

## **ВИСНОВОК**

**про наукову новизну, теоретичне і практичне значення  
результатів дисертації Салеги Олександра Вікторовича на тему:  
«Поляризаційна корелометрія фазово-неоднорідних об'єктних полів  
полікристалічних плівок біологічних рідин»,  
поданої на здобуття ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія  
в галузі знань 10 - Природничі науки**

**1. Обґрунтування вибору теми дослідження та її зв'язок із  
планами наукових робіт Університету.**

Актуальність дисертаційної роботи зумовлена необхідністю розвитку новітніх методів поляризаційної оптики для підвищення точності діагностики патологічних змін біологічних тканин. Існуючі методи Мюллер-матричного картографування мають обмеження, пов'язані з впливом деполяризованого фону, відсутністю інформації про амплітудно-фазову структуру поля та неможливістю аналізу кореляційних взаємозв'язків. Це визначило доцільність розробки поляризаційно-кореляційного підходу, який поєднує “двоточкові” параметри вектора Стокса з інтерференційними методами фазового сканування. Такий підхід забезпечує отримання додаткової інформації про мікроструктуру оптично анізотропних біологічних середовищ і дозволяє суттєво підвищити точність диференціальної діагностики патологічних змін.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами.**

Дисертаційна робота виконана відповідно до наукових програм та тем кафедри оптичних мультимедійних та поліграфічних технологій Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, а також у межах державних науково-дослідних робіт і грантових проєктів, зокрема:

«Розроблення новітніх поляризаційних і сингулярних методів і систем для потреб оптичних і біомедичних мікро- і нанотехнологій» (№

державної реєстрації 0122U001198) (2022 – 2024 рр)

«Розробка комплексу новітніх методів багатохвильової вектор-параметричної поляризаційної інтроскопії полікристалічних плівок біологічних рідин органів людини» (№ державної реєстрації 0122U001980) (2022 – 2024 рр)

«Новітня система поляризаційної томографії полікристалічних плівок біологічних рідин людини для діагностики важкості та моніторингу реабілітації воєнних травм», грант НФДУ (2023-2024 рр)

**Метою роботи** є розробка нових Стокс-параметричних і поляризаційно-інтерференційних методів картографування біологічних об'єктів із використанням цифрової голографічного відтворення та багатофункціонального статистичного, вейвлет і мультифрактального аналізу.

**Об'єкт дослідження:** зміни поляризаційно-кореляційної структури лазерних мікроскопічних зображень та оптичної анізотропії дегідратованих плівок біологічних тканин різної морфологічної будови і фізіологічного стану.

**Предмет дослідження:** статистичні, вейвлет- і мультифрактальні характеристики поляризаційно-кореляційних мап та їх взаємозв'язок із структурними і патологічними змінами тканин.

**Методи дослідження** включають цифрову голографію, 2D Фур'є-перетворення, фазове сканування, статистичний, вейвлет- і мультифрактальний аналіз.

## **2. Формулювання наукового завдання.**

У дисертації розв'язано нове наукове завдання, що полягає у розробці та експериментальній реалізації поляризаційно-кореляційного підходу до картографування біологічних тканин, який забезпечує отримання просторово-кореляційної, амплітудно-фазової та багатомасштабної інформації про їх мікроструктуру. На відміну від існуючих методів,

запропонований підхід дозволяє аналізувати “двоточкові” параметри вектора Стокса, що відкриває можливість дослідження кореляційних властивостей оптичних полів і підвищує чутливість до структурних і патологічних змін.

### **3. Наукові положення, розроблені особисто здобувачем, та їх новизна.**

У результаті проведених досліджень отримано низку нових наукових результатів, які мають суттєву новизну:

1. запропоновано поляризаційно-кореляційний підхід до аналізу біологічних тканин, що базується на використанні “двоточкових” параметрів вектора Стокса;
2. розроблено методику поляризаційно-інтерференційного картографування з фазовим скануванням комплексних амплітуд об’єктного поля;
3. встановлено закономірності зміни статистичних моментів 1–4 порядків модуля і аргумента четвертого параметра вектора Стокса при варіюванні фазового сканування;
4. уперше застосовано вейвлет- та мультифрактальний аналіз для дослідження поляризаційно-кореляційних мап біологічних тканин;
5. виявлено нові закономірності формування мультифрактальних спектрів та їх зв’язок із морфологічною структурою тканин;
6. встановлено систему діагностично значущих азимутально-інваріантних параметрів, чутливих до патологічних змін;
7. доведено можливість високоточної диференціації доброякісних і злоякісних пухлин простати.

### **4. Обґрунтованість і достовірність результатів.**

Достовірність отриманих результатів забезпечується комплексним використанням сучасних теоретичних і експериментальних методів поляризаційної та кореляційної оптики, коректністю математичного

апарату та узгодженістю результатів між різними методами аналізу. Отримані закономірності підтверджені значним обсягом експериментальних досліджень, статистичною обробкою даних і високою відтворюваністю результатів. Застосування незалежних підходів (статистичного, вейвлет- та мультифрактального аналізу) підтверджує їх взаємну узгодженість і достовірність.

#### **5. Рівень теоретичної підготовки здобувача.**

Дисертаційна робота свідчить про високий рівень теоретичної підготовки здобувача у галузі поляризаційної та кореляційної оптики, цифрової голографії, математичної статистики та методів обробки зображень. Автор продемонстрував здатність до самостійного формулювання наукових задач, розробки теоретичних моделей і ефективного застосування сучасних математичних методів для аналізу складних фізичних процесів.

#### **6. Наукове та практичне значення роботи.**

Наукове значення роботи полягає у розвитку нового напрямку поляризаційно-кореляційної оптики біологічних середовищ, розширенні уявлень про їх мікроструктурну організацію та механізми формування оптичних характеристик.

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні нових методів і критеріїв діагностики, що дозволяють підвищити точність диференціальної діагностики патологічних станів. Показано, що застосування вейвлет-аналізу забезпечує точність діагностики на рівні до 94,1%, а використання мультифрактального аналізу дозволяє підвищити її до 97,7%, що відповідає високому рівню клінічної ефективності. Результати можуть бути використані при створенні сучасних біомедичних оптичних систем.

## **7. Повнота викладу матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок здобувачки в публікації.**

Основні результати дисертаційної роботи повністю відображені у наукових публікаціях, зокрема у фахових міжнародних виданнях, що індексуються в наукометричних базах даних. Матеріали дослідження апробовані на міжнародних конференціях, що підтверджує їх наукову значущість.

Дисертація є самостійною науковою працею. Автору належить провідна роль у постановці задач, проведенні експериментальних досліджень, розробці алгоритмів обробки даних, аналізі результатів та формулюванні висновків. У співавторських роботах внесок здобувача є визначальним і полягає у виконанні експериментів, програмній реалізації методів та підготовці публікацій.

**Результати** перевірки тексту дисертації з використанням антиплагіатної системи Turnitin Similarity показав на 8% схожості з джерелами з Інтернету. Робота відповідає принципам академічної доброчесності.

Основні положення та висновки дисертаційної роботи викладені у 18 публікаціях у закордонних виданнях, проіндексованих у наукометричній базі даних Scopus. З них 5 статей опубліковано у виданнях, віднесених до другого квартиля (Q2).

### ***Наукові праці у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у наукометричній базі даних Scopus:***

1. Soltys I., Olar A., Pavlyukovich N., Kurek Y., **Salega A.**, Struk Y., Vanchulyak O., Oliynyk I., Drin I. The diagnostic capabilities of polarization-correlation analysis of scattered light in biological tissues to differentiate between benign and malignant tumors. *Proceedings of SPIE*. 2024. Vol. 12938. P. 251–254. (Внесок авторів: Салега О.: обчислення статистичних параметрів поляризаційно-кореляційних map, аналіз результатів, написання статті;

*Солтис І., Олар О., Курек Ю., Струк Ю., Ванчуляк О., Дрінь І.: проведення експерименту та розрахунків, аналіз та обговорення результатів; Павлюкович Н., Олійник І.: інтерпретація результатів)*

DOI: [10.1117/12.3014204](https://doi.org/10.1117/12.3014204)

ISSN: [0277-786X](https://www.issn.org/0277-786X)

<https://www.scopus.com/pages/publications/85184136532?origin=resultlist>

2. Diachenko L., Vatamanitsa E., Ushenko O., **Salega O.**, Litvinenko O., Hu Z. Algorithms for polarization-singular processing of Mueller-matrix images of soft tissues for biomedical applications. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*. 2024. Vol. 16. No. 1. P. 14–24. (*Внесок авторів: Салега О.: проведення експерименту, редагування статті, обговорення результатів; Ушенко О.: Загальне управління проєктом, аналіз та обговорення результатів, написання статті; Дяченко Л., Ватаманіца Е., Ху З.: математична обробка отриманих результатів, аналіз та обговорення результатів, Литвиненко О.: підготовка зразків, інтерпретація результатів)*

DOI: [10.5815/ijigsp.2024.01.02](https://doi.org/10.5815/ijigsp.2024.01.02)

ISSN: [2074-9082](https://www.issn.org/2074-9082)

<https://www.scopus.com/pages/publications/85185682089?origin=resultlist>

3. Ushenko O., **Saleha O.**, Ushenko Y., Gordey I., Litvinenko O. Multifractal scaling of singularity spectra of digital Mueller-matrix images of biological tissues: fundamental and applied aspects. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*. 2024. Vol. 16. No. 2. P. 29–45. (*Внесок авторів: Салега О.: проведення експерименту, редагування статті, обговорення результатів; Ушенко О.: формулювання наукової концепції, менторство, аналіз та обговорення результатів, написання статті; Ушенко Ю.: проведення експерименту та розрахунків, аналіз та обговорення результатів; Гордей І., Литвиненко О.: Підготовка гістологічних зрізів, обговорення результатів)*

DOI: [10.5815/ijigsp.2024.02.03](https://doi.org/10.5815/ijigsp.2024.02.03)

ISSN: [2074-9082](https://www.issn.org/issn/2074-9082)

<https://www.scopus.com/pages/publications/85192375575?origin=resultlist>

4. Kozan N., **Saleha O.**, Dubolazov O., Ushenko Y., Soltys I., Ushenko O., Olar O., Paliy V., Smailova S. Polarization-correlation mapping of microscopic images of biological tissues of different morphological structure. *Informatyka Automatyka Pomiaru w Gospodarce i Ochronie Środowiska*. 2024. Vol. 14. No. 3. P. 86–90. (Внесок авторів: Салега О.: обчислення статистичних параметрів поляризаційно-кореляційних мап, аналіз результатів; Ушенко О., Дуболазов О., Ушенко Ю.: формулювання наукової концепції, аналіз та обговорення результатів, написання статті; Солтис І., Олар О.: проведення експериментальних вимірювань, первинна обробка даних; Козан Н., Палій В., Смайлова С.: інтерпретація, аналіз та обговорення результатів)

DOI: [10.35784/iapgos.6141](https://doi.org/10.35784/iapgos.6141)

ISSN: [2083-0157](https://www.issn.org/issn/2083-0157)

<https://www.scopus.com/pages/publications/85206467732?origin=resultlist>

5. Ushenko O., Litvinenko O., Ushenko Y., Tomka Y., Motrich A., Dubolazov A., Soltys I., Olar O., Mikirin I., Skliarchuk V., Kurek E., **Saleha O.**, Homolinskyi V, Zheng J, Dzierzak R, Tlebaldinova A. Polarization mapping of optical anisotropy architectonics laser induced images in monitoring biological tissue necrosis. *Proceedings of SPIE*. 2024. Vol. 13400. 1340005. (Внесок авторів: Салега О.: обчислення статистичних параметрів мікроскопічних зображень, аналіз результатів, написання статті; Ушенко О.: менторство, аналіз та обговорення результатів, написання статті; Литвиненко О., Ушенко Ю., Томка Ю., Мотрич А., Дуболазов О., Солтис І., Олар О., Мікірін І., Склярчук В., Курек Є., Гомолінський В., Женг Ж., Дзіржак Р., Тлебалдінова А.: проведення експерименту та розрахунків, аналіз та обговорення результатів)

DOI: [10.1117/12.3054866](https://doi.org/10.1117/12.3054866)

ISSN: [0277-786X](https://www.issn.org/issn/0277-786X)

<https://www.scopus.com/pages/publications/85213941675?origin=resultslist>

6. Ushenko A., Zheng J., Litvinenko A., Gorsky M., Wanchuliak O., Dubolazov A., Ushenko Y., Soltys I., **Salega O.**, Chen Z. 3D digital polarization-holographic wavelet histology in determining the duration of mechanical damage to the myocardium. *Journal of Biophotonics*. 2024. Vol. 17. No. 3. e202300372.

(Scopus,

Q2

–

<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=16400154786&tip=sid&clean>

[=0](https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=16400154786&tip=sid&clean)) (Внесок авторів: Салега О.: проведення експерименту, редагування статті, обговорення результатів; Ушенко О., Литвиненко О., Ванчуляк О.: формулювання теорії, менторство, аналіз та обговорення результатів, написання статті; Горський М., Дуболазов О., Ушенко Ю., Солтис І.: проведення експерименту та розрахунків, аналіз та обговорення результатів; Жент Ж., Чен З.: інтерпретація результатів написання статті) – **2 публікації**

DOI: [10.1002/jbio.202300372](https://doi.org/10.1002/jbio.202300372)

ISSN: [1864-063X](https://www.issn.org/issn/1864-063X)

<https://www.scopus.com/pages/publications/85181895460?origin=resultslist>

7. Ushenko O., Ushenko Y., Litvinenko O., **Salega O.**, Gorsky M., Dubolazov O., Gantyuk V., Nykyforova L., Kovtoniuk M., Klimek J., Kalizhanova A., Kozbakova A. 3D polarization-interference metrology of polycrystalline structure of self-assembled polycrystalline soft matter films. *Proceedings of SPIE*. 2023. Vol. 12985. 129850M. (Внесок авторів: Салега О.:

обчислення статистичних параметрів координатних розподілів інтенсивності, аналіз результатів, написання статті; Ушенко О.: менторство, аналіз та обговорення результатів, написання статті; Литвиненко О., Гнатюк В., Никифорова Л., Ковтонюк М. Климек Я. Каліжанова А., Козбакова А.: Підготовка гістологічних зрізів,

інтерпретація отриманих даних, обговорення результатів; Ушенко Ю., Горський М., Дуболазов О.: Розробка методології дослідження, проведення експерименту)

DOI: [10.1117/12.3023044](https://doi.org/10.1117/12.3023044)

ISSN: [0277-786X](https://www.issn.org/0277-786X)

<https://www.scopus.com/pages/publications/85197311607?origin=resultlist>

8. Ushenko Y., Ushenko A., Dubolazov A., Gorsky M., Soltys I., Litvinenko O., Bachinsky V., Mikirin I., **Salega O.**, Garasim I., Zheng J., Bin L. Phase waves of local depolarization in biological tissues object speckle fields: fundamental and applied aspects. *Journal of Innovative Optical Health Sciences*. 2025. Vol. 18. No. 5. (Scopus, Q2 – <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=19900192592&tip=sid&clean=0>) (Внесок авторів: Салега О.: проведення експерименту, редагування статті, обговорення результатів; Ушенко О.: менторство, аналіз та обговорення результатів, написання статті; Ушенко Ю. Дуболазов О., Горський М., Солтис І., Литвиненко О., Бачинський В., Мікірін І., Гарасим І., Жент Ж., Бін Л.: проведення експерименту та розрахунків, аналіз та обговорення результатів) – **2 публікації**

DOI: [10.1142/s1793545825500099](https://doi.org/10.1142/s1793545825500099)

ISSN: [1793-5458](https://www.issn.org/1793-5458)

<https://www.scopus.com/pages/publications/105001510034?origin=resultlist>

9. Ushenko A., Dubolazov A., Zheng J., Litvinenko A., Gorsky M., Ushenko Y., Soltys I., **Salega O.**, Chen Z., Wanchuliak O. 3D polarization-interference holographic histology for wavelet-based differentiation of the polycrystalline component of biological tissues with different necrotic states: forensic applications. *Journal of Biomedical Optics*. 2024. Vol. 29. No. 5. 052920. (Scopus, Q2 – <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=12156&tip=sid&clean=0>) (Внесок авторів: Салега О.: проведення експерименту, редагування статті, обговорення результатів; Ушенко О.,

Литвиненко О.: менторство, аналіз та обговорення результатів, написання статті; Дуболазов О., Ушенко Ю.: розробка методології експерименту, Женг Ж., Горський М., Солтис І., Чен З.: проведення експерименту та розрахунків, аналіз та обговорення результатів, Ванчуляк О.: підготовка матеріалів інтерпретація результатів)

DOI: [10.1117/1.JBO.29.5.052920](https://doi.org/10.1117/1.JBO.29.5.052920)

ISSN: [1083-3668](https://www.issn.org/issn/1083-3668)

<https://www.scopus.com/pages/publications/85188045731?origin=resultslist>

10. Ushenko A., Pavlyukovich O., Khukhlina O., Pavlyukovich O., Gorsky M., Soltys I., Dubolazov A., Ushenko Y., **Salega O.**, Mikirin I., Zheng J., Chen Z., Bin L. Layer-by-Layer Multifractal Scanning of Optically Anisotropic Architectonics of Blood Plasma Films: Fundamental and Applied Aspects. *Photonics*. 2025. Vol. 12. No. 3. 215. (**Scopus, Q2** – <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100833027&tip=sid&clean=0>) (Внесок авторів: Салега О.: проведення експерименту, редагування статті, обговорення результатів; Ушенко О.: менторство, аналіз та обговорення результатів, написання статті; Павлюкович Н., Хухліна О., Павлюкович О., Горський М., Солтис І., Дуболазов О., Ушенко Ю., Мікірін І., Женг Ж., Чен З., Бін Л.: проведення експерименту та розрахунків, аналіз та обговорення результатів) – **2 публікації**

DOI: [10.3390/photonics12030215](https://doi.org/10.3390/photonics12030215)

ISSN: [2304-6732](https://www.issn.org/issn/2304-6732)

<https://www.scopus.com/pages/publications/105001274018?origin=resultslist>

11. Ushenko Y., Ushenko A., Dubolazov A., Soltys I., Litvinenko O., Wanchuliak O., Sarkisova Y., Mikirin I., **Salega O.**, Zheng J. Mueller-matrix interferometric multifractal scaling of optically anisotropic architectonics of diffuse blood facies: fundamental and applied aspects. *Journal of Biophotonics*. 2025. Vol. 18. No. 3. e202400412. (**Scopus, Q2** – <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=16400154786&tip=sid&clean>

=0) (Внесок авторів: Салега О.: проведення експерименту, редагування статті, обговорення результатів; Ушенко О.: менторство, аналіз та обговорення результатів, написання статті; Ушенко Ю., Дуболазов О., Солитс І., Литвиненко О., Ванчуляк О., Саркісова Ю., Мікірін І., Женг Ж.: проведення експерименту та розрахунків, аналіз та обговорення результатів) – **2 публікації**

DOI: [10.1002/jbio.202400412](https://doi.org/10.1002/jbio.202400412)

ISSN: [1864063X](https://www.scopus.com/publishing/information/issn/1864063X)

<https://www.scopus.com/pages/publications/86000380923?origin=resultslist>

**Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

12. Ushenko O., Litvinenko O., Zheng J., Bin L., **Salega O.**, Kyfyak V., Vinnychuk O. 3D digital wavelet histology in determining the duration of mechanical damage to the brain: biomedical and economic aspects. *Proceedings of SPIE – Seventeenth International Conference on Correlation Optics*. 2025. Vol. 13813. 138133K. (**Scopus**)

(Внесок авторів: Салега О.: проведення розрахунків, редагування статті, обговорення результатів; Ушенко О.: менторство, аналіз та обговорення результатів, написання статті; Литвиненко О., Женг Ж., Бін Л.: проведення експерименту та розрахунків, аналіз та обговорення результатів; Вінничук О., Кифяк В.: робота над економічною складовою статті)

DOI: [10.1117/12.3093503](https://doi.org/10.1117/12.3093503)

ISSN: [0277-786X](https://www.scopus.com/publishing/information/issn/0277-786X)

<https://www.scopus.com/pages/publications/105025409133?origin=resultslist>

**Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

13. Ushenko Y. A., Bachinsky V. T., Bezhenar I. L., Vanchulyak O. Y., Litvinenko O. Y., Soltys I. V., **Salega O.**, Ushenko A. G., Shylan K. V. Determination of the Lifetime and Post-mortal Nature and Temporal Dynamics

of the Formation of Skin Abrasions. Singapore: Springer, 2023. P. 27-42. (Scopus) (Внесок авторів: Салега О.: обчислення статистичних параметрів координатних розподілів інтенсивності, аналіз результатів, написання статті; Ушенко О., Литвиненко О.: розробка методології дослідження, менторство, аналіз та обговорення результатів, написання статті; Бачинський В., Беженар І., Ванчуляк О., Шилан К.: Підготовка гістологічних зрізів, інтерпретація результатів; Ушенко Ю., Солтис І.: Проведення експерименту, первинна обробка даних)

DOI: [10.1007/978-981-99-1734-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-99-1734-1_3)

ISSN: [2191-530X](https://www.scopus.com/pages/publications/85159771700?origin=resultlist)

<https://www.scopus.com/pages/publications/85159771700?origin=resultlist>

#### **9. Оцінка мови і стилю дисертації.**

Мова і стиль дисертації відповідають вимогам, що висуваються до праць такого рівня.

#### **10. Відповідність змісту дисертації спеціальності з відповідної галузі знань, з якої вона подається до захисту.**

Зміст дисертації відповідає чинним вимогам до оформлення дисертації, встановленим освітньо-науковою програмою «Фізика та астрономія» галузі знань 10 Природничі науки, спеціальності 104 Фізика та астрономія.

#### **11. Дотримання нормативних вимог щодо оформлення дисертації.**

Нормативні вимоги щодо оформлення дисертації дотримані повністю.

#### **12. Рекомендації дисертації до захисту.**

Дисертаційна робота Салеги Олександра Вікторовича «Поляризаційна корелометрія фазово-неоднорідних об'єктних полів полікристалічних плівок біологічних рідин», подана на здобуття доктора

філософії у галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» за її актуальністю, науково-теоретичним рівнем, новизною постановки та розв'язання проблеми, практичним значенням отриманих результатів відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44 (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ №507 від 03.05.2024 р.).

За результатами публічної презентації результатів дисертації та їх обговорення на засіданні кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій навчально-наукового інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, витяг з протоколу засідання кафедри №6.1 від 13 березня 2026 року, дисертацію Салеги Олександра Вікторовича рекомендовано до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді для здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

Голова засідання  
Доктор фізико-математичних наук  
Завідувач кафедри поліграфічних,  
мультимедійних та оптичних технологій  
Чернівецького національного університету  
імені Юрія Федьковича

Олександр УШЕНКО

