* Laser diagnostics of crystal optical properties of bile // *Laser Applications in Life Science.* - 1998. - P.7.
12. *Пішак В.П., Ушенко О.Г., Пішак О.В., Єрмоленко С.Б., Бурковець Д.М., Ушенко Ю.О.* Лазерна поляриметрія кісткової тканини // *Буковинський медичний вісник.* - 1999. - **1**. - С.173-182.
13. *Ushenko A.G., Burkovets D.M., Yermolenko S.B., Arkheliuk A.D., Pishak V.P., Yuzko A.M., Pishak O.V., Plaviuk L.A., Peresunko A.P., Znack V.M.* Stockes polarimetry of biotissues // *Proc. SPIE.* - 1999. - **3904**. - P.527-533.
14. *Ushenko A.G., Burkovets D.M., Yermolenko S.B., Arkheliuk A.D., Pishak V.P., Yuzko A.M., Pishak O.V., Plaviuk L.A., Peresunko A.P., Znack V.M.* Phase-polarized visualization and processing coherent images of biotissue fractal structures // *Proc. SPIE.* - 1999. - **3904**. - P.534-541.
15. *Ushenko A.G., Burkovets D.M., Yermolenko S.B., Arkheliuk A.D., Ushenko Yu. A., Pishak V.P., Grigorishin P.M., Pishak O.V.* On polarized microstructure of laser radiation scattered by optically active biotissues // *Proc. SPIE.* - 1999. - **3904**. - P.542-548.
16. *Ushenko A.G., Burkovets D.M., Yermolenko S.B., Arkheliuk A.D., Pishak V.P., Grigorishin P.M., Pishak O.V., Wanchuliak O.Y.* Phase-polarizing investigation of boitissue fractal structure // *Proc. SPIE.* - 1999. - **3904**. - P.549-552.
17. *Ushenko A.G., Burkovets D.M., Yermolenko S.B., Arkheliuk A.D., Pishak V.P., Grigorishin P.M., Pishak O.V., Wanchuliak O.Y.* Investigated of polarized radiation diffraction on the systems of oriented biofractal fibers // *Proc. SPIE.* - 1999. - **3904**. - P.553-556.
18. *Ushenko A.G., Burkovets D.M., Yermolenko S.B., Arkheliuk A.D., Pishak V.P., Grigorishin P.M., Pishak O.V., Wanchuliak O.Y.* Laser polarimetry of the orientational structure of bone tissue osteons // *Proc. SPIE.* - 1999. - **3904**. - P.557-561.
19. *Angelsky O.V., Ushenko A.G., Pishak V.P., Burkovets D.M., Yermolenko S.B., Pishak O.V., Ushenko Yu.A.* Stockes polarimetry structure of biotissues // *Proc. SPIE.* - 2000. - **4016**. - P.407-412.
20. *Angelsky O.V., Ushenko A.G., Pishak V.P., Burkovets D.M., Yermolenko S.B., Pishak O.V., Ushenko Yu.A.* Coherent introscopy of phase-inhomogeneous surfaces and layers // *Proc. SPIE.* - 2000. - **4016**. - P.413-418.
21. *Angelsky O.V., Ushenko A.G., Pishak V.P., Burkovets D.M., Yermolenko S.B., Pishak O.V., Ushenko Yu.A.* Polarizing-correlative processing of images of statistic objects in the problem of vizualization and topology reconstruction of their phase heterogeneity // *Proc. SPIE.* - 2000. - **4016**. - P.419-424.