

О МАГНИТОАКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Бондаренко И.С.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Науки 14, каф. Биомедицинская инженерия, тел. (057) 702-13-64,
E-mail: igor2233d@gmail.com

Biological substance (blood, muscles) has electrical conductivity. Electrical field is formed in the substance at its movement into direct magnetic field. Application of acoustic emanation for themovement is studied here. Formulas for calculation of electrical field value have been obtained. Application of the results for biophysical investigations is discussed.

Введение. Большая часть организма человека является электропроводящей. Удельная электропроводность σ некоторых важных тканей организма приведена в таблице 1[1,2]. Эти ткани либо являются жидкостями (кровь), либо близки по структуре к жидкости.

Таблица №1. №	Название:	Удельная электропроводность $[\chi]^{-1} \times \text{мСм}$
1	Кровь	0,54
2	Мышечная ткань	0,70
3	Спинномозговая жидкость	2
4	Железо	≈ 10
5	Медь	0.5×10^8

Для сравнения приведены значения электропроводности некоторых известных металлических проводников.

К основным положениям магнитогидродинамики, рассматривающей поведение различных сред в постоянном магнитном поле с индукцией \mathbf{B} , относятся следующие характеристики среды: наличие электропроводности, перемещение среды с определенной скоростью \mathbf{v} и определенное соотношение между направлениями векторов \mathbf{v} и \mathbf{B} . Следствием совместного воздействия на среду поля \mathbf{B} и ее перемещения со скоростью \mathbf{v} является возникновение в среде электрического поля с напряженностью

$$\mathbf{E}[3]:$$

$$\mathbf{E} = \mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (1)$$

Как следует из векторного произведения (1), при взаимно перпендикулярном положении векторов \mathbf{v} и \mathbf{B} соотношение (1) имеет наиболее простой вид:

$$E = v B. \quad (2)$$

Из соотношения (2) следует, что напряженность электрического поля пропорциональна скорости и величине магнитной индукции.

Сущность работы. Магнитное поле обычно создается либо катушками с постоянным током, либо твердотельными постоянными магнитами. Максимальное значение индукции на поверхности постоянного магнита может составлять от 1Тесла до 1,5Тесла. С увеличением расстояния между магнитом и исследуемом объектом магнитное поле уменьшается вначале обратно пропорционально расстоянию, а затем более быстро. При расстояниях, существенно больших, чем размеры магнита, поле изменяется обратно пропорционально кубу расстояния. Наиболее распространенные постоянные магниты имеют характерные размеры не более 10 см. Из этого следует, что при использовании постоянного магнита для исследования магнитогидродинамических явлений размеры участков или образцов БС, а также их расстояние от магнита не должны превышать нескольких сантиметров. В отличие от постоянных магнитов катушки с током могут быть существенно больших размеров и создавать поле не меньше, чем постоянный магнит, а при необходимости, и большие, чем 1,5 Тесла. Величина поля магнитной катушки пропорциональна току через катушку и числу витков катушки. С точки зрения безопасности влияния постоянного поля на человека необходимо, чтобы его величина не превышала 1Тл.

Особенностью предлагаемых исследований является перемещение участка БС с помощью воздействия на него акустического излучения (АИ). Для биологических исследований АИ привлекательно тем, что его влияние может распространяться на значительное расстояние в БС без заметного затухания, может фокусироваться до миллиметровых и субмиллиметровых размеров и может перемещать проводящую среду дистанционно, бесконтактным способом. Одной из целей доклада

является расчетная оценка скорости перемещения участка БС и ожидаемого значения напряженности электрического поля.

Как известно из физики [4], АИ в материальной среде (газ, жидкость, твердое тело) распространяется в основном в виде продольных волн расширения и сжатия этой среды. Длина волны АИ определяется формулой

$$\lambda = c/f, (3)$$

где c - скорость звуковой волны в среде, f - частота АИ. Для БС, близкой по плотности к воде, скорость звука составляет около 1500 м/с. Для обеспечения поступательного перемещения участка БС с частотой АИ необходимо, чтобы его размер был меньше длины волны. Это обеспечивается выбором частоты АИ. Например, для участка с размером в 1 см длину волны можно выбрать равной 3 см. При этом согласно (3) требуемая частота равна 50 кГц. Максимальная скорость колебательных перемещений v_{\max} может быть определена из соотношения [5]:

$$I = P v_{\max} / 2 = P_2 / (2c\rho). (4)$$

где I - интенсивность АИ, P - звуковое давление на частицы среды, ρ - плотность
Из (4) следует, что

$$v_{\max} = P / (c\rho) (5)$$

Для диапазона средних по величине интенсивностей АИ звуковое давление находится в пределах $10^3 - 10^5$ Паскаль [3]. Из формулы (5) для этих значений давления в БС с указанной выше плотностью получаем

$$v_{\max} = 0,6 (10^{-3} - 10^{-1}) \text{ м/с.}$$

Соответственно, по формуле (2) получаем диапазон максимальных значений напряженности возбуждаемого АИ переменного электрического поля при величине $B = 1 \text{ Т}$:

$$E \approx (10^{-3} - 10^{-1}) \text{ В/м} (6)$$

Для примера, в таком электрическом поле на участке БС с протяженностью $L = 1 \text{ см}$ должно возникать переменное напряжение $V = EL$ с амплитудой от 10 мкВ до 1 мВ и с частотой АИ.

Объединяя приведенные формулы, можно получить обобщенное выражение для переменного напряжения V , возникающего на участке БС в результате магнитогидродинамического процесса, возбужденного АИ:

$$V = [2I / (c\rho)]^{0,5} BL. (7)$$

Выводы. Совместное воздействие на биологическую среду постоянного магнитного поля и акустического излучения может дать возможность определять в ней напряженность электрического поля в соответствии с основными положениями магнитогидродинамики. В частности фокусирование АИ на различных участках тела человека (в том числе в области внутренних органов) и измерение соответствующих значений напряжения в соответствии с (7) может позволить обнаруживать патологические аномалии в пространственном распределении величины $(c\rho)$, а при заранее известном значении скорости звука также и в распределении плотности БС.

Литература:

1. Электрофорез лекарственных веществ: руководство для специалистов / В.С. Улащик.- Минск: Беларус. навука, 2010-404с.
2. Справочник по элементарной физике. Н.И. Кошкин, М.Г. Ширкевич, Гос.изд. физ-мат литер. Москва 1962г.
3. Полуниин В.М. Акустические свойства нанодисперсных магнитных жидкостей. М.Физматлит.2012г. 384с
4. Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие. И.Е.Эльпинер. Гос.изд. физ-мат литер. Москва 1963г.