

## **ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА РАДІОВИМІРЮВАНЬ**

УДК621.317.7.089

### **ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСНОГО ПОГЛИНАННЯ БІООБ'ЄКТАМИ ММ-ВИПРОМІНЮВАННЯ**

*Яненко О.П., Мельник Є.Т., Зінченко В.І.*

Міліметровий (мм-) діапазон хвиль використовується в біології та медицині для впливу на біологічні об'єкти і організм людини. Одним з перспективних напрямків покращення проростання та врожайності насіння сільськогосподарських культур є використання фізичних методів впливу на насіння – прогрівання, опромінення електромагнітним випромінюванням (ЕМВ) тощо. В останні роки в сільському господарстві все частіше звертають увагу на екологічно безпечні способи вирощування різних культур для отримання відносно екологічно чистої продукції, до яких можна віднести в повній мірі фізичні методи із слабкими сигналами.

Серед фізичних методів підготовки насіння особливої уваги заслуговує опромінення насіння ЕМВ міліметрового діапазону (30...300 ГГц). Визначаючим екологічним фактором впливу є місцезнаходження рослин, яке пов'язане з рівнем сонячної радіації, і вона, в свою чергу, з ЕМВ хвилями різної довжини. Частота коливань мембран клітин біологічних об'єктів знаходиться в мм-діапазоні хвиль [1]. Тому біооб'єкти реагують більш активно на резонансні частоти опромінення. Особливістю ЕМВ є також "лікувальний" специфічний характер. Саме ці властивості використовуються в квантовій медицині для лікування різноманітних захворювань [2,3].

Насіння рослин складаються з покривних тканин, зародків та живильних речовин, які мають різний хімічний склад, структуру і по-різному реагують на зовнішні фізичні подразники, в тому числі і різні частоти електромагнітного опромінюючого поля. Відомо, що активність фотосинтезу визначається рівнем електромагнітної (сонячної) радіації. Таку реакцію біологічних об'єктів можна віднести і до впливу мікрохвильових сигналів, що підтверджуюся експериментами [4,5]. Одним із біологічних ефектів низькоінтенсивного мм-випромінювання є підвищення врожайності сільськогосподарських культур при передпосівній обробці насіння. Експерименти проводили на кропі [6]. В роботі наводяться дані про стимулюючий вплив мм-хвиль як на проростання, так і на врожайність. Контролем було неопромінене насіння. При сприятливих умовах посіву приріст урожаю досліджуваної культури досягав 20%. В ряді інших робіт аналогічні результати отримані для насіння дерев і рослин. Тому постає питання, на яких частотах потрібно опромінювати насіння для отримання бажаного результату.

В області НВЧ поглинання енергії біооб'єктом в частот спектрі визна-

часться коефіцієнтом стоячої хвилі за напругою (КСХН):

$$КСХН = \frac{E_{c.x. \max}}{E_{c.x. \min}} = \frac{E_{nad. \max} + E_{відб. \max}}{E_{nad. \min} - E_{відб. \min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

де  $E_{c.x. \max}$  – максимальна амплітуда стоячої хвилі,  $E_{c.x. \min}$  – мінімальна амплітуда стоячої хвилі,  $|\Gamma|$  – модуль коефіцієнту відбиття напруги.

За мінімальним значенням КСХН можна визначати резонансні частоти поглинання, на яких біологічна реакція об'єктів опромінення максимальна.

### Результати експериментального дослідження

Враховуючи вище наведене нами проведені експериментальні дослідження ряду насіння злакових культур. Дослідження поглинальної здатності насіння проводилося в діапазоні частот 53...78 ГГц за допомогою вимірювача КСХН і ослаблення Р2-69. Рівень сигналу, що опромінював, склав 0,3...3 мВт.

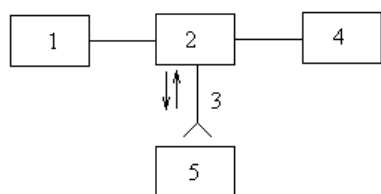


Рис. 1.

До структурної схеми приладу (рис. 1) входять: 1 – генератор, 2 – направлений відгалужувач, 3 – антена, 4 – індикатор, 5 – кювета з насінням. Перед вимірюванням проводилось калібрування по відбиттю від металевої пластини. Вимірювання проведені в діапазоні 53...78 ГГц. Предметом досліджень був набір

насіння соняшника, пшениці, квасолі, гречки, овесу, льону, амаранту, коноплі, бавовнику, рапсу, кунжуту, маку рису, гірчиці. Для порівняння також проводилося опромінення і визначення поглинальної здатності води та тіла людини. В результаті отримано розподіл КСХН у зазначеному діапазоні частот з мінімальним значенням 1,1 і максимальним – 1,7. Найменші значення КСХН визначають частоти, на яких опромінення посівного матеріалу є оптимальним.

Розподіл КСХН насіння амаранту, соняшника, води та БАТ Хе-ГУ приведений відповідно на рис. 2, 3, 4, 5. Для прикладу обране насіння саме таких культур, оскільки амарант має найдрібніші зернини, а соняшник навпаки – найбільш великі. Спектр поглинання води наведено для порівняння; оскільки близько 75% маси живих організмів становить вода, то проводилося дослідження води на поглинання з метою подальшого опромінення організму людини для лікування.

Для зерен амаранту характерними є такі діапазони частот з найбільшим поглинанням: (55,6-56,6) ГГц з найменшим КСХН 1,15, також (64,02-65) ГГц з КСХН 1,2. Для насіння соняшника діапазон частот найкращого поглинання ЕМВ: (55,9-56,4) ГГц з КСХН 1,08 та (64-65) ГГц, для якого КСХН 1,11. Повні результати вимірювання КСХН насіння приведені в табл.1. При цьому  $\Delta_{КСХН}$  визначалось як  $\Delta_{КСХН} = КСХН_{\max} - КСХН_{\min}$ .

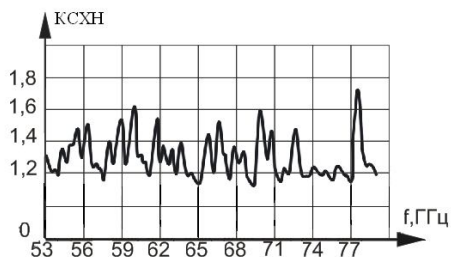


Рис. 2 (амарант)

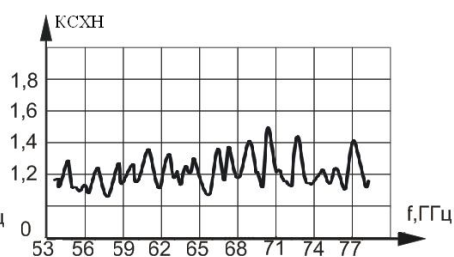


Рис. 3 (соняшник)

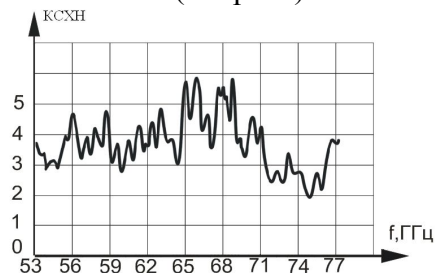


Рис. 4 (вода)

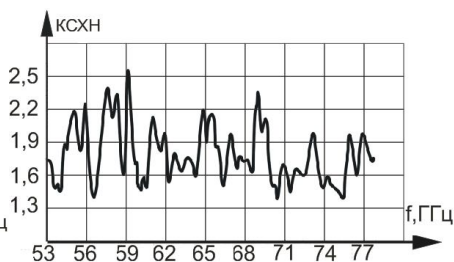


Рис.5 (БАТ Хе-Гу)

Таблиця 1

Назва культури	Максимальний діапазон частот поглинання, ГГц	КСХН			$\Delta_{КСХН}$
		мінім.	середній	максим.	
пшениця	55.9...56.3; 63.8...65.1	1.11	1.25	1.35	0.24
рис	55.9...56.3; 63.8...65.1	1.05	1.23	1.36	0.31
гречка	53.5...54.2; 63.7...65.3	1.1	1.22	1.33	0.23
овес	55.7...56.6; 63.6...65	1.1	1.2	1.37	0.27
мак	56.0...56.6; 63.8...64.9	1.14	1.24	1.4	0.26
соняшник	55.9...56.4; 63.6...65.3	1.08	1.21	1.43	0.35
гірчиця	55.8...56.4; 64...65	1.1	1.2	1.33	0.23
квасоля	55.8...56.4; 64.2...65.1	1.1	1.27	1.32	0.22
амарант	55.6...56.6; 64.02...65	1.1	1.37	1.55	0.45
кунжут	55.9...56.3	1.105	1.21	1.35	0.245
бавовник	56.0...56.6; 64...65	1.11	1.23	1.33	0.22
рапс	53.5...55.1; 63.9...56.4	1.12	1.24	1.37	0.25
конопля	55.8...56.4; 64.3...64.8	1.1	1.22	1.33	0.23
льон	55.9...56.5; 62.05...63	1.115	1.26	1.39	0.275
вода	52.86...54.05; 58.6...60.8	2.5	3.4	5.2	3.4

Спектри поглинання насінням рослин ЕМВ мм-діапазону відкривають можливість ефективною передпосівної обробки насіння, що є підставою для підвищення продуктивності і врожайності сільськогосподарських культур. Причому, для кожної сільськогосподарської культури з метою досягнення максимального біологічного ефекту необхідно вибирати відповідну частоту. Поглинання залежить від вологи насіння, але, як видно із табл.1, зернини мають значно менше значення КСХН в порівнянні з водою, що підтверджує малий відсоток вмісту води. Залежність впливу розміру зерен і їх кольору на рівень електромагнітного поглинання не виявлено.

Отримані результати щодо діапазону поглинання води та БАТ шкіри можуть бути покладені в основу при розробці рекомендацій для викорис-

тання випромінювання мм-діапазону в якості лікувальних процедур і для людського організму. Відзначаються (на рис.5) більш виражені резонансні ефекти при опроміненні БАТ шкіри у порівнянні з водою та насінням, що потребує чіткого визначення цих резонансних частот при проведенні терапевтичних процедур.

Переваги мм-хвиль для впливу на біологічні об'єкти: висока чутливість біооб'єктів до сигналів мм-діапазону і відповідні малі значення потужності для опромінення (3-10 мВт/см<sup>2</sup>), що дозволяє віднести подібні обробки до енергозберігаючих технологій.

#### Література

1. Frohlich H. Theoretical Physics and Biology // Biological Coherence and Response to External Stimuli/ Ed. by Frohlich H. – New York: Springer-Verlag, 1988.
2. Ситько С.П. Мкртчян Л.Н. Введение в квантовую медицину. К.: Паттерн, 1994.
3. Залюбовская Н.П. К оценке действия микроволн миллиметрового и субмиллиметрового диапазона на различные биологические объекты. Автореф. дис. канд. биол. наук. – Харьков, 1970. – 15 с.
4. Бецкий О.В., Девятков Н.Д. Механизмы взаимодействия электромагнитных волн с биологическими объектами // Радиотехника, 41, №9. – 1996. – С. 4-11.
5. Девятков Н.Д., Голант М.Б. Особенности частотно-зависимых биологических эффектов при воздействии электромагнитных излучений. // Электр. техника. "Электроника СВЧ". – 1982. – Вып. 12 (348). – С. 46-50.
6. Мацibuра А., Яненко А.Ф., Унияка Т.Л. Исследование влияния излучения миллиметрового диапазоне волн на продуктивные и урожайные качества ANETHUM GRAVEOLENS// СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: материалы 15-ой Междунар. Крым. конф. в 2 т., Севастополь, 12–16 сентября 2005 г. – Т.2 – С. 898–899.
7. Андреев Є.О, Білий М.У, Ситько С.П. Проявлення власних характеристичних частот організму людини. // Доп. АН УРСР. Сер. Б. – 1984. - №10. – с.56-59.
8. Скрипник Ю.А. и др. Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов / Под общ. ред. проф. Ю.А. Скрипника. – Житомир: "Вольт", 2003. – 408 с.

*Яненко О.П., Мельник Є.Т., Зінченко В.І. Дослідження резонансного поглинання біооб'єктами мм – випромінювання. Приводяться результати досліджень поглинальної здатності насіння злакових рослин, води та шкіри людини в мм-діапазоні хвиль.*

**Ключові слова:** біооб'єкт, поглинання мм-випромінювання біооб'єктом

*Яненко А.Ф., Мельник Е.Т., Зинченко В.И. Исследования резонансного поглощения биообъектами мм-излучения. Приводятся результаты исследования поглощающей способности семян злаковых растений, воды и кожи человека в мм-диапазоне волн.*

**Ключевые слова:** биообъект, поглощение мм-излучения биообъектами

*Yanenko O.P., Melnik E.T., Zinchenko V.I. Investigation of the resonance absorption of bio-objects mm-radiations. The results of investigation of absorbing capacity of cereals, water and human skin in mm-wave band are presented.*

**Keywords:** bioobject, absorb mm-radiation by bioobject

УДК 621.317

## РАДИОМЕТРИЧНИЙ НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВИРОБІВ

*Куценко В.П., Яненко О.П.*

Вироби з діелектричних і композиційних матеріалів широко використовуються в сучасному літакобудуванні, ракетній та космічній техніці. До