

УДК 537.8:534-8

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА ВОЗНИКАЮЩЕГО ПРИ АКУСТОМАГНИТНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ ВОДНОГО РАСТВОРА NaCl, МОДЕЛИРУЮЩЕГО БИОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ

И. С. Бондаренко¹, О. Г. Аврунин¹, С.И. Бондаренко², А.В. Кревеун²

Научный руководитель: д.т.н., проф. Аврунин О.Г.

Харьковский национальный университет радиозлектроники

61166, Харьков, Украина, пр. Науки 14, каф. биомедицинской инженерии, тел. (057) 702-13-64,

Физико-технический институт низких температур им.Б.И. Веркина

61103, Харьков, Украина, пр.Науки 47, тел. (057)-340-22-23

E-mail: igor.bondarenko@nure.ua; oleh.avrunin@nure.ua

The electric field value has been measured in an electroconducting water solution with NaCl, arising at simultaneously action on it of ultrasound and a direct magnetic field. The basic characteristics of ultrasonic radiation in a place of measurement of electric field are defined, proceeding from its value and the experimental installation parameters. Possibility of use of measurements of electric field for studying of properties of the biological tissue is discussed.

Введение. Поступательное перемещение заряженных частиц с некоторой скоростью (v) в постоянном магнитном поле (ПМП) с индукцией (B) вызывает появление в пространстве электрического поля (E). Вектор E направлен под некоторым углом к направлениям векторов скорости и магнитного поля.[1] Магнитогидродинамические генераторы электрической энергии построены, в частности, на основе этого закона. Особенности перемещения заряженных частиц с переменной по величине и направлению скоростью изучаются в данной работе. В частности, такое коллективное перемещение могут совершать ионы проводящей жидкости под действием волны ультразвукового излучения(УЗИ). Биологическая среда является в основном электропроводящей жидкостью.

Цель исследований. Целями настоящих экспериментальных исследований являются проверка возможности наблюдения и величины магнитогидродинамического эффекта под действием УЗИ в водном растворе NaCl, моделирующем биологическую среду, а также определение характеристик УЗИ с помощью измерения величины возникающего в растворе электрического поля.

Сущность работы и результаты измерений. Измерения показали, что МГД (магнитогидродинамический) – эффект хорошо наблюдается в модельном образце БС. Устройство для проведения экспериментов показано на рисунке 1, где 1-медный стакан, 2- пластины для крепления электрических зондов, 3- раствор NaCl, 4 – постоянные магниты, 5- электрические зонды на расстоянии l друг от друга, 6 – звукопровод источника УЗИ, 7- генератор УЗИ, 8 – провода от зондов к вольтметру, 9 – селективный микровольтметр.

В качестве источника УЗИ использовался серийный ультразвуковой диспергатор УЗДН-2Т.

Амплитуда переменного напряжения на зондах (5) $U_{max} = E_{max} \times l$ на частоте ультразвука составила $U_{max} \approx 50$ микровольт при выходной интенсивности УЗИ диспергатора $I_z \approx 3 \times 10^{-2}$ Вт/см². Соответствующее значение амплитуды переменного электрического поля составило $E_{max} = 5 \times 10^{-3}$ В/м. Величина напряжения зависит от угловой ориентации базы зондов с длиной l по отношению к направлению постоянного магнитного поля (ПМП). Напряжение имеет максимальное значение при взаимно перпендикулярном положении базы и направления вектора ПМП, а при параллельном обращается в нуль. Это в точности соответствует векторному произведению:

$$E = v \times B, \quad (1)$$

где v -амплитуда скорости перемещения частиц раствора под действием УЗИ. Интенсивность ультразвука (I_z) в области расположения зондов можно оценить по величине наблюдаемого напряжения на основании полученной нами ранее [2] формулы:

$$I_z \approx U_{max}^2 \cdot \rho \cdot c / (2B^2 \cdot l^2) \quad (2)$$

где в качестве приближенных значений ρ и c были взяты плотность воды и скорость звука в воде.

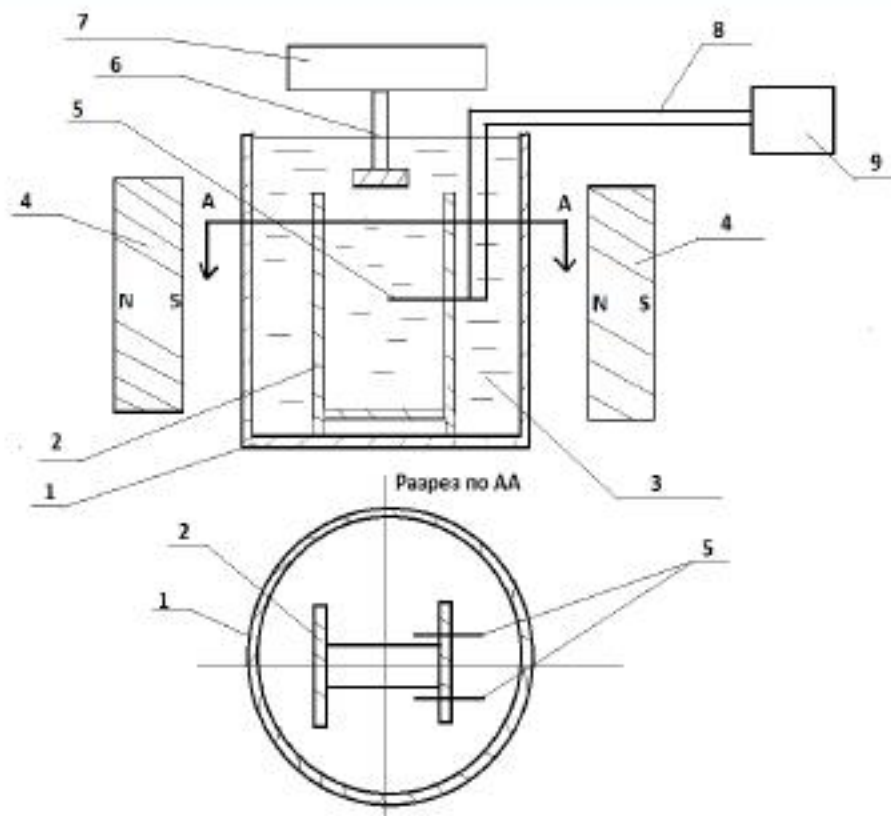


Рисунок 1 – Схема измерительного устройства

Для параметров нашей установки из формулы (2) получаем: $I_z \approx 10^{-2} \text{ Вт/см}^2$, что близко к величине выходной мощности генератора УЗИ. Значения максимальной скорости (v_{\max}) и амплитуды (A) перемещения ионов раствора, а также давления (P) акустической волны могут быть получены с помощью ранее полученных в [2] соотношений на основании измеренного значения электрического напряжения U_{\max} и формулы (2). Эти значения представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры установки

F (кГц)	B (Т)	l (м)	U_{\max} (В)	E_{\max} (В/м)	v_{\max} (м/с)	A (м)	I_z (Вт/м ²)	P_{\max} (Па)	(ρc) (кг/м ² с)
22	0,4	10^{-2}	5×10^{-5}	5×10^{-3}	10^{-2}	10^{-7}	180	2×10^4	$1,5 \times 10^6$

Выводы. Экспериментально доказано, что в электропроводящей жидкости в виде водного раствора NaCl, моделирующего биологическую среду, возникает переменное электрическое поле под действием ультразвукового излучения и постоянного магнитного поля. Направление и величина электрического поля определяются базовым соотношением (1) между скоростью перемещения электрических зарядов жидкости и магнитным полем, что соответствует существованию магнитогидродинамического эффекта в жидкости. Достаточно большая величина регистрируемого напряжения (50 мкВ) на зондах с малой базой (10 мм) при малой скорости (1 см/с) движения проводящей среды говорит о перспективности использования МГД-эффекта, в частности, для определения приращения скорости движения крови по сосудам во время сердечных сокращений.

Перечень ссылок.

1. Роза Р., Магнитогидродинамическое преобразование энергии / Р.Роза. – Москва, 1979.- 252с.
2. Бондаренко И.С. Магнитная гидродинамика биологической среды / И.С. Бондаренко, О.Г. Аврунин.// Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения : материалы 1-й Международной научной и технической конференции. – 2017. – с.252.