

## ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

DOI: <https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2020.5>

УДК: 340.6:616-099-073.55-079

### СУДОВО-МЕДИЧНІ КРИТЕРІЇ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ ОТРУЄННЯ АЛКОГОЛЕМ І ЧАДНИМ ГАЗОМ МЕТОДАМИ СТОКС-ПОЛЯРИМЕТРІЇ

Іваськевич І. Б.<sup>1,2</sup>, Ванчуляк О. Я.<sup>2</sup><sup>1</sup>Івано-Франківське обласне бюро судово-медичної експертизи, м. Івано-Франківськ, Україна<sup>2</sup>Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці, Україна

**Резюме.** Етиловий алкоголь і чадний газ є одними з найпоширеніших токсичних речовин, що можуть викликати летальний наслідок. Проте морфологічні зміни при отруєннях етанолом і чадним газом недостатньо вивчені. Новим кроком став розвиток і застосування лазерних поляриметричних методів мікроскопічного дослідження оптико-неоднорідних біологічних структур з використанням статистичного аналізу цифрових поляризаційних мап. Дана робота спрямована на дослідження й обґрунтування інформаційних можливостей об'єктивного методу Стокс-поляриметричної мікроскопії гістологічних зрізів біологічних тканин (БТ) у диференціальній діагностиці отруєнь алкоголем і чадним газом.

**Мета роботи.** Розроблення набору судово-медичних об'єктивних критеріїв для підвищення можливості диференціальної діагностики отруєння етанолом і чадним газом за даними Стокс-поляриметричного картографування полікристалічної структури плівок крові та міокарда людини.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження були гістологічні зрізи міокарда та полікристалічні плівки крові, отримані від 68 трупів обох статей віком від 18 до 75 років. Для контролю використовували зразки БТ від померлих внаслідок ішемічної хвороби серця (ІХС). Дослідження проводили шляхом Стокс-поляриметричного картографування мікроскопічних зображень біологічних шарів.

**Результати.** Порівняльний аналіз поляризаційних мап параметра кристалізації (ПК) та гістограм розподілів величини 4-го параметра вектора Стокса показав більшу чутливість методу Стокс-поляриметричного картографування цифрових мікроскопічних зображень полікристалічних плівок крові до дегенеративно-дистрофічних змін для випадків отруєння алкоголем і чадним газом порівняно з аналогічними дослідженнями гістологічних зрізів міокарда. Причому найбільш інформативними виявилися статистичні моменти 3-4-го порядків, що характеризують координатні розподіли величини ПК мікроскопічних зображень зразків полікристалічних плівок крові.

**Висновки.** Встановлена можливість статистично достовірної ( $p_1; p_2 < 0,05$ ) диференціації випадків смерті внаслідок отруєння алкоголем і чадним газом шляхом обчислення статистичних моментів вищих порядків (асиметрія  $A_s$  та ексцес  $E_k$ ), що характеризують розподіли величини ПК мікроскопічних зображень полікристалічних плівок крові.

**Ключові слова:** чадний газ; етанол; отруєння; лазерна поляриметрія.

У судово-медичній практиці найпоширенішими токсичними речовинами, що можуть викликати смерть людини, є етиловий спирт і чадний газ. Отруєння ними часто виникають у побутових умовах у багатьох країнах світу. Досить поширеним у практиці є поєднання інтоксикації СО з алкоголем, наприклад, у лазнях, гаражах, житлових і промислових приміщеннях з пінним

опаленням або електрогенераторами на паливі. [1-5] Однак, попри поширеність, часто виникають питання, що потребують диференціації даних видів отруєння між собою.

**Мета роботи.** Розроблення набору судово-медичних об'єктивних критеріїв для підвищення можливості диференціальної діагностики отруєння етанолом і чадним газом за даними Стокс-поляриметричного картографування полікристалічної структури плівок крові та міокарда людини.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження були гістологічні зрізи міокарда та полікристалічні плівки крові, отримані від 68 трупів обох статей віком від 18 до 75 років. Для контролю використовували зразки БТ від померлих внаслідок ІХС (n=22). В основу реалізації завдання розроблення об'єктивних цифрових критеріїв судово-медичної диференціальної діагностики отруєнь алкоголем і чадним газом покладена методика Стокс-поляриметричної мікроскопії полікристалічної складової БТ і рідин організму людини. [6-11] Даний метод є фундаментальною складовою всіх поляриметричних досліджень у галузі біомедичної діагностики морфологічної та молекулярної структури тканин і рідин внутрішніх органів людини різної будови та фізіологічного стану. Згідно з таким підходом, біологічний об'єкт розглядається у вигляді двокомпонентної «ізотропно-анізотропної» структурної матриці. [7] Методику проведення дослідження ілюструє табл. 1.

Таблиця 1

**Структурно-логічна схема методу Стокс-поляриметричного картографування  
мікроскопічних зображень біологічних шарів**

1	Джерело оптичного зондування	Газовий гелій-неоновий лазер, довжина хвилі 0,6328 мкм, потужність 10 мВт
2	Блок формування просторової структури оптичного зонда	Оптичний коліматор формування паралельного лазерного пучка з поперечним перерізом 5 мм
3	Багатоканальний блок формування поляризаційної структури оптичного зонда	Система формування лінійної (0°; 90°; 45°) та правоциркулярної поляризації (лінійний поляризатор (Achromatic True Zero-Order Waveplate) – чвертьхвильова пластинка (B + W Kaesemann XS-Pro Polarizer MRC Nano))
4	Об'єктний блок	Мікроскопічний координатний вузол
5	Блок формування мікроскопічного зображення	Поляризаційний мікрооб'єктив (Nikon CFI Achromat P, working distance – 30 mm, focal distance – 50 mm, NA – 0,1, magnification – 4x)
6	Блок багатоканальної поляризаційної фільтрації	Система пропускання лінійно (0°; 90°; 45°; 135°), право- та лівоциркулярно-поляризованих складових світлових коливань
7	Блок дискретизації цифрового мікроскопічного зображення	Цифрова CCD камера: (The Imaging Source DMK 41AU02.AS, monochrome 1/2 «CCD, Sony ICX205AL (progressive scan); resolution – 1280×960, size light-sensitive area – 7600×6200 мкм; sensitivity – 0,05 lx, dynamic range – 8 bit, SNR – 9 bit) by polarization microobjective 7 (Nikon CFI Achromat P, focal length – 30 mm, numerical aperture – 0,1, increase – 4x)
8	Блок комп'ютерної обробки даних Мюллер-матричної поляриметрії	Алгоритми розрахунку: - величини 4-го параметра вектора Стокса; - статистичних моментів 1-4-го порядків

Експериментальна методологія Стокс-поляриметричного картографування включає наступні кроки:

- у межах кожної з репрезентативних вибірок зразків біологічних препаратів експериментально визначаються мапи топографічних розподілів величини ПК гістологічних зрізів міокарда та плівок крові;

- обчислюються величини середнього, дисперсії, асиметрії й ексцесу, що характеризують розподіли величини 4-го параметра вектора Стокса для кожного окремого зразка біологічного препарату;
- у межах контрольної та двох дослідних груп біологічних препаратів визначаються середнє значення та похибка величини кожного з центральних статистичних моментів 1-4-го порядків ( $S_r$ ,  $D_r$ ,  $A_r$ ,  $E_r$ );
- у рамках принципів доказової медицини обчислюються операційні характеристики сили методу Стокс-поляриметричної мікроскопії: чутливість, специфічність, збалансована точність. [8]

**Результати дослідження.** На рис. 1 наведені результати Стокс-поляриметричного картографування мікроскопічних зображень гістологічних зрізів міокарда з контрольної (фрагменти 3, 6) і двох дослідних (фрагменти 1, 2, 4, 5) груп – координатні (1-3) та статистичні (4-6) розподіли величини 4-го параметра вектора Стокса – ПК.

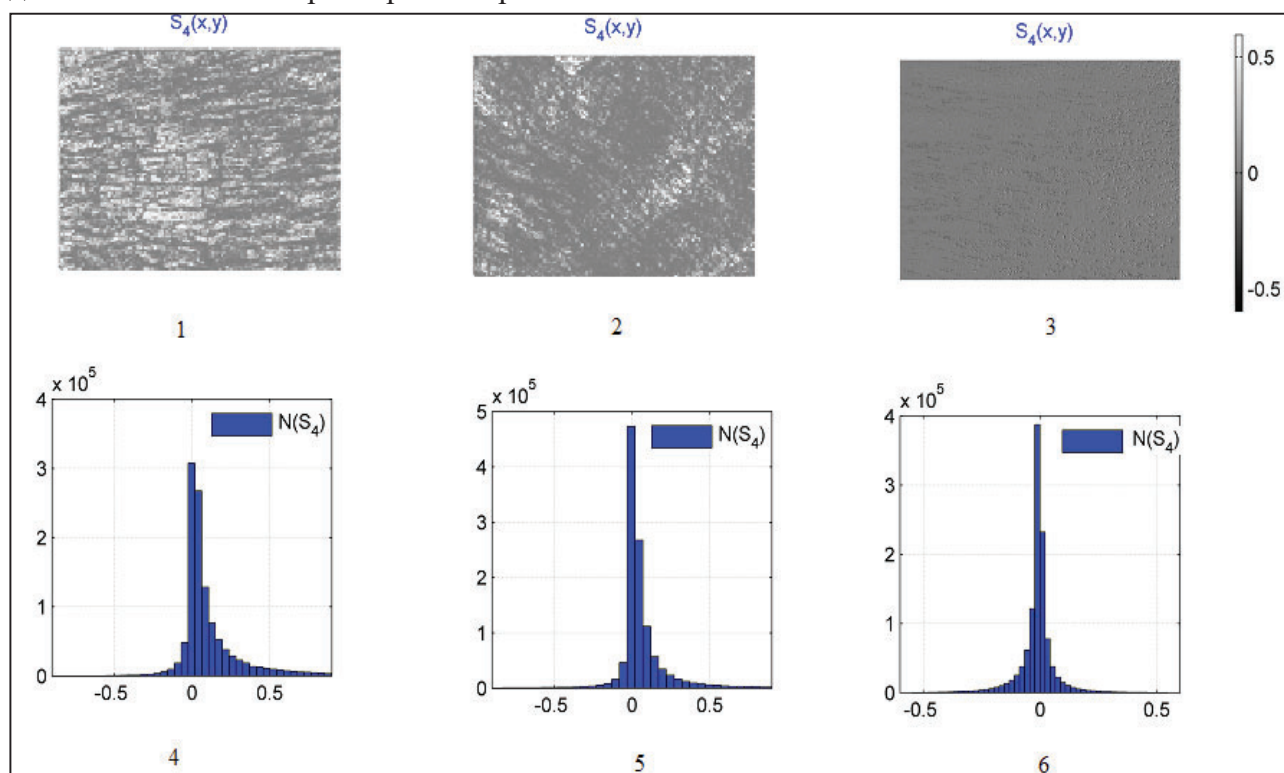


Рис. 1. Мапи (фрагменти 1-3) та гістограми (фрагменти 4-6) координатних розподілів величини 4-го параметра вектора Стокса (параметр кристалізації) мікроскопічних зображень гістологічних зрізів міокарда померлих з контрольної групи 1 (фрагменти 3, 6), дослідних груп 1 (фрагменти 1, 4) та 2 (фрагменти 2, 5).

Були виявлені певні відмінності величини діапазонів розкиду значень ПК та топографічної структурності мап ПК серії мікроскопічних зображень гістологічних зрізів міокарда померлих від ІХС, отруєння алкоголем і чадним газом – зменшення величини ПК для випадків отруєння алкоголем і чадним газом порівняно з ІХС.

У межах статистичного підходу таким дегенеративно-дистрофічним змінам тканини міокарда відповідають зменшення величини середнього та дисперсії, а також зростання статистичних моментів 3-4-го порядків, що характеризують асиметрію й ексцес гістограм розподілів величини ПК мікроскопічних зображень зразків міокарда померлих внаслідок отруєння алкоголем і чадним газом (табл. 2).

Аналіз величини набору статистичних моментів 1-4-го порядків виявив:

- діагностичну неефективність (статистичну недостовірність  $p_1$ ;  $p_2$ ;  $p_{1,2} > 0,05$ ) у диференціації зразків міокарда померлих з усіх груп на основі обчислення середнього  $S_r$  і дисперсії  $D_r$ , що характеризують координатні розподіли величини ПК відповідних мікроскопічних зображень;

- статистичну достовірність ( $p_1; p_2 < 0,05$ ) диференціації зразків міокарда померлих з контрольної групи (ІХС) й обох дослідних груп шляхом обчислення асиметрії  $As$  й ексцесу  $Ek$ , що характеризують розподіли величини ПК;
- диференціальна діагностика випадків отруєння алкоголем і чадним газом шляхом статистичного аналізу мап ПК мікроскопічних зображень зразків міокарда з обох дослідних груп була статистично недостовірною для всіх центральних статистичних моментів 1-4-го порядків ( $p_{1;2} > 0,05$ ).

Таблиця 2

**Центральні статистичні моменти 1-4-го порядків, що характеризують координатні розподіли величини параметра кристалізації мікроскопічних зображень зразків гістологічних зрізів міокарда з контрольної та дослідних груп**

Зразок	Гістологічні зрізи міокарда		
	Група 1 (n=22)	Група 2 (n=36)	Група 3 (n=32)
Статистичні моменти			
Середнє $Sr$	0,06±0,003	0,05±0,003	0,045±0,002
$p_1; p_2$		$p_1 > 0,05$	$p_2 > 0,05$
$p_{1;2}$		$p_{1;2} > 0,05$	
Дисперсія $Dp$	0,09±0,003	0,08±0,004	0,075±0,003
$p_1; p_2$		$p_1 > 0,05$	$p_2 > 0,05$
$p_{1;2}$		$p_{1;2} > 0,05$	
Асиметрія $As$	1,33±0,063	1,68±0,079	1,77±0,081
$p_1; p_2$		$p_1 > 0,05$	$p_2 > 0,05$
$p_{1;2}$		$p_{1;2} > 0,05$	
Ексцес $Ek$	2,01±0,097	2,56±0,11	2,71±0,13
$p_1; p_2$		$p_1 > 0,05$	$p_2 > 0,05$
$p_{1;2}$		$p_{1;2} > 0,05$	

Результати визначення операційних характеристик сили методу Стокс-поляриметрії гістологічних зрізів міокарда представлені в табл. 3.

Таблиця 3

**Операційні характеристики сили методу Стокс-поляриметрії**

Зразок	Гістологічні зрізи міокарда								
	$St_{i=1,2,3,4}$	Середнє, $Sr$		Дисперсія, $Dp$		Асиметрія, $As$		Ексцес, $Ek$	
$Se, \%$	a=25; b=20;	55,5	a=25; b=20;	55,5	a=28; b=17;	62,2	a=29; b=16;	64,4	
$Sp, \%$	c=24; d=21;	53,3	c=25; d=20;	55,5	c=28; d=17;	62,2	c=29; d=16;	64,4	
$Ac, \%$	n=45	54,4	n=45	55,5	n=45	62,2	n=45	64,4	

Інформаційний аналіз результатів статистичної обробки координатних розподілів величини 4-го параметра вектора Стокса цифрових мікроскопічних зображень гістологічних зрізів міокарда показав незадовільний рівень точності ( $Ac < 70\%$ ) диференціальної діагностики випадків отруєння алкоголем і чадним газом.

Для підвищення достовірності диференціальної діагностики отруєнь алкоголем і чадним газом була проведена Стокс-поляриметрія мікроскопічних зображень полікристалічних плівок крові.

Результати методу Стокс-поляриметричного картографування ПК зображень плівок крові померлих з дослідної (фрагменти 1, 4) та двох контрольних (фрагменти 2, 3, 5, 6) груп представлені на рис. 2.

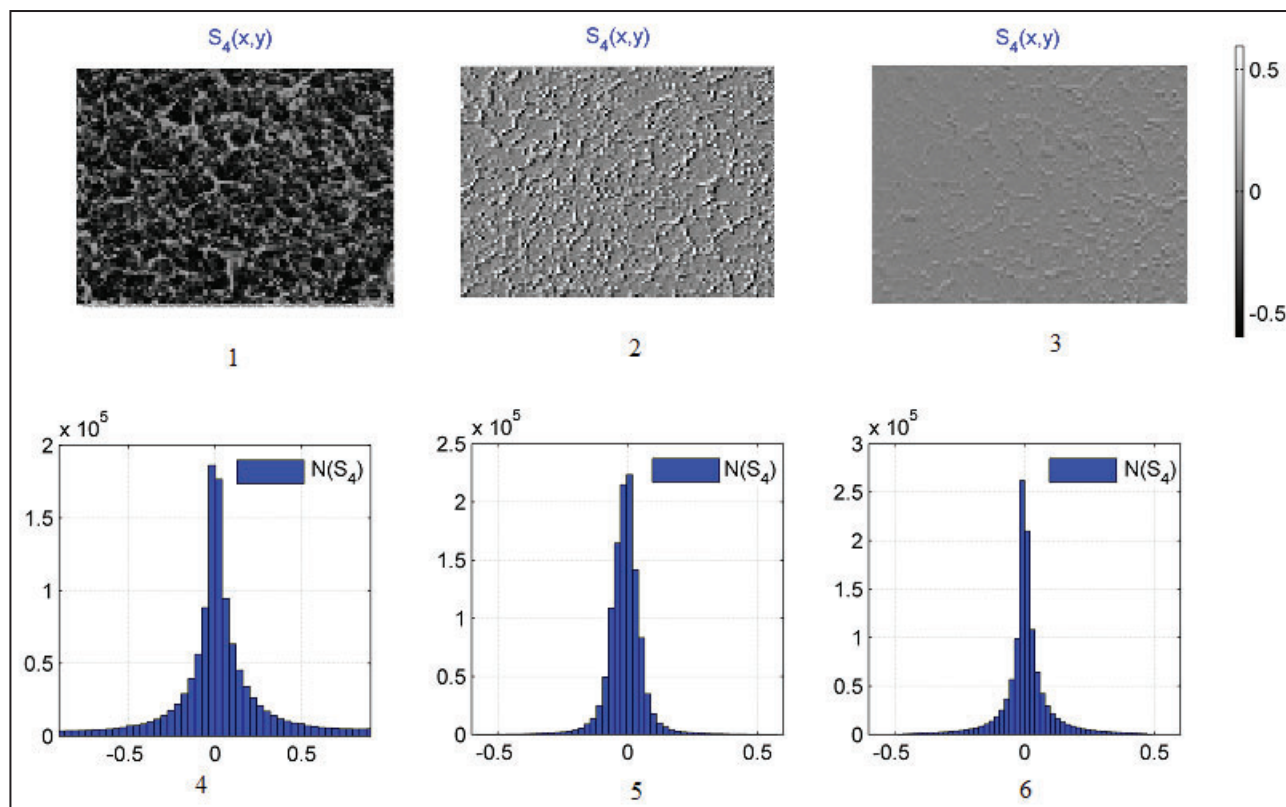


Рис. 2. Мапи (1-3) та гістограми (4-6) розподілів параметра кристалізації зображень полікристалічних плівок крові біоманекенів з контрольної групи 1 (фрагменти 1, 4), дослідних груп 1 (фрагменти 2, 5) і 2 (фрагменти 3-6).

Порівняльний аналіз поляризаційних мап ПК та гістограм розподілів величини 4-го параметра вектора Стокса показав більшу чутливість методу Стокс-поляриметричного картографування цифрових мікроскопічних зображень полікристалічних плівок крові до дегенеративно-дистрофічних змін для випадків отруєння алкоголем і чадним газом порівняно з аналогічними дослідженнями гістологічних зрізів міокарда (табл. 4).

Таблиця 4

**Центральні статистичні моменти 1-4-го порядків, що характеризують координатні розподіли величини параметра кристалізації мікроскопічних зображень зразків полікристалічних плівок крові біоманекенів з контрольної та дослідних груп**

Зразок	Полікристалічні плівки крові		
	Група 1 (n=22)	Група 2 (n=36)	Група 3 (n=32)
Статистичні моменти			
Середнє $S_r$	0,07±0,004	0,06±0,003	0,055±0,003
$P_1; P_2$		$p_1 > 0,05$	$p_2 > 0,05$
$P_{1,2}$		$p_{1,2} > 0,05$	
Дисперсія $D_r$	0,095±0,005	0,08±0,004	0,065±0,003
$P_1; P_2$		$p_1 > 0,05$	$p_2 > 0,05$
$P_{1,2}$		$p_{1,2} > 0,05$	
Асиметрія $A_s$	0,76±0,034	1,21±0,059	1,77±0,081
$P_1; P_2$		$p_1 < 0,05$	$p_2 < 0,05$
$P_{1,2}$		$p_{1,2} < 0,05$	
Екссес $E_k$	1,47±0,069	2,12±0,11	2,91±0,14
$P_1; P_2$		$p_1 < 0,05$	$p_2 < 0,05$
$P_{1,2}$		$p_{1,2} < 0,05$	

З результатів проведеного статистичного аналізу випливає:

- незадовільний рівень (статистична недостовірність  $p_1; p_2; p_{1,2} > 0,05$ ) диференціації причини смерті в усіх групах на основі обчислення середнього  $Sr$  і дисперсії  $Dr$ , що характеризують мапи ПК точок мікроскопічних зображень плівок крові;
- статистична достовірність ( $p_1; p_2 < 0,05$ ) диференціації випадків померлих з контрольної групи (IXC) й обох контрольних груп шляхом обчислення асиметрії  $As$  та ексцесу  $Ek$ , що характеризують розподіли величини 4-го параметра вектора Стокса мікроскопічних зображень полікристалічних плівок крові;
- можливість диференціальної діагностики випадків отруєння алкоголем і чадним газом шляхом статистичного аналізу мап ПК мікроскопічних зображень зразків плівок крові (на відміну від випадків тканини міокарда) – для центральних статистичних моментів 3-4-го порядків параметр  $p_{1,2} > 0,05$ .

У табл. 5 представлені результати інформаційного аналізу методу Стокс-поляриметрії зразків плівок крові в диференціації випадків отруєння алкоголем і чадним газом.

Таблиця 5

### Операційні характеристики сили методу Стокс-поляриметрії

Зразок		Полікристалічні плівки крові						
$St_{i=1,2,3,4}$	Середнє, $Sr$		Дисперсія, $Dr$		Асиметрія, $As$		Ексцес, $Ek$	
$Se, \%$	a=30; b=15;	66,6	a=31; b=11;	68,8	a=35; b=17;	77,7	a=36; b=8;	80
$Sp, \%$	c=28; d=17;	62,5	c=29; d=16;	64,4	c=35; d=17;	77,7	c=36; d=9;	80
$Ac, \%$	n=45	64,4	n=45	66,6	n=45	64,4	n=45	80

Встановлений (на відміну від попередніх результатів) задовільний рівень точності ( $Ac \sim 80\%$ ) диференціальної діагностики випадків отруєння алкоголем і чадним газом на основі інформаційного аналізу результатів статистичної обробки координатних розподілів величини 4-го параметра вектора Стокса цифрових мікроскопічних зображень полікристалічних плівок крові.

#### Висновки.

1. Встановлена можливість статистично достовірної ( $p_1; p_2 < 0,05$ ) диференціації випадків смерті внаслідок отруєння алкоголем і чадним газом шляхом обчислення статистичних моментів вищих порядків (асиметрія  $As$  та ексцес  $Ek$ ), що характеризують розподіли величини параметра кристалізації мікроскопічних зображень полікристалічних плівок крові.
2. Виявлений задовільний рівень точності ( $Ac \sim 80\%$ ) диференціальної діагностики випадків отруєння алкоголем і чадним газом на основі інформаційного аналізу результатів статистичної обробки координатних розподілів величини 4-го параметра вектора Стокса цифрових мікроскопічних зображень полікристалічних плівок крові.

#### Література

1. Абдукаримов АБ, Искандаров АИ. Особенности судебно-медицинской токсикометрии острых отравлений угарным газом, сочетанных с алкогольной интоксикацией. Судебно-медицинская экспертиза. 2010;1:30-3.
2. Туманова ИЕ, Панкрушина АН, Макарова ИИ, Шеховцов ВП. Смертельные отравления окисью углерода. Здоровье и образование в XXI веке. 2009;3(11):233.
3. Алексеев ИВ. К вопросу об оценке степени интоксикации алкоголем и угарным газом лиц, погибших на пожарах. Актуальные вопросы судебной медицины и экспертной практики. 2009;15:112-6.
4. Злобин ЮВ. Отравления монооксидом углерода (угарным газом). Санкт-Петербург: Тактик-Студио; 2011. 19 с.

5. Богомолова ИИ. Патоморфологические изменения внутренних органов при острых отравлениях монооксидом углерода. Проблемы экспертизы в медицине. 2007;7(25-1):27-30.
6. 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
7. 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.
8. 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
9. 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
10. 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
11. 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. Abdukarimov AB, Iskandarov AI. Osobennosti sudebno-meditsinskoy toksikometrii ostrykh otravleniy ugarnym gazom, sochetannykh s alkohol'noy intoksikatsiey [Forensic medical toxicometry of acute carbon monoxide poisoning during alcoholic intoxication]. Sudebno-meditsinskaya ekspertiza. 2010;1:30-3. (in Russian)
2. Tumanova IE, Pankrushina AN, Makarova II, Shekhovtsov VP. Smertel'nye otravleniya okis'yu ugleroda [Fatal carbon monoxide poisoning]. Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke. 2009;3(11):233. (in Russian)
3. Alekseev IV. K voprosu ob otsenke stepeni intoksikatsii alkogolem i ugarnym gazom lits, pogibshikh na pozharakh [On the assessment of the degree of alcohol and carbon monoxide intoxication of persons who died in fires]. Aktual'nye voprosy sudebnoy meditsiny i ekspertnoy praktiki. 2009;15:112-6. (in Russian)

4. Zlobin Yu V. Otravleniya monooksidom ugleroda (ugarnym gazom) [Poisoning with carbon monoxide (carbon monoxide)]. Sankt-Peterburg: Taktik-Studio; 2011. 19 s. (in Russian)
5. Bogomolova IN. Patomorfologicheskie izmeneniya vnutrennikh organov pri ostrykh otravleniyakh monooksidom ugleroda [Pathologic changes of internals in the cases of acute poisoning by carbon single-oxide]. Problemy ekspertizy v meditsine. 2007;7(25-1):27-30. (in Russian)
6. 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
7. 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.
8. 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
9. 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
10. 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
11. 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



## FORENSIC MEDICINE CRITERIA FOR DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF ALCOHOL AND CARBON GAS POISONING BY STOKS-POLYARIMETRY

Ivaskevych I. B.<sup>1,2</sup>, Vanchulyak O. Ya.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ivano-Frankivsk Regional Bureau of Forensic Medical Examination, Ivano-Frankivsk, Ukraine

<sup>2</sup>Higher State Educational Establishment of Ukraine «Bucovinian State Medical University», Chernivtsi, Ukraine

**Summary.** Ethyl alcohol and carbon monoxide are among the most common toxic substances that can be fatal. However, morphological changes in this pathological condition are insufficiently studied. A new step was the development and application of laser polarimetric methods for microscopic study of optically inhomogeneous biological structures using statistical analysis of digital polarization maps. This work is aimed at studying and substantiating the information possibilities of the objective method of Stokes-polarimetric microscopy of histological sections of biological tissues (BT) in the differential diagnosis of alcohol and carbon monoxide poisoning.

**Aim of the work.** To develop a set of forensic objective criteria to increase the possibility of differential diagnosis of ethanol and carbon monoxide poisoning according to Stokes-polarimetric mapping of polycrystalline structure of blood films and human myocardium.

**Materials and methods.** The object of the study were histological sections of the myocardium and polycrystalline blood films obtained from 68 corpses of both sexes, aged 18 to 75 years. BT samples from deaths due to ischemic heart disease (IHD) were used for control. The study was performed by Stokes polarimetric mapping of microscopic images of biological layers.

**Results.** Comparative analysis of polarization maps of the crystallization parameter (CP) and histograms of the distributions of the 4th parameter of the Stokes vector showed greater sensitivity of the Stokes-polarimetric mapping method of digital microscopic images of polycrystalline blood films to degenerative-dystrophic changes for alcohol and carbon monoxide poisoning. histological sections of the myocardium. Moreover, the most informative were the statistical moments of the 3rd – 4th orders, which characterize the coordinate distributions of the PC size of microscopic images of samples of polycrystalline blood films.

**Conclusion.** The possibility of statistically significant ( $p_1; p_2 < 0.05$ ) differentiation of deaths due to alcohol and carbon monoxide poisoning by calculating statistical moments of higher orders (asymmetry  $A_s$  and excess  $E_k$ ), which characterize the PC size distributions of microscopic images of polycrystalline blood films, has been established.

**Keywords:** carbon monoxide; ethanol; poisoning; laser polarimetry.

## СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКИЕ КРИТЕРИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОТРАВЛЕНИЙ АЛКОГОЛЕМ И УГАРНЫМ ГАЗОМ МЕТОДОМ СТОКС-ПОЛЯРИМЕТРИИ

Иваськевич И. Б.<sup>1,2</sup>, Ванчуляк О. Я.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ивано-Франковское областное бюро судебно-медицинской экспертизы, г. Ивано-Франковск, Украина

<sup>2</sup>Высшее государственное учебное заведение Украины «Буковинский государственный медицинский университет», г. Черновцы, Украина

**Резюме.** Этиловый алкоголь и угарный газ являются одними из самых распространенных токсичных веществ, которые могут вызвать летальный исход. Однако морфологические изменения при отравлениях этанолом и угарным газом недостаточно изучены. Новым шагом стало

развитие и применение лазерных поляриметрических методов микроскопического исследования оптико-неоднородных биологических структур с использованием статистического анализа цифровых поляризационных карт. Данная работа направлена на исследование и обоснование информационных возможностей объективного метода Стокс-поляриметрической микроскопии гистологических срезов биологических тканей (БТ) в дифференциальной диагностике отравлений алкоголем и угарным газом.

**Цель работы.** Разработка набора судебно-медицинских объективных критериев для повышения возможности дифференциальной диагностики отравления этанолом и угарным газом по данным Стокс-поляриметрического картографирования поликристаллической структуры пленок крови и миокарда человека.

**Материалы и методы.** Объектом исследования были гистологические срезы миокарда и поликристаллические пленки крови, полученные от 68 трупов обоего пола в возрасте от 18 до 75 лет. Для контроля использовали образцы БТ от умерших вследствие ишемической болезни сердца (ИБС). Исследования проводили путем Стокс-поляриметрического картографирования микроскопических изображений биологических слоев.

**Результаты.** Сравнительный анализ поляризационных карт параметра кристаллизации (ПК) и гистограмм распределений величины 4-го параметра вектора Стокса показал большую чувствительность метода Стокс-поляриметрического картографирования цифровых микроскопических изображений поликристаллических пленок крови к дегенеративно-дистрофическим изменениям для случаев отравления алкоголем и угарным газом по сравнению с аналогичными исследованиями гистологических срезов миокарда. Причем наиболее информативными оказались статистические моменты 3-4-го порядков, характеризующие координатные распределения величины ПК микроскопических изображений образцов поликристаллических пленок крови.

**Выводы.** Установлена возможность статистически достоверной ( $p_1; p_2 < 0,05$ ) дифференциации случаев смерти вследствие отравления алкоголем и угарным газом путем вычисления статистических моментов высших порядков (асимметрия  $A_s$  и эксцесс  $E_k$ ), характеризующих распределения величины ПК микроскопических изображений поликристаллических пленок крови.

**Ключевые слова:** угарный газ; этанол; отравления; лазерная поляриметрия.

#### **Відомості про авторів:**

Иваськевич І. Б. – начальник Івано-Франківського обласного бюро судово-медичної експертизи, аспірант кафедри судової медицини та медичного правознавства ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет», м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: sudmed@bsmu.edu.ua

Ванчуляк О. Я. – доктор медичних наук, професор кафедри судової медицини та медичного правознавства ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці, Україна, e-mail: wanchulyak@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0243-1894

#### **Сведения об авторах:**

Иваськевич И. Б. – начальник Ивано-Франковского областного бюро судебно-медицинской экспертизы, аспирант кафедры судебной медицины и медицинского правоведения ВГУЗ Украины «Буковинский государственный медицинский университет», г. Ивано-Франковск, Украина

Ванчуляк О. Я. – доктор медицинских наук, профессор кафедры судебной медицины и медицинского правоведения ВГУЗ Украины «Буковинский государственный медицинский университет», г. Черновцы, Украина

#### **Information about the authors:**

Ivaskevych I. B. – Head of the Ivano-Frankivsk Regional Bureau of Forensic Medical Examination, PhD student of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of the HSEE of Ukraine «Bukovinian State Medical University», Ivano-Frankivsk, Ukraine

Vanchulyak O. Ya. – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of the HSEE of Ukraine «Bukovinian State Medical University», Chernivtsi, Ukraine