

УДК 615.814.1:615.849.11

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК

Ю. Г. Мычковский

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: kafea@kdu.edu.ua

С точки зрения радиоэлектроники рассмотрены механизмы отклика биологически активных точек на воздействия электромагнитного излучения миллиметрового диапазона и иглотерапии, и проанализированы процессы, протекающие при таких воздействиях. Показано, что изменение параметров биологически активных точек при воздействии электромагнитного излучения миллиметрового диапазона связано с изменением диэлектрической проницаемости воды, зависящей от частоты излучения. Иглоотерапия сопровождается переходными процессами в биологически активной точке, характер которой зависит как от её параметров и электропроводности акупунктурной иглы, так и от этапа процесса воздействия – введения или извлечения иглы.

Ключевые слова: биологически активные точки, электромагнитное излучение миллиметрового диапазона, иглотерапия, радиоэлектроника.

РАДИОЕЛЕКТРОНІКА БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ТОЧОК

Ю. Г. Мичковський

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: kafea@kdu.edu.ua

З погляду радіоелектроніки розглянуті механізми відгуку біологічно активних точок на дії електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону і голкотерапії, та проаналізовані процеси, що відбуваються при таких діях. Показано, що зміна параметрів біологічно активних точок при дії електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону пов'язана зі зміною діелектричної проникності води, що залежить від частоти випромінювання. Голкотерапія супроводжується перехідними процесами в біологічно активних точках, характер яких залежить як від її параметрів і електропровідності акупунктурної голки, так і від етапу процесу впливу – введення або вилучення голки.

Ключові слова: біологічно активні точки, електромагнітне випромінювання міліметрового діапазону, голкотерапія, радіоелектроніка.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Многочисленными исследованиями, например [1–3], установлена взаимосвязь между состоянием того или иного органа и параметрами соответствующих им биологически активных точек (БАТ).

Биологически активные точки представляют собой проектируемые на коже участки наибольшей активности системы «взаимодействия покровы тела – нервная система – внутренние органы». Изменение параметров БАТ может быть осуществлено различными методами, в том числе достаточно развитыми методами иглотерапии [2–4] и бурно развивающимися в последние десятилетия методами воздействия электромагнитным излучением КВЧ диапазона (ММ–излучением) [5–7]. Однако терапевтическое влияние на БАТ названными воздействиями в настоящее время в значительной степени является эмпирическим и требует учета многих факторов.

Целью работы является анализ процессов в биологически активных точках при воздействии ММ–излучения и при иглотерапии, что может послужить основой для повышения эффективности такой терапии.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

БАТ (рис. 1) представляет собой пору в коже (5), на дне которой располагаются нервные окончания (6).

От нервных окончаний отходят нервные волокна к центральной нервной системе (ЦНС). Между нервными окончаниями и верхним слоем кожи, который состоит из тучных клеток (1) с повышенной проводимостью, на расстоянии 100–200 мкм от верхнего слоя находится коллаген (3) с диэлектри-

ческой проницаемостью $\epsilon_r < 10$. В верхнем слое имеется окно диаметром $d \approx 0,1-0,3$ мм.

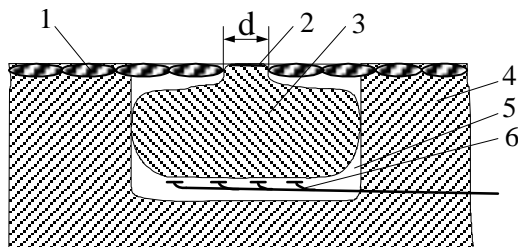


Рисунок 1 – Биологическая (пространственная) модель БАТ: 1 – тучные клетки; 2 – окно; 3 – коллаген; 4 – кожа; 5 – пора в коже; 6 – нервные окончания [8]

Подобная биологическая модель БАТ описана и в работе [9]: область между кожей и нервным волокном напоминает форму цилиндра с размазанными границами боковых стенок. Диаметр БАТ в спокойном состоянии не более 1 мм, а в возбужденном – до нескольких миллиметров.

В эквивалентной электрической схеме БАТ (рис. 2) содержится достаточно большая емкость $C_B \approx 0,02$ мкФ, связанная с пятном повышенной проводимости, резистор утечки $R_B \approx 50$ кОм и диод D_B с отрицательным сопротивлением, который может включаться, выключаться и менять свои параметры под действием управляющего сигнала, например, от центральной нервной системы.

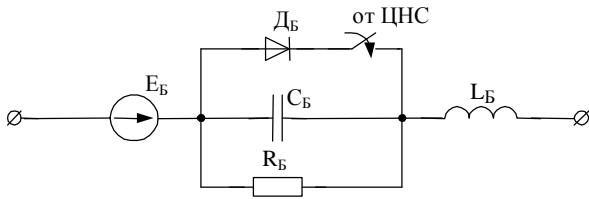


Рисунок 2 – Эквивалентная электрическая схема БАТ [8]

Биологически активная точка содержит также небольшую индуктивность $L_B \approx 0,1$ нГн и внутренний источник постоянной ЭДС (E_B) напряжением 0,5–4 В и токами разряда $I_B = 5\text{--}100$ мкА.

Таким образом, БАТ имеет все необходимые и достаточные условия для приема и генерации электромагнитных волн, резонансные частоты которых определяются электродинамикой их структуры.

Воздействие на БАТ ММ-излучением. Входное сопротивление $Z_{ВХ}$ электрической схемы (рис. 2) без учёта диода будет описываться выражением:

$$Z_{ВХ} = \frac{R \frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} + j\omega L = \frac{R}{1 + (\omega CR)^2} + j \left(\omega L - \frac{\omega CR^2}{1 + (\omega CR)^2} \right), \quad (1)$$

где ω – угловая частота.

Резонанс в анализируемой схеме будет наблюдаться в случае равенства нулю мнимой части входного сопротивления:

$$\omega L - \frac{\omega CR^2}{1 + (\omega CR)^2} = 0. \quad (2)$$

Решение уравнения (2) приводит к выражению

$$\omega = \frac{1}{CR} \cdot \sqrt{\frac{CR^2}{L} - 1}, \quad (3)$$

которое с учетом того, что $\frac{CR^2}{L} \gg 1$, сводится к:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}. \quad (4)$$

Выражение (4) позволяет получить резонансную частоту $\omega_0 \approx 7,1 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$ ($\nu_0 \approx 1,1 \cdot 10^8 \text{ Гц}$).

Диэлектрическая проницаемость воды, равная $\epsilon = 81$, с ростом частоты внешнего электромагнитного излучения резко убывает [10] и вблизи 50 ГГц, например, при резонансе составляет $\epsilon \approx 36$, а в режиме поглощения вне резонансных частот $\epsilon \approx 18$. Следовательно, при КВЧ воздействии диэлектрическая проницаемость воды уменьшается 2,2–4,5 раз. Во столько же раз уменьшается емкость БАТ, т.к. электроёмкость конденсатора любой геометрии

пропорциональна ϵ . Это, в свою очередь, приводит к повышению резонансной частоты в $\sqrt{\epsilon}$ раз до $\nu_0 \approx (1,5\text{--}2,1) \cdot 10^8 \text{ Гц}$. Полученное значение резонансной частоты по порядку величины согласуется со значениями частоты отклика, регистрируемого вблизи 1 ГГц в эффекте преобразования значений резонансных частот в водных растворах и биологических средах из миллиметрового в дециметровый диапазон [11].

При переходе через резонансную частоту характер входного сопротивления меняется с ёмкостного на индуктивный (рис. 3).

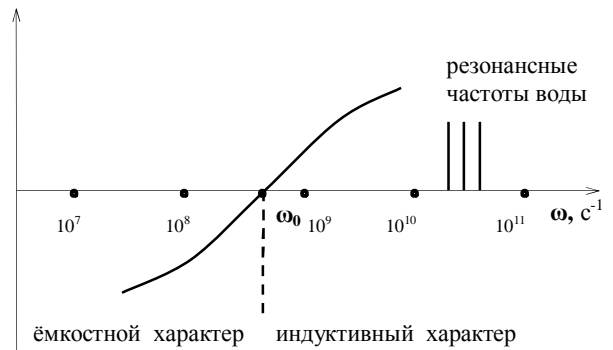


Рисунок 3 – Частотная характеристика мнимой части X входного сопротивления $Z_{ВХ}$

Зависимость диэлектрической проницаемости воды от частоты внешнего электромагнитного воздействия обеспечивает ёмкости БАТ возможность приобрести свойства нелинейного элемента, а это, в свою очередь, обеспечивает условия для возникновения триггерного эффекта. Последний в данном случае проявляется в резком изменении тока в эквивалентной электрической схеме замещения БАТ за счет изменения емкости.

Возвращаясь к рассмотрению роли диода в эквивалентной электрической схеме БАТ, следует отметить, что отрицательное сопротивление (ОС) диода указывает на наличие в его импедансно-частотной характеристике падающего участка. Элементы с отрицательным сопротивлением являются активными, т.к. не потребляют электрическую энергию, а отдают её в цепь за счёт входящих в их состав каких либо источников, пополняющих запас энергии цепи. В биологических системах в качестве активной среды выступают возбудимые клетки.

Если абсолютная величина ОС элемента меньше суммы положительных сопротивлений остальных элементов цепи, то роль элемента с ОС сводится к частичной компенсации потерь в цепи. Если ОС превышает эту сумму, то состояние электрической цепи становится неустойчивым и возможен её переход в другое устойчивое состояние или возникновение в ней колебаний.

Следовательно, наличие в эквивалентной электрической цепи диода с ОС также обеспечивает принципиальную возможность проявления в ней триггерного эффекта.

Иглоотерапия. Введение в БАТ иглы для аку-пунктуры (АИ) может быть представлено как закорачивание емкости C_B активным сопротивлением R_A , величина которого равна сопротивлению части АИ, введенной в БАТ. На эквивалентной электрической схеме это отразится появлением сопротивления R_A (рис. 4). Для упрощения анализа диод D_B на указанном рисунке не изображен.

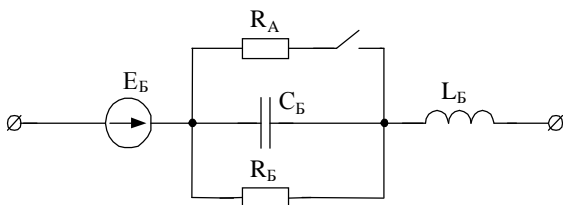


Рисунок 4 – Эквивалентная электрическая схема БАТ при введении в нее АИ

Следовательно, введение АИ можно рассматривать как подключение (коммутацию) R_A . Такая коммутация влечет за собой перераспределение напряжений и токов в цепи и, поэтому, сопровождается переходными процессами, в результате чего БАТ из одного установившегося энергетического состояния переходит в другое установившееся энергетическое состояние (электролитические процессы в переходном слое электрод–электролит в данной работе не рассматриваются).

Проведем оценку величины R_A . Удельное электрическое сопротивление ρ наиболее часто используемых материалов для АИ (сталь, серебро, золото) $\rho = 10^{-7} - 10^{-8}$ Ом·м [12]. Так как диаметр АИ обычно 0,1–0,3мм, а длина участка АИ, введенного в БАТ, может составлять несколько миллиметров, то величина $R_A = 0,01 - 0,1$ Ом.

Составим характеристическое уравнение для схемы рис. 4:

$$p^2 R_A R_B L_B C_B + p L_B (R_A + R_B) + R_A R_B = 0, \quad (5)$$

где p – показатель затухания. Так как $R_A \ll R_B$, то уравнение (5) можно привести к виду:

$$p^2 R_A L_B C_B + p L_B + R_A = 0. \quad (6)$$

Корни уравнения (6) равны:

$$p_{1,2} = \frac{-1 \pm \left(1 - 4 R_A^2 C_B / L_B\right)^{1/2}}{2 R_A C_B}. \quad (7)$$

Если $R_A < 0,5(L_B/C_B)^{1/2} = 0,035$ Ом (цепь с малым затуханием), то корни являются действительными отрицательными неравными числами и переходный процесс имеет аperiodический характер. При $R_A > 0,5(L_B/C_B)^{1/2}$ (цепь с большим затуханием) корни характеристического уравнения являются комплексно-сопряженными, и переходный процесс является затухающим колебательным синусоидальным процессом, в котором угловой частотой свободных колебаний является мнимая часть корня, а коэффициентом затухания, характеризующим скорость убывания амплитуды колебаний свободной

составляющей, является вещественная часть корня. Последний параметр может быть использован для выбора оптимального времени нахождения АИ в БАТ. В случае $R_A = 0,5(L_B/C_B)^{1/2}$ корни действительные отрицательные равные, и переходный процесс можно назвать критическим, т.к. он является пограничным между аperiodическим и колебательным. Следовательно, в такой модели при введении АИ в БАТ характер переходного процесса определяется параметрами БАТ и электропроводностью АИ.

После извлечения АИ из БАТ, что на эквивалентной электрической схеме (рис. 4) будет соответствовать размыканию ключа, также будет протекать переходный процесс. Причем характеристическое уравнение (5) и его корни (7) будут иметь тот же вид, но в них R_A необходимо заменить на R_B .

Принимая во внимание, что величина $R_B \gg 0,5(L_B/C_B)^{1/2}$, можно заключить, что в этом случае переходный процесс будет затухающим колебательным синусоидальным процессом, причем его характеристики определяются только параметрами БАТ и не зависят от свойств иглы. Сравнивая коэффициент затухания этого процесса с аналогичным процессом при введении АИ, можно видеть, что их отношение равно отношению R_B/R_A , т.е. они отличаются примерно в $10^5 - 10^6$ раз, и переходный процесс после извлечения АИ протекает существенно дольше. Следовательно, процессы перехода БАТ к стабильному состоянию после извлечения АИ значительно продолжительнее, чем при введении АИ в БАТ.

Достоверность высказанных в данной работе предположений в значительной мере связана со степенью адекватности использованной электрической модели и ее параметров реальным характеристикам и структуре БАТ.

ВЫВОДЫ. Первичный эффект изменения параметров БАТ при воздействии электромагнитного излучения ММ-диапазона следует связывать с изменением диэлектрической проницаемости воды, которая зависит от частоты излучения. Это обеспечивает проявление триггерного эффекта, при котором БАТ переходит из одного устойчивого состояния в другое.

Иглоотерапия сопровождается переходными процессами в БАТ как при введении, так и извлечении АИ. Характер переходных процессов при введении АИ в БАТ зависит от параметров БАТ и электропроводности АИ, а при извлечении иглы – только от параметров БАТ. Показатель затухания переходного процесса может выступать в качестве критерия при выборе оптимального времени нахождения АИ в БАТ. Длительность переходных процессов при извлечении АИ существенно больше, чем при введении АИ в БАТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаваа Лувсан. Очерки методов восточной рефлексотерапии. – Новосибирск: Наука, 1991. – 432 с.
2. Иванов В.Г., Панков Е.Я., Вязовский В.А. и др. Приборная реализация методов рефлексодиагностики и терапии (Накатани и Фоль). – Харьков: Новатор, 1994. – 189 с.

3. Ромоданов А.П., Богданов Г.Б., Лященко Д.О. Первичные механизмы действия иглокалывания и прижигания. – Киев: Вища школа, 1984. – 112 с.

4. Гаваа Лувсан. Традиционные и современные аспекты восточной рефлексотерапии. – М.: Наука. 1992. – 576 с.

5. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.

6. Дмитриев Б.В. Покатаев В.Н, Завгородний Л.Т. и др. Индивидуальная аппаратура для электрофизического мониторинга и КВЧ рефлексотерапевтической коррекции нарушения гомеостаза // Сборник научных статей 13-ой Международной Крымской конференции «СВЧ–техника и телекоммуникационные технологии. Крымико 2003», 2003. – С. 95–97.

7. Заболотный П.И., Яценунко А.Г., Гринюк В.А. Перспективы медицинских технологий с использованием электромагнитных волн КВЧ диапазона // Сборник научных статей 13-ой Международной Крымской конференции «СВЧ–техника и теле-

коммуникационные технологии. Крымико 2003», 2003. – С. 112–113.

8. Ермолаев Ю.М. Пространственная и электродинамическая модели биологически активной точки. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2000. – № 4. – С. 24–31.

9. Гвоздев В.И., Давыдов Е.В., Криворучко В.И. и др. Ключевые биоструктуры информационного образа человека. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2000. – № 4. – С. 32–38.

10. Gaiduk V.I., Gaiduk V.V., Mc-Connell J. The complex susceptibility of liquid water as a two-potential system of recirculating polar molecules. – Phisika A, 1995.

11. Майбородин А.В., Креницкий А.П., Бецкий О.В. и др. Анализ молекулярных КВЧ-спектров излучения нелинейных биологических сред, представленной моделью Мэнли-Роу // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2004. – № 8–9. – С. 44–52.

12. Кухлинг Х. Справочник по физике / Пер. с нем., под ред. Е.М. Лейкина. – М.: Мир, 1982. – 520 с.

RADIOELECTRONICS OF BIOACTIVE SPOTS

Yu. Mychkovsky

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, Ukraine, 39600 E-mail: kafea@kdu.edu.ua

The article deals with the mechanisms of response of bioactive spots to the electromagnetic millimeter radiation and acupunctures from the point of view of radio electronics. The author analyses the processes progressing during such influences. It is shown that the change of parameters of biologically active spots under the influence of electromagnetic radiation of millimeter range is connected with the change of the dielectric permittivity of water, which depends on the radiation frequency. Acupuncture is accompanied by the transition processes in biologically active spot, which nature depends as on the parameters of biologically active spots and electrical conductivity of acupuncture needles, so on the stage of the effecting influence i.e. introduction or extraction of the needle.

Key words: bioactive spots, electromagnetic millimeter radiation, acupuncture, radio electronics.

REFERENCES

1. Gavaa Luvsan. *Essays of methods of oriental reflexotherapy*. – Novosibirsk: Science, 1991. – 432 p. [in Russian]

2. Ivanov V.G., Pankov Ye.Ya., Vyazovskiy V.A. and others. *Device realization of methods of reflexodiagnosis and therapies (Nakatani and Fol)*. – Kharkov: Novator, 1994. – 189 p. [in Russian]

3. Romodanov A.P., Bogdanov G.B., Lyaschenko D.O. *Primary mechanisms of acupuncture and cauterization action*. – Kiev: Vischa schola, 1984. – 112 p. [in Russian]

4. Gavaa Luvsan. *Traditional and modern aspects of oriental reflexotherapy*. – М.: Science, 1992. – 576 p. [in Russian]

5. Devyatkov N.D., Golant M.B., Beckiy O.V. *Millimeter waves and their role in the processes of vital functions*. – М.: of Radio and connection, 1991. – 168 p. [in Russian]

6. Dmitriev B.V. Pokataev V.N, Zavgorodniy L.T. and others. Individual apparatus for the electrophysical monitoring and EHF reflektoretic correction of homeostasis violation // *Collection of scientific articles. 13th International Crimean conference of «Microwave engineering and telecommunication technologies. Krymiko 2003»*, 2003. – PP. 95–97. [in Russian]

7. Zabolotnyy P.I., Yacunenکو A.G., Grinyuk V.A. Prospects of medical technologies with the use of electromagnetic waves of EHF range // *Collection of scientific articles. 13th International Crimean conference of «Microwave engineering and telecommunication technologies. Krymiko 2003»*, 2003. – PP. 112–113. [in Russian]

8. Ermolaev Yu.M. Spatial and electrodynamic models of bioactive point // *Biomedical radio electronics*. – 2000. – № 4. – PP. 24–31. [in Russian]

9. Gvozdev V.I., Davydov E.V., Krivoruchko V.I. and others. Key biotstructures of informative image of human // *Biomedical radio electronics*. – 2000. – № 4. – PP. 32–38. [in Russian]

10. Gaiduk V.I., Gaiduk V.V., Mc-connell J. *The complex susceptibility of liquid water as a two-potential system of recirculating polar molecules*. – Phisika A, 1995.

11. Mayborodin A.V., Krenickiy A.P., Beckiy O.V. and others. Analysis of molecular EHF-spectra of radiation of nonlinear biological environments, presented with the model of Manly-Row // *Biomedical technologies and radio electronics*. – 2004. – № 8–9. – PP. 44–52. [in Russian]

12. Kuchling Kh. *Handbook on physics* / Translation from German, under the redaction of E.M. Leykina. – М.: Mir, 1982. – 520 p. [in Russian]

Стаття надійшла 29.06.2012.

Рекомендовано до друку
к.т.н., доц. Моспаном В.О.