

В.Г. Бургонський<sup>1</sup>, С.І. Миколайчук<sup>1</sup>, О.Л. Бондарчук<sup>2</sup>,  
В.В. Мультян<sup>3</sup>, В.Я. Гайворонський<sup>3</sup>

## Аспекти використання особливостей лазерного випромінювання для оптимізації діагностичних методів при курації пацієнтів з генералізованими захворюваннями пародонта

<sup>1</sup>Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика, Київ, Україна

<sup>2</sup>Клініко-діагностична лабораторія Київської міської клінічної лікарні № 4, Україна

<sup>3</sup>Інститут фізики Національної академії наук України, Київ, Україна

**Мета** даного дослідження полягала у вивченні можливості використання лазерного випромінювання (біофлюорисценція, пружне розсіювання) з діагностичними цілями для оптимізації ідентифікації пародонтопатогенних мікроорганізмів.

**Матеріали та методи.** Для проведення експерименту з реєстрації біофлюорисценції було використано гелій-неоновий лазер 632,8 нм, 3 мВт; напівпровідниковий лазер «Ліка терапевт М» 668 нм, 30–250 мВт; малогабаритний оптоволоконний спектрометр «Ocean Optics USB4000»; кварцові світловоди, штативи; референсні штами мікроорганізмів: *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Corynebacterium pseudodiphtheriae*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* культивовані на агарі; ноутбук з встановленим програмним забезпеченням «SpectraSuite». Переріз кутовий розподілу інтенсивності пружного оптичного розсіювання досліджувався на розробленій експериментальній платформі. У якості джерела збудження використовувався неперервний (CW) лазер на довжині хвилі 532 нм (TEM<sub>00</sub> мода) з потужністю < 50 мВт. В роботі досліджувався кутовий розподіл пружного оптичного розсіювання у передню й задню півсфери для водних суспензій бактерій *Staphylococcus aureus* та *Escherichia coli*.

**Результати.** В ході проведення першої частини експерименту колонії референсних мікроорганізмів почергово опромінювалися пучком лазерного випромінювання спочатку від гелій-неонового лазера, потім від напівпровідникового. Спектр відбитого випромінювання фіксувався спектрометром «Ocean Optics USB4000» та оброблявся на ноутбукі за допомогою програмного забезпечення «Spectra Suite». Зразки опромінювалися під різними кутами (90°, 45°) в темряві, на темній підкладці. Потужність випромінювання гелій-неонового лазера була стабільна – 3 мВт, напівпровідникового – змінювалася в діапазоні 30–100 мВт. Опромінюючи всі зразки культур мікроорганізмів, що описані вище, та опрацювавши отримані спектрограми ми не отримали підтвердження теорії біофлюорисценції: в основному спектрометром фіксувався лише спектр відбитого лазерного випромінювання. В другій частині експерименту досліджувався кутовий розподіл пружного оптичного розсіювання у передню й задню півсфери для водних суспензій бактерій *Staphylococcus aureus* та *Escherichia coli*, що мають різний просторовий форм-фактор. Було показано, що повна інтегральна екстинкція в передню півсферу лінійно пропорційна концентрації бактерій, що оцінена по стандарту МакФарланда на сертифікованому приладі. Більш детальний аналіз кутового розподілу розсіяного світла показав, що суспензія з *Staphylococcus aureus* продемонструвала зменшення розсіювання в передню півсферу і зростання розсіювання в задню півсферу в порівнянні з суспензією бактерій *Escherichia coli*. Представлена методика може бути застосована для вирішення задачі класифікації мікроорганізмів шляхом моделювання кутового розподілу розсіяного світла на основі моделей елементарних розсіювачів з різним форм-фактором відповідно до теорії Мі.

**Висновок.** Експерименти по дослідженню біофлюорисценції колоній бактерій не підтвердили можливість реєстрації специфічних спектрів від кожного з штамів.

Однак отримані результати дослідження пружного розсіювання світла в суспензіях мікроорганізмів вказали на можливість визначення структурно-концентраційних особливостей їх вмісту, а саме диференціювати паличкоподібну флору від кокоподібної, та оцінити відносну кількість частинок в суспензії. Розвиток даної технології в подальшому може значно спростити діагностичну сферу без застосування дорогих та технологічно складних методів досліджень.

**Ключові слова:** пародонтопатогени, біофлюорисценція, теорія Мі, інтенсивність пружного оптичного розсіювання

### Актуальність теми

За даними епідеміологічних досліджень кожна третя людина в світі уражена генералізованою патологією пародонта [18]. Однією з головних причин виникнення даної проблеми є інвазія певною групою мікроорганізмів, так званими пародонтопатогенами. Представники даної підгрупи як правило належать до облигатної анаеробної та факультативно-анаеробної мікрофлори [3][9][13]. До найбільш агресивних видів патогенів відносять на даний час наступні: *Aggregatibacter actino-*

*mycetemcomitans* (по старій номенклатурі *Actinobacillus actinomycetemcomitans*), *Tannerella forsythia* (*Bacteroides forsythus*), *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Wollinella recta* (*Campylobacter rectus*), *Fusobacterium nucleatum/periodonticum*, *Treponema denticola*, а також *Parvimonas micra* (*Peptostreptococcus micros*) [7][10].

Важливою складовою в лікуванні пародонтологічних пацієнтів є вчасне виявлення захворювання на початкових стадіях, та поняття про природу інфекційних

агентів запального процесу, для оптимального підбору антибактеріальних препаратів [5][6][8][21].

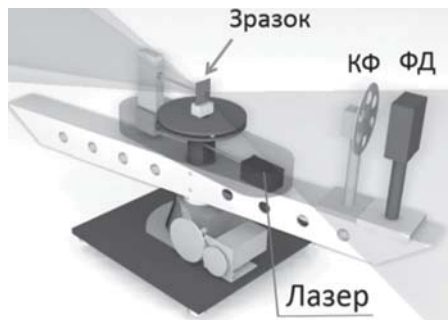
Оскільки пародонтопатогенна мікрофлора представлена здебільшого факультативною анаеробною мікрофлорою традиційні мікробіологічні методи – бактеріоскопічний та бактеріологічний не дозволяють достатньо швидко та якісно діагностувати патогенні агенти. Бактеріоскопічний не дає достовірних даних про видову належність мікроорганізмів, а бактеріологічний технологічно складний, через необхідність спеціального обладнання для вирощування анаеробів – анаеростатів, які на наших теренах майже не зустрічаються. Ефективним та порівняно швидким є методика ідентифікації мікрофлори за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР), яка дозволяє виявити ДНК збудників, які наявні в забраному матеріалі. Однак дана технологія недешева, потребує достатньо складного обладнання та спеціальної підготовки персоналу, тому поки що не отримала такого широкого розповсюдження [14][11][12][13].

Останнім часом в літературі все частіше зустрічаються дані щодо можливості ідентифікації мікрофлори з використанням реєстрації змін фізичних властивостей лазерного випромінювання при проходженні його через біологічний субстрат. Зокрема М.Т. Александров в праці «Лазерная клиническая биофотометрия (теория, эксперимент, практика)» вказує на можливість видової ідентифікації мікроорганізмів як *in vitro* так і *in vivo* використовуючи спектральний аналіз відбитого випромінювання гелій-неонового лазера [2]. В даній праці наведені ілюстрації, що демонструють зміни в спектрограмі, які за словами авторів є унікальними як і для різних видів мікроорганізмів (*E. coli*, *S. aureus* т.д.), так і для окремих класів (аеробні, анаеробні). Наявність вказаних змін в спектрограмі пояснюється наявністю в складі бактеріальних клітин пігментів різних видів в різних комбінаціях, в яких при опроміненні світлом гелій-неонового лазера виникає процес біофлюорисценції. Відповідно до цього мікроорганізми, що відрізняються кількісно-якісним складом пігментів мають і різні типи біофлюорисценції, які фіксуються за допомогою спектрометра у вигляді спектрограми характерної для кожного виду індивідуально [1][2][4].

Ми вирішили використати дану технологію для визначення можливості використання лазерного випромінювання для ідентифікації пародонтопатогенної мікрофлори в процесі курації генералізованих захворювань пародонта.

### Матеріали та методи

На першому етапі було вирішено дослідити можливість реєстрації флюорисценції від різних мікроорганізмів *in vitro*. Для цього ми використали: гелій-неоновий лазер 632,8 нм, 3мВт; напівпровідниковий лазер «Лика терапевт М» 668 нм, 30–250мВт; малогабаритний оптоволоконний спектрометр «Ocean Optics USB4000»; кварцові світловоди, штативи; референсні штами мікроорганізмів: *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Corynebacterium pseudodiphtheriae*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* культивовані на агарі; ноутбук з встановленим програмним забезпеченням «SpectraSuite».



**Рис. 1.** Прототип приладу для вимірювання поперечного перерізу індикатрис пружного оптичного розсіювання.

**КФ** – колесо нейтральних фільтрів, **ФД** – фотодіод, фотопомножувач, або ПЗЗ матриця.

В ході проведення експерименту колонії референсних мікроорганізмів по чергово опромінювалися пучком лазерного випромінювання спочатку від гелій-неонового лазера, потім від напівпровідникового. Спектр відбитого випромінювання фіксувався спектрометром «Ocean Optics USB4000» та оброблявся на ноутбучі за допомогою програмного забезпечення «SpectraSuite». Зразки опромінювалися під різними кутами ( $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ) в темряві, на темній підкладці. Потужність випромінювання гелій-неонового лазера була стабільна – 3мВт, напівпровідникового – змінювалася в діапазоні 30–100мВт. Опромінивши всі зразки культур мікроорганізмів, що описані вище, та опрацювавши отримані спек-

трограми ми не отримали підтвердження теорії біофлюорисценції: в основному спектрометром фіксувався лише спектр відбитого лазерного випромінювання.

Пародонтопатогенні мікроорганізми мають різні особливості будови: *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* – грамнегативні, неспорутворюючі, малорухливі, факультативно анаеробні кокобацилі; *Treponema denticola* – грамнегативні облигатно-анаеробні бактерії з сімейства спірохет; *Tanarella forsythia* – грамнегативні паличкоподібні анаеробні бактерії з сімейства *Bacteroides*; *Porphyromonas gingivalis* – нерухомі грамнегативні анаеробні палички; *Wollinella recta* – рухливі паличкоподібні грамнегативні факультативні анаероби; *Parvimonas micra* – мають вигляд невеликих сферичних клітин що можуть об'єднуватися в короткі ланцюжки, бути в парах або індивідуально.

Враховуючи ці властивості бактерій, нами було вирішено спробувати оцінити можливість отримання інформації про структурні властивості мікроорганізмів шляхом аналізу пружного розсіювання лазерного випромінювання від суспензій мікроорганізмів. Для цього було використано обладнання розроблене в Інституті фізики НАНУ для аналізу оптичного розсіювання широкого класу об'єктів.

Переріз кутовий розподілу інтенсивності пружного оптичного розсіювання досліджувався на розробленій експериментальній платформі, що представлена на Рис.1 [16]. У якості джерела збудження використовувався неперервний (CW) лазер на довжині хвилі 532 нм (TEM<sub>00</sub> мода) з потужністю < 50 мВт.

Дослідження індикатрис розсіювання здійснювалось при нормальному падінні пучка на зразок, який відцентровано на осі обертання установки. Блок реєстрації розсіяного випромінювання знаходиться на рухомому плечі приладу, яке обертається навколо вісі в діапазоні  $-180^\circ < \theta < 180^\circ$  від напрямку розповсюдження пучка  $\theta = 0^\circ$  з кутовою роздільною здатністю  $\sim 0.05^\circ$ . Реєстрація сигналу  $P(\theta)$  відбувалась за допомогою фотопомножувача (Hamamatsu H10721-210 з спектральною чутливістю 230–700 нм), перед яким було розміщено колесо з набором нейтральних фільтрів. Для зчитування даних було використано 16-бітний АЦП. Для збільшення чутливості вимірювань було застосовано стробування лазерного променя оптичним модулятором з частотою 100 Гц. Це дозволило збільшити співвідношення сигнал/шум та зменшити вплив прояву теплових ефектів у зразку.

Для ізотропних середовищ розсіювання є аксіально-симетричним, тому для дослідження достатньо вимірювати поперечний переріз кутового розподілу інтенсивності

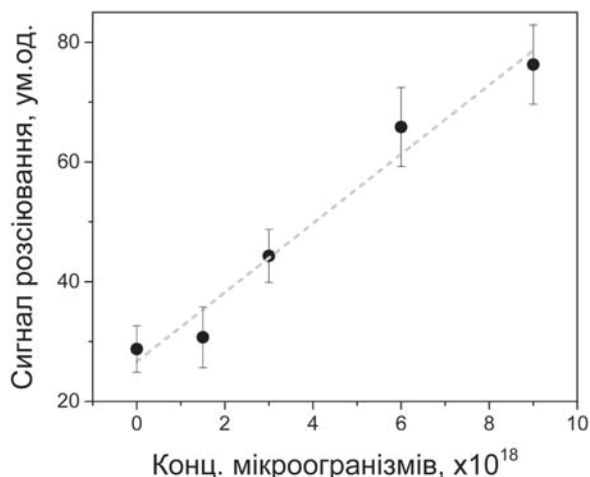


Рис.2. Інтегральний сигнал розсіювання від концентрації бактерій *Escherichia coli*.

світла в одній площині. У сферичній системі координат оптична індикатриса розсіювання визначається потужністю розсіяного випромінювання  $\Delta P(\theta)$  у тілесному куті  $\Delta\Omega = 4\pi \sin^2(\Delta\theta/2)$  вздовж напрямку зенітного кута  $\theta$ ,  $\Delta\theta = \arctg(d/2L)$  – відношенням апертури  $d$  детектора до його відстані від осі обертання  $L$ . У наближенні ізотропного розсіяння інтегральний коефіцієнт пропускання  $\varepsilon_s$  у конусі  $\gamma_1 \leq \theta \leq \gamma_2$  можна розрахувати за формулою [15]:

$$\varepsilon_s(\gamma_1, \gamma_2) = \frac{4\pi}{P_0} \int_{\gamma_1}^{\gamma_2} \frac{\Delta P(\theta)}{\Delta\Omega} \sin\theta d\theta, \quad (1)$$

де  $P_0$  – потужність випромінювання.

Представлений прототип приладу було апробовано на широкому класі об'єктів: сильнопоглинаючих сорбентах на основі карбонових матеріалів [16], сучасних біомаркерах на основі гармонічних наночастинок [17], композитних кристалах [19], [20] з інкорпорованими наночастинами та гібридних органо-неорганічних системах на основі полімерної матриці та наночастинок діоксиду титану [22].

В роботі досліджувався кутовий розподіл пружного оптичного розсіяння у передню й задню півсфери для водних суспензій бактерій *Staphylococcus aureus* та *Escherichia coli*, що мають різний просторовий форм-фактор. Було показано, що повна інтегральна екстин-

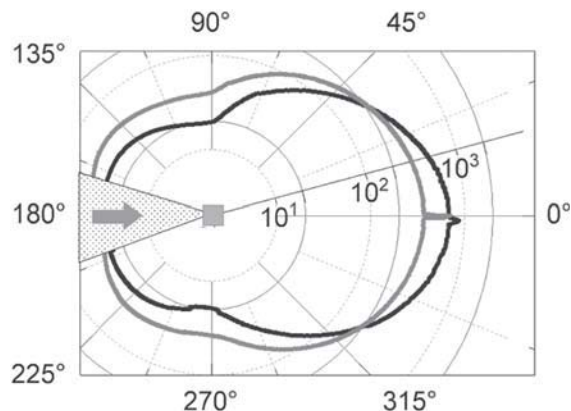


Рис.3. Переріз індикатрис пружного оптичного розсіювання суспензій *Staphylococcus aureus* (сіра крива) та *Escherichia coli* (чорна крива) при неперервному лазерному збудженні на 532 нм.

кція в передню півсферу лінійно пропорційна концентрації бактерій, що оцінена по стандарту МакФарланда на сертифікованому приладі.

Більш детальний аналіз кутового розподілу розсіяного світла показав, що суспензія із *Staphylococcus aureus* продемонструвала зменшення розсіяння в передню півсферу й посилене розсіювання в задню півсферу в порівнянні із суспензією бактерій *Escherichia coli*. Представлену методику можна застосовувати для вирішення задачі класифікації мікроорганізмів шляхом моделювання кутового розподілу розсіяного світла на основі моделей елементарних розсіювачів з різним форм-фактором відповідно до теорії Мі.

### Висновок

Експерименти з дослідженням біофлюорисценції колоній бактерій не підтвердили можливість реєстрації специфічних спектрів від кожного зі штамів. Однак отримані результати дослідження пружного розсіювання світла в суспензіях мікроорганізмів вказали на можливість визначення структурно-концентраційних особливостей їх вмісту, а саме диференціювати паличкоподібну флору від кокоподібної та оцінити відносну кількість частинок у суспензії. Розвиток даної технології в подальшому може значно спростити діагностичну сферу без застосування дорогих і технологічно складних методів досліджень.

### ПОСИЛАННЯ

- Aleksandrov MT. Lazernaia klynycheskaia byofotometriya: (teoriya, eksperyment, praktyka). – M. – «Tekhnosfera»; 2008. 583 p. [In Russian].
- Aleksandrov MT, Budanova EV, Bahramova HE, et al. Sposob ydentyfikatsyy mykroorhanizmov s pomoshchiu effektivnykh antskohoramanskogo rasseyvannya. Mezhdunarodny nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2017; 6 (60) Chast 2; 50-55 p. [In Russian].
- Burhonskiy VH. Vozmozhnosti yspolzovaniya lazernykh tekhnologii s tseliulecheniya y profylaktyky na parodontologicheskoy khyrurhicheskoy stomatologicheskoy pryeme. Suchasna stomatolohiia. 2009; 5: 64-68 p. [In Russian].
- Burhonskiy VH. Lazery v stomatolohyy. Metodicheskye rekomendatsyy MZ Ukrainy, NMAPO, Ynstytut stomatolohyy NMAPO. Kyev. 2009: 56 p. [In Russian].
- Burhonskiy VH. Fotodynamicheskaia terapiya v prakticheskoj stomatolohyy. Uchebno-metodicheskoe posobyie. Kyev; 2012. 39 p. [In Russian].
- Burhonskiy VH. Opyt prymeneniya lazernykh tekhnologii v stomatologicheskoy praktyce. Stomatoloh (Belarus). 2013; 2(9): 55-57 p. [In Russian].
- Burhonskiy VH, Mykolaichuk SI. Perspektivy vykorystanniya fotodynamichnoy terapii v likuvanni kariiesu. Suchasna stomatolohiia. 2015; 2(76): 14-15 p. [In Ukrainian].
- Burhonskiy VH. Sovremennyye aspekty profylaktyky, lecheniya y reabylytatsyy v stomatolohyy. K., 2016. 50-105 p. [In Russian].
- Burhonskiy VH, Mykolaichuk SI. Suchasni mozhlyvosti zastosuvannya lazernykh tekhnologii u likuvanni heneralizovanykh zachkhorivan parodonta: vykyky, perspektyvy, perevaly. Suchasna stomatolohiia. 2018; 5: 20-23 p. [In Ukrainian].
- Hrudianov AY, Zoryna OA. Metody dyahnostyky vospalitelnykh zabolevaniy parodonta. Rukovodstvo dlia vrachei. M.: OOO Medytynskoye ynformatsyonnoe ahentstvo; 2009. 112 p. [In Russian].
- Patent Ukrainy na korysnu model № 104493: Sposib optymizatsii likuvanni kariiesu zubiv z vykorystanniem lazernykh tekhnologii: Burhonskiy VH, Mykolaichuk SI, Kholin W, vid 10.02.2016 roku, biul. №3 2016. [In Ukrainian].
- Patent Ukrainy na korysnu model № 133310: Sposib optymizatsii likuvanni heneralizovanykh zachkhorivan parodontu. Burhonskiy VH, Mykolaichuk SI, Kholin W, Voitsekhovych VS, Gayvoronsky WYa, Multian W. vid 25.03.2019 biul. №6 2019. [In Ukrainian].
- Rychard Dzh. Lamont, Robert A. Berne, Merylyn S. Lants. Mykrobiolohiya y ym-munolohiyadiia stomatolohov. Pod. red. prof. V.K. Leonteva. Moskva; 2010. 502 p. [In Russian].

14. Burgonskyi V, Mykolaichuk S. Photoactivated Disinfection and Backscattered Indirect Use for Follow-Up and Diagnostics of Generalized Periodontal Disease. Materials of EUROPEAN DIVISION CONGRESS OF THE WFLD, 20-22 June 2019, Parma, Italy.
15. VYa Gayvoronsky et al. Optical quality characterization of KDP crystals with incorporated TiO<sub>2</sub> nanoparticles and laser scattering experiment simulation, Ukr J Phys, vol 55, no 8, p 875, 2010.
16. W Multian, VYa Gayvoronsky et al. Surface Response of Brominated Carbon Media on Laser and Thermal Excitation: Optical and Thermal Analysis Study, Nanoscale Res Lett., vol 12, no 1, p 146 (7pp), 2017.
17. W Multian, AV Uklein, RL Dantec, Y Mugnier, MS Brodyn, and VYa Gayvoronsky. Self-action effects manifestation in harmonic nanoparticles colloids, presented at the NANOTECHNOLOGY and NANOMATERIALS NANO-2015, Lviv, Ukraine, 2015, p 337.
18. Nazir M A. Prevalence of periodontal disease, its association with systemic diseases and prevention. International Journal of Health Sciences. 2017; 11 (2): 72–80.
19. AS Popov, VYa Gayvoronsky et al. Nonlinear optical response of the KDP single crystals with incorporated TiO<sub>2</sub> nanoparticles in visible range: effect of the nanoparticles concentration, Funct Mater, vol 24, no 1, pp 5–10, 2017.
20. AS Popov et al. Nonlinear optical response of nanocomposites based on KDP single crystal with incorporated Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O nanofibrils under CW and pulsed laser irradiation at 532 nm, Opt Commun, vol 379, pp 45–53, 2016.
21. Rams Thomas & Degener John & van Winkelhoff Arie Jan. (2013). Antibiotic Resistance in Human Chronic Periodontitis Microbiota. Journal of periodontology. p 85.
22. AV. Uklein, W. Multian, and V.Ya. Gayvoronsky. Linear and Nonlinear Optical Characterizations of TiO<sub>2</sub>-Based Hybrids at the Self-Action of CW Laser Irradiation and Picosecond Laser Pulses; Ukr. J. Phys., vol. 58, pp. 1132–1137, 2013.

### Аспекты использования особенностей лазерного излучения для оптимизации диагностических методов в курации пациентов с генерализованными заболеваниями пародонта

*В.Г. Бургонский, С.И. Миколайчук, О.Л. Бондарчук, В.В. Мультиян, В.Я. Гайворонский*

**Цель** данного исследования заключалась в изучении возможности использования лазерного излучения (биофлюоресценции, упругого рассеяния) с диагностическими целями для оптимизации идентификации пародонтопатогенных микроорганизмов.

**Материалы и методы.** Для проведения эксперимента по фиксации биофлюоресценции было использовано гелий-неоновый лазер 632,8 нм, 3мВт; полупроводниковый лазер «Лика терапевт М» 668 нм, 30–250 мВт; малогабаритный оптоволоконный спектрометр «Ocean Optics USB4000» кварцевые световоды, штативы; референсные штаммы микроорганизмов: Escherichia coli, Candida albicans, Klebsiella pneumoniae, Proteus mirabilis, Corynebacterium pseudodiphtheriae, Staphylococcus aureus, Staphylococcus

epidermidis культивируемые на агаре; ноутбук с установленным программным обеспечением «SpectraSuite». Сечение угловой распределения интенсивности упругого оптического рассеяния исследовался на разработанной экспериментальной платформе. В качестве источника возбуждения использовался непрерывный (CW) лазер на длине волны 532 нм (TEM<sub>00</sub> мода) с мощностью < 50 мВт. В работе исследовался угловое распределение упругого оптического рассеяния в переднюю и заднюю полусферы для водных суспензий бактерий Staphylococcus aureus и Escherichia coli.

**Результаты.** В ходе проведения первой части эксперимента колонии референсных микроорганизмов поочередно облучались пучком лазерного излучения сначала от гелий-неонового лазера, затем от полупроводникового. Спектр отраженного излучения фиксировался спектрометром «Ocean Optics USB4000» и обрабатывался на ноутбуке с помощью программного обеспечения «SpectraSuite». Образцы облучались под разными углами (90°, 45°) в темноте, на темной подложке. Мощность излучения гелий-неонового лазера была стабильна – 3 мВт, полупроводникового – менялась в диапазоне 30–100 мВт. Облучив все образцы культур микроорганизмов, которые указаны выше, и обработав полученные спектрограммы мы не получили подтверждение теории биофлюоресценции: в основном спектрометром фиксировался только спектр отраженного лазерного излучения. Во второй части эксперимента исследовалось угловое распределение упругого оптического рассеяния в переднюю и заднюю полусферы для водных суспензий бактерий Staphylococcus aureus и Escherichia coli, имеющих различный пространственный форм-фактор. Было показано, что полная интегральная экстинкция в переднюю полусферу линейно пропорциональна концентрации бактерий, оцененной по стандарту МакФарланда на сертифицированном приборе. Более детальный анализ углового распределения рассеянного света показал, что суспензия с Staphylococcus aureus продемонстрировала уменьшение рассеяния в переднюю полусферу и усиленное рассеяние в заднюю полусферу по сравнению с суспензией бактерий Escherichia coli. Представленная методика может быть применена для решения задачи классификации микроорганизмов путем моделирования углового распределения рассеянного света на основе моделей элементарных рассеивателей с различным форм-фактором согласно теории Ми.

**Вывод.** Эксперименты по исследованию биофлюоресценции колоний бактерий не подтвердили возможность регистрации специфических спектров от каждого из штаммов.

Однако полученные результаты исследования упругого рассеяния света в суспензиях микроорганизмов указали на возможность определения структурно-концентрационных особенностей их содержания, а именно дифференцировать палочковидную флору от коккообразной, и оценить относительное количество частиц в суспензии. Развитие данной технологии в дальнейшем может значительно упростить диагностическую сферу без применения дорогостоящих и технологически сложных методов исследований.

**Ключевые слова:** пародонтопатогены, биофлюоресценция, теория Ми, интенсивность упругого оптического рассеяния.

### The aspects of the use of laser radiation for optimizing diagnostic techniques in the follow-up of patients with generalized periodontal disease

*V. Burgonskyi, S. Mykolaichuk, O. Bondarchuk, V. Multian, V. Gayvoronsky*

**The aim** of the research is to study the possibilities of using laser radiation (biofluorescence, elastic scattering) for diagnostic purposes to optimize and identify periodontopathogenic microorganisms.

**Materials and methods.** For the biofluorescence fixation experiment, we used a 632.8 nm helium neon laser, 3mW; a 668 nm Lika-surgeon M semiconductor laser, 30–250 mW; the Ocean Optics USB4000 miniature fiber optic spectrometer; quartz light guides, tripods; reference strains of microorganisms: Escherichia coli, Candida albicans, Klebsiella pneumoniae, Proteus mirabilis, Corynebacterium pseudodiphtheriae, Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis cultured on agar; a laptop with SpectraSuite software. The elastic scattering angular distribution was analyzed on the developed experimental platform. The excitation source was a 532 nm continuous-wave (CW) laser (TEM<sub>00</sub> mode) with a power of <50 mW. The elastic scattering angular distribution in the anterior and posterior hemispheres for aqueous suspensions of Staphylococcus aureus and Escherichia coli was investigated.

**Results.** During the first part of the experiment, the colonies of the reference microorganisms were alternately irradiated by laser radiation beam first from neon laser helium, then from semiconductor laser. The reflection spectrum was recorded by the Ocean Optics USB4000 spectrometer and processed on a laptop using SpectraSuite software. The samples were irradiated at different angles (90°, 45°) in the dark, on a dark substrate. The radiation power of helium

neon laser was stable – 3mW, and the radiation power of semiconductor varied in the range of 30-100mW. After irradiation of all the samples of cultures, as described above, and after the spectrograms processing, we did not get confirmation of the theory of biofluorescence: basically the spectrometer recorded only the spectrum of the reflected laser radiation. In the second part of the experiment, we investigated the elastic scattering angular distribution in the anterior and posterior hemispheres for aqueous suspensions of Staphylococcus aureus and Escherichia coli which have different spatial form factors. It was shown that complete integral extinction into the anterior hemisphere is linearly proportional to the bacterial concentration estimated by the McFarland standard on a certified device. A more detailed analysis of the elastic scattering angular distribution showed that the suspension of Staphylococcus aureus had a decrease in scattering in the anterior hemisphere and enhanced scattering in the posterior hemisphere compared with a suspension of bacteria Escherichia coli. The presented method can be applied to solve the problem of classification of microorganisms by the modelling of the elastic scattering angular distribution on the basis of models of elementary scatters with different form factors according to the Mie theory.

**Conclusion.** The experiments on the study of biofluorescence of colonies of bacteria have not confirmed the possibility of recording specific spectra from each of the strains.

However, the results of the study of elastic scattering in the suspensions of microorganisms indicated the possibility of determining the structural and concentration features of their content, namely to differentiate the rod-shaped flora from the coccoid, and to estimate the relative number of particles in the suspension. The development of this technology can greatly simplify the diagnostics without the use of expensive and technologically difficult research methods in the future

**Key words:** periodontal pathogen, biofluorescence, Mie theory, intensity of elastic optical scattering.

**Бургонський Валерій Георгійович** – канд. мед. наук,

доцент кафедри стоматології Інституту стоматології НМАПО імені П.Л. Шупика

Адреса домашня: Київ, вул. Велика Васильківська, 85/87, кв.146

Тел.: 044 482 08 41. E-mail: burhonskyu@gmail.com.

**Миколайчук Святослав Ігорович** – аспірант кафедри стоматології Інституту стоматології НМАПО імені П.Л. Шупика

Адреса домашня: Київська область, Києво-Святошинський р-н., с. Софіївська Борщагівка 08131, вул. Соборна 103/10 кв. 78.

Тел.: (068)9469257. E-mail: 9mars@ukr.net.

**Бондарчук Ольга Леонідівна** – лікар-бактеріолог вищої категорії клініко-діагностичної

лабораторії Київської міської клінічної лікарні № 4

Адреса домашня: м. Київ, 03049, вул. Шовкуменка 8/20 кв. 102

Тел.: (066)1305037. E-mail: origa@ukr.net.

**Мультиян Володимир Вікторович** – канд. фіз.-мат. наук,

науковий співробітник лабораторії нелінійно-оптичної діагностики новітніх матеріалів Інституту фізики НАН України.

Адреса пр. Науки 46, корп.1, к. 240, 03028 Київ.

Тел.: 044 5250814. E-mail: multian.v.v@gmail.com.

**Гайворонський Володимир Ярославович** – д-р фіз.-мат. наук, проф.,

завідувач лабораторією нелінійно-оптичної діагностики новітніх матеріалів Інституту фізики НАН України.

Адреса: пр. Науки 46, корп.1, к. 238, 03028 Київ.

Тел.: 044 525081, факс: 044 5251589. E-mail: vlad@iop.kiev.ua.

**ВИРОБНИЦТВО, ПІДТРИМКА, ОБСЛУГОВУВАННЯ  
WEB-САЙТІВ**

**ВИГОТОВЛЕННЯ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ**

**тел.: 044 230 27 19**



МІЖНАРОДНА СТОМАТОЛОГІЧНА ВИСТАВКА

# «ДЕНТАЛ – ЕКСПО» 2020

- НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СТОМАТОЛОГІЇ
- СУЧАСНЕ СТОМАТОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ
- РЕНТГЕНІВСЬКЕ ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ
- ОПТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ
- СУЧАСНІ МЕТОДИКИ ЛІКУВАННЯ
- ЗАСОБИ ГІГІЄНИ ТА ДЕЗИНФЕКЦІЇ

## 7-9 КВІТНЯ ЛЬВІВ

ПАЛАЦ МИСТЕЦТВ  
(вул.Коперника, 17)



СПЕЦІАЛІЗОВАНА ЕКСПОЗИЦІЯ

«СТОМАТОЛОГІЧНА КЛІНІКА МРІЇ» +  
«ЗУБОТЕХНІЧНА ЛАБОРАТОРІЯ МРІЇ»

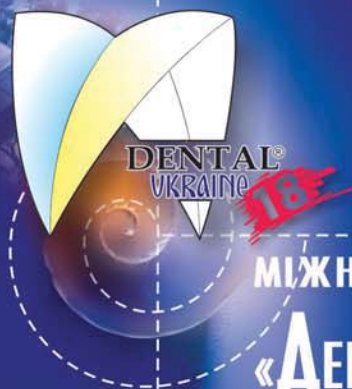


[www.galexpo.com.ua/stomat](http://www.galexpo.com.ua/stomat)  
[www.facebook.com/Dental.Ukraine.Lviv/](https://www.facebook.com/Dental.Ukraine.Lviv/)

ОРГАНІЗАТОР: **Гал-ЕКСПО®**  
АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО  
(032) 2671369, 2970628  
[www.galexpo.com.ua](http://www.galexpo.com.ua)

ПАРТНЕРИ  
ВИСТАВКИ: НАЦІОНАЛЬНА  
СПІЛКА СТОМАТОЛОГІВ  
УКРАЇНИ

ІНФОРМАЦІЙНІ  
ПАРТНЕРИ: **HC** **MS** **StomatForum.com** **ZOUBLE** **NaviStom**  
**зубное** **СТОМАТОЛОГІЧНІ ОГОЛОШЕННЯ** **СОВРЕМЕННЫЕ ОРТОДОНТИИ** **Dentist Calendar**  
**ITMED** **dentist-club** **ОРТОДОНТІІ** **ЗДОРОВ-ІНФО** **НАРОДНЕ ЗДОРОВ'Я**



МІЖНАРОДНА СТОМАТОЛОГІЧНА ВИСТАВКА

# «ДЕНТАЛ® – УКРАЇНА» 2020

- НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СТОМАТОЛОГІЇ
- СУЧАСНЕ СТОМАТОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ
- РЕНТГЕНІВСЬКЕ ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ
- ОПТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ
- СУЧАСНІ МЕТОДИКИ ЛІКУВАННЯ
- ЗАСОБИ ГІГІЄНИ ТА ДЕЗИНФЕКЦІЇ

## 28-30 ЖОВТНЯ ЛЬВІВ

ПАЛАЦ МИСТЕЦТВ  
(вул.Коперника, 17)



## МІЖНАРОДНИЙ СТОМАТОЛОГІЧНИЙ ФОРУМ



[www.dental-ukraine.info](http://www.dental-ukraine.info)  
[www.facebook.com/Dental.Ukraine.Lviv/](https://www.facebook.com/Dental.Ukraine.Lviv/)