

## МЕТОДЫ ВЫБОРА ЧАСТОТЫ КВЧ-ОБЛУЧЕНИЯ ЖИВОТНЫХ ДЛЯ МИКРОВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ

Сапрыка А. В.<sup>1</sup>, Аргюшенко А. В.<sup>2</sup>, Ляшенко Г. А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет городского хозяйства,

<sup>2</sup>НТУ "Харьковский политехнический институт",

<sup>3</sup>Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

*В статье рассмотрены подходы к определению частоты терапевтического излучения КВЧ-диапазона с целью лечения животных.*

**Постановка проблемы.** В современных условиях все большее внимание при лечении животных и профилактике болезней уделяется использованию естественных и искусственных физических факторов. Большое воздействие на организм животного оказывают как природные факторы (воздух, солнце и вода), так и различные преобразованные виды физической энергии.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Уверенно вошли в практику лечения и профилактики физиотерапевтические методы: *светолечение* (фототерапия), *лазеротерапия*, *электролечение* (гальванизация, электрофорез, электротерапия импульсными токами низкой частоты и напряжения, дарсонвализация и ультравысокочастотная терапия (УВЧ-терапия)) [1], *микроволновая терапия* [2]. В последнее время в медицине и биологии установилась практика использования в качестве воздействующих - излучений КВЧ-диапазона ( $10^{10} - 10^{11}$  Гц).

Основанием для этого явились следующие предпосылки:

1. Для ЭМП малой интенсивности резкий отклик человеческого организма наблюдается вблизи частоты 40 ГГц, что совпадает с резонансной частотой третичной структуры ДНК-спирали. Считается, что здесь имеет место вынужденный резонанс.

2. Наблюдаемые эффективные частоты порядка ГГц совпадают с предсказанными ([3], [4]) резонансными частотами колебаний клеточных мембран. Биологический эффект связан с резонансным действием электроакустических волн в мембранах.

3. Для здорового организма характер колебания клеточных мембран является стохастическим, а спектральная характеристика близка к шумовой. Поэтому любое заболевание организма изменяет протекание метаболических процессов в клетках, инициируя тем самым процессы функциональной перестройки клеток и вариации спектров излучений собственных электромагнитных полей (ЭМП) клеток [5, 6].

**Цель статьи.** Исходя из изложенного, целесообразно определить примерный диапазон частот КВЧ-терапевтического излучения для эффективного лечения животных.

**Основные материалы исследования.** Точки, зоны и области в электрофизической трактовке являются нелинейными системами. Это означает, что при подаче ЭМП на БАТ или рефлексогенную зону происходит процесс взаимодействия ЭМП с собственным ЭМП точки, зоны, области.

Из теории параметрических колебаний следует, что наиболее эффективными для развития параметрического резонанса являются колебания с частотами накачки  $\omega_n = 2\omega_0/n$  [5], где  $\omega_0$  - собственная частота осциллятора,  $n$  - целое число. Поэтому отклик биообъектов на параметрическую раскачку осциллятора внешними силами следует ожидать в ближней окрестности  $\omega_n$ .

Как известно, собственная частота осциллятора определяется характерным временем распространения возбуждения ( $T$ ) в этом осцилляторе, которое в свою очередь зависит от линейных размеров и скорости распространения ( $V$ ), а именно:  $\omega_0 = 2\pi/T \sim V/L$ , где  $L$  - длина осциллятора,  $n$  - целое число. Поэтому частоты наибольшего отклика нужно искать в окрестности  $\omega_n = 4\pi V/nL$ , и резонансный эффект должен быть наиболее ярким при

$$f = \frac{2V}{nL}, \quad (1)$$

где  $n = 1, 2, 3$ .

Все оценки, начиная с первых попыток теоретического анализа экспериментальных фактов, связанных с воздействием излучения на живые организмы, говорили о том, что реагируют на воздействие излучения клетки клеточные мембраны. Об этом же говорит, в частности, практическое совпадение спектра резонансных частот одномембранных клеток и их мембран.

Механизм выработки клеткой информационного сигнала под воздействием внешнего излучения в какой-то мере аналогичен синхронизации колебаний многих осцилляторов. О природе этих осцилляторов можно судить по тонкой структуре спектров действия, возбуждаемых излучением, обусловленной, как это будет показано ниже, возможностью возбуждения в липидных клеточных мембранах акустических волн шепчущей галереи (волн, не излучающихся во внешнюю среду благодаря полному внутреннему отражению).

Для оценки можно принять, что упругие свойства этих мембран определяются в основном их модулем упругости  $K_y$  и толщиной гидрофобной области  $\Delta_m$ :  $K_y \cong 0,46 \text{ н/м}$ ,  $\Delta_m \cong 3 \cdot 10^{-9} \text{ мм}$  [3]. Эти данные, до-

полненные величиной плотности  $\rho$  липидного (жироподобного) слоя ( $\rho \cong 800 \text{ кг/м}^3$ ), позволяют оценить скорость  $V_m$  акустических волн вдоль мембраны

$$V_m \approx (K_y / \rho \Delta_m)^{1/2}. \quad (2)$$

Она составляет в нашем случае  $\sim 433$  м/с. Полученное значение скорости волны соответствует замедлению волны (снижению ее скорости по отношению к скорости света в вакууме) почти в  $10^6$  раз. Поэтому поле практически вплотную прижато к мембране: глубина проникновения  $\delta$  поля в мембрану для волны  $\lambda = 5$  мм составляет всего  $\sim 1 \cdot 10^{-9}$  м [6].

Мембраны ряда клеток и субклеточных элементов имеют форму цилиндров [3]. Если колебания возбуждаются по периметру боковой поверхности этих цилиндров, то условие резонанса определяется равенством периметра  $\pi d$  ( $d$  - диаметр цилиндра) целому числу  $N$  длин акустических волн  $L$ :

$$L = V_m / f,$$

где  $f$  - частота колебаний.

Поскольку  $N = \pi d / L$ , то

$$f = N(K_y / \rho \Delta_m)^{1/2} (\pi d)^{-1}. \quad (3)$$

Клеточные мембраны поляризованы, и на них имеется постоянная разность потенциалов, соответствующая напряженности поля порядка  $10^7$  В/м.

Благодаря этому деформирующие мембрану акустические колебания вызывают появление переменного электрического поля - образуется акустоэлектрическая волна.

Приведем численные оценки длины волны  $L$  и частоты  $f$  когерентных колебаний мембраны согласно аналитических соотношений 1-3.

Скорость распространения акустоэлектрических колебаний в клеточной мембране  $V_m$  согласно (2) равна 433 м/с.

Резонансная частота когерентных колебаний мембраны  $f$  согласно соотношения (1):

$$f = \frac{V_m}{L} = \frac{433}{10 \cdot 10^{-9}} = 43,3 \text{ ГГц.}$$

Как отмечается в литературе [6], КВЧ-излучение, воздействующее на биологические среды, приводит к возбуждению многомодовых резонансных систем, в частности, биологических клеток. Если  $V$  соответствует скорости распространения акустических волн (сотни метров в секунду), то при частотах, равных или превышающих 10 ГГц, длины волны  $L$  становятся меньшими  $10^{-8}$  м, что обеспечивает возможность размещения в объеме клетки (средний линейный размер которой имеет порядок  $10^{-5}$  м) резонансных систем большой электрической длины.

Используя (2) и учитывая, что  $L = V / f$ , можно определить смещение по частоте между центрами соседних резонансных полос  $\Delta f$ , соответствующее изменению на единицы числа длин волн, укладываемых на периметре мембраны [3, 6]:

$$|\Delta f| \approx \frac{\sqrt{K_y / \rho \Delta_m}}{\pi d},$$

где  $d = 0,5 \cdot 10^{-6}$  м.

$$\Delta f = 276 \text{ МГц}; \quad f / \Delta f = N; \quad N = 156.$$

**Выводы.** Таким образом, приведенные соображения показывают целесообразность использования КВЧ-излучения с частотой порядка 43,3 ГГц для эффективного лечения животных.

#### Список использованных источников

1. Щербаков Г. Г., Коробов А. В., Анохин Б. М. и др. Практикум по внутренним болезням животных - СПб.: Издательство "Лань", 2004. - 544 с.
2. Белановский А. С. Основы биофизики в ветеринарии - М.: Дрофа, 2007. - 332с.
3. Бецкий О. В., Голант М. Б., Девятков Н. Д. Миллиметровые волны в биологии // М.: Знание, 1988. - 64 с.
4. Фрелих Г. Когерентные возбуждения в биологических системах // Биофизика, 1977. - Т. XXII. - Вип. 4. - С. 743 - 744.
5. Хабарова О. В. Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2002. - № 5. - С. 56 - 66.
6. Девятков Н. Д., Голант М. Б., Бецкий О. В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности // М.: Радио и связь, 1991. - 168 с.

#### Анотація

#### МЕТОДИ ВИБОРУ ЧАСТОТИ КВЧ-ОПРОМІНЕННЯ ТВАРИН ДЛЯ МІКРОХВИЛЬОВОЇ ТЕРАПІЇ

Сапрыка О. В., Артюшенко О. В., Ляшенко Г. А.

*У статті розглянуто підходи до визначення частоти терапевтичного випромінювання КВЧ-діапазону з метою лікування тварин.*

#### Abstract

#### APPROACHES TO FREQUENCY SELECTION OF EHF IRRADIATION OF ANIMALS FOR MICROWAVE THERAPY

A. Sapryka, A. Artyushenko, G. Lyashenko

*The article discusses approaches to determining the frequency of therapeutic radiation EHF for the treatment of animals.*