

DOI: 10.21802/artm.2024.3.31.202
УДК 620.3:61**НАНОТЕХНОЛОГІЇ У СТОМАТОЛОГІЇ: ДІАГНОСТИКА ТА ЛІКУВАННЯ
(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)**С.В. Будянський¹, І.А. Воловик²¹*Ощад Стоматологія, м. Львів, Україна*²*Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна*

ORCID ID: 0009-0004-3450-7683, e-mail: drsvytoslavbud@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-2063-0758, e-mail: avt72iryna@gmail.com

Резюме. Швидкий розвиток нанотехнологій у медицині та стоматології призвів до експоненціального зростання масштабів досліджень у цій галузі. Аспекти нанотехнологій, переваги яких сучасне суспільство уже оцінило, включають передові платформи доставлення ліків, молекулярне зображення та розробку матеріалів для лікування у стоматологічній практиці. У роботі показано унікальну особливість нанотехнологій, яка полягає в тому, що властивості наноматеріалу можуть відрізнитися від властивостей на макрорівні. Для пояснення такого явища можна вказати дві причини: по-перше, наноматеріали мають велике співвідношення площі поверхні до об'єму, що спричиняє їх високу реакційну здатність і, відповідно, впливає на їх механічні та електричні властивості. По-друге, в нанорозмірі квантові ефекти домінують у поведінці матеріалу, викликаючи цікаві спостереження за його електромагнітними та оптичними властивостями. Знаючи корисні аспекти наномедицини, вчені намагаються використовувати нанотехнології для діагностики, лікування та профілактики стоматологічних захворювань. Нанотехнології використовуються для проведення чутливих медичних процедур. Також вони демонструють успішне та корисне застосування для точного лікування болю, відновлення зубів і зменшення гіперчутливості зубів. Наноматеріали можуть закупорювати відкриті дентинні каналці, завдяки чому пацієнт почуватиметься комфортніше та, загалом, покращується загальний стан ротової порожнини. Ортодонтична терапія також революціонізувала наноматеріали з властивостями пам'яті форми, що забезпечує швидке та ефективніше переміщення зубів. Розробка революційних продуктів і терапевтичних альтернатив підтримується постійними дослідницькими зусиллями, що дозволяє створювати зубні імплантати, пломби та протези, які точно імітують характеристики природних зубів. Наносистеми розробляються для точного доставлення ліків у ротову порожнину, забезпечуючи оптимальні терапевтичні результати з мінімальними побічними ефектами. Цей огляд висвітлює багатосторонні аспекти наномедицини та описує корисність нанотехнологій для діагностики та лікування стоматологічних захворювань.

Ключові слова: наночастинки, порожнина рота, наноматеріали, наностоматологія, захворювання, біоматеріали, лікування, діагностика.

Вступ. Нині динамічний розвиток використання нанотехнологій спостерігається у всіх областях медицини [1, 2, 3]. Він використовується в медичній діагностиці (як маркери для виявлення та ідентифікації різних захворювань), терапії раку (для цілеспрямованого доставлення ліків проти раку), генної терапії (наприклад, нановектори ДНК або РНК), лікування інфекцій (зміна вивільнення антибіотиків або антибактеріального ефекту самих молекул, наприклад, наносрібла), регенерація тканин й органів (наноматеріали можна використовувати для стимуляції росту та регенерації тканин і для створення біоматеріалів), медична візуалізація (як контрастні речовини в методах візуалізації), фотодинамічні методи (носії фотосенсибілізуючих речовин) та багато інших [3, 4, 5]. Використання нанотехнологій пов'язане з багатьма позитивними ефектами для пацієнта.

Закономірним наслідком розвитку наноматеріалів і нанотехнологій в медицині є їх впровадження у сферу стоматології. Їх застосовують у найпростіших сферах, пов'язаних із доглядом за ротовою порожниною, а також у передових технологіях, пов'язаних із діагностикою та лікуванням стоматологічних захворювань. У представленому огляді обговорюємо широкий спектр досліджень у цих сферах.

Метою «наностоматології» є підтримка оптимального здоров'я ротової порожнини за допомогою наноматеріалів, біотехнологій і нанороботів. Унікальні хімічні, магнітні та електрооптичні характеристики наночастинок впливають на їхню розчинність, біоактивність та антибактеріальну дію. Нові методи лікування, доступні в цьому секторі, включають ренатуралізацію зубів, лікування гіперчутливості, тканин пародонта і слизової оболонки, штучні кістки та зуби, місцеву анестезію, ортодонтичну корекцію, підтримання здоров'я ротової порожнини, тканинну інженерію та методи доставлення ліків [6].

Науковці показали, що в галузі засобів особистої гігієни порожнини рота та медицини є ефективним використанням наноматеріалів. Наприклад, наноструктури відіграють важливу роль у вдосконаленні стоматологічного протезування, а саме, покриття поверхні імплантатів або самих імплантатів, що призводить до кращої біосумісності та процесу остеоінтеграції [3, 4]. Наночастинки також можна знайти в багатьох більш тривіальних продуктах, таких як: зубні пастки для гіперчутливих зубів, засоби для полоскання рота, гелі для відбілювання [5]. Використання нанотехнологій у стоматології є актуальним напрямком і має значний вплив на сферу клінічної стоматології.

Мета роботи: дослідити сучасні можливості застосування нанотехнологій у стоматології для діагностики та лікування.

Матеріали та методи дослідження. Матеріалами роботи були наукові публікації авторів, що проводять свої науково-практичні дослідження у галузі стоматології та нанотехнологій. Пошук було проведено в наукометричних базах даних «PubMed», «Scopus», «Web of Science», «Google Scholar» за термінами «наночастинки», «порожнина рота», «наноматеріали», «наностоматологія», «захворювання». Під час проведення дослідження було використано такі наукові методи, як теоретичне узагальнення та групування, формалізація, аналіз, синтез та узагальнення отриманих результатів. У результаті пошуку були відібрані публікації за період 2019 – 2024 роки, які вивчали нанотехнології та їх застосування в стоматологічній практиці при діагностиці та лікуванні й будуть розглянуті в цьому огляді.

Результати та обговорення. Наноструктури належать до об'єктів, які мають принаймні один вимір у тривимірному просторі в діапазоні (1–100 нм), так званий нанорозмір [1, 2]. Завдяки їхнім унікальним властивостям, тобто високому відношенню поверхні до об'єму, а також високій міцності на стиск і вигин, вчені досліджують різні способи застосування наночастинок у стоматології [2, 4]. Відмінною фізичною властивістю наночастинок є їх високе співвідношення поверхні до ядра, яке означає, що поверхня наночастинок містить більше атомів, ніж всередині частинки. Це особливо корисно, оскільки, на відміну від атомів ядра, поверхневі атоми містять незв'язані поверхні та можуть утворювати нові потужні взаємодії. Тому наночастинок більш реакційноздатні [6]. Це дозволяє легко використовувати їх і модифікувати для різних цілей.

Квантові ефекти можуть почати домінувати над властивостями матерії, оскільки розмір зменшується до нанорозміру, це може вплинути на оптичну, електричну та магнітну поведінку матеріалів, особливо коли структура або розмір частинок наближається до меншого нанорозміру. Механічні властивості цих наночастинок покращуються, включаючи міцність, жорсткість, прозорість, стійкість до подряпин і стирання.

У наш час велика частка нанотехнологій у регенеративній медицині дозволяє досягти значного скорочення часу реконвалесценції. Процеси відновлення тканин прискорюються завдяки високій біосумісності багатьох нових матеріалів. Усі ці аспекти також призводять до розробки індивідуальної терапії на основі якісної діагностики стоматологічних захворювань у пацієнта [2, 4].

Покращені механічні та фізичні якості наноматеріалів сприяють розробці нових діагностичних методів і систем надоставлення у стоматології. У цей час численні форми наночастинок викликають інтерес дослідників як потенційно корисний інструмент для діагностичних зондів і медичних пристроїв. Завдяки своїм притаманним фізико-хімічним властивостям і модифікації поверхні вони здатні обійти деякі обмеження та досягти запланованого діагностичного та терапевтичного впливу. Нанотехнології є унікальною

галуззю, яка зробила революцію та прокладає шлях до нових методів лікування раку порожнини рота. Крім того, покращує діагностику за допомогою менш шкідливих речовин і сприяє створенню рекомендації щодо лікування. Використання нанотехнологій у діагностиці, терапії та догляді за раком значно покращує клінічну стоматологічну практику [7, 8].

Діагностичні науки зараз використовують нанопристрої для ранньої та швидкої ідентифікації захворювань для визначення подальших медичних рекомендацій. Також використовуються нанотехнології для визначення схильності до захворювань на клітинному та молекулярному рівнях, що дозволяє розробити ефективні варіанти профілактики та лікування [9].

У наукових роботах показано, що унікальні біофізичні властивості наночастинок дозволяють посилити контрастність для покращення біомедичної візуалізації, тоді як здатність маніпулювати наночастинами для специфічності на молекулярному рівні дає змогу діагностувати тканини. Важливо відзначити, що незначна зміна розміру або складу наночастинок може призвести до великих змін їх оптичних, магнітних або електричних властивостей, що забезпечує унікальну можливість мультиплексування. Нанотехнології мають потенціал революціонізувати сферу медичної діагностики шляхом підвищення точності, чутливості та швидкості медичних тестів. Одним із важливих застосувань є діагностична візуалізація на основі наночастинок, у якій наночастинок можуть бути прикріплені до певних біомаркерів для покращення методів візуалізації, таких як магнітно-резонансна томографія (МРТ), комп'ютерна томографія (КТ) і позитронно-емісійна томографія (ПЕТ). Це робить діагностичні способи візуалізації більш чутливими, точними та конкретними [10]. Подібним чином діагностичні тести на базі нанотехнологій можуть швидко й точно виявляти інфекційні захворювання, рак та інші хвороби, забезпечуючи своєчасне профілактику та лікування [3]. Нанотехнологічний мікроскоп із новими детекторами глибокого зонду, які використовують електромагнітний спектр, може сканувати людське тіло та виявляти приховані речі, такі як глибокі ракові пухлини та приховані порожнини зубів. Ця технологія живиться від терагерцового випромінювання, яке розташоване в спектрі між світлом і радіохвилями. Ці детектори дозволяють проводити неінвазивне дослідження тканин і речовин за допомогою терагерцового випромінювання. Цей прорив відкриває двері для вдосконалення медичної діагностики, дозволяючи виявляти приховані проблеми зі здоров'ям, такі як пухлини та зубні порожнини, які в іншому випадку залишилися б непоміченими [6].

Лікування стоматологічних захворювань передбачає застосування численних біоматеріалів, які допомагають відновити естетичний і функціональний зубний ряд. Протягом останнього десятиліття ці матеріали були модифіковані шляхом включення металевих наночастинок, таких як срібло (Ag), золото (Au), титан (Ti), цинк (Zn), мідь (Cu) і цирконій (Zr). Вони посилили антимікробні, механічні та регенеративні властивості цих матеріалів [11, 12].

Наночастинки також можна знайти в значно тривіальніших продуктах, таких як: зубні пасти для гіперчутливості зубів, засоби для полоскання рота, відбілюючі гелі [5, 11, 13, 14]. Наноматеріали у стоматологічній продукції використовуються для підвищення ефективності зубної пасти та рідин для полоскання рота. Наночастинки додають до зубних паст з різних причин, зокрема для запобігання карієсу, ремінералізації, зменшення гіперчутливості, освітлення та антибактеріальних властивостей [13]. Такі наноструктури, як наногідроксиапатит (n-НА), нанокarbonатний апатит (n-САР), нанокarbonатно-заміщений гідроксиапатит (nano-СНА), нанофторгідроксиапатит (n-FA) і нанотриметафосфат натрію використовуються як інноваційний та функціональний матеріал для догляду за зубами. Крім того, науковці вказують, що наночастинки при використанні в зубних пастах можуть виконувати ремінералізуючі та протикарієсні функції, боротися з гіперчутливістю дентину та запобігати ерозії емалі [1, 12, 14].

Інші важливі напрямки розвитку нанотехнологій у сфері стоматології включають нанонаповнювачі в стоматологічних композитах. У наш час проводяться значні дослідження для розробки наповнювачів, які можуть підвищити механічні властивості композитного матеріалу, такі як профіль усадки, міцність на вигин, міцність на розрив, мікротвердість, міцність і стійкість до зношування. Якщо всі вищезазначені властивості не є оптимальними, клінічне застосування композитів стає проблематичним. Нові інтелектуальні композити мають здатність ремінералізувати зубні структури та пригнічувати ріст бактеріального нальоту, і вони навіть демонструють деякі механічні властивості, які є кращими, ніж у дентині чи емалі [15].

Нанонаповнювачі вивчаються для покращення механічних властивостей і сприяння ремінералізації структур зуба. Серед таких матеріалів використовуються склоіомери, модифіковані за допомогою смоли з нанонаповнювачами та агентами, що виділяють іони фтору або кальцію. Використовуються антибактеріальні нанонаповнювачі, такі як наноксид цинку (n-ZnO) і наночастинки срібла (n-Ag) [11]. Функціональність реставрації залежить від її адгезії до структур зуба. Тому в клінічній практиці існує дві основні стратегії: пряме з'єднання реставрації із зубом або через адгезивні системи (бонди) для досягнення кращої міцності реставрації. Дослідники вивчили міцність адгезії нанонаповнених матеріалів зі склоіомерних груп, модифікованих смолою, у порівнянні з ненанонаповненими. Автори дійшли висновку, що механізм зв'язування наномодифікованої пломби з дентином/емаллю подібний до склоіомеру без нанонаповнювача, модифікованого смолою, але є кращим. Механізм заснований на утворенні полікарбоксилатного зв'язку між полікарбоною кислотою наномодифікованого герметика та іонами кальцію з гідроксиапатиту (малюнок 3) за допомогою мікромеханічного блокування [11, 16].

Дослідниками доведено, що нанотехнології важливі для зубних біоплівки, оскільки вони дають змогу зрозуміти взаємодію мікробів, демінералізацію та рівновагу ремінералізації. Завдяки великій спорідненості до негативно заряджених бічних груп нова

нанотехнологія срібла ефективна проти біоплівки. Він атакує кілька місць у клітині та порушує клітинні шляхи, клітинну стінку та синтез білка. Також, неякісне полірування зубів може призвести до шорсткості поверхні, що сприяє зростанню біоплівки. Надтонке полірування зубів, яке спричиняє нанорозмірну шорсткість, виміряну в нанометрах, забезпечує вихід, який зменшує знебарвлення, а зубні реставрації виглядають краще. Ультратонке полірування не тільки підтримує гігієну ротової порожнини, запобігаючи прикріпленню бактерій, але й додає загальної привабливості реставрацій, зрештою покращуючи якість і візуальну привабливість результатів стоматологічної допомоги [17].

Ще однією важливою темою є впровадження наноматеріалів і технологій у сферу ендодонтичного лікування, яке спрямоване на лікування захворювань пульпи зуба і периапікальних патологічних процесів [18].

У сучасній ортопедичній стоматології активно впроваджуються нанотехнології. Оксид титану та оксид заліза є двома прикладами наноструктурних матеріалів, які додають до поліметилметакрилату для підвищення міцності, естетики та антимікробних якостей. Зубні протези та зубні коронки, виготовлені з наноцирконієвої кераміки, мають підвищену твердість і міцність на злам. Висока стійкість до корозії та напівпрозорість із підвищеною в'язкістю до руйнування – все це представлено нанокерамічними зернами [6, 19]. Сучасний матеріал для відбитків, який містить нанонаповнювачі та вінілові полісилоксани, створює унікальний силоксановий матеріал для відбитків, який має кращі якості, ніж традиційний використовуваний відбитковий матеріал. Цей склад має нижчу в'язкість, більш гладке нанесення, менше порожнеч, кращі якості обробки та краще захоплення деталей. Він також має підвищену стійкість до розривів, запобігає деформації та термостійкості, трансформуючи відбиткові матеріали та покращуючи практичність і якість лікування зубів. Нанокompозитні зубні протези – це інноваційне досягнення у сфері зубних протезів. Ці зуби виготовлені з нанокompозитної смоли із нанорозмірними частинками наповнювача, які рівномірно розсіяні [18]. Цей новий матеріал має численні переваги, включаючи відмінну здатність до полірування, стійкість до плям і ударів, а також яскраву структуру поверхні. Він доступний у різноманітних кольорах, щоб повністю імітувати природні форми зубів і відповідати різноманітним процесам налаштування. Ці протези забезпечують не тільки чудову естетику, але й багатофункціональну адаптивність.

Отже, сучасні нанотехнології змінили стоматологію та пропонують можливість ефективного догляду за порожниною рота. Також пропонуються нові способи лікування та наявна велика кількість інноваційних нанотехнологічних продуктів. Інтеграція нанотехнологій у стоматологію представляє новаторську еволюцію, що виходить за межі звичайних меж догляду за порожниною рота, дозволяючи розробляти інноваційні діагностичні методи та способи лікування [6]. Нанотехнології дають надії на покращення діагностики, лікування та профілактики захворювань порожнини рота.

Висновки. Нанотехнології зробили революцію в стоматології, змінивши концептуалізацію, надання та підтримку догляду за порожниною рота. Використання наноматеріалів і передових клінічних інструментів відкрило нові шляхи для точності та інновацій у різних аспектах стоматологічної допомоги. Нанотехнології пропонують потенціал для точного лікування болю, відновлення зубів і зменшення гіперчутливості зубів. Наноматеріали можуть закупорювати відкриті дентинні канальці, покращуючи комфорт пацієнта та загальний стан ротової порожнини. Ортодонтична терапія також революціонізувала наноматеріали з властивостями пам'яті форми, що забезпечує швидке та ефективніше переміщення зубів. Розробка нанопродуктів і терапевтичних альтернатив підтримується постійними дослідницькими зусиллями, що дозволяє створювати зубні імплантати, пломби та протези, які точно імітують характеристики природних зубів. Наносистеми доставлення розробляються для точної потрапляння ліків у ротову порожнину, забезпечуючи оптимальні терапевтичні результати з мінімальними побічними ефектами. Інтеграція нанотехнологій у стоматологію є новаторською еволюцією, що виходить за межі звичайних способів догляду за порожниною рота, дозволяючи розробляти інноваційні діагностичні методи та покращувати стан ротової порожнини.

Перспективи подальших досліджень. Для розробки ефективних методів діагностики та лікування стоматологічних захворювань необхідно продовжити дослідження щодо вивчення оптимізації механічних властивостей і цитотоксичності стоматологічних композитних матеріалів на основі нанотехнологій.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

References:

1. Glowacka-Sobotta A, Ziental D, Czarczynska-Goslinska B, et al. Nanotechnology for Dentistry: Prospects and Applications. *Nanomaterials (Basel)*. 2023; 13(14):2130. DOI: 10.3390/nano13142130
2. Damodharan J. Nanomaterials in Medicine—Overview. *Mater. Today Proc.* 2021; 37:383-385. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.05.380
3. Malik S, Muhammad K, Waheed Y. Emerging Applications of Nanotechnology in Healthcare and Medicine. *Molecules*. 2023; 28(18):6624. DOI: 10.3390/molecules28186624
4. Saxena SK, Nyodu R, Kumar S, Maurya VK. Current Advances in Nanotechnology and Medicine. *NanoBioMedicine*. Springer; Singapore. 2022. P. 3-16. DOI: 10.1007/978-981-32-9898-9
5. Contera S, Bernardino de la Serna J, Tetley TD. Biotechnology, nanotechnology and medicine. *Emerging topics in life sciences*. 2020; 4(6):551-554.
6. Dakhale R, Paul P, Achanta A, Ahuja KP, Meshram M. Nanotechnology Innovations Transforming Oral Health Care and Dentistry: A Review. *Cureus*. 2023; 15(10):e46423. DOI: 10.7759/cureus.46423
7. Kolenko YG, Volovyk IA, Bidenko NV, Mialkivskiy KO, Tkachenko IM. Buccal cell micronuclei among patients with oral leukoplakia. *Wiad Lek*. 2022; 75(7):1713-1717. DOI: 10.36740/WLek202207119

8. Umapathy VR, Natarajan PM, Swamikannu B. Review of the Role of Nanotechnology in Overcoming the Challenges Faced in Oral Cancer Diagnosis and Treatment. *Molecules*. 2023; 28(14):5395. DOI: 10.3390/molecules28145395
9. Dessale M, Mengistu G, Mengist HM. Nanotechnology: A Promising Approach for Cancer Diagnosis, Therapeutics and Theragnosis. *Int J Nanomedicine*. 2022; 17:3735-3749. DOI: 10.2147/IJN.S378074
10. Singh A, Amiji MM. Application of nanotechnology in medical diagnosis and imaging. *Curr Opin Biotechnol*. 2022; 74:241-246. DOI: 10.1016/j.copbio.2021.12.011
11. Hao Z, Wang M, Cheng L, Si M, Feng Z, Feng Z. Synergistic antibacterial mechanism of silver-copper bimetallic nanoparticles. *Front Bioeng Biotechnol*. 2024; 11:1337543. DOI: 10.3389/fbioe.2023.1337543
12. Agnihotri R, Gaur S, Albin S. Nanometals in Dentistry: Applications and Toxicological Implications—a Systematic Review. *Biol Trace Elem Res*. 2020; 197(1):70-88. DOI: 10.1007/s12011-019-01986-y
13. Abedi M, Ghasemi Y, Nemati MM. Nanotechnology in toothpaste: Fundamentals, trends, and safety. *Heliyon*. 2024; 10(3):e24949. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e24949
14. Sari M, Ramadhanti DM, Amalina R, Chotimah, Ana ID, Yusuf Y. Development of a hydroxyapatite nanoparticle-based gel for enamel remineralization -A physicochemical properties and cell viability assay analysis. *Dent Mater J*. 2022; 41(1):68-77. DOI: 10.4012/dmj.2021-102
15. Mandhalkar R, Paul P, Reche A. Application of Nanomaterials in Restorative Dentistry. *Cureus*. 2023; 15(1):e33779. DOI: 0.7759/cureus.33779
16. Rathi S, Reche A, Dhamdhare N, Bolenwar A. Perspectives on the Application of Nanomaterials in Medical and Dental Practices. *Cureus*. 2023; 15(8):e43565. DOI: 10.7759/cureus.43565
17. Ahuja K, Panchbai A. Nano robotic dentistry-transforming fiction into reality. *J Res Med Dent Sci*. 2022; 10:42-46. Available from: <https://www.jrmds.in/articles/nano-robotic-dentistrytransforming-fiction-into-reality.pdf>.
18. Chandak PG, Ghanshyamdasj M, Chandak C, Relan KN, Chandak M, Rathi C, Patel A. Nanoparticles in endodontics - a review. *J Evolution Med Dent Sci*. 2021; 10(13):976-982. DOI: 10.14260/jemds/2021/209
19. De Stefani A, Bruno G, Preo G, Gracco A. Application of Nanotechnology in Orthodontic Materials: A State-of-the-Art Review. *Dentistry journal*. 2020; 8(4):126. DOI: 10.3390/dj8040126

UDC 620.3:61

NANOTECHNOLOGY IN DENTISTRY: DIAGNOSTICS AND TREATMENT (LITERATURE REVIEW)

S.V. Budyanskyy¹, I.A. Volovyk²

¹ *Oschad Dentistry, Lviv, Ukraine*

² *Bogomolets national medical university, Kyiv, Ukraine*

ORCID ID: 0009-0004-3450-7683,
e-mail: drsvyatoslavbud@gmail.com
ORCID ID: 0000-0003-2063-0758,
e-mail: avt72iryna@gmail.com

Abstract. The rapid development of nanotechnology in medicine and dentistry has led to an exponential increase in the scope of research in this area. Aspects of nanotechnology that have already brought benefits include advanced drug delivery platforms, molecular imaging, and the development of treatment materials in dental practice.

The aim of the research. To investigate the current possibilities of using nanotechnology in dentistry for diagnosis and treatment.

Materials and methods of the research. The materials were used scientific publications by authors conducting their scientific and practical research in the field of dentistry and nanotechnology. The search was conducted in the scientometric databases PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar using the terms “nanoparticles”, “oral cavity”, “nanomaterials”, “nanodentistry”, “diseases”, “biomaterials”, “treatment”, “diagnostics”. The research was conducted using such scientific methods as theoretical generalization and grouping, formalization, analysis, synthesis, and generalization of the results. The search resulted in the selection of publications for the period 2019-2024 that studied nanotechnology and its application in dental practice in diagnosis and treatment and will be discussed in this review.

Results. The article shows a unique feature of nanotechnology, which is that the properties of a material at the nanoscale can differ from those at the macro level. This can be explained by two reasons: first, nanomaterials have a large surface area to volume ratio, which causes their high reactivity and, accordingly, affects their mechanical and electrical properties. Secondly, at the nanoscale, quantum effects dominate the material's behavior,

giving rise to interesting observations of its electromagnetic and optical properties. Knowing the beneficial aspects of nanomedicine, scientists are trying to use nanotechnology to diagnose, treat and prevent dental diseases. Nanotechnology is used for sensitive medical procedures. They also demonstrate successful and useful applications for precise pain management, tooth restoration, and reduction of tooth hypersensitivity. Nanomaterials can plug open dentinal tubules, improving patient comfort and overall oral health. Orthodontic therapy has also been revolutionized by nanomaterials with shape memory properties, which enables faster and more efficient tooth movement. The development of revolutionary products and therapeutic alternatives is supported by ongoing research efforts, enabling the creation of dental implants, fillings and prostheses that closely mimic the characteristics of natural teeth. Nano-delivery systems are being developed to deliver drugs precisely into the oral cavity, providing optimal therapeutic outcomes with minimal side effects. This review highlights the multifaceted aspects of nanomedicine and how nanotechnology is proving to be useful in the diagnosis and treatment of dental diseases. The integration of nanotechnology into dentistry represents a groundbreaking evolution that goes beyond conventional oral care methods, allowing for the development of innovative diagnostic methods and improved oral health.

Prospects for further research. Nanotechnology has revolutionized dentistry by changing the way oral care is conceptualized, delivered, and maintained. To develop effective methods for the diagnosis and treatment of dental diseases, it is necessary to continue research on the optimization of the mechanical properties and cytotoxicity of dental composite materials based on nanotechnology.

Keywords: nanoparticles, oral cavity, nanomaterials, nanodentistry, diseases, biomaterials, treatment, diagnostics.

Стаття надійшла в редакцію 05.08.2024 р.
Стаття прийнята до друку 26.09.2024 р.