

УДК 615.47.621.39

**ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИМ-
ПУЛЬСНОГО МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
С БОЛЬШОЙ ПИКОВОЙ МОЩНОСТЬЮ**

А.В. РУБАНИК¹, А.П. СИВАКОВ²

¹ *Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники*

² *Белорусская медицинская академия последипломного образования*

Введение. В последнее время мы являемся свидетелями активизации исследований влияния на биологические объекты радиоизлучений различных типов. Это объясняется, с одной стороны, все более интенсивным воздействием на человеческий организм электромагнитного излучения в процессе профессиональной деятельности и в быту и соответственно стремлением защититься от негативных последствий этой стороны человеческого прогресса. С другой стороны, возникла потребность использовать электромагнитное излучение для профилактики и лечения болезней ввиду простоты и неинвазивности такого воздействия на организм.

При исследовании влияния на биологические объекты радиоизлучений самым существенным является изучение механизмов взаимодействия биологических объектов с электромагнитным излучением. При этом используются различные подходы для изучения воздействия маломощного излучения (информационные дозы) и мощного (тепловые дозы). В стороне от этих двух основных направлений исследований лежит изучение воздействия на живые организмы импульсного излучения с большой импульсной мощностью и малой (нетепловой) средней мощностью. Ряд данных говорит о том, что в этом случае возникают новые эффекты, отсутствующие в экспериментах с маломощным и тепловым воздействием [1]. Малая исследованность этого направления объясняется главным образом сложностью и нестандартностью требуемой для исследований аппаратуры.

В связи с вышесказанным мы видим крайне актуальным на сегодняшний день решение следующих задач: а) исследование влияния мощного электромагнитного излучения на биологические объекты; б) изучение механизмов воздействия и создание моделей этого воздействия; в) определение требований к аппаратуре для исследований и создание этой аппаратуры.

В отличие от маломощного электромагнитного излучения, которое по последним представлениям может влиять на внутриклеточные и межклеточные потенциалы, может воздействовать на проводимость и другие параметры нервных клеток, а также через эти элементарные воздействия регулировать процессы обмена в тканях и влиять на органы и системы организма в целом, мощное импульсное излучение наряду с перечисленными воздействиями приводит также к структурным изменениям на молекулярном уровне (ионизация молекул, изменение молекулярной структуры органических веществ, активация новых электрохимических реакций, ускорение химических реакций, и т. д.) и необратимым изменениям на уровне органелл и клеток. При этом в масштабе организма наблюдаются следующие эффекты: изменение скорости регенерации нервных клеток, изменение параметров энцефалограммы, влияние на процессы торможения и активации ЦНС, изменение кровенаполнения тканей, кожных покровов, изменение числа лимфоцитов, и т.д. [2].

Количественные оценки мощности воздействующего на биологические объекты излучения основываются практически во всех исследованиях на принципах дозиметрии. В качестве базовых величин воздействующей или поглощаемой электромагнитной энергии используется или поверхностная плотность падающей мощности, измеряемая в ваттах на квадратный сантиметр поверхности биологического объекта, или объемная поглощаемая мощность, измеряемая в ваттах на килограмм массы биологического объекта. Для излучений с большой импульсной мощностью и малой средней мощностью с разной несущей частотой применение дозиметрических методов количественных оценок не дает верную картину явлений. Если не рассматривать тепловой эффект воздействия мощного импульсного излучения на биологические объекты, то механизм специфического воздействия импульсного излучения заключается в электрохимических, биохимических и ряде других изменений в тканях, которые обусловлены воздействием на внутриклеточные и межклеточные структуры именно высоких напряжений и импульсных токов. Этот механизм связан не со средними по времени энергетическими характеристиками излучения, а с импульсной мощностью и соответственно с импульсной напряженностью электрического поля, которая измеряется в вольтах на сантиметр.

Ввиду отсутствия серийно изготавливаемой экспериментальной аппаратуры для такого рода исследований возникает необходимость разработки специальной аппаратуры с заданными параметрами. Основным требованиям к такой аппаратуре являются:

- 1) обеспечение максимальной импульсной мощности в выбранном частотном диапазоне;
- 2) возможность управления временными характеристиками СВЧ импульса – длительностью импульса и периодом повторения импульсов.

Анализ возможных технических средств, которые могут обеспечить указанные требования, показывает, что наилучшим решением для решения данной задачи является генератор на импульсном магнетроне. Такие генераторы в сравнении с генераторами на других вакуумных приборах, а также твердотельными источниками мощности обладают максимальной мощностью при минимальных массо-габаритных характеристиках.

При выборе частоты электромагнитного импульса необходимо учитывать, что в диапазоне сантиметровых и миллиметровых волн уменьшается поглощение энергии облучаемыми тканями, и взаимодействие с полем происходит в тонком скин-слое толщиной несколько миллиметров или доли миллиметра. Величина отраженной мощности составляет порядка 90% от падающей. Из-за этого система генерации электромагнитного импульса становится неэффективной. Кроме этого, применение больших мощностей на высоких частотах ограничивается низким пробивным напряжением волноводного тракта. На низких частотах излучения поглощение энергии тканями также падает. С учетом сказанного определенными преимуществами обладает диапазон частот на стыке дециметрового и сантиметрового диапазонов. В этом частотном диапазоне (2-4 ГГц) ткани эффективно поглощают электромагнитную энергию. По этой же причине микроволновые печи бытового применения работают на частоте 2,45 ГГц. Также в этом диапазоне имеются доступные мощные генераторные приборы СВЧ излучения.

Для определения предельной рабочей мощности магнетрона следует учесть, что фактором, ограничивающим максимальные импульсные мощности генераторных СВЧ приборов, является электрический пробой воздуха в волноводном тракте [3]. К примеру, на частоте 3 ГГц пробойная мощность стандартного волновода сечением 72×34 мм с учетом эксплуатационного запаса составляет около 1 МВт. Этой мощности соответствует напряженность электрического поля 9,5 кВ/см.

При исследованиях воздействия больших импульсных мощностей на биологические объекты могут одновременно присутствовать как эффекты воздействия импульсной напряженности поля, так и эффект теплового воздействия. Поскольку эти эффекты имеют совершенно разную природу, целесообразно для чистоты эксперимента отделить их один от другого. В связи с этим в плане изучения поставленной задачи необходимо обеспечить такую падающую и поглощаемую тканями мощность, которая не приводит к существенному увеличению температуры тканей. Рассчитаем ориентировочные параметры импульсных сигналов с нетепловым воздействием для частоты 3 ГГц.

Расчет теплового эффекта одиночного радиоимпульса мощностью 1 МВт и длительностью 1 мкс при нагреве тела, к примеру, лабораторной мыши показывает следующее. В предположении, что вся падающая мощность поглощается, тело лабораторной мыши массой 20 г нагревается на $0,012^{\circ}\text{C}$ при поглощении энергии импульса величиной 1 Дж. Данный расчет показывает, что в экспериментах с большой мощностью электромагнитного импульса при длительности импульсов порядка 1 мкс влиянием теплового воздействия излучения можно пренебречь.

В соответствии с вышеизложенными обстоятельствами была разработана экспериментальная установка для изучения воздействия мощного импульсного излучения на биологические объекты. На рисунке 1 приведена структурная схема установки.

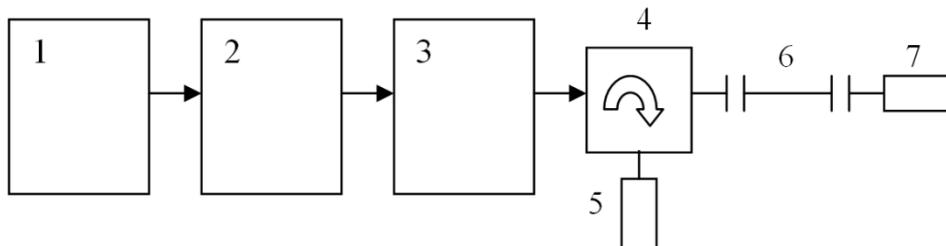


Рисунок 1 – Структурная схема установки для изучения воздействия мощного импульсного излучения на биологические объекты: 1-задающий генератор; 2-модулятор; 3-магнетрон; 4-циркулятор; 5, 7-нагрузка; 6-волноводная вставка

Установка работает следующим образом. Задающий генератор 1 формирует импульсы запуска с нужной частотой повторения либо в однократном режиме, модулятор формирует сигналы импульсного питания магнетрона с параметрами: амплитуда 30 кВ, импульсный ток 60 А, длительность импульса 1-3 мкс; магнетрон 3 генерирует радиоимпульс частотой 3 ГГц с импульсной мощностью 0,9 МВт. Сигнал магнетрона через циркулятор 4 поступает на вход волноводной секции 6, в которой размещен биологический материал (животное или образцы тканей). Часть сигнала поглощается исследуемым образцом, часть сигнала поступает в нагрузку 7, отраженный от исследуемого образца сигнал поступает в нагрузку 5. Исключение из схемы нагрузки 7 позволяет производить контактное облучение кожных покровов человека из открытого конца волновода.

Заключение. Разработана аппаратура для исследования воздействия на биологические объекты низкоэнергетического импульсного микроволнового излучения с большой пиковой мощностью. Данная аппаратура предназначена для целого ряда исследований влияния нетеплового воздействия импульсного излучения на структуры нервной системы, тканевый обмен, показатели крови и другие характеристики организма.

Литература

1. Девятков Н.Д., Бецкий О.В., Кабисов Р.К., Морозова Н.Б., Плетнев С.Д., Файкин В.В., Чернов З.С. Воздействие низкоэнергетического импульсного КВЧ- и СВЧ-излучений наносекундной длительности с большой пиковой мощностью на злокачественные образования (опухоли) у животных. //Биомед. радиоэлектрон.—1988—№1—С.56-62.
- 2 Перельмутер В.М., Ча В.А., Чуприкова Е.М. Медико-биологические аспекты взаимодействия электромагнитных волн с организмом – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.—128 с.
3. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Смирнов В.П. Справочник по элементам волноводной техники. //Советское радио, Москва—1967.

УДК 616.31:617.52]-089-78:621.373.826

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО АППАРАТА В ХИРУРГИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ И ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ХИРУРГИИ

И.Г. ЛЯНДРЕС¹, А.П. ШКАДАРЕВИЧ¹, С.К. ДИК¹, И.А. КАКШИНСКИЙ¹, Т.Б. ЛЮДЧИК²,
О.М. БАЗЫК-НОВИКОВА³, Т. ГУРБАНОВ²

¹Унитарное предприятие «НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО»

²Белорусская медицинская академия последипломного образования,

³ 11 городская клиническая больница г. МинскаТел. +375 17.266.26.68, эл. почта

Резюме. Представлен полупроводниковый лазерный аппарат «Диолаз 940-6», разработанный Научно-производственным унитарным предприятием «Научно-технический центр «ЛЭМТ» БелОМО», показания для его применения в хирургической стоматологии, челюстно-лицевой и миниинвазивной хирургии. Описаны технологические хирургические приемы, позволяющие использовать преимущества лазерного излучения в хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии на примере использования полупроводникового лазера при лечении заболеваний маргинального периодонта и патологии околоушных желез.

Ключевые слова: полупроводниковый лазер, лазеры в стоматологии, Диолаз 940-6

Summary. Semi-conductor laser apparatus "Diolaz 940-6" developed by the "Research and Production Unitary Enterprise "Scientific and Technical Center" LEMT "BelOMO", medical indications for its application in surgical stomatology, maxillofacial and mini-invasive surgery. Technological surgical techniques are described that allow using the advantages of laser radiation of surgical dentistry and maxillofacial surgery using the example of using a semiconductor laser in the treatment of diseases of marginal periodontal disease and surgery of the parotid glands.

Key words: Semi-conductor laser, laser in stomatology, Diolaz 940-6.

Развитие лазерной медицинской техники открывает широкие возможности в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Эволюция развития лазерной аппаратуры для стоматологии перетерпела несколько этапов. Сначала появились СО₂ - и неодимовых лазеры, затем низкоинтенсивные гелий-неоновые, а также инфракрасные лазеры. Эти лазерные установки предназначались для