

**ОСОБЛИВОСТІ МІКРОХВИЛЬОВИХ НИЗЬКОІНТЕНСИВНИХ
ВИПРОМІНЮВАНЬ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ФІЗІОТЕРАПЕВТИЧНИХ
ПРОЦЕДУР¹**

**Яненко О. П.¹, д.т.н., професор; Яворський Б. І.², д.т.н., професор;
Ткачук Р. А.², д.т.н., професор; Русинчук В. П.¹, магістрант**

¹Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна,

²Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя,

Тернопіль, Україна

op291@meta.ua

**PECULIARITIES OF LOW-INTENSITY MICROWAVE RADIATION OF
MATERIALS FOR PHYSIOTHERAPY TREATMENTS**

**Yanenko O. P.¹, Doctor of Engineering, Professor; Yavorsky B. I.², Doctor of
Engineering, Professor; Tkachuk R. A.², Doctor of Engineering, Professor;
Rusynchuk V. P.¹, Undergraduate Student.**

¹Ukrainian National Technical University «Kyiv polytechnical institute», Kyiv, Ukraine,

²Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine

Вступ

Низькоінтенсивні мікрохвильові сигнали, в основному мм-діапазону частот, достатньо широко використовуються в практичній медицині під різними назвами – міліметрова терапія, інформаційно-хвильова, мікрохвильова резонансна терапія [1, 2]. Об'єднуючим фактором є діапазон частот, який при цьому використовується, (30 – 300) ГГц, та потужність впливаючого сигналу. Інтегральна потужність монохроматичних та шумових сигналів може вибиратися в межах $(10^{-6} - 10^{-12})$ Вт/см², а спектральна щільність потужності шуму – $(10^{-10} - 10^{-21})$ Вт см⁻²/Гц. Використання низькоінтенсивних сигналів достатньо ефективно в багатьох сферах практичної медицини – ортопедії, неврології, ендокринології пульманології та інших напрямках і технологіях фізіотерапії. В той же час, поряд із спеціалізованою медичною апаратурою широко використовуються в різноманітних фізіотерапевтичних технологіях матеріали та об'єкти природного походження. До таких матеріалів слід віднести, перш за все озокерит, лікувальні грязі, парафін, сіль та широкий ряд мінералів, які застосовуються в літотерапії [3, 4].

Дослідження електромагнітних мікрохвильових полів і випромінювань (ЕМВ) мінералів проведене авторами [5, 6] підтвердило про наявність

¹ <http://radap.kpi.ua/radiotechnique/article/view/989>

в спектрі сигналу компоненти міліметрового діапазону, яка може використовуватись в якості лікувальної складової при нагріванні мінералів до терапевтично допустимої температури (40 – 50) °С. В процесі проведених досліджень були виділені мінерали з високою випромінювальною здатністю до яких віднесено нефрит, агат, онікс. За температури людського тіла 36 °С рівень випромінювання цих мінералів більший за рівень випромінювання людини, що сприяє формуванню додатних потоків ЕМВ. Окрім того виявлені мінерали, які за такої температури мають менший рівень випромінювання і в цьому випадку формують від’ємні потоки ЕМВ.

Вперше від’ємні потоки в оптичній області були зафіксовані та вивчені автором [7], а в області мм- хвиль колективом авторів [8].

Враховуючи вказані особливості авторами публікації [6] було запропоновано тепловий генератор з реверсивним регулюванням температури та відповідним формуванням тих чи інших потоків ЕМВ. Достатньо ефективно дію від’ємних потоків підтвердили лабораторні та клінічні дослідження проведені в інституті проблем онкології ім. Р.Е. Кавецького НАН України та науково-дослідному центрі квантової медицини МОЗ України, що знайшло відображення в технології лікування, оформленої патентом [8].

Постановка задачі

Ефективність природних матеріалів для фізіотерапії пояснюється в основному дією тепла та прогріванням відповідної ділянки тіла пацієнта і зовсім не враховується, що при нагріванні подібні матеріали випромінюють широкий спектр сигналів радіочастотного діапазону [6]. Терапевтична ж сумарна дія, при цьому буде складатися як з теплової так і мікрохвильової компоненти, а тому більш поглиблене вивчення структури сигналів природних матеріалів для фізіотерапії є актуальною задачею.

Метою даного дослідження є визначення наявності та рівня випромінювання мікрохвильової складової, при нагріванні наведених природних матеріалів до терапевтичної температури, для можливості її врахування при проведенні фізіотерапевтичних процедур.

Основна частина

Відомо, що фізичні тіла при нагріванні випромінюють шумові сигнали в широкому діапазоні частот. Рівень спектральної потужності мікрохвильової компоненти цих сигналів, для радіочастотного діапазону можна розрахувати за формулою Релея – Джінса:

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

де k — постійна Больцмана ($1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$); T — температура об’єкта (фізичного тіла); f — частота випромінювання; c — швидкість світла; β — коефіцієнт «сірості», який характеризує випромінювальну здатність

об'єкта (для абсолютно чорного тіла $\beta = 1$).

Коефіцієнт β для «сірих» тіл можна визначити за відомою формулою:

$$\beta = P_0 / P_{\text{ачт}} \quad (2)$$

де $P_0, P_{\text{ачт}}$ — інтегральна потужність випромінювання об'єкта та відповідно абсолютно чорного тіла за даної температури.

Враховуючи відмічені особливості нагрітих тіл був створений лабораторний макет для експериментального дослідження матеріалів, схема якого представлена на рисунку 1.

Для дослідження випромінювальної здатності були вибрані матеріали, що найбільш часто використовуються в фізіотерапії — озокерит (родовище Борислав, Львівська обл.), лікувальна грязь (Микулинці, Тернопільська обл.), кристалічна сіль (Артемівськ) і парафін, як один із компонентів лікувальних сумішей [3]. Для порівняння досліджувалась також випромінювальна здатність пластинки дерева (ясен) та фрагмент кістки. Озокерит відрізняється високою теплоємністю та низькою теплопровідністю з можливою температурою використання в теплових аплікаціях 40-50⁰ С. В його склад входять парафіни, церезини, а також, як і в склад лікувальних грязей — біологічно активні речовини. В результаті проведення вимірювань на частоті $f = 45 \text{ ГГц}$ були отримані наступні значення випромінюваної потужності для зразків, які представлені в табл. 1.

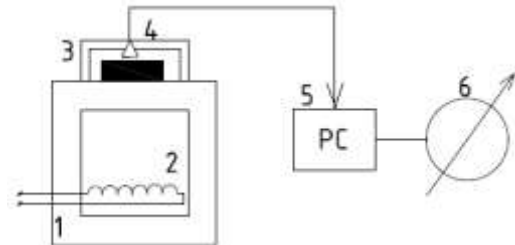


Рис. 1. Схема лабораторного макету для дослідження матеріалів: 1 — термостат з автоматичним контролем температури, 2 — нагрівач, 3 — кювета з досліджуванним матеріалом, 4 — приймальна антена, 5 — високочутлива радіометрична система (PC), 6 — індикатор.

Таблиця 1

Досліджуваний зразок	Значення потужності (Вт/см ²)	β
Озокерит(суміш)	$1,8 \cdot 10^{-13}$	0,1
Грязь (чиста)	$1,6 \cdot 10^{-13}$	0,08
Грязь + парафін (використані)	$0,5 \cdot 10^{-13}$	0,02
Парафін, чистий	$1,05 \cdot 10^{-14}$	0,05
Дерево	$6 \cdot 10^{-13}$,	0,3
Сіль	$2,2 \cdot 10^{-13}$	0,11
Людина($t_r=31^0\text{C}$)	$4 \cdot 10^{-13}$	0,21
Кістка	$6,8 \cdot 10^{-13}$	0,35

Процес вимірювання значень випромінюваної потужності проводився з використанням атестованої радіометричної системи, чутливість якої становить 10^{-14} (Вт), що дає можливість з впевненістю говорити про точність та достовірність отриманих результатів. Перед початком проведення вимірювань зразки було підготовлено та нагріто в термостаті до температури 40⁰ С. Випромінювальна здатність АЧТ для даної температури, розрахо-

вана за формулою (1), складає $1,94 \cdot 10^{-12}$ Вт/см², а коефіцієнти «сірості» вибраних матеріалів, визначені за формулою (2), наведені в табл.1. Випромінювання людини представляє собою усереднене значення двох респондентів, виміряне в середині долоні з попередньою оцінкою її температури (t_r — температура точки на долоні людини).

Із таблиці видно, що рівень випромінювання ділянки долоні людини, навіть за температури (31⁰С), значно меншій ніж температура прогрітих матеріалів (40⁰С), більший в 2 рази по відношенню до суміші озокериту та в 4 рази по відношенню до лікувальної суміші грязі та парафіну.

Аналіз отриманих результатів показує, що наряду з прогріванням аплікаціями озокеритом та грязями (створенням додатних потоків) формується мікрохвильова компонента, яка по відношенню до тіла пацієнта створює «від’ємний потік», здатний зменшувати больові синдроми з надлишком температури. Парафін, що додається як до складу озокериту так і лікувальної грязі при підготовці лікувальної суміші для її стабілізації, призводить до зменшення випромінювальної здатності суміші в мікрохвильовому діапазоні, величина якої залежить від відсоткового співвідношення компонентів. Цим співвідношенням можна регулювати рівень «від’ємного» потоку, а відповідно і ефективність лікування захворювань з больовими синдромами, добавляючи до суміші більший відсоток парафіну. Таку ж здатність має сіль і розчини на її основі (сольові аплікації, ванни тощо), на відміну від дерева та кістки, які мають більший рівень випромінювання ніж тіло людини і формують по відношенню до нього додатні потоки ЕМВ.

Окрім того, була досліджена динаміка зміни ЕМВ матеріалів при їх охолодженні від максимальній температурі нагріву, яка використовується при процедурах (50⁰С) до температури тіла (контрольованої точки долоні). Графік зміни рівня інтегральної потужності представлений на рис. 2. Рівень випромінювання людини для контрольних точок температур 31⁰С, 40⁰С та 50⁰С розраховувався з використанням формули Найквіста:

$$P = kT\Delta f, \quad (3)$$

де $\Delta f = 10^8$ Гц смуга аналізу високочутливої радіометричної системи.

Для точки 31⁰С розрахункове значення складає $4,18 \cdot 10^{-13}$ Вт/см² яке відрізняється від виміряного менше 5 відсотка, що є прийнятним для НВЧ вимірювань та добре підтверджує достовірність вимірювань. Подібним чином були розраховані рівні випромінювання тіла людини для температур 40⁰С та 50⁰С.

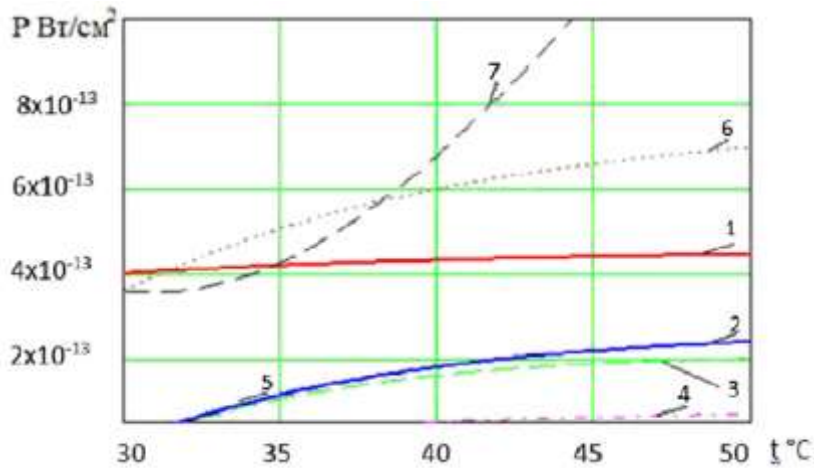


Рис. 2. Графік зміни інтегральної потужності: 1 — інтегральна потужність тіла людини; 2 — інтегральна потужність суміші озокериту; 3 — інтегральна потужність грязі з домішками парафіну; 4 — інтегральна потужність парафіну; 5 — інтегральна потужність чистої грязі; 6 — інтегральна потужність дерева; 7 — інтегральна потужність кістки.

Продемонстровані залежності інтегральної інтенсивності мікрохвильового випромінювання від температури надають можливість говорити, що поряд із інфрачервоною (тепловою) компонентою існує мікрохвильова складова, яка може також впливати на фізіологічний стан живого організму. Кількісні результати проведеного дослідження дають можливість встановити, які саме речовини та природні джерела, що використовуються з лікувальною метою, для покращення функціонального стану випромінювання, мають максимальний рівень мікрохвильового випромінювання. Окрім того, з отриманого графіка рис.2, можна оцінити динаміку зміни потужності цього випромінювання при проведенні теплової процедури. Із розглянутих матеріалів найменшу випромінювальну здатність має парафін. Так за температури 40⁰С потужність випромінювання становила значення, яке співставляє з чутливістю вимірювальної радіометричної системи. Додаток парафіну до озокериту для підвищення пластичності суміші одночасно значно знижує рівень мікрохвильової компоненти.

Як видно з рис. 2 при температурі меншій за 35⁰ С рівень мікрохвильової компоненти фрагменту кістки та дерева практично співпадає з рівнем випромінювання ділянки тіла людини. Збільшення температури вище 35⁰ С призводить до різкого збільшення потужності мікрохвильової компоненти, особливо фрагмента кістки. Така динаміка зміни ЕМВ може бути одним із позитивних лікувальних факторів, який виникає в тілі людини і благотворно впливає на функціональний стан людського організму при захворюваннях з підвищеною температурою або в місцевих ділянках тіла з кістковим включенням при запальних процесах.

Висновки

1. Ефективність використання природних матеріалів в тепловій фізіотерапії необхідно пов'язувати не тільки з наявністю інфрачервоної компоненти, а і, як показали дослідження, з присутністю мікрохвильової складової, яка має значний вплив на результат лікування.

2. Мікрохвильове ЕМВ для розглянутих терапевтичних матеріалів має характер від'ємного потоку, по відношенню до тіла людини, який створює ефект «відбору» енергії при місцевих запальних процесах.

3. Використання матеріалу з низькою випромінювальною здатністю (парафіна) в суміші з основним компонентом (озокеритом або грязцю) дозволяє не тільки стабілізувати лікувальну суміш, а і регулювати рівень потужності від'ємного потоку.

4. Слід відмітити також, що кістки людини мають більш високий рівень випромінювання мікрохвильової складової, у порівнянні з м'якими тканинами і є своєрідними генераторами мікрохвиль, які стимулюють клітини нашого організму, в тому числі при збільшенні температури тіла.

Перелік посилань

1. Ситько С.П. Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины / С.П. Ситько, Ю.А.Скрипник, А.Ф.Яненко. – К. : ФАДА ЛТД, 1999. – 199 с.

2. Ситько С.П. Введение в квантовую медицину / С.П.Ситько, Л.Н.Мкртчян. – К. : Паттерн, 1994. – 146с.

3. Фоменко Н.В. Рекреційні ресурси та курортологія / Н.В. Фоменко. – К. : Центр навчальної літер., 2007. – 312с.

4. Специальная физиотерапия / под ред.. Л. Николовой. – София : Медицина и физкультура, 1983. – 433 с.

5. Скрипник Ю.А. Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов / Ю.А. Скрипник, А.Ф.Яненко, В.Ф.Манойлов, В.П.Куценко, Ю.Б. Гимпилевич. – Житомир : Изд-во «Волынь», 2003. – 408 с.

6. Яненко О.П. Дослідження випромінювальної здатності мінералів для побудови мікрохвильових генераторів медичного призначення / О.П. Яненко, А.В. Мовчанюк, В.С. Вінокуров // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2011. – № 47. – с. 158-164.

7. Степанов Б. И. Основы спектроскопии отрицательных световых потоков / Б. И.Степанов. – Минск : Изд-во Белгосуниверситета, 1961. – 124 с.

8. Понежа Г.В. Положительные и отрицательные потоки микроволнового излучения от физических и биологических объектов / Г.В. Понежа, С.П. Ситько, Ю.А. Скрипник, А.Ф. Яненко // Physics of Alive. – 1998. – Vol.6, № 1. – p. 11-14.

9. Патент на винахід №59399, Україна, МКІ А61N5/02 Спосіб мікрохвильової терапії / Л.С. Бундюк, О.П. Кузьменко, Г.В. Понежа, С.П. Ситько, Ю.О. Скрипник, О.П. Яненко ; Заявн: НДЦ квантової медицини «Відгук» МОЗ України ; Заявл. 30.12.1999р. Опубл.15.09.2003р. Бюл.№9

References

1. Sit'ko S.P. eds., Skripnik Yu.A. and Yanenko A.F. (1999) *Apparaturnoe obespechenie sovremennykh tekhnologii kvantovoi meditsiny* [Instrumental provision of modern technology of quantum medicine]. Kiev, FADA LTD Publ., 199 p.
2. Sit'ko S.P. and Mkrtchyan L.N. (1994.) *Vvedenie v kvantovuyu meditsinu* [Introduction to quantum medicine]. Kiev, Pattern Publ., 148 p.
3. Fomenko N.V. (2007) *Rekreatsiini resursy ta kurortolohiia* [Recreational resources and Balneology]. Kyiv, Tsentr navchalnoi literatury, 312 p.
4. Nikolova L. eds. (1983) *Spetsial'naya fizioterapiya* [Special physiotherapy]. Sofiya : Meditsina i fizkul'tura Publ., 433 p.
5. Skripnik Yu.A., Yanenko A.F., Manoilov V.F., Kutsenko V.P. and Gimpilevich Yu.B. (2003) *Mikrovolnovaya radiometriya fizicheskikh i biologicheskikh ob'ektov* [Microwave radiometry of physical and biological objects]. Zhitomir, Volyn' Publ., 408 p.
6. Yanenko, A. F., Movchanyuk, A. V. and Vinokurov, V. S. (2011) Research of a radiate ability of minerals is for the construction of microwave generators of the medical setting. *Visn. NTUU KPI, Ser. Radiotekh. radioaparaturbuduv.*, no. 47, pp. 158-164. (in Ukrainian)
7. Stepanov B. I. (1961) *Osnovy spektroskopii otritsatel'nykh svetovykh potokov* [Foundations of spectroscopy of negative light fluxes]. Minsk, Belgosuniversitet Publ., 124 p.
8. Ponezha G.V., Sit'ko S.P., Skripnik Yu.A. and Yanenko A.F. (1998) *Polozhitel'nye i otritsatel'nye potoki mikrovolnovogo izlucheniya ot fizicheskikh i biologicheskikh ob'ektov* [Positive and negative flows of the microwave radiation from physical and biological objects]. *Physics of Alive*, Vol.6, № 1, pp.11-14.
9. Bundiuk L.S., Kuzmenko O.P., Ponezha H.V., Sitko S.P., Skrypnyk Iu.O., Ianenko O.P. (2003) *Sposib mikrokhvylovoi terapii* [Method of microwave therapy]. Patent UA 59399.

Яненко О.П., Яворський Б. І., Ткачук Р.А., Русинчук В. П. . Особливості мікрохвильових низькоінтенсивних випромінювань матеріалів для фізіотерапевтичних процедур Авторами проведено дослідження низько інтенсивних електромагнітних випромінювань (ЕМВ) природних матеріалів, які використовуються для теплових фізіотерапевтичних процедур. В результаті радіометричних вимірювань слабких сигналів на частоті 45 ГГц проведена кількісна оцінка рівня потужності цих сигналів, який обмежується діапазоном ($10^{-12} - 10^{-13}$) Вт/см² за терапевтичних температур (35-50) °С. Виявлено, що нарівні із тепловим (інфрачервоним) додатнім потоком при використанні озокериту та лікувальної грязі формується мікрохвильова компонента від'ємного типу, чим пояснюється додатковий цілющий вплив лікувальних процедур при больових запальних процесах, які характеризуються підвищеною температурою. Встановлено, що парафін має низьку випромінювальну здатність, а співвідношенням кількості основного компонента лікувальної суміші та парафіну можна регулювати рівень від'ємної мікрохвильової компоненти.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, озокерит, від'ємні та додатні потоки

Яненко А. Ф., Яворский Б. И., Ткачук Р. А., Русинчук В. П. Особенности микроволновых низкоинтенсивных излучений материалов для физиотерапевтических процедур. Авторами рассмотрены результаты исследования низкоинтенсивных ЕМИ природных материалов, используемых для тепловых физиотерапевтических процедур. В результате радиометрических измерений слабых сигналов на частоте 45 ГГц проведена количественная оценка уровня мощности этих сигналов, ограниченных диапазо-

ном ($10^{-12} - 10^{-13}$) Вт/см² для терапевтичних температур 35-50⁰ С. Виявлено, що наряду с тепловым (инфракрасным) положительным потоком при использовании озокерита и лечебной грязи формируется микроволновая компонента отрицательного типа, чем объясняется дополнительное лечебное влияние при болевых воспалительных процессах, которые характеризуются увеличенной температурой. Установлено, что парафин имеет низкую способность излучения и соотношением количества основного компонента лечебной смеси можно регулировать уровень отрицательной микроволновой компоненты.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, озокерит, отрицательные и положительные потоки

Yanenko A.F., Yavorskyu B.I, Tkachuk R.A., Rusinchuk V.P. **Peculiarities of low-intensity microwave radiation of materials for physiotherapy.**

Introduction The results of low-intensity EMI of natural materials studies used for thermal physiotherapy are reviewed.

Research results In a result of radiometric measurements of weak signals at frequency of 45 GHz and therapeutic temperatures of (35-50)⁰C the quantitative assessment of the power level of these signals remain limited in diapason of ($10^{-12} - 10^{-13}$) W·cm⁻². It was detected that in addition to thermal (i.e. infrared) positive flow using the mineral wax and mud were molded the micro components of negative type. This fact explains the additional therapeutic influence at painful inflammatory processes, which are characterized that is increased temperature.

Conclusions It was found that the wax has a low emissivity and that by the ratio of the main component of the therapeutic mixture it is possible to control the level of negative microwave component.

Keywords: electromagnetic radiation, mineral wax, negative and positive flows