

**ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ
И КВАНТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ
ВО ВНУТРЕННИХ ТКАНЯХ БИООБЪЕКТА**

И. Н. СЕМЕНЧИК, П. И. ГОРОХ, канд. техн. наук, доц. В. М. БОНДАРИК

**(Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники, Минск)**

В работе описываются результаты исследования влияния сочетанного воздействия импульсного магнитного поля и квантового излучения на напряженность электрического поля во внутренних тканях биообъекта, имитирующей человеческие ткани. Авторы пришли к заключению, что локальное когерентное световое излучение усиливает воздействие на биообъект активирующих факторов. Авторы приводят экспериментальные данные, свидетельствующие об увеличении эффективности магнитотерапии в сочетании со светотерапией.

Ключевые слова: светотерапия, магнитотерапия, квантовое излучение, биологический объект.

Введение. В медицине в настоящее время возрастает популярность неинвазивных способов лечения человека. Сочетанное воздействие импульсными магнитными полями и квантовым излучением (светотерапия, цветотерапия, лазеротерапия) – одно из перспективных направлений физиотерапии. На настоящее время метод сочетанного воздействия магнитными полями и светотерапии требует дальнейшего экспериментального изучения. Предполагается, что такое сочетание физических факторов может быть эффективным при нарушениях кровообращения и лимфообращения, обмена веществ, при дегенеративно-дистрофических процессах [1].

Целью данной работы стало изучение влияния сочетанного воздействия импульсными магнитными полями и светотерапией на эффективность проведения процедур физиотерапии и выработка рекомендаций по проектированию медицинской аппаратуры для сочетанного воздействия на биологические объекты излучениями различной физической природы.

Методика проведения исследования. Светотерапия – это лечебное применение электромагнитных волн оптического диапазона от искусственных источников с определёнными длинами волн в течение определённого времени.

Магнитотерапия – метод применения переменного низкочастотного (50 Гц), импульсного и постоянного магнитного поля (МП) [2].

При сочтанном воздействии применение активирующих факторов выполняется поочередно – сначала квантовое излучение, затем импульсное магнитное поле.

В качестве объекта для проведения исследований была взята биомасса, далее – биообъект, близкого по физиологии к человеку животного – *porcus*. Биологический объект толщиной до 6 см состоял из кожного покрова толщиной 3 мм, подкожной жировой прослойки толщиной 17 мм и мышечной ткани толщиной 40 мм.

Процедуру квантового облучения проводили при помощи аппарата «Биоптрон *MedAll*» в течении разных интервалов времени и различными длинами волн [3].

Процедуру воздействия импульсным магнитным полем проводили при помощи аппарата «Нейро-МС/Д» различной мощностью магнитного поля [4].

Дополнительное воздействие квантовым излучением проводить при помощи аппарата «РЕФТОН-01 РФТЛС». Длина волны лазерного излучения 630-670 нм (красный диапазон спектра), вид излучения – непрерывный. Мощность лазерного излучения до 21 мВт ± 20% [5].

Степень воздействия активирующих факторов на биообъект оценивали по изменению напряженности электрического поля во внутренних тканях биообъекта.

Регистрация результатов изменения напряженности электрического поля в биообъекте проводилась при помощи цифрового осциллографа 1Gs/s и разработанной авторами системой электродов, которые фиксировались в биообъекте на различной глубине (рис. 1).

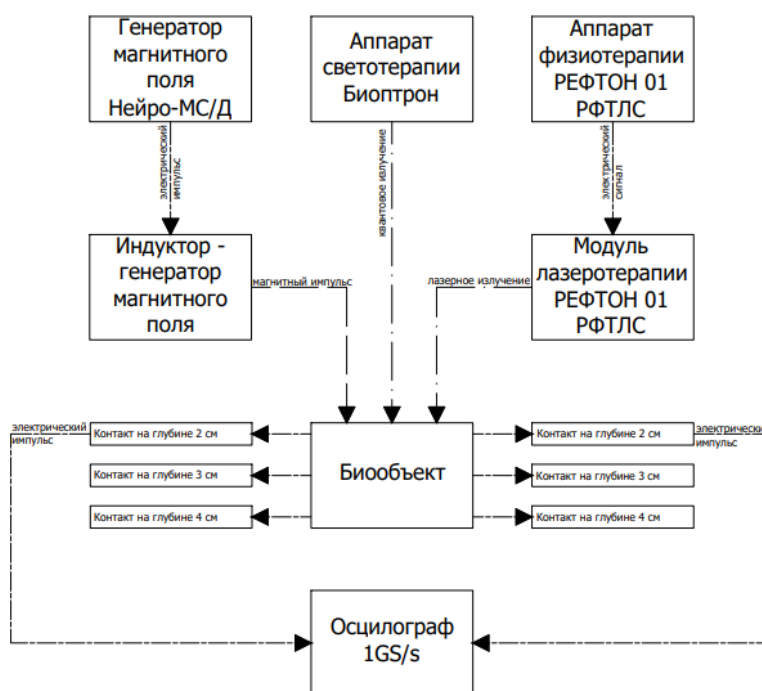


Рисунок 1. – Структурная схема системы, использующейся в исследовании

Для воздействия на биообъект когерентным квантовым излучением применялся аппарат «Биоптрон *MedAll*» с красным, желтым и синим фильтрами для наиболее полного перекрытия всего спектрального диапазона. Время воздействия квантового излучения составляло 30 с, 60 с, 90 с.

Аппарат магнитотерапии «Нейро-МС/Д» позволяет воздействовать на биообъект магнитным импульсом до 4 Тл. Аппарат определяет амплитуду текущего импульса через процент от максимальной амплитуды. При проведении исследований применялись импульсы трех амплитуд: 35%, 70%, 100% от максимальной. Форма сигнала магнитного импульса – бифазная (рис. 2).

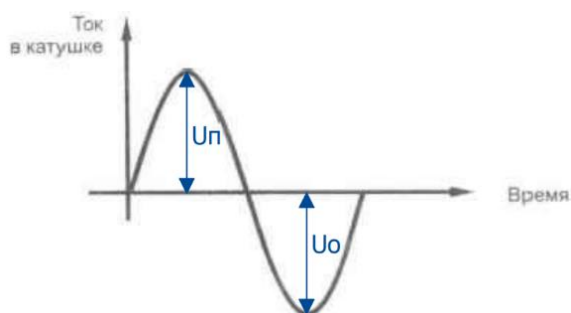


Рисунок 2. – Форма магнитного импульса

Аппарат «РЕФТОН-01 РФТЛС» при проведении исследований использовался в трех режимах: непрерывное воздействие, воздействие на частотах 5 и 125 Гц. Время квантового воздействия было выбрано 30 с, 60 с, 90 с.

Измерения падения напряжения, создаваемого на электродах при воздействии активирующих факторов, проводились на глубине двух, трех и четырех см.

Выбор глубины измерения обусловлены физическими параметрами проникновения квантового излучения и магнитного поля. Максимальная проникающая глубина квантового излучения 4-6 см. Проникновение лазерного излучения достигает 7 см. Магнитного поля – 6 см.

Расстояние между индуктором магнитного поля и кожным покровом биообъекта был выбран в 2 см, между источником квантового излучения и кожным покровом биообъекта – 4 см.

Ход исследования. На первом этапе исследований замеры проводились при воздействии на биообъект только импульсного магнитного поля (таблица 1).

Таблица 1. – Падение напряжения на измерительных электродах при воздействии импульсного магнитного поля

Амплитуда магнитного импульса, %	Глубина измерения, см	Падение напряжения на измерительных электродах U_p/U_o , В, первое измерение	Падение напряжения на измерительных электродах U_p/U_o , В, второе измерение	Среднее падение напряжения на измерительных электродах U_p+U_o , В
1	2	3	4	5
35	2	4/2	3/2	5,5

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
70	2	6/8	7/2	11,5
100	2	9/11	12/5	18,5
35	3	4/4	3/5	8
70	3	10/5	6/10	15,5
100	3	12/12	8/15	23,5
35	4	5/2	4/1	6
70	4	8/3	8/3	11
100	4	12/6	13/5	18

На втором этапе исследований замеры проводились при сочетанном воздействии на биообъект импульсного магнитного поля и квантового излучения (таблица 2).

Таблица 2. – Падение напряжения на измерительных электродах при сочетанном воздействии импульсного магнитного поля и квантового излучения (аппарат «Биоптрон MedAll», красный фильтр, время воздействия 30 с)

Амплитуда магнитного импульса, %	Глубина измерения, см	Падение напряжения на измерительных электродах U_p/U_0 , В, первое измерение	Падение напряжения на измерительных электродах U_p/U_0 , В, второе измерение	Среднее падение напряжения на измерительных электродах U_p+U_0 , В
35	2	5/5	5/4	9,5
70	2	7/12	6/11	18
100	2	15/15	15/14	29,5
35	3	3/6	4/4	8,5
70	3	8/12	12/6	19
100	3	10/19	9/20	29
35	4	5/2	4/2	6,5
70	4	7/8	8/7	15
100	4	14/7	15/7	21,5

Зависимость падения напряжения на измерительных электродах от амплитуды магнитного импульса, глубины расположения измерительных электродов в биообъекте и воздействия на него импульсного магнитного поля и квантового излучения показана на рисунке 3.

Падение напряжения на измерительных электродах после предварительного воздействия на биообъект квантовым излучением красного спектра по сравнению с первым этапом исследований увеличилось на 8–59% в зависимости от глубины расположения системы электродов при постоянном времени облучения 30 с.

Значительный прирост падения напряжения наблюдался для всех серий измерений, так как низкочастотное квантовое излучение (использование красного светофильтра) имеет высокую проникающую способность, вплоть до 6 см.

Вероятнее всего, причиной такого увеличения падения напряжения является повышение температуры тканей биообъекта по всей его глубине и активизация окислительно-восстановительных процессов внутри тканей биообъекта.

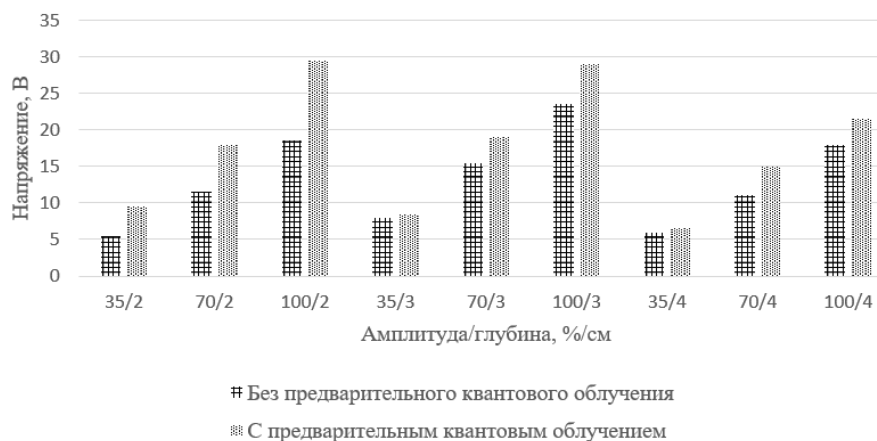


Рисунок 3. – Падение напряжения на измерительных электродах при различных видах воздействия на биообъект

Заключение. Исходя из анализа полученных экспериментальных данных установлено, что предварительное воздействие квантовым излучением с использованием красного светофильтра на ткани биообъекта перед воздействием импульсного магнитного поля оказывает существенное влияние на параметры биообъекта. Конкретные зависимости и влияние конкретных видов квантового воздействия на биообъект покажет более глубокий анализ полученных данных.

Отмечена перспективность разработки аппаратов с возможностью одновременного воздействия квантовым излучением и магнитными полями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Улащик В. С. [и др.]. Магнитотерапия: теоретические основы и практическое применение / В. С. Улащик. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 379 с.
2. Основы физиотерапии и курортологии: учебное пособие / Г. А. Мороз [и др.] – Симферополь : Медицинская академия имени С. И. Георгиевского, 2015. – 243 с.
3. Биоптрон MedAll. Техническое задание [Электронный ресурс] / BIOPTRON. – Wollerau, 2019. – Режим доступа: <http://ru.bioptron.com/Products/BIOPTRON-MedAll.aspx>.
4. Нейро-МС/Д [Электронный ресурс] / Медресурс. – Иваново, 2018 – Режим доступа: <http://medresurs24.ru/d/838330/d/neyro-msd.pdf>.
5. Руководство по эксплуатации / Огурцов С.П. [и др.] – Минск : ООО «АЗГАР», 2021. – 43 с.