**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ МЕДИЦИНСКИХ НАУК**

*11 ■■ 05-5/^66*

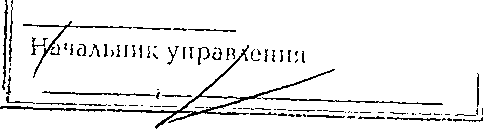
**' ЗАО «ВНИИМП-ВИТА»**

**(НИИ медицинского приборостроения РАМН)**

Президиум ВАК России

**(решение от ”** *Cf ■0Y*

—, и сі у iv В/^-К России



присудил ученую степень ДОКТХ)РА

**УДК 615,472:616-089**

На правах рукописи

**БЕЛОВ СЕРГЕИ ВЛАДИМИРОВИЧ**

»#

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АППАРАТОВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОХИРУРГИИ**

**Специальность 05.11.17**

**«Приборы, системы и изделия медицинского назначения» Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук**

**Научный консультант:**

**Академик Российской академии медицинских наук, доктор технических**

**наук, профессор Викторов В.А.**

**Москва 2004 г.**

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

[**Список сокращений 6**](#bookmark2)

**Введение 7**

**Научная новизна 13**

**Практическая значимость 15**

**Положения, выносимые на защиту 16**

**Апробация работы 17**

**Глава 1. Аналитический обзор методов и технических средств в электрохирургии 18**

1. Обзор методов электрохирургических воздействий

и их классификация 18

1. Анализ аппаратуры для различных технологий

электрохирургических воздействий 23

1. Особенности клинического применения

электрохирургической аппаратуры 33

1. Итоги и выводы 41

**Глава 2. Исследование электрохирургических воздействий на макро­скопическом уровне 44**

1. Тепловая модель контактной электрокоагуляции.

Основные допущения и обоснования 45

1. [Модель монополярной электрокоагуляции **47**](#bookmark7)
2. [Результаты моделирования монополярной электрокоагуляции 49](#bookmark16)
3. [Модель биполярной электрокоагуляции 52](#bookmark8)
4. **Результаты моделирования биполярной электрокоагуляции 57**
5. [**Тепловая модель электрорассечения ткани .61**](#bookmark17)

2.2.1 Адиабатическое приближение 62

1. [Экспериментальные исследования тепловых процессов в контактной электрохирургии 66](#bookmark22)

**Глава 3. Исследование электрохирургических воздействий на микро­скопическом уровне 71**

* 1. Влияние параметров тока на коагуляцию и рассечение ткани 71
  2. Разработка концепции пробоя клеточных мембран 72
  3. Исследование пробоя клеточных мембран под действием высокоамплитудных электрических импульсов 75
  4. Экспериментальное исследование прочности коагуляционной спайки в зависимости от параметров высокочастотного тока 84

[**Глава 4. Исследование технонологии бесконтактной электрохирургии с помощью холодной плазмы 87**](#bookmark24)

1. [Методы электрохирургических воздействий с помощью холодной плазмы 87](#bookmark25)
2. Исследование технологии высокочастотного холодноплаз­менного воздействия для минимально инвазивной хирургии 95
3. Механизм возбуждения высокочастотной холодной

плазмы в физиологическом растворе 95

1. Технические аспекты реализации технологии высоко­частотной холодноплазменной абляции 99

[**Глава 5. Основы проектирования электрохирургических аппаратов и устройств** 107](#bookmark28)

1. Принципы построения электрохирургических аппаратов

и устройств 107

1. **Обобщенная функциональная структура ЭХА общего назначения** 125
2. Технология повышения эффективности ЭХА для контактных методов ЭХ - воздействий 133
3. Выбор формы выходного напряжения

ВЧ - генератора 133

1. [Проектирование ЭХ - электродов с учётом теплоинерционных характеристик 139](#bookmark34)
2. Квазинепрерывный нагрев ткани 143
3. Нагрузочная характеристика ЭХ - генератора

для работы с биполярным пинцетом 146

1. Алгоритм выбора параметров ЭХ- воздействия 152
   1. Повышение эффективности ЭХА для бесконтактных техноло­гий ЭХ - воздействий 157
      1. Коагуляция через ионизированную парокапель­ную струю 157
      2. Формирование выходных параметров ВЧ - генератора

в режиме воздушноплазменной коагуляции 159

5.5 Стабилизация плазменного поля в техноло­гии ВЧХА 161

**Глава 6. Клиническая апробация и практическое использование резуль­татов исследований** 164

1. Клиническая апробация разработанных методов и технических средств 164
2. Создание серийных моделей электрохирургических аппара­тов и их использование в отечественном здравоохранении 169
3. Перспективы проектирования ЭХА дл использования

в клинической практике 173

**Заключение 179**

**Литература 184**

**Приложение 1.** Решение граничной задачи теплопроводности для двух типов электродов в модели монополярной электрокоагуляции 206

**Приложение 2.** Решение граничной задачи теплопроводности в модели биполярной электрокоагуляции 210

**Приложение 3.** Определение источника тепловыделений в ткани в мо­дели электрорассечения 227

**Приложение 4.** Техника эксперимента в исследованиях тепловых процессов.

1. Эксперименты на эквиваленте ткани 230
2. [Эксперименты на животных. 239](#bookmark79)
3. [Погрешность экспериментов 241](#bookmark80)

**Приложение 5.** Техника эксперимента в исследованиях влияния пара­метров тока на коагуляцию ткани 246

**Приложение 6.** Подтверждающие материалы.

1. Информационные письма 249
2. Выписка из Государственного реестра 251
3. Титульные листы технических условий на аппараты “Эндотом-1”, “Политом-2”, “Политом-3” 253

б

**Список сокращений**

ЭХ - электрохирургия ВЧ - высокая частота РЧ - частота радиочастотного диапазона ЭХА - электрохирургическая аппаратура ГВЧ - высокочастотный генератор ТВЧ - высокочастотный ток

ЭХВЧ - электрохирургическая высокочастотная аппаратура ВЧХА - высокочастотная холодно-плазменная абляция ОКР - опытно - конструкторская работа

НИОКР - научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа

**ВВЕДЕНИЕ**

Электрохирургическая аппаратура занимает одно из важных мест сре­ди изделий медицинской техники, применяемых в хирургии. В современной практической хирургии распространена аппаратура для рассечения и коагу­ляции тканей организма токами высокой частоты. Благодаря разнообразию возможностей методов электрохирургии, эта аппаратура применяется во всех оснащенных операционных отделениях медицинских учреждений. В понятие электрохирургическая аппаратура входит комплекс технических средств, включающих в себя высокочастотный генератор, высокочастотные кабели, средства управления и электрохирургические электроды и инструменты.

Высокочастотная электрохирургия принадлежит к тем медицинским технологиям, без которых сегодня не возможно выполнение хирургических вмешательств в большинстве клинических специальностей, таких как общая хирургия, нейрохирургия, онкология, гастроэнтерология, урология, гинеко­логия и многих других. Так, например, без применения электрохирургиче­ской аппаратуры трудно себе представить техничное рассечение мышечных покровов в торакальной хирургии, наложение соустий при абдоминальных

''Г О

операциях, резекцию на ренхиматозных органов, удаление опухолей в ней­рохирургии и выполнение многих других вмешательств.

Особые свойства высокочастотного тока при прохождении через тка­ни живых организмов были отмечены еще в конце XIX века. Практически одновременно Тесла (1891 г) и д’ Арсоваль (1892 г) обнаружили, что пере­менный ток высокой частоты не оказывает болезненного раздражающего действия, в то время как низкочастотные токи такой же величины становятся опасными для жизни. Начало клинического применения токов высокой час­тоты следует отнести к первому десятилетию двадцатого столетия: в 1900 г. врач Ривьера использовал высокочастотный ток для воздействия на злокаче­ственные новообразования кожи, в 1907 г. Дуайен, а в 1910 г. Шамов приме-

нили иссечение и коагуляцию тканей при операциях по поводу злокачест­венных новообразований.

Всеобщее признание высокочастотная электрохирургия получила в 1926 г., когда американский нейрохирург Кушинг и физик Боуви создали прообраз современного высокочастотного электрохирургического аппарата. Работая вместе в онкологической клинике Бостона, они разработали специ­альный высокочастотный генератор с подключаемой к нему пластиной ней­трального электрода\* в качестве рабочего инструмента была применена '/ стальная петля. Используя эту установку для рассечения и коагуляции тка­ней, Кушинг в течение нескольких лет провел более 500 операций на опухо­лях мозга и получил превосходные результаты.

В России в 1935 г. Шамраевский начал разрабатывать метод биполяр­ного электрохирургического воздействия, отмечая ряд его преимуществ. В 1950 г. выходит его монография, посвященная этому методу. Практическое развитие этот метод получил, когда талантливый инженер Малис в 1958 г. сконструировал специальный электрохирургический аппарат с биполярным пинцетом для микрохирургических операций на головном и спинном мозге. Известный нейрохирург Язаргил успешно применял этот аппарат в ряде сложнейших операций на головном мозге.

Качественный скачек в развитии элетрохирургической техники про­изошел в 1970 - 1980 г.г., когда на смену генераторным лампам пришли по­лупроводниковые приборы. Использование новой элементной основы при проектировании высокочастотных генераторов позволило значительно уменьшить их массу и габаритные размеры, усовершенствовать систему управления и существенно повысить электробезопасность при их эксплуата­ции.

Появление микропроцессоров также определило дальнейшее развитие современной электрохирургической техники. В результате новых схемотех­нических решений высокочастотные генераторы превратились в компактные, многофункциональные электрохирургические аппараты.

Бурное развитие технических средств для электрохирургии явилось стимулом к разработке новых технологий электрохирургических воздейст­вий. Появились бесконтактные методы электрохирургических воздействий, когда вместо воздействующего электрода используется электропроводящая струя ионизированного инертного газа (аргоноплазменная коагуляция) или поток электропроводящей жидкости (технология холодно-плазменной абля­ции) в практику хирургических вмешательств прочно вошли эндоскопиче­ские и лапороскопические методы электрохирургии. Все это свидельствует о том, что медико-технический потенциал электрохирургии не исчерпан.

Актуальность совершенствования технических средств для электро­хирургии и развитие новых технологий в современных условиях объективно возрастает. Объясняется это целым рядом причин. Одной из причин является необходимость лечения различных хирургических заболеваний, появившихся в результате техногенного воздействия окружающей среды на условия жизни человека. Возрастающий травматизм, совокупность стрессовых ситуаций, повышающих вероятность патологических процессов в организме человека как следствие урбанизации, влекут за собой необходимость расширения воз­можностей оперативного хирургического вмешательства различных катего­рий сложности, В то же время, появление новых технологий в хирургии, обеспеченных соответствующими техническими средствами, позволяет су­щественно повысить эффективность лечения хирургических болезней, в том числе и традиционных.

Свидельством актуальности является и тот факт, что наблюдается по­стоянный рост моделей ЭХА, появляющихся на мировом рынке; в производ­ство аппаратуры вовлекается все большее число производителей. Однако востребованный рост числа моделей ЭХА не всегда оправдан. Часто техни­ческие параметры новых моделей повторяют недостатки ранее разработан­ных. Объясняется это тем, что при проектировании ЭХА сказывается эмпи­рический подход в оценке результатов электрохирургических воздействий. Основанный на таких оценках выбор функциональных параметров аппарату­

ры и методики электрохирургических воздействий не отвечает в полной мере критериям эффективности применяемой технологии.

Наиболее совершенная ЭХА и соответствующие медицинские техно­логии разработаны рядом ведущих фирм на основе собственных частных ис­следований. К числу таких фирм в первую очередь относятся Erbe (Герма- ния), Valleylab (США), Eschmann (Великобритания), Arthro Саге (США) и ряд других фирм. Высокий технический уровень аппаратуры этих фирм дос­тигается главным образом за счет высокотехнологичных и дорогостоящих производственных процессов, используемых при изготовлении аппаратуры и инструментария. Функциональная же эффективность обеспечивается приме­нением весьма сложных электронных микропроцессорных систем для обра­ботки огромного объема эмпирической информации, используемой для фор­мирования выходных параметров электрохирургического воздействия. В ре­зультате такого подхода к проектированию аппаратура становится чрезвы­чайно дорогостоящей.

Среди ведущих организаций в области проектирования и производст­ва ЭХА в России являются ЗАО «ВНИИМП-ВИТА» (г.Москва), ВНИИИМТ (г.Москва), НПФ «Фотек» (г.Екатеринбург), СибНИИЦМТ (г.Новосибирск), Электропульс (г.Томск). Однако оснащение лечебных учреждений ЭХА в на­стоящее время сталкивается с определенными проблемами. Находящаяся в эксплуатации аппаратура по статистическим данным на 2002-2003 г.г. уже выработала свой ресурс на 50 - 60%, что говорит о необходимости ее замены. Задача переоснащения лечебных учреждений современной аппаратурой для обеспечения высокоэффективных технологий в электрохирургии только за счет дорогостоящей импортной техники решена быть не может. Необходи­мые для этого средства в несколько раз превосходят расходные статьи госу­дарственного бюджета. По этому важнейшим условием решения этой задачи является проектирование и внедрение в производство высокоэффективных отечественных аппаратов и устройств.

В области исследований физических принципов электрохирургии сле­дует отметить работы отечественных ученых (Ливенцев Н.М., Ливенсон А.Р., Лощилов В.И., Драбкин Р.Л., Белик Д.В., Торнуев Ю.В., Аронов А.М. и др.). Большой вклад в разработку методов электрохирургических воздействий и в практический анализ параметров ЭХА внесли отечественные учены-медики (Петровский Б.В., Долецкий С.Я., Иргер И.М., Лукомский Г.И., Савельев B.C., Бокерия Л.А., Ревишвили А.Ш., Кулаков В.И., Адамян Л.В. и др.).

Резюмируя изложенное можно заключить, что интерес к научным и практическим проблемам в области исследований электрохирургических воздействий и создания новых технологий связан в первую очередь с воз­можностями повышения эффективности ЭХА, разработкой новых методов и аппаратных средств. В связи с этим целью диссертации явилась разработка теоретических принципов исследования электрохирургических воздействий для решения задач по созданию новых технологий и аппаратных средств, ис­пользуемых в практической хирургии.

Для достижения этой цели потребовалось решить следующие теорети­ческие и практические **задачи:**

1. Разработать системные принципы построения теоретических моделей электрохирургических воздействий на макроскопическом уровне.
2. Разработать и проанализировать тепловые модели механизмов моно­полярной, биполярной коагуляции и рассечения тканей организма.
3. Исследовать и проанализировать влияние параметров высокочастотно­го тока на коагуляцию и рассечение биологических тканей на макро­скопическом уровне строения ткани.
4. Определить необходимые и достаточные условия для повышения эф­фективности электрохирургических воздействий.
5. Исследовать и проанализировать технологии бесконтактных методов электрохирургических воздействий. Показать возможность этих техно­логий на основе качественных и количественных оценок.

*а*

1. Гармонизировать результаты теоретических и экспериментальных ис­следований для решения задач проектирования электрохирургических аппаратов и устройств.
2. Провести практическую апробацию разработанных технических средств для определения эффективности их применения в различных специальностях практической хирургии.

При решении поставленных задач использовались теоретико­экспериментальные методы исследований. Теоретические методы применя­лись при исследованиях ЭХ-воздействий на макроскопическом уровне в раз­работках математических моделей резания и коагуляции тканей организма. Сочетание теоретических и экспериментальных методов использовано в ис­следованиях ЭХ-воздействий на микроскопическом уровне рассмотрения и при изучении бесконтактных технологий ЭХ-воздействий. Эксперименталь­ными методами исследовались параметры технических устройств в процессе выполнения НИОКР.

При выполнении теоретических и экспериментальных исследований использованы: методы теории уравнений математической физики, электро­динамики сплошных сред, теории вероятности и математической статистики.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА

Научная новизна диссертационной работы определяется совокупностью результатов теоретико-экспериментальных исследований физических про­цессов, протекающих при электрохирургических воздействиях в системе биоткань - электрод; в исследованиях феноменологии влияния параметров ВЧ - тока на механизмы коагуляции, рассечения и девитализации биотканей организма; в экспериментальном изучении параметров генератора ВЧ - энер­гии для организации холодноплазменной бесконтактной технологии ЭХ — воздействия. В работе также впервые сформулирован комплексный подход к решению задачи повышения эффективности ЭХА: реализация определённых звеньев технических решений в цепи технологии повышения эффективности ЭХ - воздействий при решении задачи проектирования новых моделей аппа­ратов и устройств с учётом специфики их применения, с одной стороны; во- вторых, использование предложенного алгоритма для выбора параметров ЭХ - воздействия априори, в методическом плане.

В результате выполненных исследований в работе представлены новые решения ряда важных научно - технических задач, а именно:

1. Предложена математическая модель тепловых процессов для монопо- лярной и биполярной электрокоагуляции и рассечения тканей в кон­тактной электрохирургии, позволяющая рассчитывать параметры ЭХ- воздействия априори и прогнозировать его результат.
2. Разработана концепция пробоя клеточных мембран высокоамплитуд­ными электрическими импульсами для объяснения влияния параметров высокочастотного тока на коагуляцию и рассечение тканей. Получены оптимизированные параметры электрических импульсов для обеспече­ния коагулирующего эффекта и доказана их эффективность экспери­ментальными методами на биологических тканях in vitro..
3. Выявлена связь между геометрическими и физическими параметрами воздействующей системы с одной стороны и энергетическими пара-

метрами воздействия с другой, на основании чего установлены необхо­димые и достаточные условия повышения эффективности электрохи­рургических воздействий.

1. Установлены качественные и количественные характеристики физиче­ских процессов, лежащих в основе технологии высокочастотной хо­лодноплазменной абляции. Даны оценки параметров аппаратных средств для реализации бесконтактных технологий.
2. Представлен ряд новых технических и методических решений для про­ектирования ЭХА и устройств различного назначения с целью повы­шения их функциональной эффективности.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ**

Практическая значимость, ценность и реализация результатов работы со­стоит в том, что теоретические положения и результаты экспериментальных исследований использованы при выполнение НИР и ОКР, в результате кото­рых создано более 10 моделей ЭХА различного назначения. Среди них на предприятиях ВЗМО (г.Волгоград), ФГУП «Машзавод им.

Ф.Э.Дзержинского (г.Пермь), НПФ «Проминформ» (г.Пермь), 03 «ВНИИМП-ВИТА» (г.Москва) в серийное производство были внедрены ЭХА общего назначения : «ЭН-57М», «ЭХВЧ-150-1», «ЭХВЧ-150-2», «Поли­том-1», «Политом-2», «Политом-3» и специализированные аппараты: аппарат для эндоскопической хирургии «Эндотом-1», электрокоагулятор-эпилятор «ЭВК-01», аппарат для косметической хирургии «Косметом-1», радиочас­тотный ЭХ-комплекс «РЭК-250-1». В стадии серийного внедрения находятся аппарат «Политом-4» и аппарат нового модельного ряда «ВитаТом-300» и «ВитаТ ом-300РЧ».

Общий объем производства разработанной аппаратуры составляет: более 4000 аппаратов общего назначения и более 1000 специализированных. Эф­фективность практического применения созданных ЭХА и устройств доказа­на при участии медицинских соисполнителей с использованием клиническо­го материала в процессе подконтрольной эксплуатации изделий в хирургиче­ских отделениях медицинских учреждений.

ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Основные результаты, полученные автором и результате научно - иссле­довательских работ в лаборатории аппаратуры для высокочастотной элек­трохирургии во “ВНИИМП-ВИТА” и выносимые на защиту являются сле­дующие:

1. Тепловая математическая модель монополярной электрокоагуляции, биполярной электрокоагуляции и электрорассечения тканей организма высокочастотным током, применение результатов расчета для оценки электрохирургических воздействий.
2. Концепция пробоя клеточных мембран электрическими импульсами и анализ влияния параметров высокочастотного тока на коагуляцию и рассечение биологических тканей, позволившая установить оптимизи­рованные параметры электрических импульсов для коагулирующего действия ВЧ-тока.
3. Необходимые и достаточные условия для эффективности электрохи­рургических воздействий на основе макро- и микроскопического ана­лиза в контактной электрохирургии.
4. Качественные и количественные характеристики физических процес­сов и параметров аппаратных средств для бесконтактных технологий электрохирургических воздействий.
5. Гармонизация результатов теоретических и экспериментальных иссле­дований для решения задач проектирования электрохирургических ап­паратов и устройств.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

Результаты работы были доложены на 9 конференциях и симпозиу­мах. Из них 4 международных. Содержание диссертационной работы отра­жено в 31 печатной работе в том числе в одной коллективной монографии, в 6 авторских свидетельствах на изобретения и патентах, в 1 свидетельствах на промышленные образцы. Свыше 10 печатных трудов опубликовано в профильных журналах, входящих в Перечень ведущих научных журналов и изданий, утвержденных президиумом ВАК.

Принципиальные вопросы диссертации нашли отражение в монографии Белова С.В. и Сергеева В.Н. под редакцией академика РАМН Викторова В.А. «Электрохирургическая аппаратура. Теоретические основы электрохирургических воздействий и принципы построения» М., ЗАО «ВНИИМП-ВИТА», 2002 г. 125с., а также в 7 статьях, посвященных использованию физических процессов, лежащих в основе различных технологий электрохирургических воздействий и 4 статьях посвященных оригинальным техническим решениям задачи проектирования ЭХА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интерес к научным и практическим проблемам в области исследований электрохирургических воздействий и создания новых технологий связан в первую очередь с повышением эффективности ЭХА, разработкой новых ме­тодов ЭХ - воздействий и аппаратных средств для их реализации.

В практической хирургии наиболее распространена аппаратура, реали­зующая контактные методы ЭХ-воздействий благодаря их доступности и универсальности. Наряду с открытой хирургией электрорассечение и коагу­ляция успешно применяется в эндохирургии: более 90% операций по поводу полипэктомии, папиллотомии, сфинктеротомии и др. проводят с использова­нием эндоскопов и лапороскопов. Контактная коагуляция лежит в основе стереотаксической нейрохирургии при лечении болезни Паркинсона и дру­гих патологий в области гипоталамуса.

Бесконтактные методы ЭХ-воздействий в ряде случаев имеют специфиче­ские преимущества по сравнению с контактными. В частности технология аргоноплазменной коагуляции при эндоскопических вмешательствах позво­ляет избежать задымления операционного поля, а при операциях на полых органах отсутствие вапоризации снижает риск перфорации стенки. Техноло­гия нетеплового электрохирургического воздействия не предусматривает прохождение электрического тока через ткани организма, а нагрев в области воздействия не превышает 60 0 С. Происходит низкотемпературный молеку­лярный распад ткани с одновременным ее удалением из области хирургиче­ского вмешательства.

Любое хирургическое вмешательство включает процедуру рассечения ткани и остановку кровотечений. Эти процедуры выполняются, как правило, с помощью ЭХА. Сегодня 90% всех операций проводят методами ВЧ- электрохирургии, причем в ряде случаев электрохирургия является единст­венным способом вмешательства, гарантирующим успех операций.

В нейрохирургии, кардиохирургии, JIOP-хирургии и в ряде других хирур­гических специальностей необходимы высокоэффективные ЭХ-воздействия. При этом важнейшая роль принадлежит прецизионной коагуляции жизнен­но-важных биоструктур, девитализации и абляции тканей.

При современных технологиях электрохирургии, базирующихся на эмпи­рических представлениях, эффективность применения аппаратуры обеспечи­вается не обоснованным ее усложнением из-за необходимости оперативного анализа большого объема информации, отражающей динамику ЭХ- воздействия и включения различных систем обратной связи.

Наряду с эмпирическим подходом для каждой технологии ЭХ- воздействия эффективность применения аппаратуры может достигаться оп­тимизацией выходных параметров ЭХ-генераторов, воздействующих элек­тродов и, адекватным выбором параметров воздействия.

Анализ информационных материалов показывает, что для решения круга задач, касающихся рационального выбора технических характеристик аппа­ратуры и научно-обоснованного выбора параметров воздействия, требуются исследования физических процессов, лежащих в основе этих воздействий. К числу таких процессов относятся: нагрев ткани высокочастотным током, коагуляция тканей и рассечение под действием токов высокой частоты при контактных методах; возбуждение сильноионизированной холодной плазмы в технологии ВЧ-холодноплазменной абляции и процесс воздушноплазмен­ной коагуляции в технологии бесконтактных воздействий.

Таким образом, для повышения эффективности ЭХ-воздействий, научно­обоснованного выбора параметров воздействий были проведены теоретико­экспериментальные исследования механизмов ЭХ-воздействий. Поскольку природа процессов различна, исследование выполнено различными метода­ми. Макроскопический анализ нагрева ткани проведен на основе математи­ческих моделей ЭХ-воздействий. Йсследование влияния формы высокочас­тотного напряжения на коагулирующие свойства тока проведено с микро­скопических позиций теоретико-экспериментальными методами. При иссле­довании процесса возбуждения сильноионизированной холодной плазмы в электрическом поле и процесса передачи ВЧ-энергии с помощью ионизиро­ванной парокапельной струи использован феноменологический подход.

Исследованием проблем по данной тематике в электрохирургии посвяще­но более 20 научно - исследовательских и опытно - конструкторских работ лаборатории высокочастотной электрохирургии в ЗАО “ВНИИМП-ВИТА”. Представленная диссертация обобщает результаты многолетней работы ав­тора по исследованию электрохирургических воздействий, проектированию и технической реализации аппаратуры для ВЧ - электрохирургии.

Перечислим основные научные и практические результаты, представлен­ные в диссертационной работе.

1. Приведен аналитический обзор медико-технических технологий в со­временной ВЧ-электрохирургии, предложена классификация методов ЭХ- воздействий. В свете анализа аппаратных средств отмечены проблемы и сформулирован круг теоретических исследований для решения задачи проек­тирования ЭХА. Указаны тенденции позитивного развития перспективных направлений.
2. Предложены системные принципы построения теоретических моделей ЭХ-воздействий на макроскопическом уровне для рассмотрения для кон­тактных методов в электрохирургии.
3. Представлены математические тепловые модели монополярной и би­полярной коагуляции в квазилинейном приближении и, рассечения ткани в адиабатическом приближении, позволяющие выбирать априори параметры ЭХ - воздействий и прогнозировать их результат.
4. Дана оценка адекватности теоретических моделей квазилинейном приближении, позволяющая определить границы применимости моделей ме­тодом сравнения расчёта и эксперимента.
5. Установлены критерии эффективности для контактных технологий ЭХ-воздействий. Указаны принципы выбора энергетических параметров воз­действия в зависимости от теплофизических и геометрических параметров системы ткань - электрод.
6. Описан механизм влияния параметров ВЧ-тока на прочность коагу­ляции и эффект гемостаза на клеточном уровне строения ткани. Эксперимен­тальным путем найдены параметры выходного напряжения ГВЧ для повы­шения эффективности ЭХ-воздействий.
7. В рамках исследования метода ВЧХА установлены необходимые и достаточные условия возбуждения и стабилизации холодной плазмы в фи­зиологическом растворе. Указана область энергетических параметров ГВЧ для реализации технологии ВЧХА.
8. Обобщены и гармонизированы принципы проектирования ЭХА и устройств с учетом решения спектра задач по повышению эффективности ЭХ-воздействий.
9. На экспериментальном и клиническом материале показана эффектив­ность применения разработанных методов и технических средств для разно­образных специальностей клинической хирургии. Разработаны медико­технические требования и нормативно- техническая документация для раз­личных типов ЭХА.
10. Построен класс ЭХА общего и специального назначения, реализую­щих представленную концепцию повышения эффективности контактных ме­тодов ЭХ-воздействий: разработаны, внедрены в производство и клиниче­скую практику 10 моделей ЭХА различного назначения, том числе:

* ЭХА общего назначения - “ЭН-57М”, “ЭХВЧ-150-1”, “ЭХВЧ-150-2”, “Политом-1”, “Политом-2”, “Политом-3”, “Политом-4”;
* ЭХА специализированные - “Эндотом-1”; ”Эндотом-2” для эндоско­пической хирургии; “Косметом-1”;”ЭВК-01” для эндоскопической хирургии; электрохирургический комплекс “РЭК-250-1”.
* ЭХА нового модельного ряда: “Витатом-300” и ”Витатом-300 РЧ” - в стадии серийного освоения.

Объём производства разработанной аппаратуры составил: более 4000 ап­паратов общего назначения и более 1000 специализированных.

1. Оценены перспективные технологии в электрохирургии и указаны первоочередные задачи проектирования на примере “двухпараметрического” модельного ряда “Витатом”.

Литература.

1. Абраков JI.В., Методы стереотаксической нейрохирургии//Вопросы нейрохирургии, №6, 1974 - с.28-34.
2. Аронов А.М. Системная оценка качества медицинских изделий в процессе разработки // Новая медицинская техника и медицинские технологии . Тезисы доклада научно-практической конференции / Новосибирск, 1995 - с. 3-5.
3. Ахизер Н.И. Элементы теории эллиптических функций // Наука, М.,

1970.

1. Бабушка И., Витасек Э., Прагер М. Численные процессы решения дифференциальных уравнений // Мир, М., 1969.
2. Бейтман Г., Эрдейн А. Высшие транпендентные функции // СМБ, т.З, аука, М., 1969.
3. Белик Д.В. Разработка и создание специализированных электрохирургических аппаратов для проведения вмешательств на различных органах человека // М. Мед. техника, №1, 1995 - с. 9-12.
4. Белик Д.В. Принципы построения импедансного электрохирургического аппарата для достоверного удаления онкоопухолей и пораненных биотканей // М., Мед. техника, №3, 2001 - с.23-25.
5. Белик Д.В. Автоматизированные электрохирургические аппараты // Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. // Новосибирск, 1995 - 42 с.
6. Белик Д.В. Аронов А.М. Теоретические основы создания и применения электрохирургических аппаратов // Новосибирск,"1998 - 84 с.
7. Белик Д.В., Торнуев Ю.В. О возможности оценки степени термических поражений биотканей методом электроимпедансометрии //М., Мед. техника, №2,2001 - с. 40-41.
8. Белик Д.В. Оценка физических факторов электрохирургического воздействия как основа для построения автоматизированных

электрохирургических аппаратов // М. Мед. техника, № 1, 2001 - с. 19-24.

1. Белик Д.В., Яковлев А.К. Автоматизированная система фазирования электрохирургического воздействия с пульсовой волной. // М., Мед. техника, №1, с. 24-26.
2. Белов С.В. Оценки теплового воздействия при биактивной

электрокоагуляции и некоторые особенности метода // Первый Всесоюзный симпозиум по применению радиоэлектроники в хирургии Тезисы докладов. Иваново, 1975-С.53-55.

1. Белов С.В. Оценки теплового воздействия при биактивной

электрокоагуляции и некоторые особенности метода // Применение электроники в хирургии: тезисы докладов 1-го Всесоюзного

симпозиума/ Иваново, 1975- с. 23-27.

1. Белов С.В. Линейная модель биполярной электрокоагуляции // Новости мед. техники / ВНИИ мед. приборостроения, вып.З, М. 1977 - с.26-29.
2. Белов С.В. К вопросу об оптимизации нагрузочной характеристики электрохирургического аппарата при работе с пинцетом для биполярной электрокоагуляции // ЦБНТИ медпром, сб.

Промышленность и медицина №11, М. 1977 - с.7-11.

1. Иргер И.М., Белов С.В. Новые модели пинцетов для биполярной коагуляции // Вопросы нейрохирургии, №4, 1977-с. 16-19.
2. Белов С.В. Влияние формы тока на коагуляцию тканей // Мед. техника, №4, 1978 -с.44-47.
3. Белов С.В. Исследование физических процессов, выбор параметров и повышение эффективности работы электрохирургической аппаратуры при биполярной электрокоагуляции // Дисс. на соискание ученой степени к.т.н., М. 1979 - 176 с.
4. Белов С.В. Влияние высокоамплитудных электрических импульсов на прочность коагуляционной спайки кровеносных сосудов // Мед. техника, №3, 1979 - с.22-25.
5. Белов С.В. Метод физического моделирования тепловых процессов в ткани при электрохирургическом воздействии // Новости мед. техники / ВНИИ мед. приборостроения, вып.З, М. 1980- с.42-44.
6. Белов С.В. Распределение температуры в ткани при монополярной электрокоагуляции // Новости мед. техники, вып.З, М. **1982-C.46-49.**
7. Белов С.В., Веселов В.В., Петров В.Г., Ханкин C.JI. Опыт клинического применения отечественной диатермической установки «Эндотом-1» // Современные тенденции развития мед. приборостроения: тезисы докладов Всесоюзной конференции во ВНИИМП, М., 1986- с.44-47.
8. Белов С.В., Петров В.Г., Кузьмин А.А., Ханкин C.JI. Применение новой отечественной диатермической установки и инструментария в эндоскопии // Проблемы проктологии, №7, М. 1986- с.19-22.
9. Белов С.В., Петров В.Г., Веселов В.В., Ханкин C.JI. Особенности Высокочастотных электрохирургических аппаратов для эндоскопии при их конструировании // Мед. техника №6, М. 1987 - с. 17-23.
10. Ливенсон А.Р., Драбкин Р.Л., Белов С.В. Вопросы безопасности электрохирургической аппаратуры // М. Мед. техника, №4, 1987 - с. 31-37.
11. Белов С.В., Гринберг И.С., Петров В.Г. Электрохирургический аппарат для эндоскопии с управлением от однокристальной линии ЭВМ в медицинском приборостроении: тезисы докладов Всесоюзной научно- технической конференции во ВНИИМП, М. 1987- с.41-42.
12. Поддубный Б.К., Кувшинов Ю.П., Белов С.В. Особенности применения электрохирургического аппарата «Эндотом-1» при полипэктомии // Проблемы проктологии, №4, М. 1988-с. 18-19.
13. Белов С.В. Анализ и выбор параметров радиочастотной электрохирургической аппаратуры для повышения эффективности ее

применения // Тезисы докладов: Второй Советско-Американский симпозиум мед. инженеров, США, Плимут-Митинг, 1989-с. 19-31.

1. Белов С.В. Развитие электролечебной физиотерапевтической и хирургической аппаратуры // Мед. техника, №4, М. 1991- с. 16-24.
2. Белов С.В. Принцип высокочастотного электрохирургического воздействия с помощью ионизированной струи инертного газа // Мед. техника, №6, М. 1992-С.39-41.
3. Белов С.В. Повышение эффективности применения высокочастотных электрохирургических аппаратов // Мед. техника, №4, М. 1994 - с.ll-

м.

1. Белов С.В. Новый высокочастотный электрохирургический аппарат специального назначения «Косметом» // Тезисы докладов: международная конференция «Биомедприбор-96», М. ВНИИМП, 1996, с.88-89.
2. Белов С.В. Возможности повышения эффективности электрохирургических воздействий // Тезисы докладов Международной конференции по биомедицинскому приборостроению «Биомедприбор-98», М., 1998, с. 68-69.
3. Викторов В.А., Белов С.В. Комплекс аппаратуры для электротерапии и электрохирургии // Труды Международной конференции по биомедицинскому приборостроению «Биомедприбор-200», М.,2000 - с.31-32.
4. Белов С.В., Сергеев В.Н. Электрохирургическая аппаратура. Теоретические основы электрохирургических воздействий и принципы построения. Под ред. Академика РАМН Викторова В.А // М., ЗАО «ВНИИМП-ВИТА РАМН», 2002 - 125 с.
5. Сергеев В.Н., Белов С.В. Новый метод высокочастотной электрохирургии (COBLATRON- ТЕХНОЛОГИЯ) // Мед. техника, №1, 2003-С.21-23.
6. Белов С.В. Технология высокочастотной холодноплазменной абляции для минимально инвазивной хирургии // Мед. техника, №2,-2004 — с.23-30.
7. Белов С.В., Сергеев В.Н., Меликсетов В.А., Миронов С.Я. Аппарат электрохирургический. Патент на изобретение №2154437, А61 В 18/12, Бюл. № 23 от 20.08.00.
8. Белов С.В., Сергеев В.Н., Меликсетов В.А., Миронов С.Я. Аппарат электрохирургический. Патент на изобретение № 2161932, А61 В 18/18, Бюл. №2 от 20.01.01.
9. Бычков А.П., Белов С.В., Меликсетов В.А., Сергеев В.Н., Миронов С.Я. Аппарат электрохирургический высокочастотный. А61 В 17/39, Бюл. №13, от 10.05.01. *Патент на изобретение №2166299.*
10. Белов С.В., Сергеев В.Н., Меликсетов В.А., Миронов С.Я. Способ высокочастотного электрохирургического воздействия на биологические ткани. Патент на изобретение №2195226, А61 В 18/12,

*ш*

1. Белов С.В., Сергеев В.Н. Аппарат электрохирургический высокочастотный. Патент на изобретение №2221516, А61 В 18/18, Бюл. №2 от 20.01.04.

^ 44. Белов С.В., Петров В.Г. Электрохирургический генератор. Авторское

свидетельство №1410959, А61 В 17/39, Бюл. №27 от 23.07.88.

1. Белов С.В., Еремин В.А., Сергеев В.Н., Шахов Е.П. Аппарат электрохирургический высокочастотный ЭХВЧ-150. Патент на промышленный образец № 46616, Кл. 24-01, Бюл. №12 от 16.12.99.

Ф

1. Блинов Л.М. и др. Генераторы низкотемпературной плазмы // М., 1969 -с.47-88
2. Бокерия JI.A., Ревишвили А.Ш., Умаров В.М., Сегуладзе С.Ю. ^ Использование метода радиочастотной абляции с охлаждением

наконечника электрода для хирургического лечения тахиаритмий // Труды научно-практической конференции «Электростимуляция-2002» / Научный центр сердечно-сосудистой хирургиии им. А.Н. Бакулева РАМН, М.,2002 - с. 14-19.

1. Бухгольц Г. Расчет электрических и магнитных полей // «И-Л», М.,1961.

*щ* 49.Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм рядов и

произведений// Физматгиз, М., 1963.

1. Ельяшевич С.Л. Атомная и молекулярная спектроскопия // М., 1962 - 378 с.
2. Диткин В.А., Прудников А.П. Операционное исчисление // Высшая школа. М., 1975.
3. Драбкин Р.Д., Аналитическое исследование температуры в ткани при моноактивной электрокоагуляции. Медицинская техника, № 2, 16-21, 1973.
4. Драбкин P.JL, К вопросу об электрокоагуляции склеры, Медицинская техника, № 2, 12-16, 1974.
5. Драбкин P.JL, Матюхин Г.В., Подобед А.П., Аппарат для высокочастотной электрохирургии ЭН-5 7-М, Медицинская техника, №1, 47- 49, 1976.
6. Драбкин P.JI.» Ливенсон А.Р., Электрохирургия и вопросы безопасности., "ЦБНТИ медпром", Сб. реферативной информации, сер. Промышленность и медицина, №5,. 1977.
7. Драбкин Р.Л., Методы оценки параметров Г.В.Ч., Новости медицинской техники, вып. 3, 1977.
8. Кулаков В.И., Адамян Л.В., Мынбаев О.А. Опертивная гинекология - хирургические энергии // М., Медицина, 2000 - 860 с.
9. Месси Г., Бархоп Е. Электронные и ионные столкновения // М., 1958 - 470 с.
10. Мойжес Б.Я., Пикус Г.Е., Сонин Э.Б. и др. Термоэмиссионные преобразователи и низкотемпературная плазма // М., 1973 - 440 с.
11. Смирнов Б.М. Ионы и возбужденные атомы в плазме // М., 1973 - 375 с.

бІ.Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров // М., 1963 — 407 с.

1. Райзер Ю.П. Лазерная искра и распространение разрядов// М., 1974 - 330с.
2. Райзер Ю.П. Физика газового разряда// М., 1992 - 495с.
3. Торнуев Ю.В. и др. Электрический импданс биотканей // М., ВЗПИ, 1990 -155 с.
4. Федоров И.В., Никитин А.Т. Клиническая электрохирургия // М., Медицина, 1997 - 170 с.
5. Филлипов А.Г., Белопольский В.М., Евдокимов И.Е. Современное состояние техники электрохирургии // М., МИФИ, П.003-96, 1996 - 28 с.
6. ГОСТ 23450-79. Радиопомехи индустриальные от промышленных, научных, медицинских и бытовых высокочастотных установок. Нормы и методы измерений // М., Госстандарт России, 1979 - 44с.
7. ГОСТ 12.2.025-76. Изделия медицинской техники, Электробезопасность. ОТТ и методы испытаний // М., Госстандарт России, 1976 - 65 с.
8. ГОСТ Р 15.013-94. Система разработки и постановки продукции на производство. Медицинские изделия// М., Госстандарт РФ, 1994 - 33с.
9. ГОСТ Р 50267.0-92. Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности // М., Госстандарт РФ, 1992 - 86с.
10. ГОСТ Р 50267.2. Изделия электрические медицинские. Часть 2. Частные требования электробезопасности // М., Госстандарт РФ, 1992 -72с.
11. ГОСТ Р 50267.02.-95. Электромагнитная совместимость. Технические условия // М., Госстандарт РФ, 1995 -67 с.
12. Камке Э., Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям, "Наука", М., 1976.
13. Кандель Э.И., Паркинсонизм и его хирургическое лечение, "Медицина", М., 1965.
14. Кандель Э.И., Криохирургия, "Медицина", М., 1974.
15. Корн Г., Корн Т., Справочник по математике, "Наука", М., 1974.
16. Курант Р., Гильберт Д., Методы математической Физики, т.П, "Мир", М., 1964.
17. Ладыженская О.А., Солонников В.А., Уральцева Н.И., Линейные и квазилинейные уравнения параболического типа, "Наука" М., 1967.
18. Ладыженская О.А., Краевые задачи математической физики, "Наука", М.,

1973.

1. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М., Электродинамика сплошных сред., "Наука", М., 1959.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Теория поля, "Физматгиз", М., 1960.
3. Лебедев Н.И., Специальные функции и их приложения, "Физ.-мат.", М.- Л., 1963.
4. Ленинджер А., Биохимия, "Мир”, М., 1976.
5. Ливенцев Н.М., Ливенсон А.Р., Электромедицинская аппаратура, "Медицина", М., 1974.
6. Лощилов Б.И., Трофимов А.Л., Казнов А.Ф., Ультразвуковые установки типа УЗС для сварки и резки биологических тканей, Труды МВТУ, № 201, вып.2, М., 1974.
7. Лощилов В.И., Петров В.И., Торопов М.Н., Лютников А.А., Влияние параметров режима сварки токами высокой частоты на прочность кольцевого сосудистого шва, Труды МВТУ, № 201, вып.2, М., 1974.
8. Лощилов В.И., Петров В.И., Применение ультразвуковых колебаний для бесшовного соединения мягких биологических тканей, Ультразвук в физиологии и медицине, Тезисы II Всесоюзной научной конференции, Ульяновск, 1975.
9. Лыков А.В., Теория теплопроводности, "Гостехиздат", М., 1967.
10. Марчук Г.И., Численные методы расчета ядерных реакторов, "Атомиздат", М., 1961.
11. Морс Ф., Фешбах Г., Методы теоретической Физики., т. I, "И-Л", М.,
12. Морс Ф., Фешбах Г., Методы теоретической Физики, т. П, И-Л”, М., 1958.
13. Мизохата С., Теория уравнений с частными производными, "Мир", М., 1977.
14. Николаев Г.А., Ультразвуковая аппаратура для хирургии, Ультразвук в Физиологии и медицине, (Тезисы П Всесоюзной научной конференции), Ульяновск, 1975.
15. Пачес А.И., Птуха Т.П., Шанталь В.В., Лечение злокачественных и доброкачественных опухолей челюстно-лицевой области методом криогенного воздействия, сб. Диагностика и организация лечебно­профилактической помощи больным злокачественными новообразований челюстно-лицевой области, 57-59, М., 1974.
16. Петров В.И., Торопов М.Н., Лютиков А.А., Сварка продольного сосудистого шва токами высокой частоты, Труды МВТУ, № 201, вып.2., М., 1974.
17. Поляков В.А., Николаев Г.А., Волков М.В., Лощилов В.И., Петров В.И., Ультразвуковая сварка и резка биологических тканей, "Медицина", М., 1973.
18. Потапов И.И., Рудня П.Г., Тарлычева Л.С., Шеврыгин Б.В., Криохирургия в отоларингологии, "Медицина", М., 1975.
19. Пресман А.С., Электромагнитные поля и живая природа, "Наука", М.,

т

1. Пруссаков В.А., Внутритканевая электрокоагуляция и криохирургия гемангиом лица и полости рта. Клинико-экспериментальное исследование., Канд. дисс., МСИ им. Семашко, 1976.
2. Раамат Р.Э., Лабутин В.К., Оптимизация процесса локальной термокоагуляции применительно к стереотаксической нейрохирургии., Медицинская техника, № 4, 21-24, 1978.
3. Румшинский Л.З., Математическая обработка результатов эксперимента, "Наука", М., 1971.
4. Рээбен В., Раамаг Р., Раудам Э., Простой пришил построения нейрохирургических термокоагуляторов с автоматической терморегуляцией, радиоэлектроники, физики и математики в биологии и медицине, 86-89, Новосибирск, 1972.
5. Смайт В., Электростатика и электродинамика, "ИЛГ, М., 1964.
6. Тарусов Б.Н., Сравнительные данные по измерению электропроводности различных тканей, Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, т.ХІ, вып. 3, 228-229, 1941.
7. Татаринов В.В., Об одной причине различного биодействия затухающих модулированных и незатухающих колебаний УВЧ, Архив биологических наук, т.52 Вып.2,173-177,1938.
8. Тихонов А.Н., Самарский А.А., Уравнения математической физики, "Наука", М., 1972.
9. Филипов Ю.П., Боярский М.Ю., Бродянский В.М., Птуха Т.П., Выбор рабочих температур криоинструментов для локального разрушения биологической ткани, Медицинская техника, № 2, 40-44, 1977.
10. Шамраевский С.М., Современные проблемы электрохирургии. Принцип биактивности в электрохирургии, "Медгиз", М., 1950.
11. Шамраевский С.М., Герасименко А.А., Применение биполярных биактивных электродов в электрохирургии, Вестник хирургии им. И.И.Грекова, т. 106, № I, 66-70, 1971.
12. Юбер Ф., Биофизические методы исследования, "И-Л", М., 1956.
13. Янке Е., Эмде Ф., Таблицы функций., "Физматгиз", М., 1959.
14. Bilchk A.J., Rose D.M., Allegra D.P. et al // Radiofrequency ablation: a novel primary and adjunctive ablative technique for hepatic malignancies // Am. Surg., Vol. 65, №11, 1999-P. 109-114.
15. Acland R., New instruments for microvascular surgery., Brit.jom. Surg., vol.59, p. 181, 1972.
16. Ammar-Khodja A., Traitement de Lostruction nasale par l'electrocoagulation bi-active sous-muqueuse des comets., Rev. Lariyng., v.94, s.71-74 1973.
17. Woloszko I., Gilbride C. Coblation Technology: «Plasma mediation ablation for otolaryngology applications» / Rep. Arthro Care Corp.// Sannvale, CA 940886, 2001 -p.102- 114.
18. Jeffrey S.S., Birdwell R.L. end al. Radiofreyuency ablation of breast cancer: first report of en emerging thechnology// Arch. Surg., Vol 134, N10, 1999 - p.1064-1068.
19. Wolozchko. J., Kenneth R., Brown G. Plasma Characteristics of Repetitivety - Pulsed Electrical Discharges in saline solutions used for surgical procedures// IEE Transactions on plasma sciense, vol 30, №3, 2002 -p.1376-1383.
20. D.P. Bortnick, “Coblation: An emerging technology and new technique for soft-tissue surgery”//Plast. Recoustr. Schurgery, vol. 107, №2, 2001-p.614-615.
21. Powell N.B., Riley R.W., Troell K. and all. Radiofrequency volumetric tissue reduction of the plate in subjects with sleep-disordered breathibg// chest, vol. 113, №5 1998-p.l 163-1174.
22. Bilchik A.J., Rose D.M., Allegra D.P. et all.// Radiofrequency ablation: a novel primary and adjunctive ablative technique for hepatic malignancies// Am. Surg., vol.65, №11,1999-p. 109-114.
23. Borman H. et. al., Bipolar coagulation in ophthalmic operations., Klin- Monatsil Augenheilkd, v.165, № 4, 680-681, 1974.
24. Bross W.T., Electrosurgical apparatus, DBA - patent, К 3, 658, 067, 1972.
25. Cooper T.E., Trezek G., Cryobiology, v., p.79-83, 1970.
26. Gushing H., Bovie W.T., Electro-Surgery as aid removal of intracranical

tumors, Surg. Gynec. Obstet, vol.47, 751-784,1928.

1. Gushing H., Intracranical Tumors, Charls C. Tomas, Springfield, Illions, 1932.
2. Dobbie A.K., The Electrical Aspects of surgical diathermy, Bio-Medical Engineering, vol.4, № 5, p.206-216, 1969.
3. Dujovny М., Ran. Vas, Carroll P., Osgood М., Bipolar yeweler's forceps with automatic irrigation, for coagulation in microsurgery., lorn, of Neurosurg, vol.43, p.585-587,1975.
4. Fisher E., Some Differential Equations involving Three-Term Recursion Formulas, Philos. Magazine, The London, Edinburgh and Dublin, vol.24.,№ 7, p.245-256, 1937.
5. Friedman I., The technical aspects of electrosurgery., Jom. Oral Surg. Oral Medic. Oral patholog., vol.36. 1973.
6. Friedman I., Margolin I., Piliero S., A preliminary study of the histological effects of three different types of electrosurgical currents., N.I. State Dent, Jom., vol.40, p.349-353,1974.
7. Geddes L.A., Baker L.E., The specific resistance of biological material - a compendium of data for the biomedical engineer and physiologist., Medical Biological Engineering, vol 5., p. 271-293, 1967.
8. Gidon P., Gestring М., Wolfgang Т., Koos М., Fritz W., Bolck М., Bipolar coagulation with modified conventional electrocoagulators, Jom. of Neurosurg, vol.37, p.501-504,1972.
9. Gill W., Da Costa I., Fraser I., Cryobiology, vol.6, p.347-353,1970.
10. Goldberg M.P., Herbst R.W., Acute complications of argon photocoagulation., Arch. Ophthalmd, vol.89, p.311., 1973.
11. Gostring G.F., Bipolar coagulation with modified conventional electrocoagulations (Technical note)., Jom. Neurosurg., vol.37, p.501-504, 1972.
12. Greenwood I., Two point coagulation: a new principle and instrument applying coagulation current in neurosurgery., Am. jom. Surg., vol.50, p.267- 270, 1940.
13. Greenwood I.Ir., Two point or interpolar coagulation after a twelve year period with notes on addition of a sucker tip., Jom of Neurosurg., vol.12, p.196- 197, 1955.
14. Heald Devices., Nos.8-9., p.183-225, lune-Iule, 1973.
15. Henriques F.C., Studies of thermal injury., Archives Phatolog., vol.43 (W 5), p.489-502, 1947.
16. Hellenblink K., Eine neuartige Bechandlungseinrichtung zur Hochfrequenztherapie pathogener neurologischer oder anderer Organstorfelder, Electromedizin, Band 15, Heft 3, s. 111-118, 1970.
17. Honig W.M., The mechanism of cutting in electrosurgery, IEEE Transactions ofBiomedical Engineering, BME, vol.22, №1, p. 58-62, 1975.
18. Laeger I.C., Conduction of heat in tissue supplied with blood., British Joum. of applied physics, vol.3,1952.
19. Kedel К., Stuwe G., Induktive Erwarmung von kleinen metallischen Korpem, BiomedizinTechnik, Band 15, Helf2, S. 64-76, 1970.
20. Kimiharu S., Novori G., Charles I., Campbell F., Ritter C., The

characteristics of Experimental laser Coagulation of the retina, Archives of ophthalmology, vol.72, p.254-263, Aug. 1964.

1. King Т., Worpole R., Self-irrigation bipolar diathermy forceps (technical note)., Jom. ofNeurosurg., vol.37, p.246-247, 1972.
2. Koos W., Boeck F., Gestring G., Experimentalle and klinische Erfahrungen bipolarer Microkoagulation., Jorn. Acta. Chir. Ausfriaca, Band 2, s.76-80, 1970.
3. Koos W.Th., Bock F.W., a Spetzler R.F., Microneurosurgeru., (Edit) - Clinical, Stuttgart, 1976.
4. Loiter H., Surgical apparatus, USA-patent, № 3,478,744, 1964.
5. Leksell L., Stereotaxis and Radiosugery an operative sistem, Charles C.

Tomas, Springfield, Illinois, USA, 437-Г.

1. Leslie D., Cahan F., Robert W., Rand V., Stereotaxic coagulation of a paraventricular arteriovenous malformation., Jom. ofNeurosurg., vol.39, p.770- 774,1973.
2. Madden J.E., Edlich R.F., Custer J.R., Panek P.H., Thul J.K., Wangensteen O.H., Studies in the management of the contaminated wound ( Resistanse to infection of Surgical Wounds made by knife, electrosurgery and laser ), American Joum. of Surg., vol. 119, p.222-224, March 1970.

*zoz*

1. Mails L.L., Bipolar coagulation in microsurgery, In Microvascular Surgery., Edited by R.M.P. Donaghy, and M.G. Yaaargil., Stuttgart, George Thieme Verlag, 1967.
2. Medal R., Controlled radio-frequency generator for production of localized heat in the intact animal., Arch. Surg., vol.79, p.427-431, 1959.
3. Miller B.J., Ocular Diathermy and Cryocoagulation., Arch, ophtalmal., vol.85., **P.** 339-349, 1971.
4. Mitchell G.P., Lumb G.N., A Handbook of surgical diathermy., Bristol, John Wright & sons, Ltd., 1966.
5. Moritz A.R., Henriques P.O., Weisiger I.E., Studies of thermal injury., Arch. Patholog., vol. 43., p. 466-4-88, 1947.
6. Mors F., Addition formule for spheroidal functions, Proceedings of the National Academy of Sceinces of the USA, Boston, vol 21 , p.56-62, 1935.
7. Mundinger F., Riechert Т., Gabriel E., Untersuchugen Ziir den physikalischen und technischen Voraussetzugen einer dosierten Hochfrequeniz koagulation, Zentrallblat fiir Chirurgie, Band 85, Helf 19, s. 1051-1062, 1960.
8. Oringer M.J., Electrosurgery in dentristry, Philadelphia, W.B. Saunders Company., 1962.
9. Oringer M.J., Dentel electrosurqical Unit, United States Patent, № 3,812,858,1974.
10. Patz A., Maumenee A., Ryan S., Argon laser photocoagu-Iation: advantages and limitations, Tr. Am. Acad. Ophthalmol. Otol., vol.75, p.569, 1971.
11. Peyman G.A., Koziol J.E., Sanders D.R., Vlohek J.K., Studies on intravitreal blood vessels. Effectiveness of intraocular diatermy on blood vessel closure; a comparison with argon laser., Medical Biological Engineering, vol.9., №2, p. 79-85, 1971.
12. Robinson J.L., Davies N.T., A new bipolar coagulator by I.L. Robinson and N.I. Davies., Biomed. Eng. vol.8, p.516, 1973.
13. Robinson J.L., at. al: Bipolar diatermy., Can. Jom. Surg., vol. 17, p.287-291,

1974.

1. Robinson J.L., Bipolar diatemy, Jom. Neurol. Neurosurg. Psychiatry., vol.38, NS 4, p.413, 1975.
2. Rosenberg V.I., A new fingertip-controlled bipolar forceps for

electrocoagulation., Plast Recoustr. Surg., vol.54, p.228, 1974.

1. Samuel D., Me Pherson J., Bipolar coagulation in ophthalmic operations, Am, Jom. Ophthalmol., vol.73, p.790-791, 1972.
2. Schenk H., Uber ein neues Lokalisations-und Hochfrequenz

beaundlungsgerat zur Operation der Netzhautabhebung, Archiv fur

ophthalmologie, Archiv fiir Augenheilkunde. Band 160, Helf 4, s.341 -344,

1958.

*гок*

1. Sehuy S., Kiiffner J., Wach P., Heppner F., Erwormung einer in das Gehim eingebrachten Metallkiigel mlttels hochfrequentem Wechselfeld, Biomedizine Technik, Band 17, Helf 17, s.74.79, 1972.
2. Schwan H.P., Kay O.P., Specific resistance of body tissues, Circulation Res., vol.4, p.664-670, 1956.
3. Schwan H.P., Kay C.F., The conductivity of livihg tissues, Ann. N.Y. Aead. Sci., vol.65, p.l007-1011, 1956-1957.
4. Schwann H.P., Electrical properties of cell suspensions., Advances in Biological Medical Physics, vol. 148, Academic, 1957.
5. Swan K.S., Christensen L., Scleral chahges induced by diathermy in the treatment of retinal detachment, Trans. Amer. Ophthalmol. Soc., vol. 52, p. 65- 76, 1954.
6. Studer I., Cannarad Т., Aiken D., Bouzoukis I., EEG electrode bums, associated with simultaneous use. of electrocautery: cause and prevention., Ann. Soc. artif. internal organs, vol.6, p. 335-339, 1960.
7. Sigel B., Havke P.L., Flory L.E., (перевод) -Роль давления и энергии при электротермическом соединении кровеносных сосудов, в Сб. Достижения медицинской и биологической техники (По материалам Международных конгрессов, Стокгольм - 1967, Чикаго -1969), 107-108, "Медицина", М.,

1971.

1. Sigel В., Dutmu M.R., The mechanism of blood vessel closure by high frequency electrocoagulation., Surg. Jinecol. and Obstet., vol. 121, p. 823,1965.
2. Skarff Т., Bipolar suction cautery forceps for microneurosurgical use., Jom. Surg. Neurol., vol.2, p.213,1974.
3. Skip J., Bullar B.A., Rudenz R.M, Robert H., Leo A., Microvascular bipolar coagulator, Jom. of. Neurosurg., vol.44, p. 523-524, 1976.
4. Smith J.W., Microsurgery: review of the literature and discussion of microtechniques., Jom. Plast. Recoustr. Surg., vol.37., p. 227., 1966.
5. Stretton J.A., Spheroidal Functions, Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A., Boston, vol.21, p. 51-56, p. 316-321,1935.
6. Sugita K., Tsugane R., Bipolar coagulator with automatic thermocontrol., Jom. of Neurosurg., vol.41, p.777-779, 1974.
7. Takashina, Shiro, Studies of the effect of radio-frequency waves on biological macromolecules, IEEE. Bio-Med.Engineering, vol. 13, №1, 1966.
8. Thackag .C.F., Bipolar coagulator., Bio-Med. Eng., vol.8, p.486,1973.
9. Van Den Berg, Van Manen., Graded coagulation of brain tissue, Acta Phisiol. Pharmacol Neerlandica, vol. 10, p.353-377, 1962.
10. Wald A., Mazzia V., Spenser F., Accidental bums associated with electroautery, J.A.M.A., vol.217, №7, p.916-921, 1971.
11. Yasargil M.G., Microsurgery applied to Neurosurgery, Stuttgart, Academic press. New York and London, George Thime Verlag, 1969.