

ОЦІНКА ВИПРОМІНЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ БІОМАТЕРІАЛІВ У МІЛІМЕТРОВОМУ ДІАПАЗОНІ

Яненко О. П.¹, д.т.н., професор; Маланчук В. О.², д.м.н., професор;
 Перегудов С. М.¹, к.т.н., доцент; Головчанська О. Д.², к.м.н., доцент;
 Шевченко К. Л.¹, д.т.н., професор

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

² Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

У сучасній медицині застосовується широкий спектр матеріалів, у тому числі біоскло, біокераміка, а також гібридні матеріали, у яких використовуються клітини біотканин та органів [1]. Останнім часом в медичних технологіях знаходять використання комбіновані імплантати з використанням наповнювачів для компенсації дефектів кісткового каркасу або мякотканинної регенерації окремих відхилень в організмі пацієнта [2]. До біоматеріалів пред'являється досить велика сукупність вимог. Проте не враховується їх випромінювальна здатність, яка може суттєво відрізнитись від подібної характеристики біотканин людини. Причому, як показують результати проведених досліджень [3] особливу увагу слід надавати міліметровому діапазону електромагнітних хвиль.

Авторами проведені експериментальні дослідження власного випромінювання ряду матеріалів, що використовуються у стоматології, а також кісткової тканини людини та запропоновано метод оцінки їх випромінювальної здатності в міліметровому діапазоні довжин хвиль.

Вимірювання інтенсивності проводилось за допомогою експериментальної установки на базі атестованої високочутливої радіометричної системи, структурна схема якої представлена на рис. 1.

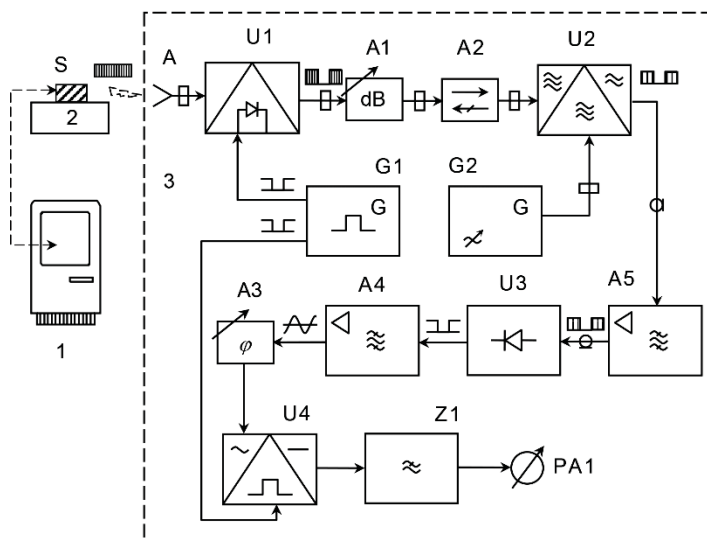


Рисунок 1. Структурна схема експериментальної установки

На вхід поступає шумоподібний сигнал від джерела X , який модулюється за допомогою електрично-керованого модулятора $U1$. Керування роботою модулятора $U1$ здійснюється за допомогою генератора прямокутних імпульсів $G1$. Змінний атенюатор $A1$ послаблює вхідний сигнал до рівня Вт, у разі його перевищення (також цей атенюатор використовується при вимірюванні потужності вхідного сигналу методом заміщення). З виходу атенюатора НВЧ сигнал надходить на один з входів перетворювача $U2$, а на другий вхід якого поступає сигнал гетеродина $G2$. Феритовий вентиль $A2$ забезпечує електродинамічну розв'язку перетворювача з вхідним трактом РС. З виходу перетворювача $U2$ сигнал проміжної частоти надходить на вхід підсилювача $A5$ і після — на квадратичний детектор $U3$. Отриманий сигнал частотою 1 кГц у вигляді прямокутних імпульсів проходить через біквдратний фільтр $A4$, на виході якого формується синусоїдальний сигнал і через фазообертач $A3$ поступає на один з входів синхронного детектора $U4$. На інший вхід $U4$ подається сигнал від генератора $G1$.

Спектр сигналу на виході синхронного детектора $U4$ має постійну складову, що про-порційна потужності джерела X та дисперсію шумів, які проходять на вихід радіометричного каналу і описується формулою

$$U_{U4} = K_{\Sigma} \left[\frac{U_0^2}{\pi} \sum_{n=1}^k \frac{\sin(2n-1)\Omega t}{2n-1} + \Delta U_w^2(t) \right]$$

де U_0 – амплітуда вхідного сигналу; Ω – частота комутації; K_{Σ} – загальний коефіцієнт перетворення вимірювального каналу до фільтра $Z1$; $\Delta U_w^2(t)$ – дисперсія шумів, що проходять у смузі пропускання фільтру $A4$.

Спектр вихідного сигналу синхронного детектора $U4$ має постійну складову, яка пропорційна потужності (інтенсивності) вхідного сигналу джерела X , та флуктуації низької частоти, які можуть суттєво спотворити результат вимірювань та знизити чутливість системи. Для усунення цього недоліку вибрано схему біквдратного фільтру на операційних підсилювачах, який має робочу частоту 1 кГц, регульовану смугу пропускання та коефіцієнт підсилення 15-20 дБ. Фільтр $Z1$ виділяє постійну складову, яка поступає на вхід індикаторного приладу $PA1$. Рівень напруги, що вимірюється, пропорційний потужності вхідного сигналу. Як калібрувальний засіб використано розроблений та атестований генератор еталонного сигналу.

У процесі експериментальних досліджень проводилось вимірювання потужності власного випромінювання біоматеріалів, що використовуються для заміщення кісткової тканини та визначення їх випромінювальної здатності відносно випромінювальної здатності людини ε' . Результати досліджень приведені у табл. 1. Як видно, випромінювальна здатність біоматеріалу на основі біоактивного скла (кераміка «Біомін») має дуже низьку випромінювальну здатність. Проте додавання до його складу кальцієвої солі ор-

тофосфорної кислоти (біокомпозит «Синтекістка») значно підвищує значення цього показнику.

Можливою причиною підвищеного рівня випромінювання може бути присутність у сполуці $Ca_3(PO_4)_2$ атомів кальцію, які активно реагують на тепловий вплив [3]. Проте більш суттєве підвищення випромінювальної здатності відмічається у матеріалах, до складу яких входить демінералізований і недимінералізований кістковий колаген у поєднаннями з сульфатованими глікозамінгліканами (Остеопласт). Випромінювальна здатність таких матеріалів практично збігається з кістковою тканиною людини.

Таким чином, на думку авторів до показників біосумісності матеріалів, що використовуються у практичній медицині, слід додати їх випромінювальну здатність у міліметровому діапазоні довжин хвиль. Визначати даний показник можна шляхом вимірювання інтенсивності біоматеріалів та кісткової тканини (наприклад, у вигляді кісткового борошна), а також власного випромінювання людини.

Перелік посилань

1. Хенч Л. Биоматериалы, искусственные органы и инженеринг тканей/ Л. Хенч, Д. Джонс; пер. с англ. — М.: Техносфера, 2007. — 304 с.
2. Маланчук В.О.Хірургічна стоматологія та щелепно-лицева хірургія. Том 2. Київ: Логос, 2011. — 634 с.
3. Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов / Ю. А. Скрипник, А. Ф. Яненко, В. Ф. Манойлов и др. — Житомир, 2003. — 408 с.

Анотація

Представлено метод визначення випромінювальної здатності біоматеріалів та біотканин людини у міліметровому діапазоні та проведено їх порівняння. Відмічено особливості вказаної характеристики для матеріалів, що застосовуються у практичній медицині, та запропоновано враховувати її як показник біосумісності.

Ключові слова: радіометрія, випромінювальна здатність, біосумісність

Аннотация

Рассмотрен метод определения излучающей способности биоматериалов и биотканей человека в миллиметровом диапазоне и проведено их сравнение. Отмечены особенности указанной характеристики для материалов, применяемых в практической медицине, и предложено учитывать ее как показатель биосовместимости.

Ключевые слова: радиометрия, излучательная способность, биосовместимость.

Abstract

The method of determining radiation capacity of human biomaterials and biographies in the millimeter range is considered and their comparison is carried out. The features of this characteristic for materials used in practical medicine are noted and it is suggested to consider it as an factor of biocompatibility.

Keywords: radiometry, radiation capacity, biocompatibility.

Таблиця 1

Матеріал	P, 10 ⁻¹³ ·Вт	ε'
$Ca_3(PO_4)_2 + Ag$	0,82	0,14
Біокомпозит «Синтекістка»	0,75	0,13
Двофазна кераміка «Біомін»	0,03	< 0,01
Остеопласт К	5,35	0,95
Кісткове борошно	5,52	0,95
Долонь людини	5,80	1