

## ДИФЕРЕНЦІАЛЬНА МЮЛЛЕР-МАТРИЧНА МІКРОСКОПІЯ БІЛКОВОЇ ФРАКЦІЇ ПРЕПАРАТІВ СКЛОПОДІБНОГО ТІЛА У ДІАГНОСТИЦІ ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ

*В.Т. Бачинський<sup>1,2</sup>, Ю.В. Саркісова<sup>1,2</sup>, О.Я. Ванчуляк<sup>1,2</sup>, М.С. Гараздюк<sup>1,2</sup>, А.Д. Баранюк<sup>2</sup>*

Вищий державний навчальний заклад України "Буковинський державний медичний університет" м. Чернівці<sup>1</sup>  
КМУ "Обласне бюро судово-медичної експертизи" Департаменту охорони здоров'я Чернівецької ОДА<sup>2</sup>

### Ключові слова:

судова медицина,  
давність настання смерті, склоподібне тіло,  
лазерна поляриметрия.

Клінічна та експериментальна патологія Т.18, №2 (68). С.100-104.

DOI:10.24061/1727-4338.XVIII.2.68.2019.245

**Мета роботи** - розробити комплекс судово-медичних критеріїв встановлення давності настання смерті шляхом використання диференціальної мюллер-матричної мікроскопії білкової фракції препаратів склоподібного тіла.

**Матеріал і методи.** Проводили забір склоподібного тіла із передньої камери ока від 80 трупів із попередньо відомим часом настання смерті від 1 до 24 годин. В подальшому здійснювали експериментальні вимірювання координатних розподілів величини диференціального елемента полікристалічної структури біологічних препаратів склоподібного тіла.

**Результати та висновки.** Методом диференціального мюллер-матричного картографування досліджено набір карт і гістограм розподілів випадкових значень диференціального елемента білкової фракції шарів склоподібного тіла померлих з різною давністю настання смерті. Установлено діапазон чутливості - 24 год. та точність - 40 хв., методу диференціального мюллер-матричного картографування білкової фракції шарів склоподібного тіла у визначенні давності настання смерті.

### Ключевые слова:

судебная медицина,  
давность наступления смерти,  
стекловидное тело, лазерная поляриметрия.

Клиническая и экспериментальная патология Т.18, №2 (68). С.100-104.

## ДИФФЕРЕНЦІАЛЬНА МЮЛЛЕР-МАТРИЧНА МІКРОСКОПІЯ БЕЛКОВОЇ ФРАКЦІЇ ПРЕПАРАТІВ СТЕКЛОВИДНОГО ТІЛА В ДІАГНОСТИКЕ ДАВНОСТІ НАСТУПЛЕННЯ СМЕРТІ

*В.Т. Бачинський, Ю.В. Саркісова, О.Я. Ванчуляк, М.С. Гараздюк, А.Д. Баранюк*

**Цель работы** - разработать комплекс судебно-медицинских критериев установления давности наступления смерти путем использования дифференциальной мюллер-матричной микроскопии белковой фракции препаратов стекловидного тела.

**Материал и методы.** Проводили забор стекловидного тела с передней камеры глаза от 80 трупов с предварительно известным временем наступления смерти от 1 до 24 часов. В дальнейшем осуществляли экспериментальные измерения координатных распределений величины дифференциального элемента поликристаллической структуры биологических препаратов стекловидного тела.

**Результаты и выводы.** Методом дифференциального мюллер-матричного картографирования исследованы набор карт и гистограмм распределений случайных значений дифференциального элемента белковой фракции слоев стекловидного тела умерших с разной давностью наступления смерти. Установлено диапазон чувствительности - 24 ч. и точность - 40 мин., метода дифференциального мюллер-матричного картографирования белковой фракции слоев стекловидного тела в определенных давности наступления смерти.

### Key words:

forensic medicine,  
time since death,  
vitreous body,  
laser polarimetry.

Clinical and experimental pathology. Vol.18, №2 (68). P.100-104.

## DIFFERENTIAL MULLER-MATRIX MICROSCOPY OF THE PROTEIN FRACTION OF THE VITREOUS BODY PREPARATIONS FOR DIAGNOSTICS OF THE PRESCRIPTION OF DEATH COMING

*V.T., Bachinsky, Y.V. Sarkisova, O.Y. Vanchulyak, M.S. Garazdyuk, A.D. Baranyuk*

**Objective** - to develop a complex of forensic criteria for determining the time since death, using differential Muller-matrix microscopy of the protein fraction of the vitreous body.

**Material and methods.** The vitreous body sampling was conducted from the anterior chamber of the eye in 80 corpses with a previously known time of death from 1 to 24 hours. Subsequently, experimental measurements of the coordinate distributions of the differential element of the polycrystalline structure of biological preparations of the vitreous body were carried out.

**Results and conclusions.** The set of maps and histograms of the distributions of random values of the differential element of the protein fraction of the vitreous layers of the dead with different time since death were studied using the differential Muller-matrix mapping

method. The sensitivity range (24 hours) and accuracy (40 minutes) for the Muller differential method with matrix mapping of the protein fraction of the vitreous layers at a certain time since death have been established.

### Вступ

У судовій медицині визначення давності настання смерті (ДНС) завжди було одним з найважливіших питань серед тих, які виникають під час експертизи мертвого тіла [1]. Як уже неодноразово обговорювалось на різноманітних медичних форумах, саме від відповіді на це питання залежать перелік осіб, які потрапили під підозру в скоєнні злочину [1, 2]. З огляду на особливу важливість максимально точного встановлення часу смерті, судово-медичним експертам необхідно проводити дослідження трупа, використовуючи найсучасніші методи. Це стосується як методик, що використовуються, так і їх апаратного супроводу [3].

На сьогодні найбільш часто для встановлення ДНС використовують методи оцінки охолодження тіла, трупних плям, постмортальної збудливості м'язів і концентрації різних хімічних або біохімічних речовин у рідинах організму. Експерти намагаються звести до мінімуму помилки під час визначення ДНС, поєднуючи два або більше підходів для кожного випадку.

В останні роки помітне значне зростання використання біофізичних методів діагностики [4]. Багато в чому це зумовлено появою нових інструментальних методів та більшою їх доступністю для практичного використання [1, 3]. Крім того, необхідно відзначити, що біофізичні методики забезпечують швидке отримання результату, що дає змогу використовувати їх в якості засобів "експресаналізу" [4].

Серед великого різноманіття біофізичних способів досліджень слід відзначити лазерну поляриметричну мікроскопію біологічних препаратів як метод, що дає підставу кількісно виміряти те, що багато років фіксували судово-медичні експерти, виключно виходячи із свого особистого суб'єктивного сприйняття реальності [5]. На нашу думку, висока точність та відтворюваність результатів лазерних поляриметричних методик у поєднанні із використанням склоподібного тіла (СТ) як об'єкта дослідження, забезпечує можливість подальшого удосконалення отриманих результатів встановлення ДНС.

### Мета роботи

Розробити комплекс судово-медичних критеріїв встановлення ДНС шляхом використання диференціальної мюллер-матричної мікроскопії білкової фракції препаратів СТ.

### Матеріали та методи дослідження

Проводили забір СТ із передньої камери ока від 80 трупів померлих внаслідок серцево-судинної патології із попередньо відомим часом настання смерті від 1 до 24 годин.

Інтервал забору досліджуваних зразків був таким:

- ДНС = 1 год - група 1;
- ДНС = 3 год - група 2;
- ДНС = 6 год - група 3;

- ДНС = 12 год - група 4;
- ДНС = 18 год - група 5;
- ДНС = 24 год - група 6.

Експериментальні вимірювання координатних розподілів величини диференціального елементу полікристалічної структури (ДЕПС) біологічних препаратів СТ здійснювали за стандартною методикою [5].

### Результати та їх обговорення

На рисунку 1 наведені мапи та гістограми розподілів величини диференціального елементу білкової фракції (ДЕБФ) шарів СТ померлих із 1 та 3 груп.

Одержані результати диференціального мюллер-матричного картографування координатних розподілів величини ДЕФБ ілюструють наявність відмінностей між оптичною анізотропією білкових комплексів СТ померлих з різною ДНС.

Нами показано, що координатні розподіли величини ДЕФБ (рис. 1г) зразку шару СТ при ДНС 12 год. характеризуються меншим середнім значенням ( $SM_1=0,52$ ) і діапазоном розкиду ( $SM_2=0,28$ ) випадкових значень порівняно з аналогічними значеннями статистичних параметрів ( $SM_1=0,38$ ;  $SM_2=0,21$ ), які характеризують координатні розподіли величини ДЕБФ, визначеними для зразку шару СТ померлого з ДНС 3 год. (рис. 1а).

Виявлений факт можна пов'язати із некротичною деструкцією білків при зростанні ДНС і відповідним зменшенням величини ДЕБФ шарів СТ [5-8].

У межах статистичного підходу до аналізу часової динаміки некротичних змін мап ДЕБФ шарів СТ померлих зростання ДНС супроводжується протилежними тенденціями - зменшенням статистичних моментів 1-го і 2-го порядків, які характеризують координатні розподіли величини фазового мюллер-матричного інваріанта (рис. 1 б, в, д, е). Навпаки, величини статистичних моментів 3-го і 4-го порядків збільшуються.

Кількісно дані зміни поляризаційних проявів білкової фракції зразків СТ померлих з різною ДНС ілюструють статистичні моменти 1-4-го порядків, які наведені в таблиці 1.

Аналіз даних, одержаних методом диференціального мюллер-матричного картографування, про некротичні зміни білкової фракції шарів СТ виявив лінійний діапазон змін величин статистичних моментів 1-4-го в проміжку ДНС до 24 годин. При чому величина  $SM_1$  зменшується у межах діапазону визначених для всіх груп зразків середніх значень від 0,57 до 0,19; величина  $SM_2$  зменшується від 0,31 до 0,09;  $SM_3$  зростає від 0,66 до 1,21;  $SM_4$  зростає від 0,79 до 1,44.

Рисунок 2 ілюструє лінійні та кругові діаграми змін величини набору статистичних моментів  $SM_{1,2,3,4}$ .

З одержаних даних (рис. 2) видно, що величини статистичних моментів 1 - 4-го порядків, які характеризують мапи поляризаційних проявів білкової фракції шарів СТ померлих з різною ДНС, лінійно змінюються

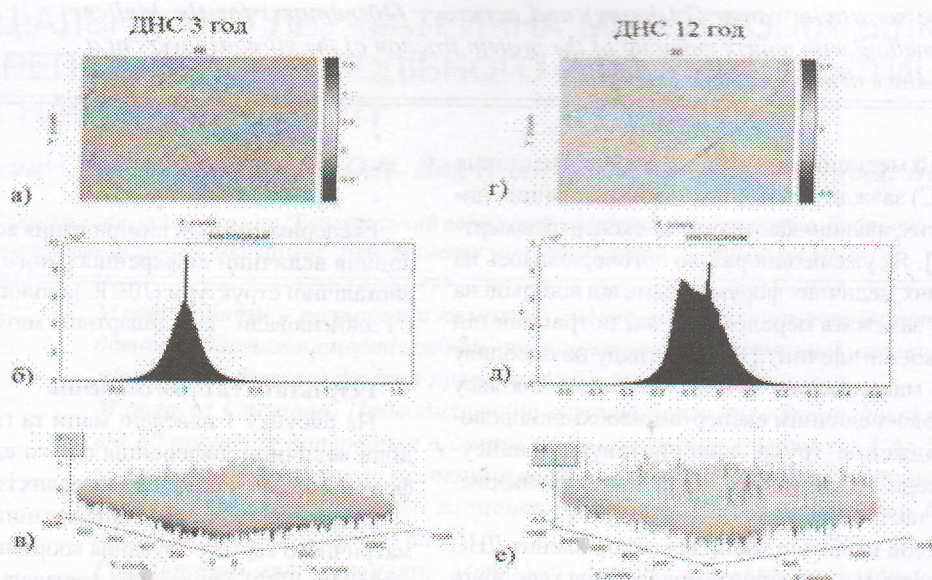


Рисунок 1. Мапи (а,г) та гістограми розподілів (б,в,д,е) величини ДЕБФ-шарів СТ померлих із ДНС 3 та 12 год

Таблиця 1  
Часова динаміка зміни величини статистичних моментів 1-4-го порядків ( $SM_{j=1,2,3,4}$ ), які характеризують розподіли величини ДЕБФ шарів СТ померлих з різною ДНС (Т, год.)

$SM_j \times 10^{-2}$	$T = 1$	$T = 3$	$T = 6$	$T = 12$	$T = 18$	$T = 24$
$SM_1$	$0,57 \pm 0,024$	$0,52 \pm 0,022$	$0,47 \pm 0,021$	$0,38 \pm 0,017$	$0,28 \pm 0,012$	$0,19 \pm 0,009$
$p$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
$SM_2$	$0,31 \pm 0,014$	$0,28 \pm 0,013$	$0,26 \pm 0,012$	$0,21 \pm 0,0095$	$0,15 \pm 0,006$	$0,09 \pm 0,004$
$p$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
$SM_3$	$0,66 \pm 0,031$	$0,73 \pm 0,034$	$0,81 \pm 0,039$	$0,94 \pm 0,042$	$1,07 \pm 0,044$	$1,21 \pm 0,054$
$p$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
$SM_4$	$0,79 \pm 0,031$	$0,87 \pm 0,037$	$0,95 \pm 0,042$	$1,11 \pm 0,052$	$1,28 \pm 0,059$	$1,44 \pm 0,068$
$p$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$

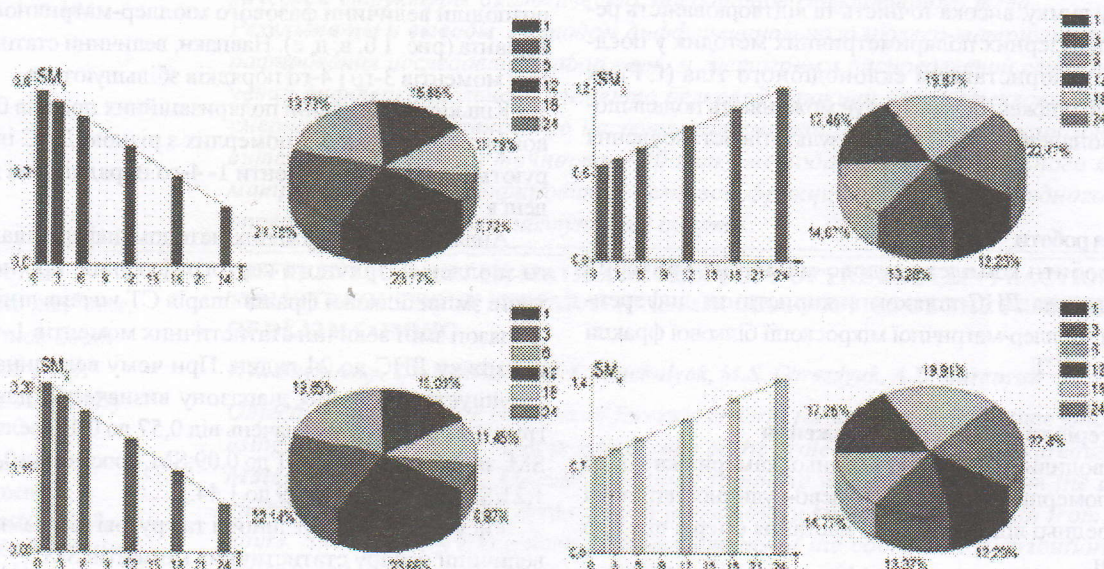


Рисунок 2. Часові діаграми змін величини статистичних моментів 1- 4-го порядків ( $SM_{j=1,2,3,4}$ ), які характеризують розподіли величини ДЕБФ шарів СТ померлих з різною ДНС (Тгод.)

в межах 24 год. При цьому найбільш чутливими до некротичних змін полікристалічної структури таких зразків виявилися часові зміни статистичних моментів 3-го і 4-го порядків (асиметрія  $SM_3$  та ексцес).

Кількісно покращення чутливості диференціального мюллер-матричного картографування виявляється у

зростанні кутів нахилу лінійних залежностей некротичних змін величини статистичних моментів вищих порядків, які характеризують розподіли величини ДЕБФ шарів СТ померлих із різною ДНС (табл. 2).

Аналіз одержаних даних про часові залежності величини набору статистичних моментів 1 - 4-го порядків

Таблиця 2

Точність ( $\pm \Delta T$ ) визначення ДНС методом матричного диференціального картографування білкової складової шарів СТ

$SM_j$	T=1	T=3	T=6	T=12	T=18	T=24
$SM_1$	54 хв.	54 хв.	55 хв.	55 хв.	56 хв.	56 хв.
$SM_2$	50 хв.	52 хв.	52 хв.	53 хв.	54 хв.	54 хв.
$SM_3$	44 хв.	43 хв.	44 хв.	43 хв.	45 хв.	45 хв.
$SM_4$	40хв.	40хв.	41хв.	40хв.	40хв.	42хв.

виявив максимальний рівень (виділено сірим) точності у визначенні ДНС у межах 40 хв. - 42 хв., що відповідає точності методів лазерної поляриметрії [7, 8].

З метою покращення точності методу диференціального мюллер-матричного картографування розподілів білкової фракції шарів СТ ми плануємо розглянути інформаційні можливості масштабно-селективного вейвлет-аналізу мап відповідного елемента диференціальної матриці ДЕБФ [6].

#### Висновки

1. Встановлено перспективність застосування методу диференціального мюллер-матричного картографування мап і гістограм розподілів випадкових значень ДЕБФ шарів СТ для діагностики ДНС.

2. Установлено діапазон чутливості (24 год.) і точність (40 хв.) методу диференціального мюллер-матричного картографування білкової фракції шарів СТ у визначенні ДНС.

#### Перспективи подальших досліджень

У подальшому ми плануємо дослідити можливість застосування комплексного підходу на основі азимутально-інваріантних поляризаційних, диференціальних мюллер-матричних і спектрально-селективних автофлуоресцентних методів дослідження часових змін полікристалічної структури шарів СТ з метою вдосконалення точності визначення ДНС на довготривалому проміжку часу.

#### Список літератури

1. Витер ВИ, Вавилов АЮ, Малков АВ, Кузовков АВ. Диагностика давности смерти термометрическим способом: актуальность и состояние проблемы. Проблемы экспертизы в медицине. 2012;12(1-2):42-5.
2. Дадабаев ВК, Стрельников ВН. Внедрение научно-технических инноваций в судебно-медицинской и криминалистической экспертной деятельности. Международный научно-исследовательский журнал. 2013;12-3:42-4.
3. Madea B. Methods for determining time of death. Forensic Sci Med Pathol. 2016;12(4):451-85. doi: 10.1007/s12024-016-9776-y
4. Patel UP, Patel J, Prajapati P, Govekar G. A Study to Evaluate of Time Since Death From Potassium Level of Vitreous Humour. Natl J Med Res. 2016;6(3):255-8.
5. Ushenko YA, Sorotchan GV, Pridiy AG, Yermolenko SB. Клінічна та експериментальна патологія. 2019. Т.18, №2 (68)

Mueller-matrixes tomography of biotissue. Proc SPIE [Internet]. 2005[cited 2019 Mar 29];5972. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/5972/59720T/Mueller-matrixes-tomography-of-biotissue/10.1117/12.639739.short> doi: 10.1117/12.639739

6. Ushenko YA. Investigation of formation and interrelations of polarization singular structure and Mueller-matrix images of biological tissues and diagnostics of their cancer changes. J Biomed Opt [Internet]. 2011[cited 2019 Mar 29];16(6):066006. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/Journal-of-Biomedical-Optics/volume-16/issue-06/066006/Investigation-of-formation-and-interrelations-of-polarization-singular-structure-and/10.1117/1.3585689.full> doi: 10.1117/1.3585689

7. Angelsky OV, Ushenko AG, Ushenko YG, Tomka YY. Polarization singularities of biological tissues images. J Biomed Opt [Internet]. 2006[cited 2019 Mar 29];11(5):054030. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/Journal-of-Biomedical-Optics/volume-11/issue-05/054030/Polarization-singularities-of-biological-tissues-images/10.1117/1.2360527.full> doi: 10.1117/1.2360527

8. Angelsky PO. Fourier phasometry of human effusion polycrystalline networks. Appl Opt. 2012;51(10):C70-6. doi: 10.1364/AO.51.000C70

#### References

1. Viter VI, Vavilov AY, Malkov AV, Kuzovkov AV. Diagnostika давности смерти термометрическим способом: актуальность и состояние проблемы [Diagnosis of death by thermometric method: the relevance and state of the problem]. Problems of expertise in medicine. 2012;12(1-2):42-5. (in Russian).
2. Dadabaev VK, Strelnikov VN. Vnedrenie nauchno-tekhnicheskikh innovatsiy v sudebno-meditsinskoj i kriminalisticheskoy ekspertnoy deyatel'nosti [Development and introduction of scientific and technical innovations in the forensic medical and forensic expert activity]. International Research Journal. 2013;12-3:42-4. (in Russian).
3. Madea B. Methods for determining time of death. Forensic Sci Med Pathol. 2016;12(4):451-85. doi: 10.1007/s12024-016-9776-y
4. Patel UP, Patel J, Prajapati P, Govekar G. A Study to Evaluate of Time Since Death From Potassium Level of Vitreous Humour. Natl J Med Res. 2016;6(3):255-8.
5. Ushenko YA, Sorotchan GV, Pridiy AG, Yermolenko SB. Mueller-matrixes tomography of biotissue. Proc SPIE [Internet]. 2005[cited 2019 Mar 29];5972. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/5972/59720T/Mueller-matrixes-tomography-of-biotissue/10.1117/12.639739.short> doi: 10.1117/12.639739
6. Ushenko YA. Investigation of formation and interrelations of polarization singular structure and Mueller-matrix images of biological tissues and diagnostics of their cancer changes. J Biomed Opt [Internet]. 2011[cited 2019 Mar 29];16(6):066006. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/Journal-of-Biomedical-Optics/volume-16/issue-06/066006/Investigation-of-formation-and-interrelations-of-polarization-singular-structure-and/10.1117/1.3585689.full> doi: 10.1117/1.3585689

formation-and-interrelations-of-polarization-singular-structure-and/10.1117/1.3585689.full doi: 10.1117/1.3585689

7. Angelsky OV, Ushenko AG, Ushenko YG, Tomka YY. Polarization singularities of biological tissues images. J Biomed Opt [Internet]. 2006[cited 2019 Mar 29];11(5):054030. Available from: [https://www.spiedigitallibrary.org/journals/Journal-of-](https://www.spiedigitallibrary.org/journals/Journal-of-Biomedical-Optics/volume-11/issue-05/054030/Polarization-singularities-of-biological-tissues-images/10.1117/1.2360527)

Biomedical-Optics/volume-11/issue-05/054030/Polarization-singularities-of-biological-tissues-images/10.1117/1.2360527 full doi: 10.1117/1.2360527

8. Angelsky PO. Fourier phasometry of human effusion polycrystalline networks. Appl Opt. 2012;51(10):C70-6. doi: 10.1364/AO.51.000C70

**Відомості про авторів:**

Бачинський В.Т. - начальник КМУ "Обласне бюро судово-медичної експертизи" Департаменту охорони здоров'я Чернівецької ОДА, завідувач кафедри судової медицини та медичного правознавства ВДНЗ У "Буковинський державний медичний університет", д.мед.н., професор, заслужений лікар України  
 Саркісова Ю. В. - аспірант кафедри судової медицини та медичного правознавства ВДНЗ У "Буковинський державний медичний університет"  
 Ванчуляк О.Я. - д.мед.н., професор кафедри судової медицини та медичного правознавства ВДНЗУ "Буковинський державний медичний університет"  
 Гараздюк М. С. - к.мед.н., асистент кафедри судової медицини та медичного правознавства ВДНЗУ "Буковинський державний медичний університет"  
 Баранюк А. Д. лікар судово-медичний експерт КМУ "Обласне бюро судово-медичної експертизи" Департаменту охорони здоров'я Чернівецької ОДА

**Сведения об авторах:**

Бачинский В. Т. - начальник КМУ "Областное бюро судебно-медицинской экспертизы" Департамента здравоохранения Черновицкой ОГА, заведующий кафедрой судебной медицины и медицинского правоповедения ВГУЗУ "Буковинский государственный медицинский университет", д.мед.н., профессор, заслуженный врач Украины  
 Саркисова Ю. В. - аспирант кафедры судебной медицины и медицинского правоповедения ВГУЗУ "Буковинский государственный медицинский университет"  
 Ванчуляк О. Я. - д.мед.н., профессор судебной медицины и медицинского правоповедения ВГУЗУ "Буковинский государственный медицинский университет"  
 Гараздюк М. С. - к.мед.н., ассистент судебной медицины и медицинского правоповедения ВГУЗУ "Буковинский государственный медицинский университет"  
 Баранюк А. Д. врач судебно-медицинский эксперт КМУ "Областное бюро судебно-медицинской экспертизы" Департамента здравоохранения Черновицкой ОГА

**Information about authors:**

Vachinskyi V.T. - Head of the municipal medical institution "Regional Bureau of Forensic Medical Examination" of the Department of Health of Chernivtsi Regional State Administration, Head of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of HSEI of Ukraine "Bukovinian State Medical University", MD, professor, Honoured Doctor of Ukraine  
 Sarkisova Yu. V. - PhD student of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of HSEI of Ukraine "Bukovinian State Medical University"  
 Vanchulyak O. Ya. - MD, professor of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of the HSEI of Ukraine "Bukovinian State Medical University"  
 Garazdiuk M. S. - assistant professor of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of the HSEI of Ukraine "Bukovinian State Medical University"  
 Baranyuk Arthur Dmitrievich - forensic medical expert of the municipal medical institution "Regional Bureau of Forensic Medical Examination" of the Department of Health of the Chernivtsi Regional State Administration, Chernivtsi, Ukraine

Стаття надійшла до редакції 10.04.2019

Рецензент – проф. І.Г. Саєва

© В.Т. Бачинський, Ю.В. Саркісова, О.Я. Ванчуляк, М.С. Гараздюк, А.Д. Баранюк, 2019