

УДК 621.317: 616.314

МІКРОХВИЛЬОВІ ВИПРОМІНЮВАННЯ СТОМАТОЛОГІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ АКРИЛОВИХ ПЛАСТМАС

¹⁾Яненко О.П., ¹⁾Шевченко К.Л., ²⁾Симоненко В.С.

¹⁾Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна

²⁾Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця, Київ, Україна

E-mail: OP291@meta.ua, autom1@meta.ua, ortstomkiev@gmail.com

Вступ. Діелектричні матеріали при нагріванні формують власне електромагнітне випромінювання в міліметровому діапазоні, що є загальною властивістю нагрітих діелектриків. Рівень цього випромінювання (P) визначається температурою нагріву (T) та випромінювальною здатністю матеріалу β . Ці параметри пов'язані між собою відомою формулою Найквіста:

$$P_{\Sigma} = \beta k T \Delta f_{RS},$$

де P_{Σ} – інтегральна потужність випромінювання, вимірювана радіометричною системою із смугою аналізу Δf_{RS} , k – постійна Больцмана, $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; T – термодинамічна температура об'єкту; Δf – смуга частот, аналізу (виміру) РС.

До діелектричних матеріалів слід віднести деякі складові тіла людини як то: внутрішні кістки, рідкі фракції крові та плазми, а також ортопедичні та зубні діелектричні імплантати, серед яких також створені за технологіями біоінженерії та наномедицини.

Потужність випромінювання діелектричних матеріалів імплантатів, за температури тіла людини 310 К, невелика ($10^{-13} - 10^{-14}$ Вт) але через різницю у випромінюванні двох контактуючих тіл (імплантата та біотканини) виникають електромагнітні потоки (ЕМП) різної направленості. Ці потоки можуть мати додатну або від'ємну спрямованість і певним чином впливати на прилеглі біотканини та організм людини в цілому. Реакція організму, незважаючи на такий низькоінтенсивний рівень сигналів, підтверджується лабораторними дослідженнями [1]. Тому дослідження взаємодії низькоінтенсивного мікрохвильового випромінювання імплантованих матеріалів з організмом людини, в тому числі матеріалів біомедичного призначення, є актуальним завданням для фахівців різних галузей – біологів, медиків, фізиків, розробників радіотехнічних приладів та приладобудування. Важливим є визначення в процесі такого дослідження електромагнітної сумісності (ЕМС) імплантованих матеріалів. Визначення цього показника можна шляхом порівняння коефіцієнтів випромінювальної здатності матеріалу імплантату та біотканини співставляючи їх рівні випромінювання між собою.

Основна частина. Особливості використання акрилових пластмас. Стоматологічні матеріали мають певні особливості контакту з живими тканинами. Вони контактують як з твердими, так і з м'якими тканинами тіла людини. Відповідно, вплив виникаючих потоків складніше виявити та

дослідити. Важливішими стають процеси, що відбуваються при взаємодії імплантованих матеріалів і прилеглих ділянок біотканин.

Авторами публікацій [2,3] проведені експериментальні дослідження деяких матеріалів, що використовуються в реконструктивно-відновлювальній хірургії кісток обличчя та цементів для фіксації ортопедичних конструкцій при протезуванні. В ряду матеріалів виявлені значні розбіжності рівня ЕМС. За результатами досліджень запропоновані практичні рекомендації щодо обмеження використання біоматеріалів із значною розбіжністю ЕМС.

В ортопедичній стоматології широке застосування знайшли також акрилові пластмаси, які використовуються як основний матеріал для виготовлення різних видів зубних протезів. Акрилові пластмаси являють собою складні хімічні речовини – похідні акрилові ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$) і метакрилової ($\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$) кислот, їх складних ефірів та інших похідних. Для потреб ортопедичної стоматології промисловість випускає пластмаси у вигляді комплекту, який складається з порошку (полімера) і рідини (мономера). Одержуються вироби методом формування із суміші (тіста) полімера і мономера. Мономер – метиловий ефір метакрилової кислоти ($\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOCH}_3$). Одержують метилакрилат із ацетону і метилового спирту.

Технічні властивості полімерів залежать від природи, будови і чистоти мономерів, технології синтезу, значення молекулярної маси, форми ланцюга, ступеня його гнучкості та значення сил з'єднання [4,5].

Відповідно до призначення, умов використання та переробки пластмасові матеріали повинні мати такі характеристики:

- достатню міцність і необхідну еластичність, що забезпечують цілісність протеза без його деформації під впливом жувальних навантажень;
- стійкість до згинання, стискання;
- високу стійкість до удару;
- невелику питому вагу і малу термічну провідність;
- достатню твердість, стійкість до стирання;
- біоінертність до тканин порожнини рота, зубів та організму в цілому;
- індиферентність до дії слини та різних харчових речовин;
- кольоростійкість до дії світла, повітря та інших чинників зовнішнього середовища;
- відсутність адсорбувальної здатності до харчових речовин і мікрофлори ротової порожнини.

Важливою характеристикою, як вказано вище, може бути також не співпадіння випромінювальної здатності контактуючих матеріалів тобто їх електромагнітна несумісність.

Перелік та характеристики досліджуваних матеріалів. На даний час використовують багато різновидів пластмас для виготовлення базисів знімних протезів, які виробляють Україна, Німеччина, США, Чехія та Японія. До найбільш поширених і практичних слід віднести

1.«Фторакс» виробництва «Стома» (Україна) – фтормісний акриловий співполімер для виготовлення базисів знімних протезів. Порошок – щелепний співполімер метилового ефіру, метакрилової кислоти і фторкуачуку. Рідина – метиловий ефір метакрилової кислоти, що містить зшив-агент диметакриловий ефір дифенілопропану.

2.«Етакрил-02» фірми «Стома» (Україна) застосовують для виготовлення базисів протезів у разі часткових та повних дефектів зубних рядів, а також для ортопедичних цілей.

3.Безколірну базисну пластмасу фірми «Стома» (Україна) використовують для виготовлення базисів зубних протезів у тих випадках, коли протипоказана пластмаса, що містить барвник. Порошок - суспензійний поліметилматакрилат, що містить тивумін, який надає пластмасі кольоростійкості та запобігає її старінню від окисної дії кисню повітря.

4.“Vertex Implacryl” - фірми «DENTIMEX» (США) надміцна пластмаса гарячої полімеризації, що використовується для виготовлення базисів знімних зубних протезів: часткових, повних, знімних зубних протезів з опорою на імпланти. “Implacryl” володіє високою ударною в’язкістю, на 50% перевищує аналогічний показник у звичайних базисних пластмасах, тому стійка до руйнування. “Vertex TM Implacryl” у поєднанні із барвниками для акрилових пластмас “Acrilic Stain” дозволяє виготовляти не менш надійні, але й естетичні зубні протези.

5.“Vertex Basio 20” (Нідерланди) пластмаса гарячої полімеризації, що використовується для виготовлення базисів знімних зубних протезів: часткових, повних, знімних зубних протезів.

6.«Синма-М» фірми «Стома» (Україна) пластмаса гарячої полімеризації використовується в ортопедичній стоматології для виготовлення коронок та для облицювання незнімних протезів.

Полімеризація пластмаси супроводжується рядом небажаних проявів і процесів. До них належать усадка, пористість, внутрішні напруження.

Дотримання режиму полімеризації пластмаси дуже важливе, оскільки у разі його порушення у готовому протезі можуть з’явитися дефекти (пухирці, пористість, розводи, ділянки з підвищеною внутрішньою напругою).

Порушення процесу полімеризації (недостатній час перебування протеза у киплячій воді) призводить до того, що у протезі частина мономеру залишається незв’язаною (у вільному стані), який переміщуючись до поверхні протеза, може виходити в ротову рідину, спричиняючи запалення слизової оболонки ротової порожнини, різні алергічні реакції.

Тканини протезного ложа першими реагують на дію базисів протезів, адже слизова оболонка філогенетично не пристосована до передачі жувального тиску, самоочищення тощо. Виділяють побічну, токсичну, алергічну та травмівну дію базису протеза. Побічна дія знімного протеза полягає у передачі жувального тиску на тканини протезного ложа, що є неадекватним

подразником для слизової оболонки, у порушенні самоочищення, терморегуляції, мови, сприйняття смаку. До результатів побічної дії необхідно віднести «парниковий ефект» та вакуум.

«Парниковий ефект» є наслідком побічної дії знімного пластмасового базису в результаті порушення терморегуляції слизової оболонки ротової порожнини. Механізм виникнення цього явища має таке пояснення. Акрилові пластмаси володіють поганою теплопровідністю. З цієї причини під пластмасовим базисом виникає вища температура, ніж у ротовій порожнині, близька до температури тіла людини. З'являється явище термостату, яке є ідеальною умовою для розмноження мікроорганізмів та грибової мікрофлори.

До результатів токсичної дії акрилових базисів повних знімних протезів відносять токсичні стоматити. Вони можуть бути двох типів. Перший зумовлений значною кількістю залишкового мономера, який не вступив у реакцію полімеризації, другий – зумовлений токсинами, які виділяють мікроорганізми, і спостерігається у разі недотримання гігієни ротової порожнини. Основним компонентом виникнення акрилових токсичних стоматитів є мономер. За своєю хімічною будовою він – метиловий ефір метакрилової кислоти. У високих концентраціях мономер є протоплазматичною отрутою. Його дія на слизову оболонку ротової порожнини вкрай негативна, негативна його дія на весь організм. Причиною виникнення токсичних стоматитів може бути вільний мономер, що вивільняється під час старіння пластмаси, тобто під час процесів деполімеризації.

Причинами виникнення алергійного стоматиту можуть бути мономер, гідрохінон, перекис бензоїлу, окис цинку та барвники. Виділити якийсь один інгредієнт дуже важко. Речовини, які зумовлюють контактну алергійну реакцію, не мають білкової природи. Цих властивостей вони набувають після хімічного сполучення з білками організму. Такі речовини називаються гаптенами. Травматичний протезний стоматит спостерігається часто, особливо у перші дні користування знімними протезами. Травматичні ураження можна виявити по межі протезного ложа і причиною їх виникнення є травма слизової оболонки краєм протеза. Дотримання режиму полімеризації пластмаси дуже важливе, оскільки у разі його порушення у готовому протезі можуть з'явитися дефекти (пухирці, пористість, розводи, ділянки з підвищеною внутрішньою напругою). Якщо дотримувати правил полімеризації, рівень залишкового мономера в готових базисах протеза не повинен перевищувати 0,5%.

Експериментальна частина. Методика підготовки акрилових матеріалів до визначення електромагнітних властивостей та детальний опис апаратурного забезпечення аналогічний розглянутому в [5]. Акрилові матеріали у вигляді круглих шайб встановлювались в металеві контейнери і розміщувались на 30 хв. в термостат з температурою еквівалентною тілу людини 310 К. Після прогріву контейнери із зразками матеріалу розташовували під приймальною антеною радіометричної системи (РС). Діаметр металевого

круглого контейнера вибраний дещо меншим ніж апертура приймальної антени РС для сприймання повного сигналу досліджуваного зразка матеріалу. Дослідження проводили на частоті 51 ГГц.

Перед дослідженням матеріалів проводилась калібровка РС та вимірювання рівня випромінювання двох респондентів, усереднене значення вольтметра індикатора РС при цьому склало 0.7 В.

Результати випромінювальної здатності акрилових матеріалів наведені в таблиці.

Номер матеріалу	1	2	3	4	5	7
Показання індикатора РС (В)	0,32	0,25	0,40	0,42	0,22	0,35

Отримані значення показань індикатора РС, представлені в табл. порівнювались із усередненим значенням випромінювання тіла двох респондентів, в результаті отримані наступні висновки, щодо електромагнітної сумісності досліджуваних матеріалів.

Висновки

1. Як слідує із аналізу результатів вимірювання випромінювальної здатності матеріалів акрилових пластмас для виготовлення зубних протезів найбільше спів падіння мають зразки пластмас «Безколірна базисна пластмаса», поз.3 та Vertex Implantry 1 поз.4.

2. Матеріали вітчизняного виробництва Фторакс поз. 1 та Синма-М поз.6 мають середнє значення і менший рівень спів падіння.

3. Найменший рівень спів падіння зафіксовано у зразків акрилових пластмас Етакрил-02 поз.2 та Vertex Basis 20 поз. 5

4. Проведені дослідження дозволяють вибрати більш прийнятні матеріали для виготовлення зубних знімальних протезів, а також визначати кореляційний зв'язок між виливом електромагнітних характеристик та появою ускладнень у пацієнтів в процесі експлуатації цих конструкцій.

Ключові слова: стоматологія, акрилові пластмаси, зубні протези, випромінювальна здатність, електромагнітна сумісність.

Література

- [1] O. Yanenko, “Low-intensive microwave ave signals in biology and medicine”, *J. Human Physiol.*, V. 1, no. 1, pp. 29–41, 2019.
- [2] Yanenko O. P., Peregodov S. M., Shevchenko K. L., Malanchuk, V. O., Shvydchenko, V. S. and Golovchanska O. D. “Electromagnetic Compatibility of Implantable Biomaterials for Reconstructive and Restorative Surgery of Facial Bones”, *Visnyk NTUU KPI Serii A - Radiotekhnika Radioaparotobuduvannia*, (92), pp. 77-83, 2023. DOI: 10.20535/РАДАП.2023.92.77-83
- [3] O.P. Yanenko, K.L. Shevchenko, O.D. Golovchanska and V.S. Symonenko, “Electromagnetic properties of cements for fixation of orthopedic constructions”, *Вісник КПІ Приладобудування*, т.66, № 2, с. 100-104.
- [4] П. Гасюк, Є. Костенко, В. Щерба та Б. Радчук, *Протезування при повній втраті зубів: підручник*. Тернопіль: ТОВ "Терно-граф, 2017.
- [5] М.М. Рожко, В.П. Неспрядько, І.В. Палійчук та ін., *Ортопедична стоматологія: підручник /за ред.М.М. Рожка, В.П. Неспрядька*. К.: ВСВ "Медицина", с.720, 2020.