

УДК 51-76; 615.8

## ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ И КВАНТОВОГО ПОЛЯРИЗОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

И.Н. СЕМЕНЧИК, В.М. БОНДАРИК, П.И. ГОРОХ, О.М. ВНУК, Г.Д. СИТНИК

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (г. Минск, Республика Беларусь)*

**Аннотация.** Оценивается влияние сочетанного воздействия импульсного магнитного поля и квантового поляризованного излучения различной длины волны на параметры биообъекта, имитирующего ткани человека. По результатам анализа экспериментальных данных авторы пришли к заключению, что локальное поляризованное квантовое излучение усиливает воздействие импульсного магнитного поля на биообъект. Полученные результаты свидетельствуют об увеличении эффективности физиотерапевтической процедуры за счет сочетанного воздействия импульсной магнитотерапии и светотерапии.

**Ключевые слова:** светотерапия, магнитотерапия, квантовое излучение, биообъект, магнитное поле, красный свет, синий свет, желтый свет, воздействие.

## THE EFFECT OF THE COMBINED EFFECT OF A PULSED MAGNETIC FIELD AND QUANTUM POLARIZED RADIATION ON THE PARAMETERS OF BIOLOGICAL TISSUES

I.N. SYAMENCHYK, V.M. BONDARIK, P.I. HAROKH, O.M. VNUK, G.D. SITNIK

*Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics"  
(Minsk, Republic of Belarus)*

**Abstract.** The effect of the combined effect of a magnetic field and polarized quantum radiation of different wavelengths on the parameters of a biological object imitating human tissues is evaluated. Based on the results of the analysis of experimental data, the authors came to the conclusion that local polarized light radiation enhances the effect of a pulsed magnetic field on a biological object. The results obtained indicate an increase in the effectiveness of the physiotherapy procedure – pulsed magnetotherapy with additional exposure to light therapy.

**Keywords:** light therapy, magnetotherapy, quantum radiation, bio-object, magnetic field, red light, blue light, yellow light, exposure.

### Введение

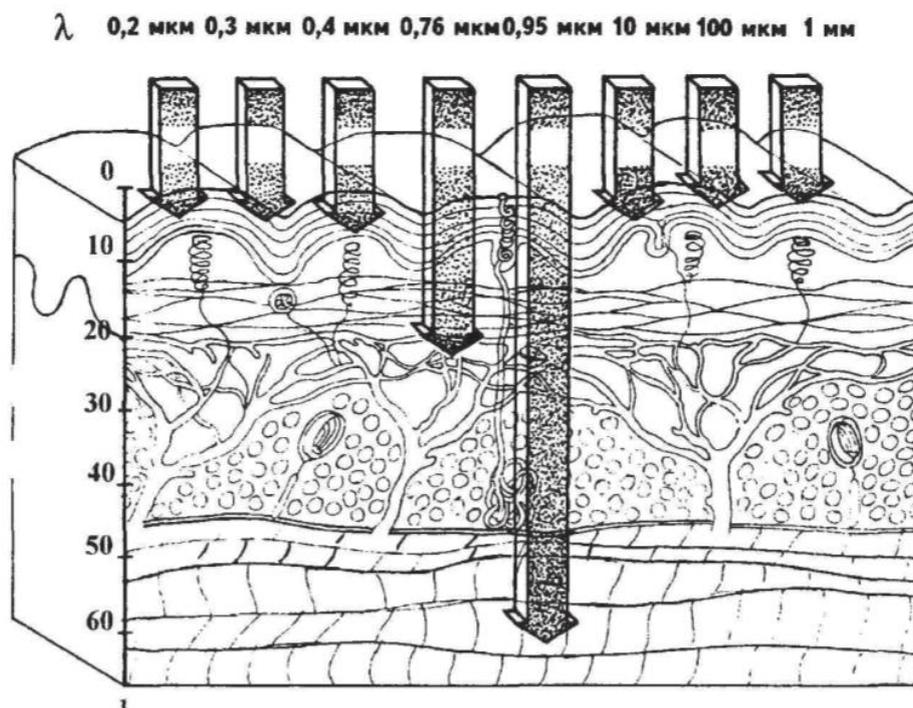
В современной медицине активно применяются различные методы неинвазивного лечения. Одними из популярнейших методов неинвазивного лечения являются лечение квантовым излучением (светотерапия, цветотерапия, лазеротерапия) и импульсная магнитотерапия.

Механизм физиологического и терапевтического действия импульсного магнитного поля (МП) и квантового поляризованного излучения сложен. Для изучения воздействия различных видов излучений на проницаемости тканей при экстракорпоральном воздействии необходимо использование мультифизического и математического моделирования всех этапов разрабатываемой технологии с учетом свойств тканей организма человека [1, 2].

Из клеточных элементов наиболее чувствительны к МП мембраны, митохондрии и ядра. Изменяются процессы тканевого дыхания, соотношение свободного и фосфорилирующего окисления в дыхательной цепи. Под влиянием МП снижается

проницаемость клеточных мембран, задерживается склерозирование соединительной ткани. МП оказывают сосудорасширяющее, гипотензивное действие, уменьшают потребность клеток и тканей в кислороде, влияют на функцию свёртывавшей системы крови, причём положительная индукция повышает, отрицательная – снижает свёртываемость крови, улучшает работоспособность миокарда. В целом улучшается трофика тканей, усиливаются процессы регенерации, оказывается противовоспалительное действие. МП может оказывать как стимулирующее, так и угнетающее влияние на иммунологическую реактивность организма. При применении сверхнизких частот МП отмечено повышение мышечного тонуса вплоть до появления сокращений.

Фотобиологические реакции возникают вследствие поглощения электромагнитной энергии, которая определяется энергией световых квантов и возрастает с уменьшением длины волны. Характер взаимодействия оптического излучения с биологическими тканями определяется его проникающей способностью. Различные слои биологических тканей неодинаково поглощают оптическое излучение разной длины волны (рис. 1) [3].



**Рис. 1.** Проникающая способность оптического излучения в различные слои биологических тканей (по оси абсцисс – длина волны в мкм, по оси ординат – проникающая способность в мм)

Поглощаясь тканями организма, квантовые излучения верхней половины оптического спектра трансформируются в тепловую энергию, что приводит к быстрому локальному повышению температуры облучаемых участков на 1-2°C. Одновременно с облучением или сразу после него возникает нестойкая эритема сроком до 4 ч. При поглощении квантов ультрафиолетового излучения в коже протекают следующие фотохимические и фотобиологические реакции: разрушение белковых молекул (фотолиз), образование более сложных биологических молекул (фотобиосинтез) или молекул с новыми физико-химическими свойствами (фотоизомеризация), а также образование биорадикалов [3]. Каждому из участков оптического спектра свойственно преимущественно тепловое или химическое действие. Излучение в верхней половине оптического спектра (инфракрасное, красное, оранжевое и желтое) характеризуется выраженным тепловым действием, а в нижней половине (синие, фиолетовое, ультрафиолетовое) – преимущественно химическим действием [4, 5].

Целью данного исследования является оценка сочетанного воздействия импульсного магнитного поля и поляризованного квантового излучения различной длины волны на биообъект.

## Методика проведения эксперимента

Для проведения измерений были использованы магнитостимулятор с индуктором Нейро-МС/Д, цифровой осциллограф с персональным компьютером и биообъект с системой электродов. В качестве биообъекта использовалась биологическая ткань, схожая с человеческой, типа *porcus*. Биообъект состоял из кожного покрова, слоя жировой прослойки и мышечной ткани. Выбор биообъекта был обусловлен схожестью биологических характеристик, аналогичным с биологическими тканями человека поглощением энергии и глубиной проникновения излучения.

Для проведения исследований *in vitro* разработана установка (рис. 2).

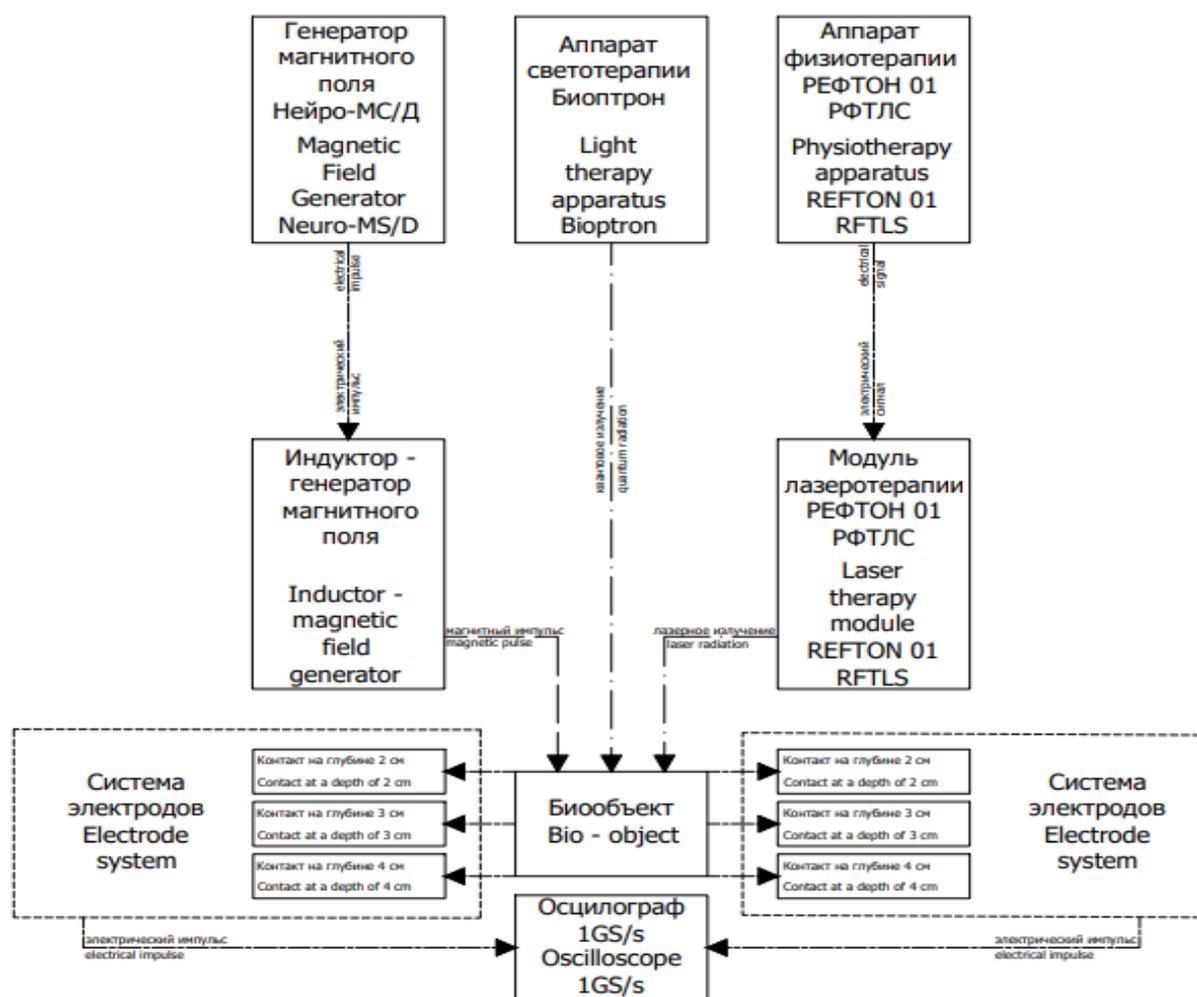


Рис. 2. Схема установки для проведения исследований

Для дополнительного воздействия поляризованным квантовым излучением различной длины волны на биообъект использовались аппарат светотерапии Биоптрон MedAll с различными светофильтрами и модуль лазерного облучения аппарата физиотерапии РЕФТОН 01 РФТЛС.

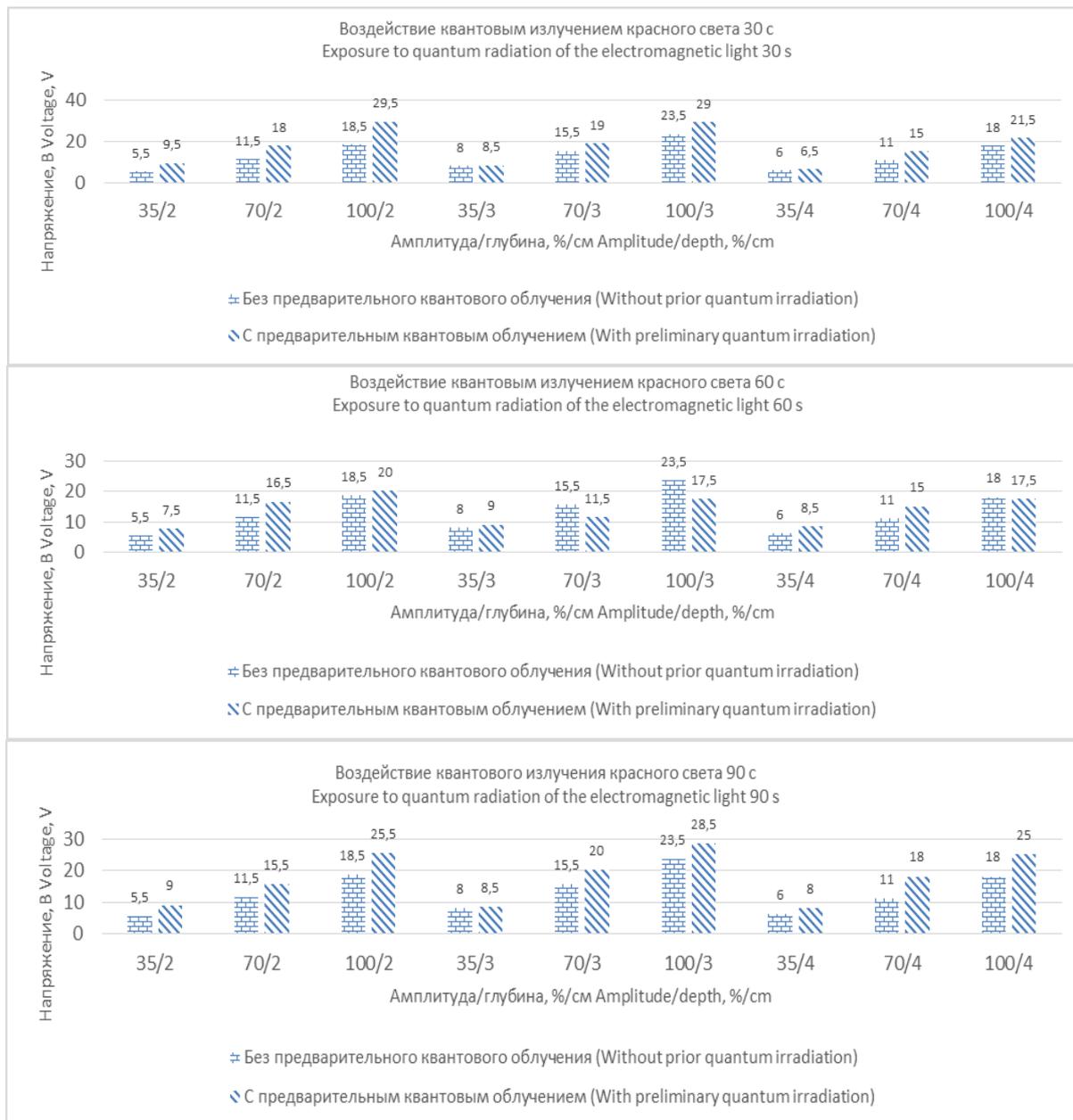
Оценка влияния сочетанного воздействия импульсного магнитного поля и поляризованного квантового излучения различной длины волны на биообъект проводилась по изменению падения напряжения между измерительными электродами, размещенными в теле биообъекта на одинаковом расстоянии друг от друга на различной глубине от поверхности биообъекта (2, 3 и 4 см).

Падение напряжения на измерительных электродах оценивалось с помощью цифрового осциллографа 1GS/1: перед проведением воздействия, во время воздействия импульсным магнитным полем и при сочетанном воздействии импульсного магнитного поля и поляризованного квантового излучения различной длины волны.

### Результаты и их обсуждение

В результате проведенного исследования были получены две выборки данных: первая выборка, содержащая значения падения напряжения на измерительных электродах при воздействии на биообъект импульсного магнитного поля, и вторая выборка, содержащая значения падения напряжения на измерительных электродах при воздействии на биообъект сочетанного импульсного магнитного поля и поляризованного квантового излучения.

Падение напряжения на измерительных электродах в тканях биообъекта при сочетанном воздействии импульсного магнитного поля и квантового поляризованного излучения до 30% превышает падение напряжения на измерительных электродах без дополнительного квантового воздействия (рис. 3).



**Рис. 3.** Сравнение результатов исследования при воздействии на биообъект поляризованным квантовым излучением с использованием красного светофильтра

Падение напряжения на измерительных электродах в тканях биообъекта при воздействии сочетанного импульсного магнитного поля и квантового излучения с применением красного светофильтра возрастает на 8-59% в сравнении со значениями падения напряжения на

измерительных электродах при воздействии только импульсного магнитного поля.

Наблюдается ослабление влияния поляризованного квантового излучения с применением красного светофильтра на падение напряжения на измерительных электродах со временем на глубине 2 см, а именно сразу за кожным и жировым слоями. В мышечных же тканях наблюдается положительный прирост падения напряжения на 5-20% с увеличением глубины расположения измерительных электродов. Такой результат может быть связан с увеличением температуры объекта, ускорением окислительных процессов и разрушением клеток биообъекта в виду использования биообъекта *in vitro* и невозможностью протекания восстановительных процессов.

Падение напряжения на измерительных электродах в биообъекте при сочетанном воздействии импульсного магнитного поля и квантового излучения с использованием поочередно красного, желтого и синего светофильтров доказывают эффективность дополнительного воздействия поляризованного квантового излучения во всем диапазоне видимого спектра (рис. 4).

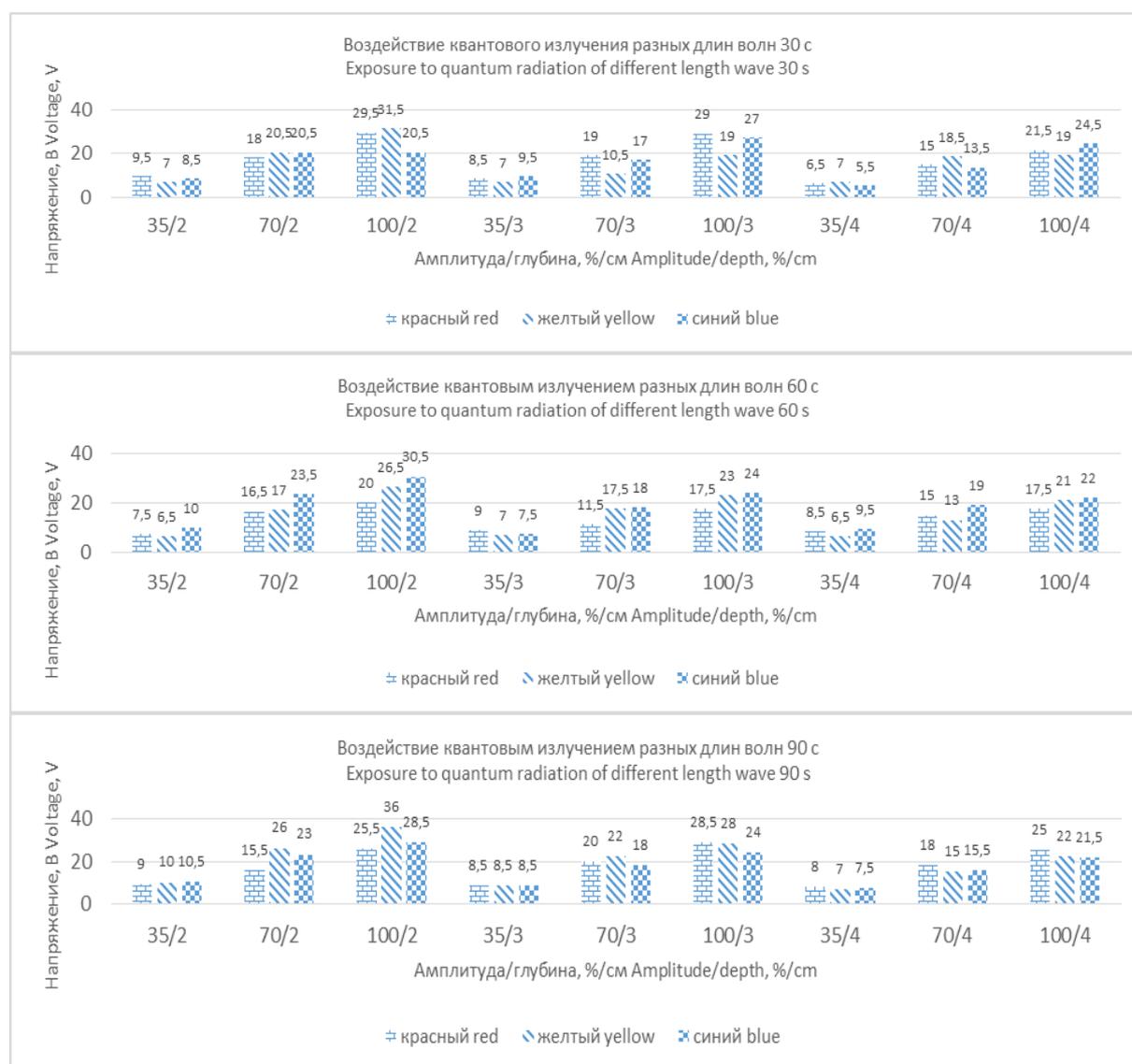


Рис. 4. Сравнение результатов исследования биообъектов при воздействии поляризованным квантовым излучением с использованием красного желтого и синего светофильтров

При средней продолжительности воздействия, синий свет имеет наибольшее влияние на падение напряжения на измерительных электродах, но его проникающая глубина составила не более 1 см. Воздействие на биообъект поляризованным квантовым излучением с

использованием красного и желтого светофильтров оказывают значительное влияние на падение напряжения на измерительных электродах, расположенных на глубине 2 и 4 см.

При увеличении длительности воздействия квантового излучения на биообъект использование красного светофильтра оказывает более ощутимое влияние на падение напряжения на измерительных электродах. Использование желтого светофильтра при непродолжительном воздействии поляризованным квантовым излучением демонстрирует более значимые результаты, чем при использовании красного светофильтра, так как волны красного света имеют меньшую энергию, но большую проникающую способность в сравнении с квантовым излучением при использовании желтого светофильтра. Незначительное воздействие квантового излучения с применением синего светофильтра на падение напряжения на измерительных электродах связана со спецификой данного излучения, которое обладает низкой проникающей способностью, но оказывает наибольший эффект на нервные окончания центральной нервной системы, чем на другие биологические ткани.

### Заключение

Опытным путем установлено, что падение напряжения на измерительных электродах во внутренних тканях биообъекта напрямую зависит от сочетанного воздействия импульсного магнитного поля и поляризованного квантового излучения. Доказано, что величина падения напряжения на измерительных электродах зависит от длины волны квантового излучения и от времени воздействия. Использование красного светофильтра наиболее эффективно при продолжительном воздействии излучения на биообъект. Синий светофильтр лучше использовать при проведении процедур *in vivo* при обезболивании, так как излучение с данной длиной волны оказывает непосредственное влияние на нервную систему.

Полученные результаты свидетельствуют об увеличении эффективности физиотерапевтической процедуры за счет сочетанного воздействия импульсного магнитного поля и поляризованного квантового излучения различных длин волн видимого диапазона. Проектирование медицинских физиотерапевтических аппаратов, позволяющих реализовывать сочетанное воздействие импульсным магнитным полем и поляризованным квантовым излучением, является перспективным направлением развития медицинской электроники.

### Список литературы

1. Квартальный, М. А. Моделирование воздействия магнитного поля на эквиваленты биологических тканей человека / М. А. Квартальный, М. В. Давыдов, Сагай Маруф Газаль Гобад // Доклады БГУИР. – 2016. – № 7 (101). – С. 295-300.
2. Чураков, А. В. Модель воздействия сфокусированного ультразвука на биологические ткани=Model of the Impact of Focused Ultrasound on Biological Tissues / Чураков А. В., Камлач П. В., Шульгина И. В. // Доклады БГУИР. – 2022. – Т. 20, № 6. – С. 70 – 77. – DOI: <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-6-70-77>.
3. Основы физиотерапии и курортологии: учебное пособие / Г. А. Мороз [и др.] – Симферополь : Медицинская академия имени С. И. Георгиевского, 2015. – 243 с.
4. Карандашов, В. И. Фототерапия: руководство для врачей / В. И. Карандашов [и др.] – Москва : Российская академия естественных наук, 2001. – 389 с.
5. Камлач, П. В. Электронные медицинские аппараты, системы и комплексы. Лабораторный практикум : пособие / П. В. Камлач, И. И. Ревинская. – Минск : БГУИР, 2020. – 64 с.