

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА БІОМЕДИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 621-372-061

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПРОМІНЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ
МІНЕРАЛІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ МІКРОХВИЛЬОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ
МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ****Яненко О.П., д.т.н., професор; Мовчанюк А.В., к.т.н., доцент;
Вінокуров В.С., студент***Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна***Вступ. Постановка задачі**

До найбільш поширеної апаратури мм-діапазону, що використовується в технологіях лікування в Україні слід віднести медичні прилади серії “Поріг” (Поріг – 1, Поріг – 3, Поріг – ВТ, Поріг – НТ) виробник Київ, “Ра-мед – експерт” (Дніпропетровськ), “ARIA SC” (Харків) [1]. Розглянуті прилади відрізняються конструктивними особливостями, вихідними параметрами, вартістю тощо. Найбільш простими та доступними за вартістю і технологією обслуговування є прилад іскрового розряду “Поріг - 1” та теплові генератори “Поріг - НТ” та “Поріг - ВТ”.

Як показали клінічні дослідження розглянуті прилади достатньо ефективні при таких захворюваннях як виразка шлунку, некроз головки стегнової кістки, помічна подібна терапія при бронхо-легеневих захворюваннях, цукровому діабеті та інших нозологіях [2]. Діапазон робочих частот теплових генераторів може сягати від 37 до 78 ГГц, а інтенсивність (потужність) вихідного сигналу визначається температурою робочого тіла, в якості якого зазвичай використовують об’ємне узгоджене навантаження, виготовлене з ферооксиду. До недоліків подібних теплових генераторів слід віднести малу потужність (P_c) випромінювачів, яка визначається коефіцієнтом випромінювальної здатності ферооксиду (β) [3].

Зв’язок між потужністю (P_c), температурою (T) та випромінювальною здатністю (β) нагрітого тіла визначається формулою Релея-Джинса:

$$P_c = 2\pi\beta \frac{f^2}{c^2} \cdot kT, \quad (1)$$

де f – роб. частота, c – швид. світла, k – стала Больцмана ($1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град)

Нагріті тіла випромінюють широкий спектр електромагнітних сигналів, починаючи від радіо і до інфрачервоного діапазону включно, охоплюючи і мм-діапазон, який використовується для мікрохвильової терапії.

Застосування нагрітих мінералів відоме в такому напрямку народної медицини, як літотерапія. Використання мінералів достатньо ефективно

при лікуванні наслідків різноманітних травм, простудах, бронхо-легеневих та інших захворюваннях. Впливаючими факторами літотерапії є як інфра-червоне так і мікрохвильове випромінювання, пов'язане з особливостями, структурою того або іншого мінералу. До недоліків подібних методів слід віднести слабкі рівні лікувальних сигналів та відсутність нормованих значень параметрів впливаючих факторів, що не дозволяє об'єктивізувати процес лікування.

Задачею даного дослідження є пошук матеріалів (мінералів) для робочого тіла теплового генератора, випромінювальна здатність яких в мм-діпазоні була б значно вищою ніж у фероєпоксиду, що дозволяє збільшити рівень вихідного сигналу і поєднати позитивні сторони класичної мм-терапії та літотерапії.

Основна частина

Об'єктами дослідження стала колекція мінералів п. Мовчанюка А.В. в кількості 23 зразків. В якості вимірювальної апаратури використана високочутлива радіометрична система мм-діпазону (РС) [4]. Схема вимірювання представлена на рис.1 :

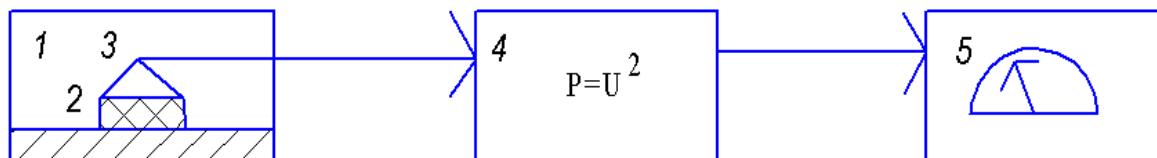


Рис.1. Схема дослідження випромінювальної здатності мінералів
1 - термостат, 2 - об'єкт дослідження, 3 - приймальна антена з хвилеводом,
4 - радіометрична система, 5 - індикатор

Методика вимірювання: Температура в термостаті постійно підтримувалась на рівні 45⁰ С. Зразок мінералу розміщувався в термостаті і нагрівався протягом 20 хвилин. Приймальна антена встановлювалась над зразком досліджуваного мінералу і проводилося вимірювання мікрохвильового сигналу на частоті 52 ГГц. Після відповідних перетворень в РС прийнятого сигналу індикатор фіксував потужність випромінювання досліджуваного об'єкта (P_c). Результати вимірювання абсолютного значення інтегральної потужності досліджуваних мінералів приведені в табл. 1)

Таблиця 1

№ мінералу	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$P(10^{-13}$ Вт)	0,1	0,2	0.31	0.37	0.39	0.4	0.7	0.7	0.78	0.9	1,0	1.3
№ мінералу	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$P(10^{-13}$ Вт)	1.5	1.6	1.8	2.1	2.4	2.6	2.8	2.8	2.85	2.9	2.9	3,0

В табл. 1 прийняті позначення: 1. Ісландський шпат, 2. Янтар, 3. Андроденіт, 4. Цитрин, 5. Кристал кварцу (з вкрапленнями рутилу), 6. Турмалін, 7. Кремній (кристалічна форма), 8. Кристал кварцу, 9. Нефрит; 10. Фероєпоксид; 11. Агат (моховий); 12. Чароїт; 13. Сердолік;

14. Лабрадор; 15. Кремній (дом), 16. Агат; 17. Агат (Чукотка); 18. Агат (Гризуючий), 19. Апатит; 20. Берил; 21. Граніт; 22. Хризопраз; 23. Гранат; 24. Халькопірит;

З табл. 1 видно, що найбільший рівень випромінювання мають мінерали з 18 по 24, і які можуть бути використані в якості робочого тіла теплового генератора в мм-діапазоні хвиль.

В той же час відомо, що найбільший коефіцієнт випромінювальної здатності (для фізичного тіла) має абсолютно чорне тіло, потужність якого можна розрахувати за формулою Найквіста:

$$P_{(ачт)} = kT\Delta f, \quad (2)$$

де Δf - смуга частот аналізу.

За температури прийнятої для дослідження зразків мінералів 45°C , інтегральна потужність абсолютно чорного тіла розрахована з використанням формули (2) складає $4,4 \cdot 10^{-13}$ Вт.

Всі інші тіла, в тому числі і досліджувані мінерали, мають меншу випромінювальну здатність. Такі фізичні об'єкти підпадають під категорію сірих тіл і характеризуються відповідним параметром – коефіцієнтом сірості, який можна визначити за формулою:

$$\beta_{(мін)} = P_{(мін)} / P_{(ачт)}, \quad (3)$$

З урахуванням отриманих результатів табл. 1, за формулою (3) проведено розрахунок коефіцієнту сірості мінералів, результати якого представлені на гістограмі рис. 2

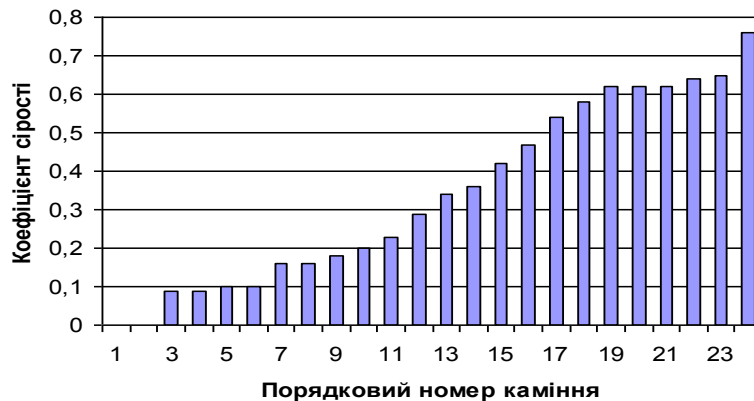


Рис. 2. Гістограма розподілу коефіцієнту сірості мінералів

З гістограми видно, що коефіцієнт випромінювальної здатності ферооксиду (позиція 10) складає (0.2). Мінерали з 11 по 24 (13 мінералів) мають значно більшу випромінювальну здатність і можуть бути використані більш ефективно в якості робочого тіла теплового генератора, яке в мікрохвильовому діапазоні представляє собою узгоджене навантаження в режимі нагріву або охолодження.

Діапазон частот, який активно використовується для мікрохвильової терапії в основному обмежується частотами 37-78 ГГц, що перекривається двома перетинами хвилеводів, і розміри яких приведені в табл.2.

Одна з форм узгодженого навантаження, з урахуванням досягнення мінімального значення коефіцієнта стоячої хвилі за напругою (КСХН), приведена на рис 3.

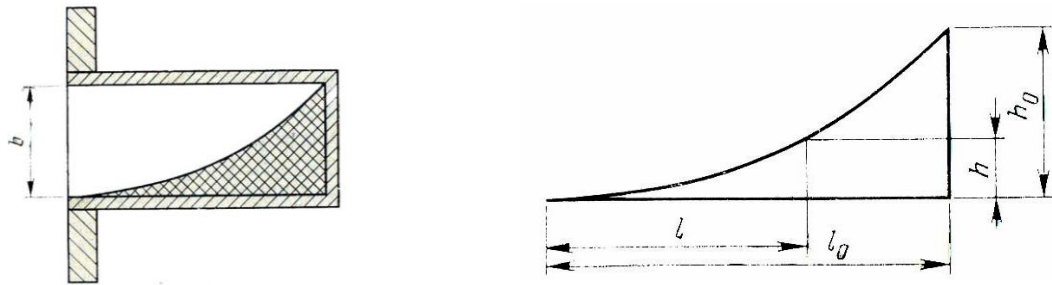


Рис. 3. Ескіз та креслення робочого тіла теплового генератора

Розрахунок основних розмірів робочого тіла теплового генератора за формулою (4), розглянутої в [5] представлений в табл..2.

$$h = e^{\left(\frac{l}{l_0}\right) \ln(h_0+1)} - 1 \quad (4)$$

Для забезпечення мінімального значення коефіцієнта стоячої хвилі за напругою в межах 1.1 – 1.2 необхідно взяти співвідношення $l_0/l = 2$.

З використанням даних табл. 1 та гістограми рис 2 авторами вибрані мінерали, рівень випромінювання яких відрізняється від рівня випромінювання фероєпоксиду більше ніж в 4 рази.

Таблиця 2

Діапазон частот	Переріз хви- лелеводу(мм)	h(мм)	l(мм)	h ₀ (мм)	l ₀ (мм)
37 – 57 ГГц	3.6*1.8	0.9	5.6	2.6	7.6
57 – 78 ГГц	5.2*2.6	0.64	7.6	1.8	11.2

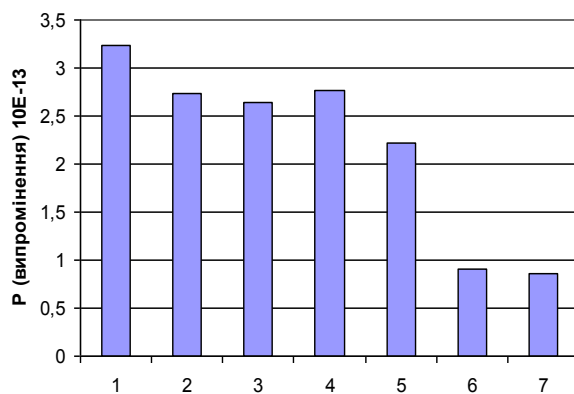


Рис. 4. Порівняльна гістограма потужності вибраних мінералів.

1 – Халькопірит, 2 – Хризопраз, 3 – Граніт, 4 – Гранат, 5 – Агати, 6 – Рівень випромінювання людського організму ($0.9 \cdot 10^{-13}$ Вт); 7 – Фероєпоксид

Співставлення потужності мінералів, що мають обумовлену максимальну випромінювальну здатність, приводяться на гістограмі рис. 4

Таким чином, мінерали 1 – 5 є найбільш перспективними для виготовлення робочого тіла теплового генератора. Враховуючи високу чутливість клітин людського організму до сигналів мм-діапазону, яка може сягати $1 \cdot 10^{-13}$ Вт [6], авторами за формулою (2) розрахована зміна вихідної поту-

жності теплового генератора при нагріванні робочого тіла до 100⁰С, з використанням вибраних мінералів. Результати розрахунку представлені на рис. 5:

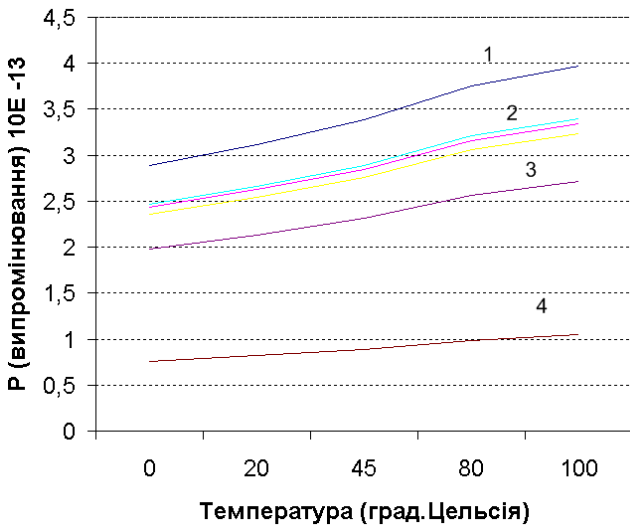


Рис. 5. Залежність потужності випромінювання мінералів від температури
1 – Халькопірит,
2 – Хризопраз, граніт, гранат,
3 – Агати, 4 – Фероєпоксид

Висновки

1. Використання складних генеруючих структур для побудови медичних апаратів на базі електронних пристроїв (ЛПД, діодів Гана, транзисторів) не завжди є економічно вигідним, потребує великих матеріальних затрат та високої кваліфікації при їх обслуговуванні і ремонті.

2. Розробка теплових генераторів медичного призначення є більш простою процедурою як при виготовленні так і експлуатації, зменшує затрати ресурсів при їх створенні та придбанні.

3. Основним елементом теплових генераторів є випромінююче тіло, в якості якого зазвичай використовується фероєпоксид, що характеризується малим рівнем випромінювання.

4. За результатами проведених досліджень використання Халькопіриту, Гранату, Хризопразу, Граніту та Агатів, випромінювальна здатність яких в 4 рази більша ніж в фероєпоксиду, в якості робочого тіла, має переваги при створенні теплових генераторів більшої нормованої потужності. Окрім того, використання мінералів є більш сприятливим для організму людини. Таким чином об'єднуються переваги стандартних лікувальних теплових генераторів мм-діапазону з можливостями літотерапії.

Література:

1. Ситько С.П., Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф. Апаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины / Под общей редакцией проф. С.П. Ситько. – К.: ФАДА, ЛТД, 1999 -199 с.: .

2. Яненко О.П., Куценко В.П., Перегудов С.М. Електронна апаратура лікувально-діагностичних технологій: навчальний посібник / Під загальною редакцією

проф.О.П.Яненко.- Донецьк: ППШ «Наука і освіта», 2011 – 212 с

3. Патент № 53743 Україна, А61N5/02. Пристрій для мікрохвильової терапії / Грубник Б.П., Перегудов С.Н., Рогачев А.І., та інші – Бюл № 2 – 2003.

4. Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф., Манойлов В.П., и др. Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов / - Житомир.: изд. Вольты 2003 – с. 408.

5. Клиг С.М. Проектирование СВЧ устройств радиолокационных приемников. – М.: 1973.- 319с.

6. Манойлов В.Ф., Яненко А.Ф., Перегудов С.Н. Предельно-допустимые нормы и чувствительность живых организмов к электромагнитному излучению миллиметрового диапазона // Труды 9-го международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии- Санкт-Петербург.: 2011 – С.565-568

Яненко О.П., Мовчанюк А.В., Винокуров В.С. Дослідження випромінювальної здатності мінералів для побудови мікрохвильових генераторів медичного призначення. При виконанні фізіотерапевтичних процедур, перевага надається простій і надійній медичній апаратурі. В повній мірі це відноситься і до апаратури для мікрохвильової терапії в діапазоні частот 37 – 78 ГГц. В той же час апаратура мм діапазону відрізняється складністю побудови, високою вартістю та недостатньою надійністю. До більш простих і надійних приладів медичного призначення слід віднести теплові генератори мм-діапазону. Одним з основних недоліків подібних медичних генераторів є мала вихідна потужність. Авторами проведено експериментальні дослідження матеріалів природного походження (мінералів) для використання в якості робочого тіла теплового генератора, які б забезпечували збільшення вихідної потужності цих медичних приладів. Результатами цих досліджень є виявлення матеріалів в яких випромінювальна здатність в 4 рази більша від зазвичай використовуваного – фероапексиду.

Ключові слова: мікрохвильова терапія, тепловий генератор, робоче тіло, мінерали, випромінювальна здатність.

Яненко О.П., Мовчанюк А.В., Винокуров В.С. Исследование излучательной способности минералов для построения микроволновых генераторов медицинского назначения. При выполнении физиотерапевтических процедур, преимущество представляется простой и надежной медицинской аппаратуре. В полной мере это относится и к аппаратуре для микроволновой терапии в диапазоне частот 37 – 78 ГГц. В то же время аппаратура мм-диапазона отличается сложностью построения, высокой стоимостью и недостаточной надежностью. К более простым и надежным приборам медицинского назначения следует отнести тепловые генераторы мм-диапазона. Одним из основных недостатков подобных медицинских генераторов есть малая исходная мощность. Авторами проведены экспериментальные исследования материалов естественного происхождения (минералов) для использования в качестве рабочего тела теплового генератора, способных обеспечивать увеличение выходной мощности этих медицинских приборов. Результатами исследований является выявление материалов в которых излучательная способность в 4 раза большая от обычно используемого – фероапексиду.

Ключевые слова: микроволновая терапия, тепловой генератор, рабочее тело, минералы, излучательная способность.

Yanenko o.p., Movchanyuk A.v., Vinokurov V.S. Research of a radiate ability of minerals is for the construction of microwave generators of the medical setting. At implementation of physical therapy procedures, advantage gets a simple and reliable medical

apparatus. In a complete measure it belongs and to the apparatus for microwave therapy in the range of frequencies 37 – 78 GGc. At the same time the apparatus SHF of range differs complication of construction, high cost and insufficient reliability. To more simple and reliable devices of the medical setting it follows to take the thermal generators of SHF-range. One of basic lacks of similar medical generators there is small initial power. Authors are conduct experimental researches of materials of natural origin (minerals) for the working body of thermal generator, what would provide the increase of initial power these medical devices. The results of these researches is an exposure of materials in which a radiate ability in 4 times is greater from usually in-use – feroapoksidu.

Keywords: *microwave therapy, thermal generator, working body, minerals, radiate ability.*