

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Представництво Польської академії наук в Києві
Польська академія наук Відділення в Любліні
Академія інженерних наук України
Українська асоціація аграрних інженерів

Міністерство
освіти і науки
України



122 річниці НУБіП України присвячується

ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
XVI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ В ТЕХНІЦІ»
з нагоди 89-ї річниці від дня народження
МОМОТЕНКА
Миколи Петровича
(1931-1981)

TechEnergy 2020

19-22 травня 2020 року
м. Київ

УДК 537.874.4

ВИЗНАЧЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ ЧАСТОТ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНИХ КОЛИВАНЬ НА ХВИЛЕУТВОРЕНЬ У МЕМБРАНАХ КЛІТИН ПРИ МІКРОХВИЛЬОВІЙ ТЕРАПІЇ ТВАРИН

Ю. О. Гуменюк, к.т.н., доц.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна*

У сучасних умовах все більше уваги приділяють використанню природних та штучних фізичних факторів задля лікування і профілактики захворювань тварин. Останнім часом у медицині й біології встановилась практика використання у якості впливових випромінювань випромінювання КВЧ-діапазону (несуча частота $f = 10^{10} \dots 10^{11}$ Гц). Основою для цього є наступні міркування та фактори: а) для електромагнітних полів (ЕМП) малої інтенсивності спостерігається різкий відгук людського організму поблизу частот 40 ... 60 ГГц, що співпадає, зокрема, з резонансною частотою третинної структури ДНК-спіралі, а також із резонансною зоною/смугою поглинання водних кластерів живої матерії (організму). Вважають, що саме у цьому частотному діапазоні має місце так званий вимушений резонанс; б) ефективні частоти порядку 10 ... 50 ГГц, що спостерігаються, співпадають з передбаченими ([1], [2]) резонансними частотами коливань клітинних мембран.

Виходячи з викладеного вище, доцільно визначити приблизний діапазон частот крайньо високочастотного (КВЧ) – терапевтичного випромінювання задля ефективного лікування тварин сільськогосподарського призначення. З теорії параметричних коливань випливає, що найбільш ефективним для розвитку параметричного резонансу є коливання з частотами накачування $\omega = \frac{2\omega_0}{n}$ [3], де ω_0 – власна частота осцилятора, n – ціле число. Тому відгук біооб'єктів на параметричне погойдування осцилятора зовнішніми силами слід чекати у найближчій до ω_H області (в околі частоти ω_H). Відомо, що власна частота осцилятора визначається періодом розповсюдження хвилеутворення (T) у цьому осциляторі, котрий у свою чергу залежить від лінійних розмірів і швидкості розповсюдження (V), а саме: $\omega_0 = 2\pi/T$, $T \sim L/V$, де L – довжина осцилятора (як системи з розподіленими параметрами). Тому частоти резонансного відгуку слід шукати у околі $\omega_H = 4\pi V/(nL)$, а лінійна резонансна частота, за якої вказаний ефект проявляє себе найбільш яскраво, має значення:

$$f = \frac{\omega_H}{2\pi} = \frac{4\pi}{nL}, n = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

Всі оцінки, починаючи з перших спроб теоретичного аналізу експериментальних фактів, пов'язаних зі впливом КВЧ-випромінювання на живі організми, свідчать про те, що реагують на вплив випромінювання клітин саме клітинні мембрани. Проведемо чисельні оцінки. Вважаємо, що пружні властивості вказаних вище мембран визначаються головним чином їх жорсткістю $K_{Ж}$ та товщиною гідрофобної області Δ_M : $K_{Ж} \cong 0,46 \text{ Н/м}$, $\Delta_M \cong 3 \cdot 10^{-9} \text{ м}$ [1]. Ці дані слід доповнити величиною щільності ρ ліпідного (жироподібного) прошарку ($\rho \cong 800 \text{ кг/м}^3$). По суті, за величиною Δ_M ця структура належить до наноструктурних. Згідно вказаних чисельних параметрів можна визначити швидкість V_M акустичних хвилеутворень вздовж самої мембрани клітини:

$$V_M \approx (K_{Ж}/(\rho \cdot \Delta_M))^{1/2}. \quad (2)$$

Оцінка V_M за формулою (2) дає значення $V_M \approx 433 \text{ м/с}$. Отримане значення швидкості електроакустичного хвилеутворення відповідає сповільненню хвилі електромагнітної природи у майже 10^6 разів $\frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{4,33 \cdot 10^2 \text{ м/с}} \approx 0,7 \cdot 10^6$, тут у чисельнику наведена швидкість світла у вакуумі). Тому поле електромагнітоакустичної природи практично впритул притискається до мембрани: глибини проникнення δ такого поля у мембрану для електромагнітної хвилі КВЧ-діапазону (з довжиною хвилі $\lambda = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ і несучою частотою $f = 60 \text{ ГГц}$) складає усього $\sim 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}$ [4], тобто на $1/3$ товщини гідрофобної області мембрани Δ_M . Мембрани ряду клітин та субклітинних елементів мають форму циліндрів [1]. Якщо коливання збуджуються вздовж периметру бічної поверхні цих циліндрів, тоді умова резонансу визначається рівністю периметру πd (d – діаметр циліндра) цілому числу N довжин акустичних хвилеутворень Λ :

$$\Lambda = V_M/f \quad (3)$$

де: f – лінійна частота коливань.

Оскільки $N = (d\pi)/\Lambda$, тоді: $\Lambda = (d\pi)/N$.

$$f = \frac{V_M}{\Lambda} = \frac{(K_{Ж}/(\rho \cdot \Delta_M))^{1/2}}{(\pi d/N)} = \frac{(K_{Ж}/(\rho \cdot \Delta_M))^{1/2}}{\pi d}. \quad (4)$$

Швидкість розповсюдження акустичних коливань (хвилеутворень) у клітинній мембрані V_M згідно з (2) складає приблизно 433 м/с .

Резонансна частота когерентних коливань мембрани \tilde{f} згідно зі співвідношенням (1) має наступне значення:

$$\tilde{f} = \frac{V_M}{\Lambda} = \frac{433 \text{ м/с}}{10 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 43,3 \text{ ГГц}. \quad (5)$$

Таким чином, наведені міркування показують доцільність використання КВЧ-випромінювання з частотою порядку $43,3 \text{ ГГц}$ для ефективного лікування сільськогосподарських тварин.