

## МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНИХ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПАТОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ТКАНИНІ ПЕЧІНКИ З ЧАСОВИМ МОНІТОРИНГОМ ДИНАМІКИ ЗМІН ЗАЛЕЖНО ВІД ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ

Давиденко І.С.

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

**Резюме.** У статті представлений сучасний стан питань щодо діагностики фіброзувальних процесів печінки. Особлива увага приділяється біофізичним методам дослідження, що мають доказову точність, об'єктивність, відтворюваність результатів.

**Мета роботи.** Вивчення можливостей використання азимутально-інваріантного Мюллер-матричного аналізу для встановлення взаємозв'язку між змінами морфологічної будови тканини печінки та її оптичними параметрами в нормі та при фіброзувальних процесах.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження були гістологічні зрізи печінки людини в нормі (контрольна група) та за наявності фіброзувальних процесів, відібрані зі 106 трупів обох статей у різні проміжки після настання смерті. Гістологічні зрізи печінки були отримані за допомогою заморожувального мікротома. Дослідження проводилися з застосуванням стандартної схеми спектрополяриметра. Отримані результати були оброблені за стандартними алгоритмами програмних продуктів MATLAB і Statistica.

**Результати.** За результатами дослідження встановлено, що в тканині печінки з фіброзними змінами значення середнього  $S_1$  складають  $(1,870 \pm 0,017)$ , дисперсії  $S_2 - (0,617 \pm 0,010)$ , асиметрії  $S_3 - (1,921 \pm 0,022)$ , ексцесу  $S_4 - (2,005 \pm 0,044)$ . В інтактній тканині печінки показники становили:  $S_1 - (1,264 \pm 0,017)$ ,  $S_2 - (0,537 \pm 0,018)$ ,  $S_3 - (1,650 \pm 0,022)$ ,  $S_4 - (1,584 \pm 0,032)$ .

**Висновок.** Метод азимутально-інваріантного Мюллер-матричного аналізу дозволяє детально описати будову та характеристики біологічних тканин організму людини, зокрема печінки в нормі та при фіброзувальних процесах, з можливістю їх статистично значущої диференціації. Встановлений інтервал динаміки зміни статистичних моментів 1-4-го порядків від 1 до 48 годин після настання смерті, що стає надзвичайно актуальним у практиці судового експерта при розв'язанні важливих питань.

**Ключові слова:** лазерна поляриметрія, матриця Мюллера, печінка, давність настання смерті, мікроскопія, діагностика.

**Вступ.** Попри надзвичайно активний розвиток науково-технічного прогресу останніми десятиріччями, при вивченні морфологічних характеристик різноманітних тканин організму людини в нормі та патології дослідники стикаються з низкою проблем, зокрема в галузях патологічної анатомії та судової медицини. [1] Саме тому дослідження світових науковців спрямовані на розробку нових методів діагностики в медицині, що дозволять покращити наявні можливості діагностики патологічних станів і розв'язати найнагальніші питання практичних експертів. [1, 2]

Ця робота присвячена проблемі діагностики фіброзувальних процесів у тканині печінки, зокрема при неалкогольному стеатогепатиті та хронічному гепатиті. Біопсія печінки є «золотим стандартом» диференційної діагностики її хронічних дифузних захворювань, проте цей метод має низку обмежень і недоліків – діагностичні помилки під час забору, суб'єктивне сприйняття гістологічних змін тощо. Тому актуальною є розробка точніших методів з використанням нових підходів до формування й обробки мікроскопічних зображень печінки.

Останніми роками гідну позицію серед морфологічних методів діагностики посіли методи лазерної поляриметрії як сучасні, цифрові, точні та відтворювані надалі. В основу методології покладене уявлення про спектр тканин органів людини як сукупність фібрилярних рідкокристалічних структур, що утворюють власну унікальну структурно-функціональну організацію. Зі свого боку це дозволяє простежувати зміни архітекtonіки даної рідкокристалічної сітки за різних умов і патологічних станів. Відмінною рисою біофізичних методів дослідження є висока чутливість і здатність точно й об'єктивно фіксувати результати. [3-6]

**Мета роботи.** Вивчення можливостей використання азимутально-інваріантного Мюллер-матричного аналізу для встановлення взаємозв'язку між змінами морфологічної будови тканини печінки та її оптичними параметрами в нормі та при фіброзувальних процесах.

**Матеріали та методи.** В основу дослідження була покладена двокомпонентна модель опису будови біологічної тканини: ізотропна й анізотропна чи кристалічна. [6] Стан поляризації світла змінюється при проходженні випромінювання через зразок біологічної тканини, а також при відбитті від її поверхні. На аналізі цих параметрів ґрунтується застосування методів лазерної поляриметрії в медичній галузі. Вказані методики забезпечують аналіз широкого діапазону параметрів, що дозволяє отримати важливі відомості про морфологічну будову та властивості біологічних тканин.

Об'єктом дослідження були гістологічні зрізи печінки людини в нормі (контрольна група) та за наявності фіброзувальних процесів, відібрані зі 106 трупів обох статей у різні проміжки давності настання смерті (ДНС) (3, 6, 12, 24, 48 год). Гістологічні зрізи печінки були отримані за допомогою заморожуючого мікротома. Дослідження проводилися з застосуванням стандартної схеми спектрополяриметра (рис. 1).

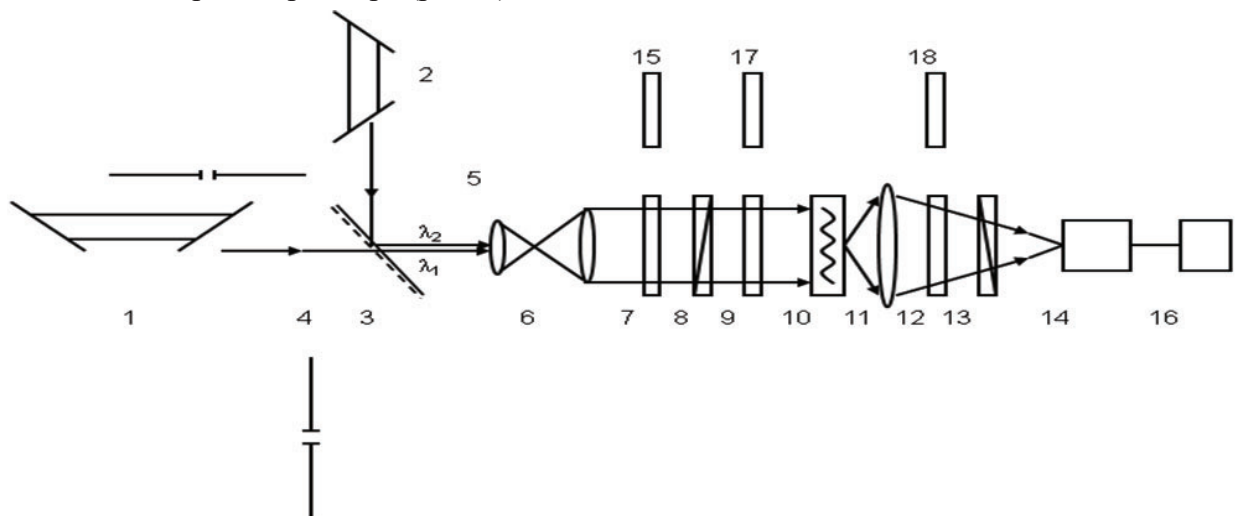


Рис. 1. Схема спектрополяриметра: 1 – He-Ne лазер; 2 – He-Cd лазер; 3 – світлодільник; 4, 5 – механічна діафрагма; 6 – коліматор; 7, 15 – пластина  $\lambda_1/4$ ; 8, 13 – поляризатор; 9, 17, 18 – пластина  $\lambda_2/4$ ; 10 – біологічна тканина; 11 – мікролінза; 12 – пластина  $\lambda_1/4$ ; 14 – CCD-камера (800×600 пікселів); 16 – комп'ютер.

Гістологічні зрізи печінки просвічували паралельними променями He-Ne- ( $\lambda_1=0,633$  мм,  $W=10,0$  мВт) і He-Cd лазера ( $\lambda_2=0,414$  мм,  $W=10,0$  мВт). Оптичний шлях лазерних променів перекривали механічними діафрагмами. Поляризаційний освітлювач (для кожної довжини хвилі складався з пластин  $\lambda_1/4$ ,  $\lambda_2/4$  та поляризатора) формував лінійно поляризовані лазерні промені. Поляризовані зображення зразків тканини печінки за допомогою мікролінзи проєктувалися у світлочутливу площину CCD-камери. [7, 8]

Отримані результати були оброблені за стандартними алгоритмами програмних продуктів MATLAB і Statistica.

**Результати дослідження.** Вивчена поляризаційна структура лазерних зображень тканини печінки на різних інтервалах ДНС в контрольній та експериментальній групах. Отримані

результати насамперед свідчать про наявність структурованої сітки оптично анізотропних фібрилярних мереж тканини печінки та неоднорідність поляризації лазерних зображень з обох груп (рис. 2, 3).

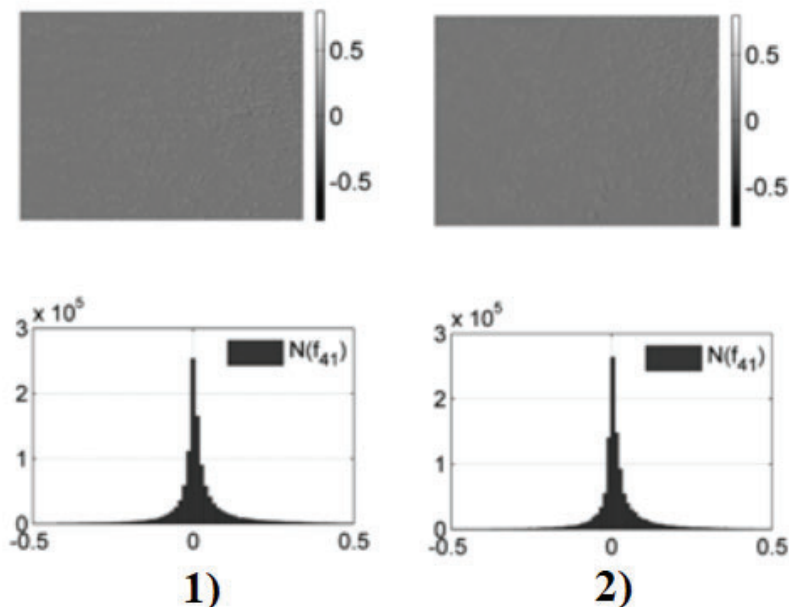


Рис. 2. Поляризаційні мапи та гістограми значень інваріантів матриці Мюллера  $q(m \times n)$  для гістологічних зрізів печінки в нормі при давності настання смерті 6 год (1) та 24 год (2).

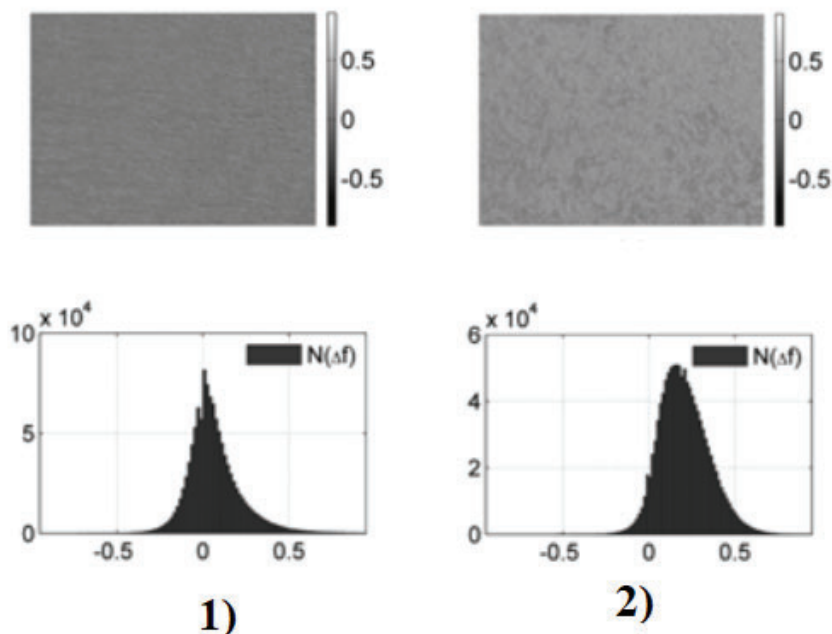


Рис. 3. Поляризаційні мапи та гістограми значень інваріантів матриці Мюллера  $q(m \times n)$  для гістологічних зрізів печінки при її хронічних дифузних захворюваннях з давністю настання смерті 6 год (1) та 24 год (2).

Порівняльний аналіз показує, що значення екстремумів локальних значень інтенсивності в експериментальних зразках набагато вищі за показники контрольної групи. Цей факт свідчить про значно вищий рівень оптичної анізотропії ділянок тканини печінки при фіброзуваль-

них процесах порівняно з інтактними зразками. Отже, отримані чисельні розподіли елементів матриці Мюллера зображень гістологічних препаратів печінки та вивчення залежностей експериментальних значень виявили значну діагностичну чутливість до диференціювання інтактних зразків від патологічно змінених.

Для кількісної оцінки виявлених відмінностей у статистичній і координатній структурах розраховували статистичні моменти 1-4-го порядків (табл. 1).

За результатами дослідження було встановлено, що в тканині печінки з фіброзними змінами значення середнього  $S_1$  складала ( $1,870 \pm 0,017$ ), дисперсії  $S_2 - (0,617 \pm 0,010)$ , асиметрії  $S_3 - (1,921 \pm 0,022)$ , ексцесу  $S_4 - (2,005 \pm 0,044)$ . В інтактній тканині печінки показники становили:  $S_1 - (1,264 \pm 0,017)$ ,  $S_2 - (0,537 \pm 0,018)$ ,  $S_3 - (1,650 \pm 0,022)$ ,  $S_4 - (1,584 \pm 0,032)$ . Було виявлено, що найбільш сприйнятливими до змін були статистичні моменти 3-4-го порядків. Порівняльний аналіз результатів показав, що стандартне відхилення середнього значення  $S_{i=1;2;3;4}$  не перевищувало 0,05, що дозволяє вважати результати статистично достовірними.

Був проведений розгляд сили методу азимутально-інваріантного Мюллер-матричного аналізу інтактною та патологічно зміненою тканиною печінки (табл. 2). Результати показали відмінний рівень точності  $Ac(S3;4) \sim 90\%$ .

Таблиця 1

**Значення статистичних моментів 1-4-го порядків ( $S_i=1;2;3;4$ ), що характеризують розподіли елементів матриці Мюллера для гістологічних зразків печінки з контрольної й експериментальної груп**

Зразки Статистичні моменти	Гістологічні зрізи печінки	
	контрольна група (n=45)	експериментальна група (n=61)
$S_1$	$1,264 \pm 0,017$	$1,870 \pm 0,017$
$p_1; p_2$	$p_1 < 0,05$	$p_2 < 0,05$
$p_{1;2}$	$< 0,05$	
$S_2$	$0,537 \pm 0,018$	$0,617 \pm 0,010$
$p_1; p_2$	$p_1 < 0,05$	$p_2 < 0,05$
$p_{1;2}$	$< 0,05$	
$S_3$	$1,650 \pm 0,022$	$1,921 \pm 0,022$
$p_1; p_2$	$p_1 < 0,05$	$p_2 < 0,05$
$p_{1;2}$	$< 0,05$	
$S_4$	$1,584 \pm 0,032$	$2,005 \pm 0,044$
$p_1; p_2$	$p_1 < 0,05$	$p_2 < 0,05$
$p_{1;2}$	$< 0,05$	

Таблиця 2

**Операційні характеристики азимутально-інваріантного Мюллер-матричного аналізу при диференціації гістологічних зрізів тканини печінки з контрольної й експериментальної груп**

SM	Se( $S_i$ ),%	Sp( $S_i$ ),%	Ac( $S_i$ ),%
$S_1$	68,8	65,2	66,3
$S_2$	74,4	69,7	71,0
$S_3$	94,6	89,3	91,2
$S_4$	89,9	86,9	89,4

Наступним етапом нашого дослідження було з'ясування можливості виявлення оптичних змін печінкової тканини в нормі та патології зі збільшенням інтервалу ДНС. Експериментальними дослідженнями був отриманий набір значень статистичних моментів 1-4-го порядку для інтактних зразків і при хронічних дифузних захворюваннях печінки, проведений їх порівняльний аналіз (табл. 3).

Отримані дані свідчать про високий рівень чутливості цього методу дослідження до встановлення специфічних посмертних змін структури тканини печінки, що виявляється в зміні анізотропії поляризаційної структури її зображень. Значення статистичних моментів 1-2-го порядків зі збільшенням ДНС зменшуються, водночас асиметрія й ексцес мають виражену тенденцію до перерозподілу до максимальних значень (табл. 3).

Таблиця 3

**Статистично усереднені значення статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують координатні розподіли значень параметрів поляризації тканини печінки з контрольної й експериментальної груп при давності настання смерті 3, 6, 12, 24, 48 год**

Гістологічні зрізи печінки (контрольна група)					
Статистичні моменти	3 год	6 год	12 год	24 год	48 год
$S_1$	1,024±0,031	1,154±0,028	1,447±0,026	1,768±0,022	1,989±0,019
$p_1$	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
$S_2$	0,812±0,0141	0,726±0,012	0,667±0,011	0,488±0,009	0,312±0,013
$p_2$	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
$S_3$	1,001±0,023	1,250±0,023	1,587±0,022	1,932±0,015	2,101±0,011
$p_3$	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
$S_4$	1,305±0,037	1,484±0,034	1,684±0,032	1,793±0,022	2,227±0,025
$p_4$	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Гістологічні зрізи печінки (експериментальна група)					
$S_1$	2,152±0,038	2,005±0,030	1,901±0,026	1,831±0,024	1,451±0,012
$p_1$	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
$S_2$	0,958±0,032	0,802±0,032	0,547±0,019	0,472±0,019	0,351±0,018
$p_2$	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
$S_3$	1,237±0,023	1,314±0,021	1,524±0,020	1,850±0,011	2,650±0,022
$p_3$	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
$S_4$	1,425±0,027	1,864±0,033	1,997±0,031	2,147±0,041	2,689±0,040
$p_4$	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

**Висновок.** Отже, метод азимутально-інваріантного Мюллер-матричного аналізу дозволяє детально описати будову та характеристики біологічних тканин організму людини, зокрема печінки в нормі та при фіброзувальних процесах, з можливістю їх статистично значущої диференціації. Встановлений інтервал динаміки зміни статистичних моментів 1-4-го порядків від 1 до 48 годин після настання смерті, що стає надзвичайно актуальним у практиці судового експерта при розв'язанні важливих питань.

### Література

1. Chandrakanth HV, Kanchan T, Balaraj BM, Virupaksha HS, Chandrashekar TN. Postmortem vitreous chemistry – An evaluation of sodium, potassium and chloride levels in estimation of time since death (during the first 36 h after death). *J Forensic Leg Med.* 2013;20(4):211-6. doi: 10.1016/j.jflm.2012.09.001
2. Madea B, Ortmann J, Doberentz E. Estimation of the time since death – Even methods with a low precision may be helpful in forensic casework. *Forensic Sci Int [Internet].* 2019 Sep [cited 2022 Mar 11];302:109879. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073819302920?via%3Dihub> doi: 10.1016/j.forsciint.2019.109879
3. Ushenko VO, Olar OV, Ushenko YuO, Gorsky MP, Soltys IV. Polarization correlometry of polycrystalline films of human liquids in problems of forensic medicine. *Proc. SPIE 9809, Twelfth International Conference on Correlation Optics, 98091B [Internet].* 2015 Nov 30 [cited



- 2019 Feb 21]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/9809/98091B/Polarization-correlometry-of-polycrystalline-films-of-human-liquids-in-problems/10.1117/12.2228997.short>. doi: 10.1117/12.2228997
4. Sakhnovskiy MYu, Dubolazov AV, Ushenko VA, Sokolnuik SO, Grygoryshyn PM, Vanchuliak OYa, et al. Diffusive laser tomography of multilateral biological tissues. Proc. SPIE 10977, Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics, and Nanotechnologies IX, 109773Q [Internet]. 2018 Dec 31 [cited 2019 Feb 22]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10977/109773Q/Diffusive-laser-tomography-of-multilateral-biological-tissues/10.1117/12.2323583.short?SSO=1>. doi:10.1117/12.2323583
  5. Ushenko YuA, Gorsky MP, Tomka YuYa, Sokolnuik SO, Wanchuliak OYA, Kushnerik LYu, et al. Muller-matrix images of fluctuations of optical anisotropy parameters of biological diffusion layers. Proc. SPIE 10977, Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics, and Nanotechnologies IX, 109773Z [Internet]. 2018 Dec 31 [cited 2019 Feb 22]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10977/109773Z/Muller-matrix-images-of-fluctuations-of-optical-anisotropy-parameters-of/10.1117/12.2323588.short>. doi:10.1117/12.2323588. doi: 10.1117/12.2323588
  6. Bachinsky VT, Vanchulyak OY, Zavolovich AI, Sarkisova YV, Andriichuk AO, Malyshev VV, et al. Optical methods of investigation in forensic practice. Info-Med Revistă științifico-practică. 2014;2:32-3.
  7. Ushenko VO, Olar OV, Ushenko YuO, Gorsky MP, Soltys IV. Polarization correlometry of polycrystalline films of human liquids in problems of forensic medicine. Proc. SPIE 9809, Twelfth International Conference on Correlation Optics, 98091B [Internet]. 2015 Nov 30 [cited 2019 Feb 21]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/9809/98091B/Polarization-correlometry-of-polycrystalline-films-of-human-liquids-in-problems/10.1117/12.2228997.short>. doi: 10.1117/12.2228997
  8. Ushenko VO, Vanchuliak OY, Sakhnovskiy MYu, Dubolazov OV, Grygoryshyn PM, Soltys IV, et al. System of Mueller matrix polarization correlometry of biological polycrystalline layers. Proc. SPIE 10352, Biosensing and Nanomedicine X, 103520U [Internet]. 2017 Aug 29 [cited 2019 Feb 17]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10352/2273789/System-of-Mueller-matrix-polarization-correlometry-of-biological-polycrystalline-layers/10.1117/12.2273789.short>. doi: 10.1117/12.2273789

## References

1. Chandrakanth HV, Kanchan T, Balaraj BM, Virupaksha HS, Chandrashekar TN. Postmortem vitreous chemistry – An evaluation of sodium, potassium and chloride levels in estimation of time since death (during the first 36 h after death). J Forensic Leg Med. 2013;20(4):211-6. doi: 10.1016/j.jflm.2012.09.001
2. Madea B, Ortmann J, Doberentz E. Estimation of the time since death – Even methods with a low precision may be helpful in forensic casework. Forensic Sci Int [Internet]. 2019 Sep [cited 2022 Mar 11];302:109879. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073819302920?via%3Dihub> doi: 10.1016/j.forsciint.2019.109879
3. Ushenko VO, Olar OV, Ushenko YuO, Gorsky MP, Soltys IV. Polarization correlometry of polycrystalline films of human liquids in problems of forensic medicine. Proc. SPIE 9809, Twelfth International Conference on Correlation Optics, 98091B [Internet]. 2015 Nov 30 [cited 2019 Feb 21]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/9809/98091B/Polarization-correlometry-of-polycrystalline-films-of-human-liquids-in-problems/10.1117/12.2228997.short>. doi: 10.1117/12.2228997
4. Sakhnovskiy MYu, Dubolazov AV, Ushenko VA, Sokolnuik SO, Grygoryshyn PM, Vanchuliak OYa, et al. Diffusive laser tomography of multilateral biological tissues. Proc. SPIE 10977,

- Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics, and Nanotechnologies IX, 109773Q [Internet]. 2018 Dec 31 [cited 2019 Feb 22]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10977/109773Q/Diffusive-laser-tomography-of-multilateral-biological-tissues/10.1117/12.2323583.short?SSO=1>. doi:10.1117/12.2323583
5. Ushenko YuA, Gorsky MP, Tomka YuYa, Sokolnuik SO, Wanchuliak OYA, Kushnerik LYu, et al. Muller-matrix images of fluctuations of optical anisotropy parameters of biological diffusion layers. Proc. SPIE 10977, Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics, and Nanotechnologies IX, 109773Z [Internet]. 2018 Dec 31 [cited 2019 Feb 22]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10977/109773Z/Muller-matrix-images-of-fluctuations-of-optical-anisotropy-parameters-of/10.1117/12.2323588.short>. doi:10.1117/12.2323588. doi: 10.1117/12.2323588
  6. Bachinsky VT, Vanchulyak OY, Zavolovich AI, Sarkisova YV, Andriichuk AO, Malyshev VV, et al. Optical methods of investigation in forensic practice. Info-Med Revistă științifico-practică. 2014;2:32-3.
  7. Ushenko VO, Olar OV, Ushenko YuO, Gorsky MP, Soltys IV. Polarization correlometry of polycrystalline films of human liquids in problems of forensic medicine. Proc. SPIE 9809, Twelfth International Conference on Correlation Optics, 98091B [Internet]. 2015 Nov 30 [cited 2019 Feb 21]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/9809/98091B/Polarization-correlometry-of-polycrystalline-films-of-human-liquids-in-problems/10.1117/12.2228997.short>. doi: 10.1117/12.2228997
  8. Ushenko VO, Vanchuliak OY, Sakhnovskiy MYu, Dubolazov OV, Grygoryshyn PM, Soltys IV, et al. System of Mueller matrix polarization correlometry of biological polycrystalline layers. Proc. SPIE 10352, Biosensing and Nanomedicine X, 103520U [Internet]. 2017 Aug 29 [cited 2019 Feb 17]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10352/2273789/System-of-Mueller-matrix-polarization-correlometry-of-biological-polycrystalline-layers/10.1117/12.2273789.short>. doi: 10.1117/12.2273789

## POSSIBILITIES OF APPLICATION OF LASER POLARIZATION METHODS FOR THE DETECTION OF PATHOLOGICAL PROCESSES IN THE LIVER TISSUE WITH TEMPORARY MONITORING OF THE DYNAMICS OF CHANGES DEPENDING ON THE TIME SINCE DEATH

Davydenko I.S.

Bukovynian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

**Summary.** The article presents the current state of issues regarding the diagnosis of liver fibrosing processes. Particular attention is paid to biophysical research methods that have evidence of accuracy, objectivity, reproducibility of results.

**Aim of the work.** Exploring the possibilities of using azimuthal-invariant Mueller-matrix analysis to establish the relationship between changes in the morphological structure of liver tissue and its optical parameters in normal and fibrosing processes.

**Materials and methods.** The object of the study were histological sections of human liver in normal (control group) and in the presence of fibrosing processes, selected from 106 corpses of both sexes at different intervals after death. Histological sections of the liver were obtained using a freezing microtome. The studies were performed using a standard spectropolarimeter scheme. The obtained results were processed according to standard algorithms of MATLAB and Statistica software products.

**Results.** According to the results of the study, it was found that in the liver tissue with fibrous changes, the values of the average  $S_1$  are  $(1,870 \pm 0,017)$ , dispersion  $S_2 - (0,617 \pm 0,010)$ , asymmetry  $S_3 -$

(1,921±0,022), excess  $S_4 - (2,005±0,044)$ . In intact liver tissue, the values were:  $S_1 - (1,264±0,017)$ ,  $S_2 - (0,537±0,018)$ ,  $S_3 - (1,650±0,022)$ ,  $S_4 - (1,584±0,032)$ .

**Conclusion.** The method of azimuthal-invariant Mueller-matrix analysis allows to describe in detail the structure and characteristics of biological tissues of the human body, in particular the liver in normal and fibrosing processes, with the possibility of their statistically significant differentiation. The interval of dynamics of change of statistical moments of the 1st-4th orders from 1 to 48 hours after death is established that becomes extremely actual in practice of the forensic expert at the decision of important questions.

**Keywords:** laser polarimetry, Mueller matrix, liver, time since death, microscopy, diagnosis.

**Відомості про автора:**

Давиденко І. С. – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри патологічної анатомії Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна, e-mail: [davydenko.igor@bsmu.edu.ua](mailto:davydenko.igor@bsmu.edu.ua), ORCID ID: 0000-0001-6712-3396

**Information about author:**

Davydenko I. S. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Pathological Anatomy, Bukovynian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine, e-mail: [davydenko.igor@bsmu.edu.ua](mailto:davydenko.igor@bsmu.edu.ua), ORCID ID: 0000-0001-6712-3396