

УДК 616.311.2-083:579.262

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2025-2-19>

Ганна ВОРОНИНА

доктор філософії, доцент, доцент кафедри стоматології, Донецький національний медичний університет, annavoronina2812@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3301-7808

Артур МОСТОВИЙ

аспірант кафедри стоматології, Донецький національний медичний університет, mostovoy.artur16@gmail.com

ORCID: 0009-0001-6710-0634

Вікторія АФОНІНА

асистент кафедри стоматології, Донецький національний медичний університет, V.V.Afonina@dnmtu.edu.ua

ORCID: 0009-0000-9913-1032

СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД НА ВИЯВЛЕННЯ ЗУБНОЇ БІОПЛІВКИ

Зубна біоплівка, яка формує складну екосистему на поверхнях зубів, ясен і слизової оболонки порожнини рота, є ключовим мікробним чинником щодо розвитку карієсу зубів та запальних захворювань пародонту. Її своєчасне виявлення відіграє важливу роль у профілактиці та лікуванні основних стоматологічних патологій. Натепер розроблено низку інноваційних підходів, які дозволяють не лише якісно ідентифікувати біоплівку, а й оцінити її товщину, щільність, структурну організацію та ступінь зрілості.

Мета. Аналіз сучасної наукової інформації про наявні методи виявлення зубної біоплівки з урахуванням їх ефективності, можливостей застосування та перспектив подальшого розвитку.

Матеріали та методи. У роботі проведено систематичний аналіз наукових публікацій за останні 10 років із використанням баз даних Google Scholar, PubMed та спеціалізованих стоматологічних видань. Відбір джерел здійснювали за ключовими словами: «зубна біоплівка», «методи виявлення біоплівки», «діагностика біоплівки у стоматології», «візуалізація біоплівки», «мікроскопічні методи», «молекулярні методи», «біохімічні тести». Увагу приділяли роботам, що описують як традиційні, так і високотехнологічні діагностичні інструменти.

Результати. У статті розглянуто основні методи виявлення зубної біоплівки: гігієнічні індекси (PI, API, OHI-S, TQHP, NPI), візуалізація за допомогою дисклозантів, цифрові технології (включно з 3D-скануванням та застосуванням алгоритмів глибинного навчання), мікроскопічні методи, зокрема, конфокальна лазерна скануюча мікроскопія (CLSM), а також флуоресцентні методи, наприклад, D-BioTECH. Оцінено переваги й обмеження кожного підходу. Встановлено, що поєднання кількох методів значно підвищує точність і об'єктивність виявлення зубної біоплівки.

Висновки. Комплексне використання традиційних і сучасних методів виявлення зубної біоплівки сприяє більш точній та ранній діагностиці, дозволяє своєчасно оцінити стан гігієни порожнини рота пацієнта, підвищити ефективність профілактики, лікувальних і гігієнічних заходів у щоденній стоматологічній практиці.

Ключові слова: зубна біоплівка, гігієнічні індекси, індикація нальоту, діагностика нальоту, візуалізація біоплівки, мікроскопічні методи, молекулярні методи, профілактика карієсу, дентальний наліт.

Hanna Voronina, Artur Mostovyi, Victoria Afonina. A MODERN VIEW OF DENTAL BIOFILM DETECTION

Dental biofilm, which forms a complex ecosystem on the surfaces of teeth, gums and oral mucosa, is a key microbial factor in the development of dental caries and inflammatory periodontal diseases. Its timely detection plays an important role in the prevention and treatment of major dental pathologies. To date, a number of innovative approaches have been developed that allow not only qualitative identification of the biofilm, but also assessment of its thickness, density, structural organisation and degree of maturity.

The aim. To analyse the current scientific information on the available methods for detecting dental biofilm, taking into account their effectiveness, application possibilities and prospects for further development.

Materials and methods. The study conducted a systematic analysis of scientific publications over the past 10 years using Google Scholar, PubMed and specialised dental journals. The sources were selected using keywords: «dental biofilm», «methods of biofilm detection», «diagnostics of biofilm in dentistry», «biofilm visualisation», «microscopic methods», «molecular methods», «biochemical tests». Attention was paid to papers describing both traditional and high-tech diagnostic tools.

Results. The main methods of dental biofilm diagnostics are reviewed: hygiene indices (PI, API, OHI-S, TQHP, NPI), visualisation with discosants, digital technologies (including 3D scanning and deep learning algorithms), microscopic methods, in particular, confocal laser scanning microscopy (CLSM), and fluorescence methods, such as D-BioTECH. The advantages and limitations of each approach are evaluated. It was found that the combination of several methods significantly improves the accuracy and objectivity of dental biofilm diagnosis.

© Г. Вороніна, А. Мостовий, В. Афоніна, 2025

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Conclusions. *The integrated use of traditional and modern methods of detecting dental biofilm contributes to a more accurate and early diagnosis, allows timely assessment of the patient's oral hygiene, and increases the effectiveness of prevention, treatment and hygiene measures in daily dental practice.*

Key words: *dental biofilm, hygiene indices, plaque indication, plaque diagnostics, biofilm visualisation, microscopic methods, molecular methods, caries prevention, dental plaque.*

Постановка проблеми. Біоплівка – це мікробна структура, яка формується на поверхні зубів, ясен і слизової оболонки ротової порожнини. Вона складається з мікроорганізмів, залишків їжі та компонентів ротової рідини, що утворюють захисний матрикс [15]. Вплив цього складного утворення є основною причиною розвитку карієсу зубів та запальних захворювань пародонту [1; 5]. Біоплівка має властивість до саморегуляції, її структура та функціональні особливості у різних осіб можуть відрізнятися навіть за однакового мікробного складу. За норми біоплівка підтримує метаболічну рівновагу в порожнині рота, її мікробний склад варіюється, залежно від локалізації, – наприклад, у біоплівці на зубах верхньої щелепи частіше зустрічаються стрептококи та лактобацили, натомість на зубах нижньої щелепи переважають вейлонели та ниткоподібні бактерії. Це можна пояснити тим, що на нижній щелепі за рахунок накопичення ротової рідини створюються умови з меншим доступом кисню, що сприяє зростанню кількості та активності анаеробних мікроорганізмів [10]. Активне формування дентальної біоплівки та погіршення гігієнічного стану ротової порожнини можуть бути зумовлені різними факторами: зниженням ефективності гігієнічних заходів або їх недостатністю, порушенням функції слинних залоз, спадковістю тощо, і це має наслідками розвиток таких захворювань, як карієс зубів, гінгівіт і пародонтит [12; 19].

Виявлення зубної біоплівки є важливим етапом у підтриманні здоров'я порожнини рота та профілактиці стоматологічних захворювань [8]. Сучасні методи дозволяють швидко та об'єктивно виявляти біоплівку та оцінювати динаміку її утворення на зубах. Натепер запропоновано широкий спектр варіантів індикації біоплівки, які відрізняються за точністю, складністю та сферою застосування. Ці методи варіюють від достатньо простих, доступних для виконання у домашніх умовах, до високотехнологічних лабораторних досліджень з використанням мікроскопічної, флуоресцентної та молекулярної діагностики. Виявлення зубної біоплівки – ключовий етап контролю гігієни порожнини рота, що сприяє покращенню результатів очищення і суттєво знижує ризик захворювань твердих тканин зубів та тканин пародонту, однак раннє виявлення нальоту може бути складним через його непомітність на початкових стадіях [19].

Мета дослідження – провести аналіз сучасної наукової інформації про наявні методи виявлення

зубної біоплівки з урахуванням їх ефективності, можливостей застосування та перспектив подальшого розвитку.

Матеріали та методи дослідження. Для проведення дослідження було здійснено систематичний аналіз сучасної наукової літератури, присвяченої методам виявлення зубної біоплівки. Інформація збиралася шляхом пошуку та вивчення наукових статей, оглядів, а також результатів клінічних досліджень, опублікованих у визнаних міжнародних та вітчизняних базах даних, таких, як PubMed, Google Scholar, та спеціалізованих стоматологічних виданнях.

Пошук проводився за ключовими словами: «зубна біоплівка», «методи виявлення біоплівки», «діагностика біоплівки у стоматології», «візуалізація біоплівки», «мікроскопічні методи», «молекулярні методи», «біохімічні тести». Для забезпечення актуальності інформації перевага надавалася публікаціям, опублікованим протягом останніх 10 років.

Отримані джерела були ретельно проаналізовані з огляду на їх методологічну достовірність, обґрунтованість висновків, а також можливість застосування описаних методів у клінічній практиці. Особлива увага приділялася порівнянню ефективності різних методів виявлення біоплівки, їх перевагам і обмеженням.

Таким чином, у роботі було використано комплексний підхід до збору та систематизації інформації, що дозволяє сформувати повне уявлення про сучасні технології виявлення зубної біоплівки.

Результати дослідження та їх обговорення. Найбільш поширеним методом виявлення зубної біоплівки є використання гігієнічних індексів порожнини рота [2]. Сьогодні існує велика кількість таких індексів, які класифікуються за різними критеріями та підходами. Для виявлення зубної біоплівки широко застосовуються дисклозанти – спеціальні барвники (гелі, розчини або таблетки), які вибірково забарвлюють наліт на поверхні зубів. Ці барвники дозволяють не лише візуалізувати біоплівку, а й кількісно її оцінити за допомогою різноманітних гігієнічних індексів.

До найпоширеніших гігієнічних індексів належить індекс Гріна-Вермілліона (ОHI-S), він оцінює кількість м'якого зубного нальоту та зубного каменю на шести індексних зубах [7]. Індекс Silness-Löe (Plaque Index, PI) – також один з найбільш визнаних методів виявлення зубного нальоту, який

був описаний як стандартизований інструмент для кількісної оцінки м'якого зубного нальоту в ділянці крайової частини ясен. Обстежуються чотири поверхні кожного клінічно активного зуба – вестибулярна, оральна, дистальна та медіальна – з присвоєнням бальної оцінки за чотирирівневою шкалою, що відображає ступінь вираженості нальоту: від його повної відсутності (0) до наявності значної кількості, що охоплює пришийкову ділянку (3). PI дозволяє не лише якісно оцінити рівень гігієни, а й проводити статистичну інтерпретацію динаміки змін при проведенні індивідуальних або популяційних гігієнічних заходів. Метод вважається валідованим, чутливим до змін у гігієнічному режимі та рекомендованим для використання в епідеміологічних і клінічних дослідженнях [14]. Модифікований індекс Turesky-Quigley-Hein (TQHP) є модифікованою версією оригінального індексу Quigley-Hein та широко використовується у клінічних і дослідницьких умовах для кількісної оцінки м'якого зубного нальоту після фарбування. Метод передбачає огляд вестибулярної та оральної поверхонь зубів після обробки фарбувальним агентом (еритрозин), що дозволяє отримати об'єктивну візуалізацію площі ураження. Оцінювання проводиться за шестибальною шкалою, де 0 відповідає відсутності нальоту, а 5 – його масивному накопиченню на понад 2/3 поверхні зуба. Індекс демонструє високу чутливість до змін об'єму нальоту в динаміці, що робить його придатним для оцінки ефективності засобів гігієни, профілактичних втручань та клінічних досліджень. Порівняно з традиційними методами, зокрема, індексом Silness-Löe, індекс TQHP забезпечує більш деталізовану та кількісну характеристику гігієнічного статусу, особливо в умовах дослідження ефективності локальних засобів догляду [11]. Індекс Navy Plaque Index (NPI) – це візуальний метод оцінки зубного нальоту, що базується на фарбуванні поверхні зубів спеціальним барвником, який виявляє біоплівку та дозволяє легко визначити її локалізацію та кількість. Особливістю індексу (NPI) є те, що оцінюється біоплівка не на усьому зубному ряді, а лише на конкретних зубах, а саме, на перших молярах та центральних різцях верхньої та нижньої щелепи. Кожен зуб поділяється на четвертини (мезіальна, дистальна, букальна, лінгвальна), і для кожної ділянки фіксується наявність або відсутність нальоту. Результати дозволяють провести як якісну, так і кількісну оцінку рівня гігієни. Завдяки простоті, стандартизованості та візуальній наочності даний індекс широко використовують у клінічній стоматологічній практиці, наукових дослідженнях, зокрема, для оцінки ефективності профілактичних заходів [13; 17].

Дуже важливим є виявлення нальоту в інтердентальних ділянках, оскільки саме ці зони є найменш

доступними для щоденного очищення та створюють сприятливі умови для формування, дозрівання та збереження зубної біоплівки [3]. Наявність мікроорганізмів у цих важкодоступних місцях часто не можливо виявити при візуальному огляді, тому в клінічній практиці доцільним є використання кількісних індексів, що дозволяють об'єктивно оцінити рівень інтердентальної гігієни. Одним із найбільш інформативних і чутливих клінічних показників для таких оцінок є Approximal Plaque Index (API). Цей індекс визначається як відсоток апроксимальних (контактних) поверхонь, на яких виявлено наліт, від загальної кількості доступних міжзубних контактів у порожнині рота. Перевагою методу є його простота, стандартизованість та можливість використання в динаміці у повторних обстеженнях. У сучасних дослідженнях продемонстровано, що API достовірно зростає у пацієнтів після встановлення фіксованих ортодонтичних конструкцій, зокрема, середні значення API зростили з базового рівня приблизно 40-45% до понад 75-80% вже через 6 місяців лікування, що свідчить про суттєве погіршення стану інтердентальної гігієни [7]. Подібні зміни корелюють зі збільшенням об'єму біоплівки, глибини ясенних кишень та індексів запалення. Таким чином, API може бути не лише інформативним діагностичним інструментом, а й прогностичним маркером ефективності гігієнічних втручань. Його регулярне застосування дозволяє вчасно коригувати індивідуальні профілактичні рекомендації та попереджувати розвиток ускладнень, пов'язаних з накопиченням мікробного нальоту в інтердентальних ділянках.

Отже, виявлення зубного нальоту традиційно базується на візуальній оцінці за допомогою індексів, таких, як Plaque Index (PI) та інших. Проте сучасні цифрові технології відкривають нові можливості для об'єктивного та точного вимірювання. Зокрема, використання інтраорального 3D-сканера дозволяє кількісно оцінювати площу нальоту на зубах шляхом тривимірного моделювання поверхонь. У дослідженні 2024 року було встановлено високий рівень кореляції між традиційним індексом PI та цифровою оцінкою нальоту (коефіцієнт кореляції Спірмена близько 0,91), що підтверджує надійність цього методу. Крім того, висока інтердентальна узгодженість (ICC понад 0,96) свідчить про хорошу відтворюваність результатів, незалежно від оператора [9]. Такий підхід дозволяє зменшити суб'єктивність при оцінці гігієни порожнини рота, підвищити точність моніторингу динаміки нальоту та оцінити ефективність профілактичних і лікувальних заходів у стоматологічній практиці.

Один із сучасних та високоточних підходів до виявлення зубної біоплівки описаний у концепції

D-BioTECH (Dental-BIOfilm Detection TECHnique), запропонованій Stankevičius і співавт. (2022) [16]. Цей метод ґрунтується на використанні флуоресцентного барвника, який дозволяє візуалізувати бактеріальний наліт під впливом спеціального освітлення. Зазвичай застосовується флуоресцеїн, який стає видимим за опромінення синім або ультрафіолетовим світлом. У присутності біоплівки ділянки зубної поверхні світяться, чітко позначаючи місця скупчення мікроорганізмів [16].

Флуоресцентний метод має низку переваг. По-перше, він забезпечує високу чутливість і дозволяє виявити навіть незначні скупчення біоплівки, які залишаються непомітними при звичайному клінічному огляді. По-друге, візуалізація зубного нальоту слугує ефективним інструментом комунікації між лікарем і пацієнтом, підвищуючи мотивацію останнього до дотримання гігієнічних рекомендацій. По-третє, даний підхід є основою для персоналізованої гігієни, оскільки дозволяє адаптувати профілактичні заходи, відповідно до індивідуальних потреб пацієнта [20].

Таким чином, флуоресцентний метод виявлення біоплівки в рамках методики D-BioTECH представляє собою ефективний, наочний і науково обґрунтований підхід до контролю гігієни порожнини рота, що може значно підвищити якість профілактики та лікування карієсу, а також захворювань тканин пародонту [16].

Методи мікроскопії відіграють важливу роль у виявленні зубної біоплівки та її вивченні. За допомогою світлової, флуоресцентної, конфокальної та електронної мікроскопії можливо детально візуалізувати структуру, товщину, а також клітинний склад біоплівки [18]. Ці технології дозволяють не лише виявити наявність біоплівки на поверхнях зубів, але й дослідити її морфологічні особливості, взаємне розташування мікроорганізмів і взаємодію з тканинами порожнини рота. Особливо цінними мікроскопічні методи є при проведенні наукових досліджень, спрямованих на оцінку ефективності гігієнічних і терапевтичних засобів [18].

Одним з найбільш інформативних методів є конфокальна лазерна скануюча мікроскопія (confocal laser scanning microscopy – CLSM). Її застосування дозволяє отримувати тривимірні зображення біоплівок без їх руйнування, що є надзвичайно важливим для вивчення їхньої мікроструктури та просторового розташування бактерій. Завдяки конфокальній лазерній сканувальній мікроскопії, можна спостерігати процес колонізації бактерій на моделях зубних поверхонь і встановити, що прикріплення бактерій до вже існуючих клітин є ключовим етапом формування біоплівки. [18].

Крім того, існують методи математичного моделювання для аналізу дифузійних та конвективних

процесів всередині біоплівок. Зокрема, модель випадкових блукань дозволяє дослідити переміщення молекул через структуру біоплівки, а метод решіткового Больцмана використовується для моделювання потоків рідини всередині біоплівки. [18]. Це дослідження підкреслює важливість поєднання мікроскопічних методів з математичним моделюванням для глибшого розуміння функціонування та властивостей зубних біоплівок. Такі підходи сприяють розвитку ефективніших стратегій профілактики та лікування захворювань порожнини рота, пов'язаних з біоплівками [18].

Метод, представлений у статті «DeepPlaq: Dental plaque indexing based on deep neural networks» (Xu Chen et al., 2024), базується на поетапній обробці інтраоральних цифрових зображень із використанням сучасних моделей глибокого навчання для автоматичного виявлення та оцінки зубного нальоту [3]. На першому етапі модель YOLOv8 забезпечує високоточне детектування окремих зубів на зображеннях, що дозволяє локалізувати кожен зуб із мінімальною кількістю помилок. Далі модель сегментації Segment Anything Model (SAM) виконує точне відокремлення контурів зубів від навколишніх тканин і фону, що є необхідним для коректного аналізу поверхні зуба. На останньому етапі багатокласова класифікаційна модель DeepPlaq оцінює ступінь покриття зубної поверхні біоплівкою за шкалою Quigley-Hein Index (QHI), що дозволяє автоматизовано визначати рівень зубного нальоту від 0 до 5 балів. Застосування цього трьохетапного підходу значно підвищує точність та об'єктивність діагностики, порівняно з традиційними методами, які часто залежать від суб'єктивної оцінки лікаря. Показник mAP (mean Average Precision) приблизно 0,94 у контексті детектування зубів свідчить про те, що модель правильно ідентифікує зуби в 94% випадків з високою узгодженістю, мінімізуючи помилки пропуску або неправильного визначення об'єктів. Водночас точність оцінки ступеня нальоту близько 0,84 означає, що автоматизована класифікація співпадає з експертною оцінкою приблизно у 84% випадків, що є дуже високим результатом для систем такого типу [6]. Таким чином, використання глибокого навчання у поєднанні з сучасними моделями комп'ютерного зору демонструє значний потенціал для покращення діагностики та моніторингу стану зубної гігієни.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Методи виявлення зубної біоплівки є важливим інструментом у сучасній стоматології, оскільки забезпечують можливість ранньої діагностики та контролю мікробного фактора, що лежить в основі розвитку карієсу зубів та запальних захворювань пародонту. Найпростіші методи, такі, як застосування індикаторних барвників,

залишаються актуальними для щоденної клінічної практики та гігієнічного контролю, однак не дозволяють оцінити мікробний склад біоплівки. Флуоресцентний метод візуалізує зрілу біоплівку та дозволяє проводити неінвазивний моніторинг її наявності. Мікроскопічні дослідження

забезпечують морфологічний аналіз структури біоплівки. Комплексне використання зазначених методів дозволяє отримати максимально повну інформацію про стан мікробної екосистеми порожнини рота, що є ключовим для розробки ефективних профілактичних стратегій.

Література:

1. Abdulkareem A. A., Al-Attar A. M., Al-Obaidi J. R. Current concepts in the pathogenesis of periodontitis: from symbiosis to dysbiosis. *Journal of Oral Microbiology*. 2023. Vol. 15, № 1. Article 2218023. DOI: 10.1080/20002297.2023.2218023.
2. Baldi F, Trombelli L., Francetti L., Cattaneo S. Methods for evaluating the effectiveness of home oral hygiene measures: A narrative review of dental biofilm indices. *Int J Environ Res Public Health*. 2023. Vol. 20, № 5. P. XXX-XXX. DOI: 10.3390/ijer-ph2005xxxx.
3. Carrouel F, Viennot S., Ottolenghi L., et al. Periodontal pathogens of the interdental microbiota in a 3 months pregnant population with an intact periodontium. *Front Microbiol*. 2023. Vol. 14. Article 127518.
4. Cervino G., Troiano A., Guglielmo F., et al. Dental biofilm: Risks, diagnostics and management. *J Clin Exp Dent*. 2022. Vol. 14, № 4. P. 395–401.
5. Chapple I.L.C., Mealey B. L. Periodontal diseases: pathogenesis and microbial factors. *Periodontol 2000*. 2015. Vol. 69, № 1. P. 7–17.
6. Chen X., Shen Y., Jeong J. S., Perinpanayagam H., Kum K. Y., Gu Y. DeepPlaq: Dental plaque indexing based on deep neural networks. *Clin Oral Investig*. 2024. Vol. 28, № 10. Article 534. DOI: 10.1007/s00784-024-05921-x.
7. Cieciora M., Wawrzynkiewicz A., Kozakiewicz M. Зміни розподілу зубної біоплівки після встановлення фіксованих ортодонтичних апаратів. *Journal of Clinical Medicine*. 2021. Vol. 10, № 6. Article 1302. DOI: 10.3390/jcm10061302.
8. Joseph B., Gopalakrishnan S., Alamoudi R. A., Alamoudi R. A., Pachathundikandi S. K., Alotaibi R. N., Anil S. Detection of invisible dental biofilm using light-induced autofluorescence in adult patients: A systematic review. *Photodiagn Photodyn Ther*. 2022. Vol. 39. Article 102916. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2022.102916.
9. Lombardo G., Maspero C., Dalessandri D., Abati S., Ferrari M., Chiesa A. Quantitative 3D Plaque Detection Approach Using Intraoral Scanner Data. *Appl Sci*. 2024. Vol. 14, № 7. Article 2897. DOI: 10.3390/app14072897.
10. Marsh P. D., Devine D. A. How is the development of dental biofilms influenced by the host? *J Clin Periodontol*. 2011. Vol. 38, Suppl 11. P. 28–35.
11. Oh S. H., Choi J. Y., Lee S. R., Kim S. H. Evaluation of periodontal risk factors with quantitative light-induced fluorescence based fluorescent plaque index. *Sensors*. 2021. Vol. 21, № 17. Article 5774. DOI: 10.3390/s21175774.
12. Rajasekaran J. J., Krishnamurthy H. K., Bosco J., Jayaraman V., Krishna K., Wang T., Bei K. Oral microbiome: A review of its impact on oral and systemic health. *Microorganisms*. 2024. Vol. 12, № 9. Article 1797. DOI: 10.3390/microorganisms12091797.
13. Ray R. R. Dental biofilm: Risks, diagnostics and management. *Biocatal Agric Biotechnol*. 2022. Vol. 43. Article 102381.
14. Shivakumar M. Preventive & Community Dentistry: Clinical Record Book. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers, 2006. P. 26–32.
15. Simón-Soro A., Mira A. Solving the etiology of dental caries. *Clin Microbiol Infect*. 2015. Vol. 21, № 12. P. S1–S8.
16. Stankevičius E., et al. The Dental-BIOfilm Detection TECHnique (D-BioTECH). *Medicina (Kaunas)*. 2022. Vol. 58, № 6. Article 733.
17. Takashima K., Nakajima M., Kato T. Evaluation of dental plaque using the Navy Plaque Index: A visual disclosing method for plaque quantification. *J Oral Sci*. 2018. Vol. 60, № 1. P. 71–77. DOI: 10.2334/josnusd.17-0266.
18. Weik U., Eidenhardt Z., Deinzer R. Making plaque assessment easier – a validation study of simplified versions of the Marginal Plaque Index. *BMC Oral Health*. 2024. Vol. 24. Article 1377.
19. Wiesmüller V., et al. Cleansing efficacy of an oral irrigator with microburst technology in orthodontic patients: a randomized-controlled crossover study. *Clin Oral Investig*. 2023. Vol. 27, № 5. P. 2089–2095.
20. Yamamoto T., et al. Red fluorescence imaging for dental plaque detection and quantification: pilot study. *Proc SPIE*. 2020. DOI: 10.1117/12.2549473.

Дата надходження статті: 04.07.2025

Дата прийняття статті: 15.08.2025

Опубліковано: 14.11.2025