

Государственное унитарное предприятие  
«Научно-исследовательский институт  
новых медицинских технологий»

---

---

ООО «Научно-исследовательский центр «Матрикс»

*Серия монографий*  
*«Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 9*

**С.В. Москвин, А.С. Новиков, С.И. Соколовский,  
Т.И. Субботина, А.А. Хадарцев, С.А. Яшин, А.А. Яшин**

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ТЕРАПИЯ В СТОМАТОЛОГИИ: БИОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, АППАРАТУРА И КЛИНИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ**

Монография

*Под редакцией заслуженного деятеля науки РФ,  
д. м. н., проф. А.А. Хадарцева  
и заслуженного деятеля науки РФ,  
д. б. н., д. т. н., проф. А.А. Яшина*

(Серия монографий под общей редакцией А.А. Яшина)

Москва – Тверь – Тула  
ООО «Издательство «Триада»

2008

УДК 616.31-085  
ББК 28.707.1  
Э45

**Электромагнитная терапия в стоматологии: биофизические модели, аппаратура и клинический эксперимент:** Монография / С.В. Москвин, А.С. Новиков, С.И. Соколовский, Т.И. Субботина, А.А. Хадарцев, С.А. Яшин, А.А. Яшин. Под ред. А.А. Хадарцева и А.А. Яшина: ГУП НИИ НМТ, ООО НИЦ «Матрикс». — Москва — Тверь — Тула: ООО «Издательство «Триада», 2008. — 212 с.: ил. 101, табл. 22, библиогр. 166 назв. (Серия монографий «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 9). ISBN 978-5-94789-293-2

В монографии предпринят комплексный подход к разработке методологии лечения, аппаратуры и клинической апробации с использованием немедикаментозных методов — воздействием низкоинтенсивных электромагнитных и магнитных полей со специальными характеристиками — на примере генерализованного пародонтита, одного из наиболее распространенных стоматологических заболеваний. Выполнен анализ биотропных характеристик воздействующих полей, разработаны основы системного проектирования и схемно-конструкторские решения биоуправляемой аппаратуры волнового воздействия на организм пациента с обратными связями по объективным физиологическим показателям, проведена клиническая апробация на примере лечения генерализованного пародонтита I, II и III степеней тяжести заболевания. Исследование и анализ опыта лечения пародонтита показали перспективность использования низкоинтенсивных полей со специальными характеристиками (высокая когерентность, киральность, псевдошумовая модуляция) в терапии заболеваний по широкой нозологии.

Для специалистов в области экспериментальной и теоретической биологии и медицины, биофизики и медицинского приборостроения, врачам-стоматологам.

**ББК 28.707.1**

***Рецензенты:***

академик РАН, д-р мед. наук В.Г. Зилов (ММА им. И.М. Сеченова);  
д-р физ.-мат. наук Е.И. Нефедов (Ин-т радиотехники и электроники РАН, Москва)

*На обложке репродукция с картины Питера Брейгеля «Вавилонская башня», 1563 г.*

© С.В. Москвин, А.С. Новиков, С.И. Соколовский, Т.И. Субботина, А.А. Хадарцев, С.А. Яшин, А.А. Яшин, 2008

© Государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт новых медицинских технологий», 2008

© ООО «Научно-исследовательский центр «Матрикс», 2008

© Макет ООО «Издательство «Триада», 2008

**ISBN 978-5-94789-293-2**

## СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АМ	– амплитудная модуляция
АР	– антенная решетка
АТФ	– аденозинтрифосфат
АЦП	– аналого-цифровой преобразователь
АЭ	– активный элемент
БАТ	– биологически активная точка
БО	– биологический объект
ВАХ	– вольт-амперная характеристика
ВК	– вихревая компонента
ГМ	– генераторный модуль
ДБШ	– диод с барьером Шотки
ИАС	– излучающая антенная система
ИБДС	– иерархическая биотехническая динамическая система
ИК	– инфракрасный (диапазон)
КБС	– киральная биологическая среда
КВЧ	– крайневисокая частота
ЛПД	– лавинно-пролетный диод
МА	– медицинская аппаратура
МУ	– магнитотерапевтическая установка
МЭП	– (диод с) междолинным электронным переносом
НС	– нейтронная сеть
ОИС	– объемная интегральная схема
ОС	– обратная связь
ПМП	– переменное магнитное поле
ПППЭ	– поверхностная плотность потока энергии
ПС	– псевдослучайный сигнал
ПЧ	– промежуточная частота
РГЗ	– рефлексогенная зона
САУ	– система автоматического управления
СВЧ	– сверхвысокая частота
СР	– стохастический резонанс
ТАР	– теория автоматического регулирования

УВЧ	–	ультравысокая частота
УФ	–	ультрафиолетовый (диапазон)
ФТМ	–	физико-топологическая модель
ФУ	–	фунозиопальный узел
ЦНС	–	центральная нервная система
ЧМ	–	частотная модуляция
ЧСС	–	частота сердечных сокращений
ЭКГ	–	электрокардиограмма
ЭМВ	–	электромагнитная волна
ЭМИ	–	электромагнитное излучение
ЭМП	–	электромагнитное поле
ЭЭГ	–	электроэнцефалограмма

---

*Примечание.* Другие, узкоспециальные сокращения расшифровываются в тексте книги при первом упоминании.

## ВВЕДЕНИЕ

Электромагнитные поля (ЭМП) давно используются в медицине как в клинике, так и в терапии (лечении), причем используются различные участки шкалы электромагнитных волн (ЭМВ) с различной энергией их квантов. Достаточно указать на более чем 100-летнюю практику рентгенодиагностики и рентгенотерапии (в онкологии, например). Чуть меньшую историю имеет и использование ЭМП ультравысокочастотного диапазона (УВЧ) для лечебного теплового воздействия на организм человека. Компьютерная, ядерно-магнитная резонансная, сверхвысокочастотная (СВЧ) томография, крайневысокочастотная (КВЧ) терапия, магнитотерапия, — эти методы терапии и диагностики прочно вошли в арсенал современной медицины и профилактического здравоохранения уже в последнюю четверть XX века. Что же касается фундаментальных медико-биологических исследований, то тематика изучения природы и процессов взаимодействия ЭМП с живой материей в последнее 10-летие является одной из доминирующих в биофизике и биоинформатике. Воистину пророчески писал Адам Мицкевич (1798 — 1855 гг.):

*«Как наша прожила б планета,  
Как люди жили бы на ней  
Без теплоты, магнита, света  
И электрических лучей?»*

Достаточно хорошо изучены механизмы воздействия на организм, *homo sapiens* в первую очередь, — что само собой понятно, ЭМП диапазонов УВЧ и СВЧ с достаточно большой поверхностной плотностью потока энергии (ПППЭ) — УВЧ-теплотечение, СВЧ-диагностика, СВЧ-гипертермия в онкологии и ЭМП рентгеновского диапазона, ЭМВ которого обладает высокоэнергетическими квантами. Однако организм человека буквально пронизан полями низкой и сверхнизкой интенсивности: электрическими, магнитными, электромагнитными, имеющими как природное, так и техногенное (искусственное) происхождение, отличающимися разнообразием своих характеристик: ПППЭ, спектральный и модовый состав, поляризационные характеристики, киральность (*D*- и *L*-формы вращения: правое и левое) и пр. Сама жизнь на Земле зарождалась и эволюционно развивалась под воздействием этих полей, которые, в свою очередь, являются важнейшим фактором космогелиобиологической организации жизни [1] и космопланетарного феномена человека [2, 3]. Это изначальное и постоянное воздействие не могло не отразиться на самой структурированности живой материи, то есть на ее организменном оформлении.

Считается доказанным [1–8], что воздействие на организм низкоинтенсивных ЭМП (с ПППЭ < 10 мВт /см<sup>2</sup>), что мы и наблюдаем в приро-

де, является *информационным*, не тепловым, то есть инициирующим биофизические и биохимические энергетические процессы в биосистеме не энергетически, а по принципу *биотропности*: совпадения характеристик (см. выше) воздействующих ЭМП с характеристиками собственных полей организма – от собственных клеточных (дипольных) ЭМП до акустоэлектрических волн, биоритмов и интегративного ЭМП организма. То есть речь идет об информационном содержании волновых функций.

Такое содержание волновой функции не является спецификой биофизики. В работе [9] приведены веские аргументы, доказывающие, что и в фундаментальных физических процессах микро- и макромира волновая функция имеет «чисто информационный смысл». Наиболее существенным аргументом является тот факт, что при коллапсе волновая функция фотона уничтожается во всем (нелокальном) пространстве за исключением области поглощения. Таким образом, наблюдается нелокальная передача информации, переносимой волновой функцией и доставляемой в конкретную область пространства. Еще более адекватную картину информационного обмена воссоздают эксперименты с нелокальным взаимодействием фотонов (*Univ. Innsbruck, Austria, 1998: Internet*).

При переходе к живой материи можно уже говорить не просто об информационной нагрузке, но и о информационной доминанте волновых функций. Доказательство этого утверждения основывается на следующем. В данном случае коллапс волновой функции ЭМП реализуется на клеточных и субклеточных структурах, то есть сверхмикромошное (с ПППЭ  $\approx 10^{-12} \dots 10^{-22}$  Вт / Гц·см<sup>2</sup> [10]) ЭМП, резонируя с собственным (дипольным) ЭМП клетки, коллапсирует, в итоге инициируя стохастический резонанс и активацию процессов обмена свободной энергией; в итоге резко возрастает продуцирование аденозинтрифосфата (АТФ), соответственно отражаясь в интенсификации физиологических процессов, что лежит, например, в основе КВЧ-терапии.

Второй же момент напрямую связан со сложностью – по сравнению с неживой материей – строения живого вещества: как сложностью исходных биополимеров, так и особенно – с иерархической структурированностью живого организма. Соответственно этому и волновые функции полей, имманентных живому веществу, являются намного более информационно емкими по сравнению с волновыми функциями, адекватными неживому миру: микро- и макроскопическому. Информационная же емкость расширяется за счет вариаций спектральных и поляризационных характеристик, киральности, модового состава ЭМП и пр.

Именно поэтому исследование биотропных свойств ЭМП, с учетом максимально полного набора его характеристик, является актуальной задачей современной биофизики и высокочастотного медицинского приборостроения. Только учет этих характеристик позволяет смоделировать

ЭМП внешнего воздействия (терапия, диагностика), которые адекватны собственным информационно-волновым свойствам организма, а главное — подходить к организации терапевтических процедур КВЧ-воздействия и магнитного воздействия с позиций закономерностей фундаментальной науки и соответственно этому разрабатывать аппаратуру полевого воздействия, позволяющую получить максимальный эффект при ее использовании.

В наибольшей степени такой подход должен использоваться при разработке методологии и аппаратных средств полевого лечения (или полевого лечения в сочетании с медикаментозным) заболеваний «нетрадиционной» — по отношению к наиболее часто практикуемым [11, 12] — нозологии, в частности, для лечения стоматологических заболеваний, чему и посвящена настоящая работа.

Целью работы является экспериментально-теоретическое исследование взаимодействия низкоинтенсивных высокочастотных электромагнитных и переменных вихревых магнитных полей со специальными характеристиками с живым организмом, разработка методологии и аппаратуры КВЧ-терапии и магнитотерапии для лечения воспалительных стоматологических заболеваний и ее клиническая апробация.

В соответствии с поставленной целью формулируются и основные задачи, решаемые в работе:

- анализ существующих концепций и методов исследования биотропных свойств низкоинтенсивных электромагнитных полей, в том числе со специальными характеристиками;
- выявление информационно содержащих характеристик ЭМП в зависимости от нозологических форм заболевания;
- анализ и выработка системного подхода к проектированию контурных схем биоуправляемой КВЧ-терапии для лечения стоматологических заболеваний;
- исследование биотропных параметров низкоинтенсивных переменных вихревых полей и связи их характеристик с нозологией заболеваний;
- разработка методов проектирования аппаратуры контурной КВЧ-терапии в стоматологии;
- разработка аппаратуры лечения пародонтита различных степеней тяжести вихревыми магнитными полями;
- клиническая апробация, эксперименты на животных и оценка побочных и отдаленных последствий полевого лечения стоматологических заболеваний.

При выполнении исследований использовались методы, адекватные проводимым экспериментам, проектно-конструкторским работам, апробации аппаратуры и оценки результативности ее применения.

При системном и схемно-конструкторском проектировании контурной аппаратуры КВЧ-терапии используются основные методы электродинамики СВЧ и КВЧ в части анализа, синтеза устройств и инженерных методов проектирования. Аналогично при реализации магнитотерапевтической аппаратуры используются основные методы анализа и синтеза магнитных цепей.

При обработке результатов экспериментов, включая клинические, используются принятые в биомедицине математические методы обработки результатов эксперимента и их интерпретации [13], в том числе специально разработанные программы оценки результатов эксперимента при неполных (скрытых) выборках результатов.

При проведении биомедицинских экспериментов использовались методы морфологического и гистологического анализа, компьютерная томография, клинические методы терапевтической стоматологии и пр.

В работе развит подход, основанный на установлении связи между нозологической формой заболевания и информационно содержащими параметрами внешнего (терапевтического) волнового воздействия; при этом учитываются такие характеристики поля, как спектральный и модовый состав, поляризация и киральность. Таким образом, однозначно устанавливается средство (биотропность) внешнего воздействующего поля и молекулярно-клеточных структур организма на информационно-волновом уровне.

Впервые исследовано побочное влияние и отдаленные последствия волновой терапии, а также использование многочастотного КВЧ-воздействия, учет поляризации КВЧ-воздействия и киральности вихревого магнитного поля при лечении стоматологических заболеваний.

Предложена, обоснована и реализована биоуправляемая волновая терапия с системой обратных связей по основным физиологическим показателям организма.

Развитые теоретические методы, основы проектирования аппаратуры, аппаратурная и клиническая апробация, результаты биофизических экспериментов представляют несомненный практический интерес для специалистов в области системно- и схемотехнического проектирования и разработки аппаратных комплексов для высокоэффективной КВЧ-терапии и магнитотерапии и – особенно – для создания методологии и аппаратуры терапевтической стоматологии.

Результаты выполненного исследования использовались в плановых работах ГУП НИИ новых медицинских технологий (1998–2001 гг.), в том числе по заказным НИОКР «Кальб», «Отмель-1М», «Веер-НТМ (по заказу «KRUNG SIAM. St Carlos Medical Centre», Таиланд, Бангкок) и др. Отдельные результаты исследования используются в работе биофизической лаборатории (НИИ НМТ – медицинский факультет ТулГУ) и включены в



учебные программы кафедр «Приборы и биотехнические системы» и «Медико-биологические дисциплины» ТулГУ, в частности, в курсе «Физические и физико-химические основы нарушения жизнедеятельности», читаемый для студентов специальностей: 190500 – «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»; 190600 – «Инженерное дело в медико-биологической практике». Основные результаты работы [14–53] внедрены в ряде НИИ, КБ и вузов России, Украины и Таиланда.

# **ГЛАВА 1. ИНФОРМАЦИОННО-ВОЛНОВАЯ МЕДИЦИНА: ТЕОРИЯ, ЭКСПЕРИМЕНТ, КЛИНИКА**

## **1.1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О БИОФИЗИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ С ЖИВЫМ ОРГАНИЗМОМ**

Лечебное воздействие электрических и магнитных полей, столь широко используемое в настоящее время, имеет свою и достаточно давнюю историю. Еще в XV веке ученый-монах Роджер Бэкон на основе опытного изучения написал трактат о магнитных свойствах кровотока. Наш знаменитый соотечественник А.Т. Болотов двести лет назад, будучи ученым-энциклопедистом, в числе прочих своих исследований занимался практическим электролечением [54], о чем написал и издал специальную книгу [55]. Наши же соотечественники А.А. Любищев [56] и А.Г. Гурвич [57, 58] (см. также сводку результатов в книге его дочери [59]) еще в 20–40-х гг. заложили основы информационно-волновой медицины и биологии. Последние можно определить как структурирование и функционирование организма, информационные процессы в котором осуществляются посредством волновых функций, в том числе волновых функций электромагнитной природы.

Поскольку в данной концепции электромагнитные волновые процессы изначально определяются как информационные, то речь идет о воздействии на организм исключительно низкоинтенсивных полей, в нашем случае — электромагнитных.

Как следует из введения, тема настоящей работы является развитием одного из (многих) направлений означенной выше проблематики. Постановка задачи исследования является конкретизацией вопроса взаимодействия физических полей с живым веществом в практической области применения, а именно — в медицине с акцентом на комплексный подход в физико-биологической, технической и системной реализации лечебно-диагностического применения воздействия высокочастотных ЭМП на организм человека. Названные выше исследователи А.А. Любищев и А.Г. Гурвич выполнили фундаментальные исследования, развиваемые ныне рядом научных школ [2–8], поясняющие биофизические воздействия физических полей, волновую природу энерго- и информационного обмена в живом организме, включая обмен информацией биосистем на молекулярном уровне, кодовые языки ДНК, голографический механизм хранения, передачи и восстановления морфогенетической информации. Достижения в этой области позволяют современным исследователям развивать достаточно емкие концепции информационно-волновой медицины и биологии.

Создание первых научных концепций, объясняющих механизмы взаимодействия высокочастотных ЭМП, прежде всего КВЧ-диапазона, с живым веществом, во многом базирующиеся на названных выше фундаментальных исследованиях, относится к концу 80-х – началу 90-х гг. Первой из них по времени появления и сохраняющей в настоящее время сильные позиции является теория, разработанная школой академика Н.Д. Девяткова (М.Б. Голант, О.В. Бецкий и др.) [4, 7, 60], – Институт радиотехники и электроники РАН.

В основе последней лежит предложенная в [60] гипотеза о взаимосвязанности воздействия высококогерентных ЭМВ нетепловой (биоинформационной) интенсивности на собственные ЭМП клеток организма. Особый акцент здесь ставится на информационно управляющую роль высокочастотных излучений (КВЧ, ИК, оптического и УФ-диапазонов длин волн) в жизнедеятельности организма.

Разработанная концепция имеет следующие ключевые положения.

Во-первых, излучение каждого из названных выше диапазонов имеет свою «сферу действия» в системе гомеостаза. В то же время, учитывая сложную, тесно функционально взаимодействующую систему организма, о полной автономности воздействия говорить не приходится. Что же касается клеточных и субклеточных структур, не говоря уже о составляющих генетического аппарата, то здесь взаимовлияние излучений всех частотных диапазонов наиболее явное. Последнее существенно в плане биологическом и медицинском.

Во вторых, эксперименты показали, что наиболее характерным является острорезонансный ( $\Delta f/f \approx 10^{-3}$ ) характер «отклика» организма на облучение когерентными ЭМИ КВЧ. Причем каждой частоте соответствует свой особый характер биологического действия. Возможно, это связано с различием резонансных размеров клеточных мембран. Второй результат, вытекающий из экспериментальных исследований, заключается в том, что роль ЭМИ КВЧ в функционировании клеток сводится, в основном, к поддержанию или восстановлению гомеостаза. То есть, если клетка не имеет патологии, то никаких изменений в ней при внешнем облучении не происходит. Отсюда следует, что именно нарушение нормального состояния клетки инициирует возникновение резонанса на той или иной частоте, а при совпадении ее с частотой внешнего ЭМИ КВЧ активизируются соответствующие метаболические процессы, что, в конечном итоге, приводит к устранению патологии.

Наконец, третий существенный момент концепции соотносится с физическими механизмами взаимосвязанного возбуждения ЭМВ различных диапазонов. Прежде всего, здесь речь идет о нелинейных преобразованиях высокочастотных сигналов; что же касается потребных для этого нелинейных элементов, то их в клеточных системах имеется достаточно, например,

как указывается в [60], последними могут быть клеточные мембраны с изменяющимися электрическими проницаемостями в электрическом поле. Таким образом, при оценке собственных ЭМП клеток необходимо учитывать влияние гармонических составляющих основного сигнала. Причем, если в начале клеточного цикла наблюдаются только исходные частоты, то в ходе метаболического процесса спектр расширяется в сторону более высоких частот, что связано с генерирующими характеристиками клеток и влиянием нелинейностей.

Кроме того, поскольку электрические заряды распределены вдоль белковых молекул неравномерно, то, учитывая наличие акустических колебаний молекулы, возбуждаются два типа колебаний: акустоэлектрические колебания КВЧ-диапазона, определяемые общей длиной молекулы, и колебания УФ- и оптического диапазонов, связанные с возбуждением в молекуле электромагнитных колебаний, возникновение которых связано с запасанием энергии упругих деформаций в точках резких изгибов молекулы [60].

Таким образом, привлекательным в данной гипотезе, подтвержденной многочисленными биологическими и клиническими экспериментами [4–8, 11–12], является непротиворечивый механизм генерации собственных ЭМП клеток в нескольких диапазонах частот и объяснимый эффект взаимодействия этих ЭМП с внешним (когерентным) ЭМИ КВЧ.

В работе [4] проанализирована особая роль акустоэлектрических волн в клеточных мембранах, причем это понимается как ключевой вопрос для объяснения взаимодействия внешних ЭМИ КВЧ с живым организмом.

Из основных положений рассмотренной концепции следует, что важнейшим моментом является определенное соответствие частоты  $f_c$  внешнего ЭМИ КВЧ частоте  $f_n$ , характеризующей генерацию собственного ЭМП клетки при возникновении нарушения (патологии). Как показано в [4], даже при большой приближенности соответствия  $f_c \sim f_n$  начальный этап восстановления (нормы) достаточно динамичен. Однако при дальнейшем облучении из-за (реального) несоответствия  $f_c \neq f_n$  восстановительный процесс замедляется. Но в любом случае по истечении какого-то времени начинает действовать процесс естественного теплового расформирования элементов белковых подструктур, то есть выход из них белковых молекул с собственной резонансной частотой  $f_c$ . Для продолжения восстановительного процесса требуется более оптимальный подбор частоты  $f_c$ .

Однако сказанное не является сколь-либо точным указанием на подбор нужной частоты  $f_c$  внешнего ЭМИ КВЧ. Пути решения этой задачи помогает выбрать описанный в [4] эксперимент с облучением дрожжевых клеток (рис. 1.1).

Первоначальное воздействие проводилось на частоте  $f_c = 42,3$  ГГц в течение 15 мин. При этом на мембранах клеток образуются подструктуры,

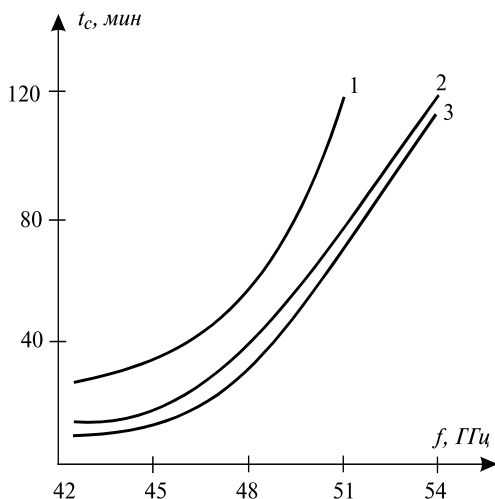


Рис. 1.1. Зависимость длительности  $t_c$  воздействия КВЧ-излучений (на частоте  $f$ ), обеспечивающей полную синхронизацию дрожжевых клеток после предварительного облучения этих клеток на частоте 42,3 ГГц в течение 15 мин [4]: 1 – облучение на частоте  $f$  проводится сразу после 15-минутного облучения; 2 – облучение на частоте  $f$  начинается через 1 ч после окончания предварительного 15-минутного облучения; 3 – облучение на частоте  $f$  начинается через 2 ч после окончания предварительного 15-минутного облучения

имитирующие подструктуры, строящиеся клетками самостоятельно. Указанное время облучения меньше времени, требующегося для полной синхронизации клеток (~ 40 мин), поэтому и образовавшиеся подструктуры не обеспечивают полной синхронизации клеток.

Сочетая длительность облучений с различным временем перерыва, были получены результаты (рис. 1.1), свидетельствующие о том, что после прекращения внешнего облучения клетки продолжают генерировать, что приводит к дальнейшему наращиванию количества белковых молекул, входящих в подструктуры. Однако интенсивность генерации постепенно ослаблялась, то есть сокращение времени, необходимого для полной синхронизации, после первого часа перерыва было намного больше этого сокращения времени в течение второго часа. Отсюда следует, что интенсивность генерации в период прекращения внешнего облучения постепенно снижается, а в перерывах клетки генерируют на тех же частотах, что и при начальном облучении. Это означает, что частота колебаний, генерируемых клетками в перерывах, определяется подструктурой, сформированной к этому времени на мембранах клеток. Таким образом, оптимальная процедура облучения для целей восстановления нормального функционирова-

ния клеток есть так называемый дробный режим, при котором целесообразно вместо длительного непрерывного КВЧ-облучения использовать ряд коротких сеансов (1–5 мин) с перерывами. При этом кратких облучений вполне достаточно для активизации восстановительных процессов, причем их краткость обеспечивает незначительность количества белковых молекул с резонансной частотой  $f_c$ , успевающих за это время войти в подструктуры. Поэтому после этих кратких воздействий на частоте  $f_c$  состав подструктуры продолжает определяться вошедшими в них ранее белковыми молекулами с резонансной частотой  $f_n$ , а в перерывах клетки генерируют колебания с частотой  $f_n$ . Эта генерация содействует активации процессов восстановления клеток и увеличению количества молекул, резонирующих на частоте  $f_n$  и вошедших в подструктуры.

Второе направление в объяснении биофизического механизма КВЧ-терапии возникло в самые последние годы – это Пущинская школа биофизики (Е.Е. Фесенко, Н.К. Чемерис и др. – Институт биофизики клетки РАН) [61–62]. Соответствующая концепция базируется на гипотезе о стохастическом резонансе собственных ЭМП клеток при воздействии внешнего ЭМИ КВЧ. В данной концепции важное значение имеет наличие модуляции несущего КВЧ-сигнала сигналом, адекватным физиологическим ритмам организма. Последнее подтверждено серией экспериментов на животных и их клетках, в частности, в [61] эксперименты выполнялись на простейших одноклеточных *Paramecium caudatum* и на перитонеальных вызванных нейтрофилах мышей SPF-категории аутбредной линии *NMRI*. В процессе экспериментов проводились регистрация двигательной активности парameций в контроле и при облучении, измерение хемилюминесценции перитонеальных нейтрофилов, анализ ХЛ-Л контрольных и облученных нейтрофилов, а также технические измерения, относящиеся к оптимизации режимов излучения КВЧ-антенны в ближней и дальней зонах.

Как показали результаты обработки экспериментов, несомненно влияние модулированного ЭМИ КВЧ на активность перитонеальных нейтрофилов [61]. Цель ставилась как возможность подбора комбинации несущей КВЧ и модулирующей частот ЭМИ, способной модифицировать функционирование внутриклеточных сигнальных систем. С точки зрения биофизической это сводится к исследованию воздействия модулированного ЭМИ КВЧ на продукцию активных форм кислорода нейтрофилами при респираторном взрыве как на функциональную реакцию клеток иммунной системы теплокровных животных.

Было установлено, что при одновременном действии на клетки кальциевого ионофора A23187, повышающего внутриклеточную концентрацию  $Ca^{2+}$ , и форболового эфира (ФМА) развивается усиленный ответ клетки, значительно превышающий активацию нейтрофила при действии каждого из этих агентов в отдельности (рис. 1.2; ХЛ-Л – люминолзависимая хими-

Интенсивность ХЛ, усл. ед.

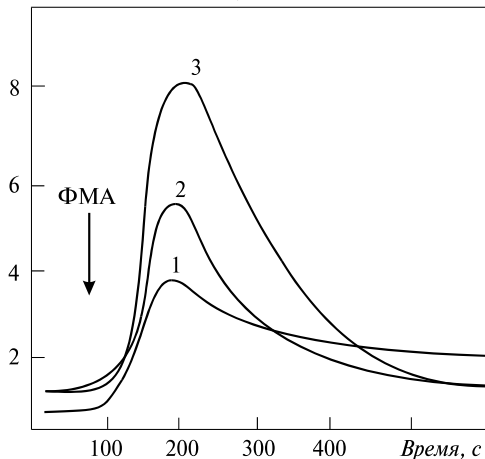


Рис. 1.2. Оригинальные записи уровня люминолзависимой хемилюминесценции от суспензии нейтрофилов, активированных ФМА (1 мкМ):

1 – интенсивность ХЛ-Л интактных клеток, 2 и 3 – ХЛ-Л клеток, предварительно обработанных А23187 (7,5 мкМ). 1 и 2 – необлученные клетки; 3 – облученные клетки (непрерывная генерация,  $f_n = 41,95$  ГГц, ПППЭ 100 мкВт/см<sup>2</sup>) [61]

люминесценция; ПППЭ). Это явление называется синергизмом. Эта (синергическая) модель использовалась в [61] для исследования воздействия ЭМИ КВЧ на нейтрофилы.

В эксперименте исследовалось изменение коэффициента синергизма при действии ЭМИ с частотой 41,95 ГГц при концентрациях А23187 от 50 нМ до 20 мкМ (рис. 1.3); из графика видно, что для данной концентрации отношение коэффициентов облученных и необлученных клеток близко к единице, что свидетельствует об отсутствии эффекта при воздействии ЭМИ КВЧ.

Исследование действия непрерывных ЭМИ КВЧ в узком частотном диапазоне (41,75–42,15 ГГц) на реакцию синергизма кальциевого ионофора А23187 и ФМА в нейтрофилах показало высокую селективность систем связанных биохимических реакций, которые участвуют в активации респираторного взрыва, к несущей частоте излучения (рис. 1.4). Поскольку в клетке протекают квазипериодические процессы, характерные частоты которых могут лежать в низкочастотной области (0–100 Гц) [Jackson, 1995], то, используя модулированное ЭМИ КВЧ, можно целенаправленно воздействовать на системы ферментативных реакций, характеристические частоты которых близки к частоте модуляции ЭМИ [61].

В работе [61] было исследовано влияние низкоинтенсивного модулированного ЭМИ КВЧ на активность перитонеальных нейтрофилов в синер-

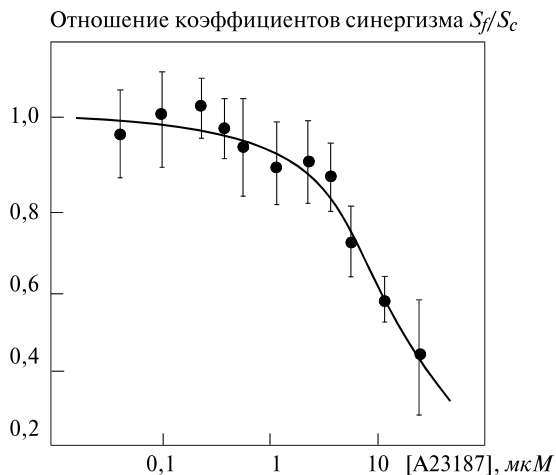


Рис. 1.3. Зависимость отношения коэффициента синергизма для облученных ( $S_f$ ) и контрольных ( $S_c$ ) нейтрофилов от концентрации A23187. Концентрация ФМА 1 мкМ. Непрерывная генерация,  $f = 41,95$  ГГц, ПППЭ 100 мкВт/см<sup>2</sup>. Каждая точка на графике представляет среднее значение ( $N > 10$ ) и доверительный интервал ( $p < 0,05$ ) [61]

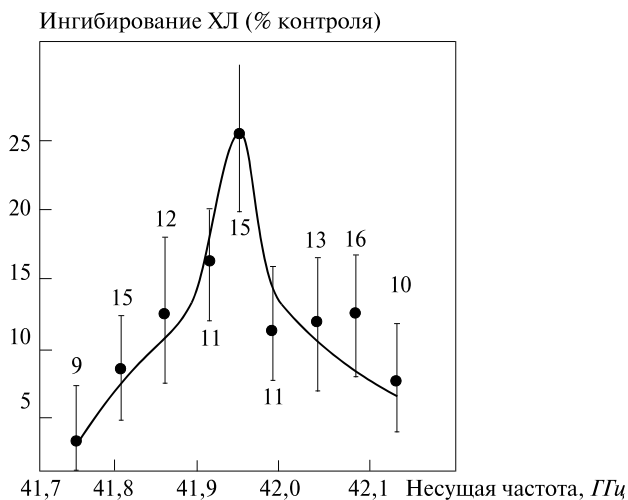


Рис. 1.4. Ингибирование люминолзависимой хемилуминесценции нейтрофилов в синергической реакции A23187 и ФМА в результате действия непрерывного ЭМИ КВЧ в зависимости от несущей частоты излучения (ПППЭ 50 мкВт/см<sup>2</sup>) [61]



гической реакции А23187 (5–7 мкМ) и ФМА (1 мкМ). Клетки облучались в дальней зоне желобковой антенны в течение 20 минут. При воздействии ЭМИ с несущей частотой 41,95 ГГц и частотами амплитудной модуляции 0,5; 2,4 и 8 Гц достоверно значимого эффекта на синергическую реакцию обнаружено не было (рис. 1.5).

В то же время синергическая реакция усиливалась на 10% при частоте модуляции 1 Гц и ингибировалась на 16–20% при частотах модуляции 0,1; 16 и 50 Гц. Как видно из рис. 1.5, частота модуляции 1 Гц для несущей частоты 41,95 ГГц является критической [61].

Таким образом, серия направленных экспериментов, проведенная в указанных выше исследованиях, показывает, что воздействие ЭМИ КВЧ, модулированными «сродственными» конкретным клеткам и процессам частотами, показывает качественно новый эффект, который может быть использован для интенсификации процедур КВЧ-терапии.

Отдельно можно выделить направление в исследовании механизмов КВЧ-воздействия на организм, представленное работами И.В. Родштата (Институт радиотехники и электроники РАН) [63]. Последний связывает эффективность КВЧ-терапии со спонтанной и рефлекторной активностью нервной и мышечной ткани.

Концепция Тульской научной школы биофизики полей и излучений и биоинформатики [64, 65] во многом дополняет рассмотренные выше те-

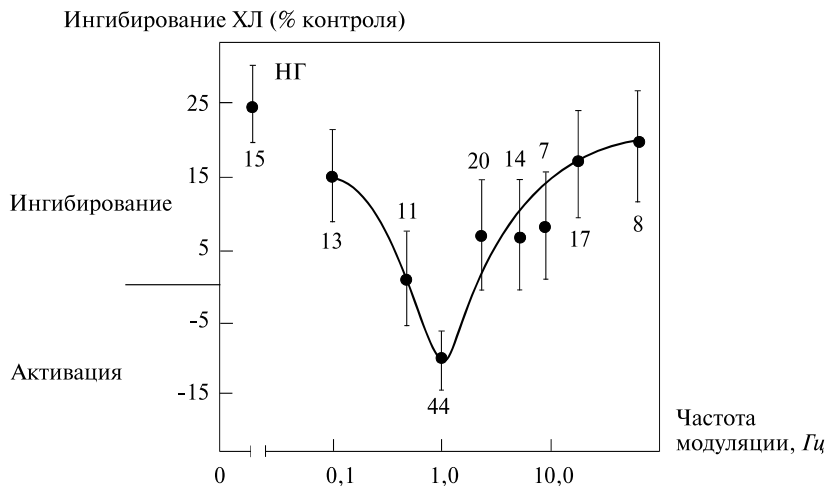


Рис. 1.5. Модификация продукции активных форм кислорода нейтрофилами в результате действия модулированного ЭМИ КВЧ (несущая частота 41,95 ГГц, ПППЭ 50 мкВт/см<sup>2</sup>). Точка НГ – эффект непрерывного излучения с несущей частотой 41,95 ГГц [61]

ории и гипотезы. Рассмотрим данный подход. Согласно гипотезе школы акад. Н.Д. Девяткова, микроструктура клеточных мембран (совокупность мембран митохондрий) обеспечивает возникновение дипольной компоненты клетки. Такой колеблющийся электрический диполь  $\vec{p} = p_0 \sin \omega t$ , связанный с акустическим колебанием мембраны, является «клеточным генератором» собственного КВЧ ЭМП клетки. В здоровой клетке характер колебаний является стохастическим (особенно с учетом взаимодействия ЭМП ансамбля клеток), а спектральная характеристика поля близка к шумовой с некоторой средней интенсивностью  $A_{ш}^{кн}$  (рис. 1.6). При патологических изменениях в клетке реакция последней выражается в возрастании интенсивности генерации по отношению к  $A_{ш}^{кн}$  в относительно узких полосах спектра, например, как показано на рис. 1.6, на участках  $2\Delta f_{p1}$  или  $2\Delta f_{p2}$ , с некоторыми центральными частотами  $f_{p1}$  или  $f_{p2}$ . Можно предположить, что, с учетом той или иной формы нарушения метаболических процессов в клетке, возрастание интенсивности генерации  $A_{p1}^{кн}$  или  $A_{p2}^{кн}$  связано с перераспределением свободной энергии и притоком ее на участки спектра возмущения (простейший и понятный аналог на макроорганизменном уровне – повышение температуры тела при воспалительном заболевании).

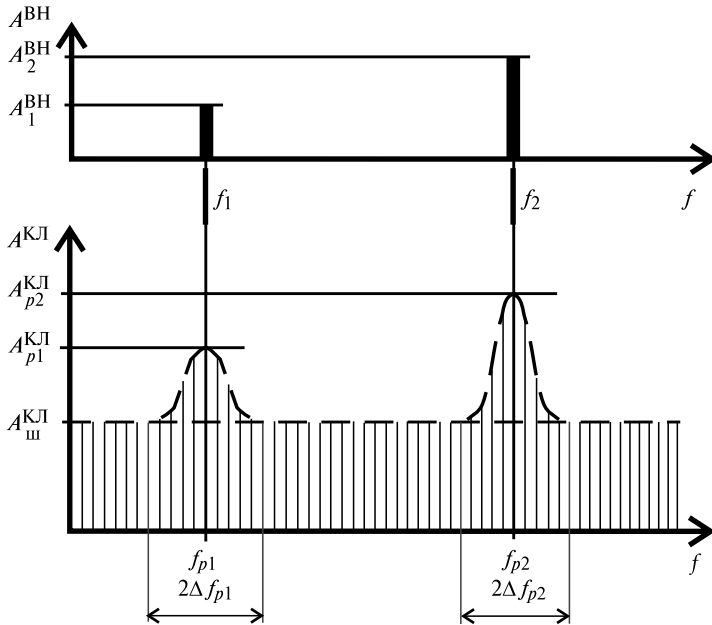


Рис. 1.6. К гипотезе о когерентном характере активации собственных ЭМП клеток

Если теперь наложить на собственное ЭМП клетки когерентное внешнее ЭМП с частотами  $f_1$  или  $f_2$  (на рис. 1.6 для упрощения показаны монокроматические колебания), то поле клетки входит с внешним полем в резонанс, что, по принципу цепной реакции, характерной для биофизических и биохимических процессов в клетках, увеличивает приток свободной энергии, а значит и интенсивность колебаний  $A_{p1}^{кп}$  или  $A_{p2}^{кп}$  резонансно возрастает, биохимические процессы в клетке интенсифицируются, что приводит к «выздоровлению» клетки.

Согласно гипотезе когерентного резонанса, собственно процесс является биоинформационным, поскольку для осуществления цепной реакции в клетке интенсивность  $A^{вн}$  внешнего ЭМП особой роли не играет; важно, в основном, его информационное содержание (частота, модуляция, поляризация и т. п.).

Слабым местом этой концепции является отсутствие сколь-либо аргументированного выбора дискретных частот внешнего ЭМП, используемого в широкой терапевтической практике: 3–4 «терапевтические» монокроматические частоты в диапазоне от 2 до 8 мм [7].

Второй, не изученный даже в нулевом (гипотетическом) приближении момент — связь частот возмущения генерации клеток с нозологией заболевания. И наконец, нет никакой объяснимой связи между эффектами лечебного воздействия на больной организм, корректирующего (поддерживающего) воздействия на здоровый организм, и все это вместе — с выбором четко дискретных, количественно ограниченных «терапевтических» частот.

В рассмотренной выше концепции Пушинской биофизической школы на первое место выдвигается стохастический резонанс с особой ролью двойного резонанса на частотах КВЧ-несущей и низкочастотного модулирующего сигнала, причем последний, по всей видимости, находится в частотной области основных физиологических ритмов организма.

В первом приближении этот процесс графически можно представить рис. 1.7 [65].

Здесь, как мы видим, локального возрастания интенсивности генерации ( $A_{p1}^{кп}$  или  $A_{p2}^{кп}$ ) может и не быть, но воздействие внешнего ЭМП в форме модулированного сигнала с амплитудой  $A_{с.р.}^{вн}$  и с некоторой средней частотой  $f_{с.р.}$  приводит к возрастанию амплитуды стохастических колебаний клетки  $\bar{A}_{с.р.}^{кп}$  по отношению к уровню  $A_{ш}^{кп}$  в достаточно широкой полосе. То есть перераспределение свободной энергии метаболизма клетки происходит не в виде частотного резонанса, но резонанса энергетического в достаточно широком частотном спектре. Поэтому один из предварительных, само собой напрашивающихся выводов из концепции стохастического резонанса говорит не о биоинформационном, но биоэнергетическом

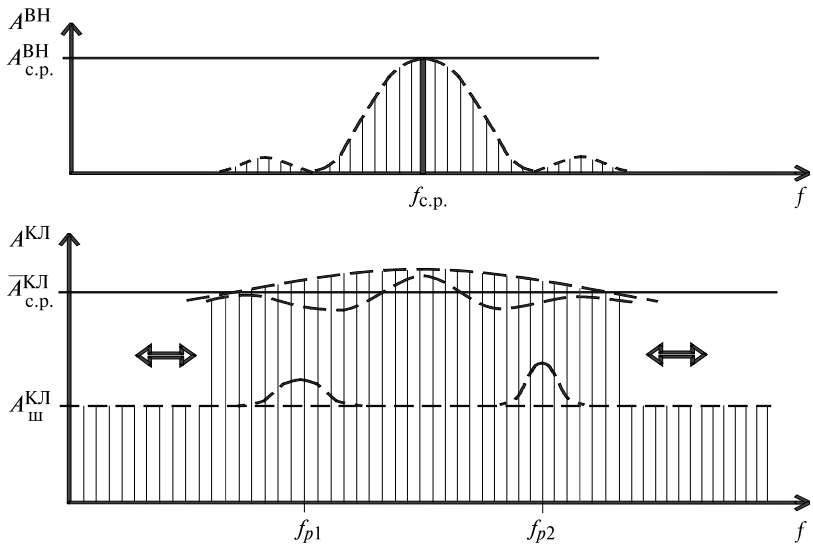


Рис. 1.7. К концепции стохастического резонанса в активации собственных ЭМП клеток

характере активации генерации клеток внешним ЭМП. В то же время из экспериментов [4] однозначно следует, что энергетичность внешнего электромагнитного воздействия роли не играет; достаточно лишь относительно низкого (порогового) уровня.

В принципе это вполне согласуется с биологическим механизмом «цепной реакции» образования свободной энергии метаболизма клетки, однако для отказа от информационной компоненты необходимо провести большую серию экспериментов по всем диапазонам ЭМП, играющим жизненно важную роль в функционировании клеток. Наиболее привлекательной стороной данной концепции является выраженный «экспериментальный подход».

Как видно из изложенного выше, основные противоречия системного характера возникают в предпочтении тех или иных сочетаний процессов, определяемых ключевыми понятиями: биофизический процесс, биохимический процесс, свободная энергия метаболизма клетки, биоинформационный и/или биоэнергетический характер воздействия внешнего ЭМП, собственное ЭМП клетки, акустические колебания и пр.

Очевидно, что не имеет смысла спорить о первенстве (или доминанте) биохимического или биофизического процессов в создании собственного ЭМП клетки. Понятно, что свободная энергия, необходимая клетке, в том числе и для генерации КВЧ ЭМП, вырабатывается при биологи-

ческом окислении в митохондриях. Важнейшую роль здесь играет АТФ. А далее эта энергия передается в клетку химическим путем. Главное здесь то, что биохимические и биофизические процессы вообще неразрывно связаны в функционировании клетки, коль скоро речь идет о превращениях энергии.

Подойдем с другой стороны. Считается доказанным, что клеточные диполи генерируют именно КВЧ ЭМП, причем здесь значима роль акустоэлектронных процессов колебаний; в [65] приведена сводка расчетных результатов, где фигурируют и мощности клеточных полей, и частоты, попадающие в миллиметровую часть КВЧ-диапазона и пр. Но почему клетка генерирует именно в этом, «техническом», но совсем не характерном для живой природы диапазоне? Все живое на Земле своим возникновением, эволюцией, существованием и тенденциями развития обязано лучистой энергии Солнца; поэтому все биохимические и биофизические процессы такого организма синхронны, настроены на контроль по ЭМП спектра солнечных лучей, отфильтрованных атмосферой Земли, в котором практически отсутствует КВЧ-компонента. А если перенестись в те далекие биогеохимические эпохи, когда зарождалась на Земле жизнь, формировалась клетка, почти неизменной доставшаяся нам, то сквозь перенасыщенный пар безозоновой атмосферы до поверхности доходили не все составляющие спектра видимого света. Таким образом, все клеточные и субклеточные структуры настроены на УФ-, отчасти — ИК-диапазоны, а их сродство к КВЧ ЭМП в контексте (к определяющим основные процессы жизнедеятельности) взаимодействия с внешними ЭМП является логически увязанным [65].

Опять же в существующих концепциях недостаточно явно увязана «полевая» специфика клетки со сложностью состава окислительной дегидрогеназы (свыше 200 ферментов) и двойственностью самого окислительного процесса в митохондриях: ферментативного и неферментативного свободнорадикального. И практически не исследована роль матриксов — жидкой «матричной» среды существования клеточных структур и субструктур: от межклеточной среды до внутримитохондриального матрикса.

Сказанное выше, с учетом теоретически адекватных и экспериментально подтвержденных факторов, позволило построить гипотетическую корреляционную модель активации собственных ЭМП клеток организма, суть которой сводится к следующему [65].

Естественным «биологическим полем» живого организма является ЭМП диапазонов от ИК до УФ, а возможно и более коротковолновое. Отвлекаясь от механизма генерации собственных ЭМП организма, отметим, что колебания  $S_i(t)$  генерируются (рис. 1.8), а само их наличие необходимо для реализации биокibernетического принципа обратной связи организма со средой [65].

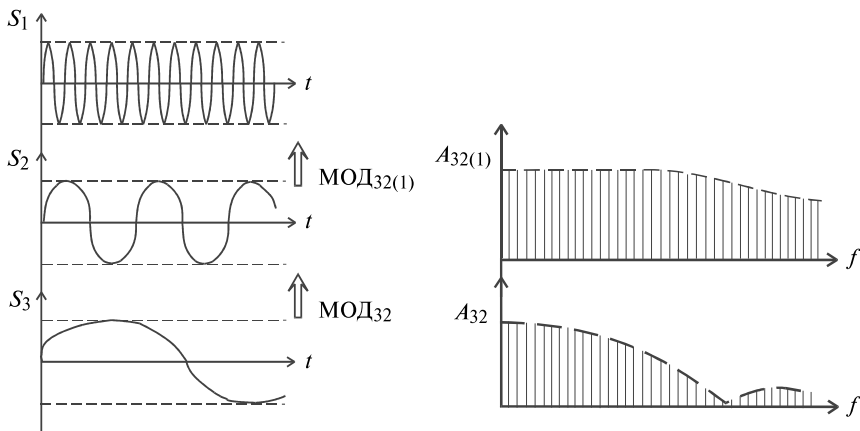


Рис. 1.8. К принципу работы корреляционной модели в активации собственных ЭМП клеток

Вторым и тоже естественным для организма являются поля, обусловленные физиологическими ритмами  $S_3(t)$ ; это низкочастотные колебания от долей герца до сотен (тысяч) герц, физически реализуемые как акусто-электрические колебания. И это все; другие, жизненно важные для жизнедеятельности организма, поля можно не привлекать. Но здесь возникает, с точки зрения радиофизической, весьма существенный вопрос: в пределах организма, как (повторимся) системы биокibernетической и биофизической одновременно, все поля должны быть связаны; в данном случае эта корреляционная связь единственно представляется как модуляция (в модели – амплитудная, но в действительности носящая очень сложный, комбинированный характер). Однако непосредственная модуляция  $\text{МОД}_{31}(S_3/S_1)$  вряд ли возможна, ибо слишком иерархически удалены друг от друга соответствующие биоструктуры – среды генерации и распределения ЭМП: колебания  $S_1(t)$  существуют в микроструктурах клеток на уровне, например, ферропротеидов, а средой распространения акустоэлектрических колебаний  $S_3$  является, преимущественно, структура (решетка) межклеточной среды (матрикса).

Поэтому (и только для этого, но не для отклика на воздействие внешних, природных ЭМП) в организме существуют колебания  $S_2(t)$  – скорее всего, как колебания заряженных клеточных мембран, часть спектра которых, скорее всего – длинноволновая, совпадает с КВЧ-диапазоном. То есть их назначение в естественном биофизическом процессе – корреляционно-связующее, медианно-модулирующее. Соответственно двойная модуляция  $\text{МОД}_{32}(S_3/S_2) \rightarrow \text{МОД}_{32(1)}(S_3/S_2/S_1)$  приводит к расширению спектра итогового сигнала  $A_{32(1)}(f)$ .

Заслуживает пристального внимания концепция С.П. Ситько с коллегами [5, 10]. В квантовом подходе представителей этой школы живое вещество полагается четвертым (после ядерного, атомного и молекулярного) уровнем квантования в «квантовой лестнице» природы Вайсскопфа. Свою концепцию С.П. Ситько назвал физикой живого; последняя основывается на том факте, что медицинские эффекты КВЧ-облучения организма указывают на однозначность отклика организма с понижением уровня внешнего сигнала ЭМИ КВЧ вплоть до «счетного количества квантов». Достаточно в этом плане указать, что в технологиях «Ситько-МРТ» [5, 10] используется монохроматическое излучение с ПППЭ =  $10^{-13} \div 10^{-14}$  Вт/см<sup>2</sup>, что соответствует спектральной плотности облучающего ЭМИ КВЧ порядка  $10^{-20} \div 10^{-21}$  Вт/Гц·см<sup>2</sup>. При этом следует учитывать, что воздействие ЭМИ КВЧ осуществляется не на область очага заболевания, а на дистальные биологически активные точки, что не дает ответа на причину эффективности КВЧ-терапии, если рассматривать живой организм только как механико-химическую систему, имманентным к которому является исключительно ЭМИ диапазона видимого света.

Вообще говоря, школа С.П. Ситько придерживается следующего определения: биофизика изучает биологические объекты, а физика живого – живые (Л.И. Сидоренко, 2000 [66]). При всей афористичности это определение имеет глубокий и конкретизирующий смысл. Именно поэтому С.П. Ситько и его коллеги основной акцент ставят на приращение фундаментальных представлений физики к анализу процессов жизнедеятельности биообъектов (БО). А именно фундаментальные, квантовые представления однозначно подводят к мысли о том, что для живого вещества не должно быть исключения в действии законов мироздания, а именно последние утверждают, что базовым носителем информации является ЭМП. Соответственно, живые объекты не являются исключением. А опытным путем доказанная способность организма реагировать практически на отдельные кванты внешнего ЭМП, энергия которых на порядок-два ниже теплового фона ( $KT$ ), является весомым аргументом в пользу гипотезы о квантово-механической целостности живых организмов, то есть макроскопических объектов.

А что касается «предпочтительности» организмом именно КВЧ-диапазона, то еще Г. Фрелих (H. Fröhlich), ученый, который впервые высказал и обосновал мысль об электромагнитной когерентности в биосистемах, обратил внимание на тот факт, что собственные колебания протоплазменных мембран клеток, в соответствии с их физическими свойствами, находятся в диапазоне  $10^{10} \div 10^{11}$  Гц, то есть при приложении электрического (клеточного или наведенного) потенциала при любом возбуждении они являются источниками ЭМИ как раз в КВЧ-диапазоне [67–74].

Спектр ЭМИ каждой мембраны определяется характером ее возбуждения, а поскольку геном каждой соматической клетки конкретного (инди-

видуального) организма одинаков, то каждую клетку можно рассматривать как активный центр в потенциальной возможности создания когерентного ЭМП целостного организма, реализующего таким образом геном на макроскопическом уровне. Однако клетки находятся в водной, то есть поглощающей, среде, поэтому изначально нельзя утверждать: достаточно ли «метаболической подкачки» потенциала мембран для того, чтобы система перешла порог неравновесного фазового перехода и поддерживалась за этим порогом в режиме лазерной генерации на протяжении всей жизнедеятельности БО.

Таким образом, школа С.П. Ситько утверждает, что живое есть четвертый уровень квантовой организации природы; в отличие от неживого у живого есть самосогласованный потенциал, хотя на молекулярном уровне каких-либо существенных отличий живого от неживого может и не существовать. Существует и прямое экспериментальное доказательство сказанному. В 1997 году исследователям НИЦ квантовой медицины «Видгук» (Киев) с помощью уникальной радиометрической системы удалось достоверно зарегистрировать неравновесную компоненту ЭМИ человека в КВЧ-диапазоне [10] с величиной  $10^{-20} \div 10^{-21}$  Вт / Гц.

Теоретические и экспериментальные исследования [5, 10, 66] показали, что характеристические, присущие индивидуальному организму человека, частоты находятся в поддиапазоне  $40 \div 60$  ГГц КВЧ-диапазона.

Рассмотренные концепции, гипотезы, теории позволяют выявить биофизическую картину процессов взаимодействия ЭМИ КВЧ с БО. Теперь проанализируем клиническую практику КВЧ-терапии [11].

***Анализ клинического опыта применения КВЧ-терапии для лечения заболеваний различной нозологии.*** К настоящему времени, несмотря на относительно небольшой по времени опыт клинического использования КВЧ-терапии, накоплен обширный материал, о чем, в частности, свидетельствует содержание библиографического указателя по теме [11], составленного АО «МТА-КВЧ» (Москва, ИРЭ РАН). Заметим, что наиболее значительные отечественные публикации сделаны в последние годы в специализированном журнале «Миллиметровые волны в биологии и медицине» (Москва); все большее число публикаций появляется и на страницах журналов «Вестник новых медицинских технологий» (Тула) и «Биомедицинская радиоэлектроника» (Москва). Рассмотрим основные направления в клиническом опыте КВЧ-терапии.

В первых, обобщающих ранний опыт КВЧ-терапии сборниках, изданных в начале 90-х гг. [4, 12], помещены материалы по биофизическому механизму КВЧ-терапии, а также по опыту лечения язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, гипертонической болезни, бронхиальной астмы, осложнений гнойной инфекции повреждений конечностей.



Материалы сборника [12] относятся уже к более расширенной нозологии заболеваний, излечиваемых КВЧ-терапией: гастродуоденальные язвы, сочетание КВЧ-терапии с традиционными методами (хирургия, химиотерапия, рентгенотерапия) лечения онкологических заболеваний; некоторые формы стенокардии. Уже в этот период развития электромагнитной терапии многие исследователи считали, что естественным каналом передачи сигналов ЭМИ КВЧ на клеточный уровень органов являются главные каналы акупунктуры и соответствующие им на кожном покрове рефлексогенные зоны, БАТ; в частности, наиболее эффективно воздействие ЭМИ КВЧ на области кожного покрова крупных суставов, зон Захарьина–Геда, точек акупунктуры (рис. 1.9) [12].

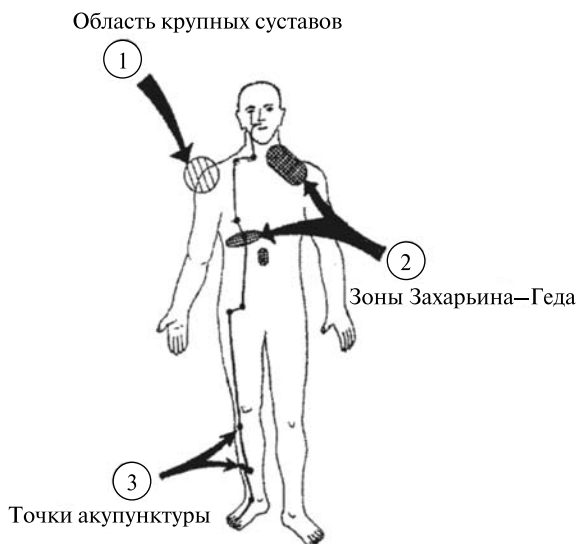
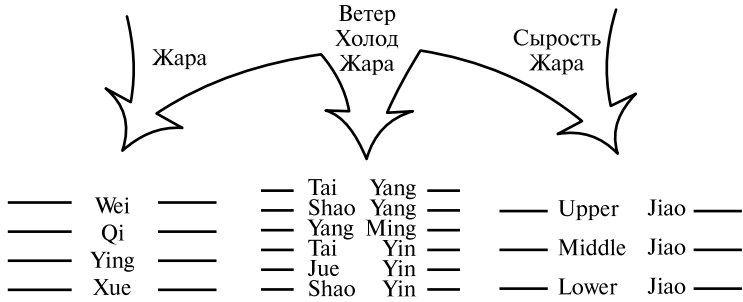


Рис. 1.9. Схема воздействия ЭМИ КВЧ на зоны расположения биологически активных точек [12]

При выборе зон оптимального воздействия в КВЧ-терапии большое внимание уделялось разработанной еще традиционной китайской медицинской классификации синдромов и «ответственных» за них БАТ (рис. 1.10) [12]. При этом учитывается, что большинство больных, независимо от характера заболевания, имеют различные типы симптомов: а) острые неспецифические симптомы, отражающие развитие общего адаптационного синдрома Селье; б) специфические симптомы, отражающие особенности заболевания; в) хронические неспецифические симптомы, обусловленные конституционными особенностями больного [12].

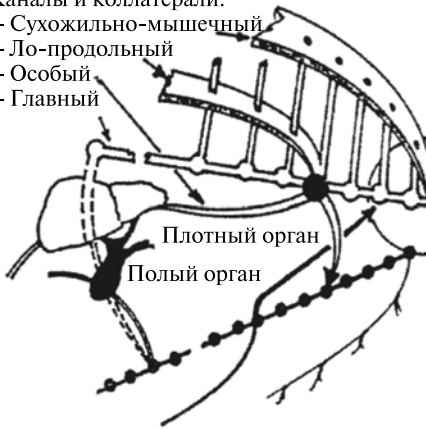
Синдромы 1-й группы:



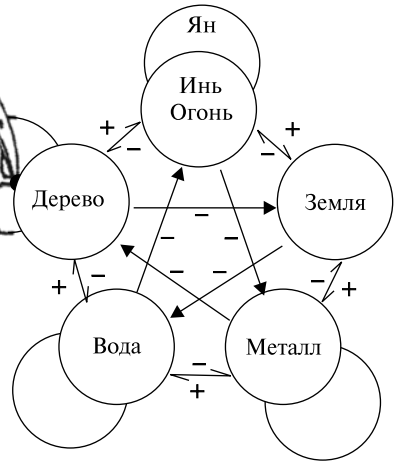
Синдромы 2-й группы:

Каналы и коллатерали:

- Сухожильно-мышечный
- Ло-продольный
- Особый
- Главный



Закон взаимодействия между «Пятью элементами»



Синдромы 3-й группы:

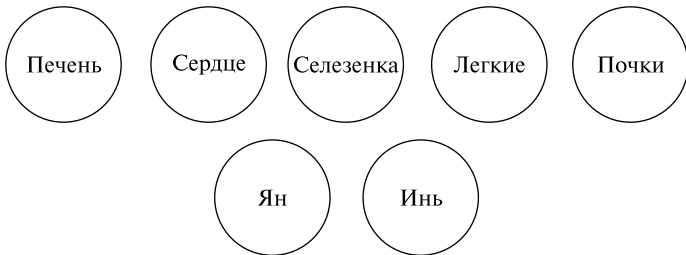


Рис. 1.10. Схема синдромов традиционной китайской медицины [12]

С 1992 года начинает выходить специализированный журнал по КВЧ-терапии «Миллиметровые волны в биологии и медицине» (под эгидой Медико-технической ассоциации «КВЧ» и Научного медико-биологического общества «КВЧ»), который в лице своих авторов в определенном смысле объединяет и координирует работы отечественных исследований в данном направлении.

С этого же момента, наряду с клиническими опробованиями воздействия ЭМИ КВЧ, интенсивно проводятся эксперименты на животных и микроорганизмах.

Первые применения ЭМИ КВЧ в гинекологии относятся к лечению воспалительных процессов придатков матки (аднексит и др.), а также к лечению эрозивных воспалительных процессов в шейке матки и в цервикальном канале, то есть речь идет о наиболее распространенных заболеваниях [75]. Так, для лечения аднекситов использовалось 7–10 сеансов КВЧ-терапии (длина волны  $\lambda = 5,6$  мм), после которых болевой синдром купировался, уменьшалась отечность, улучшалась проходимость маточных труб.

Заметим, что при использовании ЭМИ КВЧ с длиной волны  $\lambda = 7,1$  мм эффективность лечения падала почти в два раза (с 64 до 35% от числа прошедших лечение) [75], что отвечает гипотезе школы акад. Н.Д. Девяткова о дифференциации терапевтических частот по классам заболеваний.

Первой в мире промышленной установкой (до этого в клинической практике использовались стандартные измерительные генераторы Г4-141, Г4-142) для КВЧ-терапии была «Явь-1» разработки ГНПП «Исток» (Фрязино). Для своего времени этот аппарат обладал достаточно высокими характеристиками [76]: «терапевтические» частоты 53,53 ГГц ( $\lambda = 5,6$  мм) и 42,19 ГГц ( $\lambda = 7,105$  мм); полоса частот облучения  $2\Delta f = 200$  МГц (относительно центральной); эргономичность конструкции с точки зрения медико-эксплуатационных требований. Этот аппарат сыграл важную роль на первоначальном этапе развития КВЧ-терапии.

Важно отметить, что по мере расширения ареала применения процедур КВЧ-терапии для лечения различных заболеваний исследования механизмов воздействия постепенно углубляются: наряду с биофизическими процессами все большее внимание уделяется и биохимическому механизму КВЧ-воздействия [77, 78]. Совершенствование аппаратных методов оценки эффективности КВЧ-терапии основывается на самых различных физических принципах, включая такие «экзотические», как эффект Кирлиан [79]. Расширяется и нозология заболеваний, поддающихся лечению воздействием ЭМИ КВЧ: лечение стрептококкового импетиго [80], сахарного диабета [81], травматического арахноидита с ликвородинамическими нарушениями [82].

Другой важный аспект применения лечебного воздействия ЭМИ КВЧ – это профилактика (коррекция) физиологического состояния орга-

низма; речь идет о тепловом микромассаже под воздействием ЭМИ КВЧ [83], профилактике стрессовых состояний и конфликтно-психологических ситуаций [84], а также чрезвычайной важности вопрос о нелекарственной, физиотерапевтической реабилитации лиц, пострадавших от последствий аварии на Чернобыльской АЭС [85]. С этой группой пациентов нозологически связаны больные с кардиологическими заболеваниями, в частности, с острым инфарктом миокарда с различными осложняющими факторами [86].

Как показано в [87], эффективность КВЧ-терапии может быть значительно повышена, если ее совмещать с электропунктурной диагностикой по Р. Фоллю. При этом исходим из того положения, что основной механизм КВЧ-воздействия заключается в повышении неспецифической резистентности организма; в этом смысле метод воздействия на БАТ по Р. Фоллю (ФРГ, 1956 г.), которые отвечают за конкретную систему, орган или их часть, представляется наиболее оптимальным [87].

Новый импульс к расширению клинического применения высокочастотной терапии дало внедрение в клиническую практику более совершенного серийного аппарата КВЧ-терапии «ЭЛЕКТРОНИКА КВЧ-111» (разработка НИИ «Сатурн», Киев) [88], который имеет ряд преимуществ перед аппаратом «Явь-1». Этот аппарат работает на фиксированной терапевтической частоте ЭМИ в базовом диапазоне частот 59–63 ГГц ( $\lambda = 5,68 - 4,78$  мм) при выходной мощности 5 мВт. Предусмотрено автоматическое задание (в дискретах) времени процедуры от 5 до 30 мин, а также имеется режим импульсной генерации. Дополнительная генерация некогерентного (шумового) ЭМИ в полосе частот  $61 \pm 4$  ГГц с  $P_{\text{вых}} = 0,1$  мВт расширяет область применения аппарата. Можно утверждать, что и на сегодняшний день аппарат «ЭЛЕКТРОНИКА КВЧ-111» и его модификации являются лучшими образцами серийной техники КВЧ-терапии.

В то же время разрабатывается и более специализированная – под конкретные процедуры и/или нозологии заболеваний – аппаратура терапии и диагностики. Так, в ИРЭ РАН и НПО «Форум» разработан комплекс аппаратуры «Шарм» для экспресс-диагностики функционального состояния внутренних органов человека и его коррекции [89]. Комплекс использует метод Фолля и КВЧ-терапию.

Использование более совершенной аппаратуры КВЧ-терапии, коррекции, контроля и диагностики позволяет расширить возможности данного метода лечения. Именно ко второй половине 90-х гг. относится клиническая апробация КВЧ-терапии и коррекции для лечения невралгии, в частности, невралгии тройничного нерва [89], рахита и терминальной почечной недостаточности [90], проведения общеоздоровительных процедур в курортологии и физиотерапии [91], в лечении больных с патологией щитовидной железы [92]; последнее наиболее актуально в наше время, учитывая

«чернобыльский след», общее техногенное загрязнение окружающей среды, особенно соединениями тяжелых металлов (Тульская область, например, неблагоприятна по сочетанию этих двух факторов, отсюда и резкий всплеск, «помоложение» этой группы заболеваний). Отметим также относящееся к тому же периоду использование КВЧ-терапии в иммунологии [93], отоларингологии [94]. Несомненно большие перспективы имеет применение лучевых (полевых) методов терапии в ситуациях хирургического лечения, способствующих интенсификации процессов восстановления и заживления биотканей [95], а также в ревматологии [96].

Весьма интересен представленный своими результатами в работах [97, 98] опыт применения облучения ЭМИ КВЧ при лечении фантомных состояний, в частности, фантомной боли (удаленного органа).

Все больший темп набирают клинические исследования в части использования КВЧ-терапии для лечения заболеваний внутренних органов, особенно таких ответственных за жизнедеятельность организма, как печень, почек, мочеполовой системы и пр. [99, 100], а также для лечения таких тяжелых и распространенных, плохо поддающихся иным способам лечения (медикаментозным, хирургическим), как ДЦП (детский церебральный паралич) [101].

В последние годы (а эпизодически и ранее) все больший интерес проявляется к изучению свойств воды как связующего звена биосистемы. Действительно, вода не просто вносит наибольший парциальный вклад в объем и массу живого вещества; это было бы слишком просто. Скорее всего, в этом отношении связанная в органосистемах вода является информационной матрицей; многое за это говорит. Поэтому и в контексте КВЧ-терапии, являющейся терапией информационной, крайне важно знать «отклик» воды организма на облучение ЭМИ КВЧ. Этим вопросам посвящен цикл работ [102–104].

Заключая анализ клинического опыта применения КВЧ-терапии, отметим, что нозология заболеваний, поддающихся лечению воздействием ЭМИ КВЧ, постоянно расширяется. В частности, оно уже с успехом используется в «нетрадиционной» нозологии, например, в стоматологии [105], к чему мы вернемся ниже.

Анализ зарубежных источников [106–114] показывает, что и в этих исследованиях намечается значительный прогресс.

В заключение раздела приведем характеристики аппаратов КВЧ-терапии – последние по времени разработки НИЦ квантовой медицины «Видгук» (информационные листки):

«ПОРОГ-3М»:

- диапазон рабочих частот:  $54 \div 78$  ГГц;
- мощность излучения:  $0,1 \div 1,0$  нВт;
- неравномерность излучения в диапазоне рабочих частот:  $\pm 3$  дБ;

- масса: 0,5 кг;
- потребляемая от сети мощность: 3 Вт;
- «ARIA-SC»:
  - диапазон рабочих частот: 53 ÷ 63 ГГц;
  - точность установки частоты ЭМИ:  $\pm 40$  МГц;
  - мощность излучения: 50 мкВт;
  - диапазон регулировки уровня выходной мощности:  $(0 \pm 50) \pm 3$  дБ с шагом 5 дБ;
  - неравномерность излучения в диапазоне рабочих частот:  $\pm 2$  дБ;
  - масса: 12 кг;
  - потребляемая от сети мощность: 70 Вт.

Аппарат «ARIA-SC» является многофункциональным и используется для лечения таких тяжелых заболеваний, как сахарный диабет, язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки и желудка, трофические язвы, асептический некроз, гастрит, наркомания и алкоголизм, детский церебральный паралич и пр.

О биофизических механизмах воздействия на живой организм магнитных полей мы будем говорить и достаточно подробно в следующей главе в контексте исследования воздействия на БО ПМП с ВК с *D*- и *L*-формами киральности (вращения). Предварительно же отметим важную роль естественных (природных) магнитных полей в процессах жизнедеятельности, более того – в формировании присущих биосфере форм организации живого.

Известно, что многие молекулы существуют в *D*- и *L*-формах (киральные молекулы), то есть являются зеркальными отражениями друг друга. В неорганическом мире *D*- и *L*-молекулы встречаются в равных количествах (рацемическая смесь). Однако иную картину мы наблюдаем в мире органическом, живом тем более: основа белка – аминокислоты – всегда имеют *L*-форму киральности. Как показано в [115], избыток биомолекул *D*- или *L*-формы можно получить, воздействуя на биохимические реакции ЭМИ видимого света с круговой (*D*- или *L*-) поляризацией. Однако в природе это встречается крайне редко, поэтому не в этом явлении следует искать истоки биологической эволюции.

Результаты исследований G. Rikken и E. Raupach (Франция, Гренобльская лаборатория сильных магнитных полей [116]) позволяют по-иному взглянуть на эту фундаментальную задачу биоэволюции. Экспериментально было доказано (на примере сложного неустойчивого соединения хрома), что под действием обычного (неполяризованного) света и параллельного ему магнитного поля в растворе хромового соединения образуются молекулы *L*- или *D*-ориентации (с избытком одной из ориентаций). Самое же существенное – в контексте данной работы – состоит в том, что поляризация света здесь роли не играет, но при изменении направления

магнитного поля ориентация формирующихся молекул меняется на противоположную. И наконец, при перпендикулярном расположении пучка света и магнитного поля асимметрии молекул не наблюдается.

Данный феномен, учитывая реальную структурированность параллельного воздействия света и магнитного (геомагнитного) поля в естественных условиях, во-первых, позволяет установить изначальную – на молекулярном уровне – асимметрию биоорганического мира; во-вторых, указывает на имманентность магнитных полей самой организации жизни, что используется в магнитотерапии в варианте воздействия ПМП с ВК, что является одним из предметов настоящей работы.

Как видно из выполненного выше анализа современных представлений о биофизических процессах взаимодействия ЭМП с живым организмом, исследования в этой области продолжают, механизмы таких взаимодействий постоянно уточняются, а что-то и отбрасывается. Это вполне объяснимо и диалектично. Как говорил выдающийся русский физик Н.А. Умов (1846–1915 гг.): «Орудие научной мысли, работающей на пути искания истины, обоюдоострое: созидая новое или останавливаясь на старом, оно непрестанно испытывает их своими лезвиями. Научные системы падают; но, разрушаясь, они не исчезают бесследно: на их обломках строятся теории более современные и долговечные» [117].

## **1.2. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ И ДИАГНОСТИКИ ПО РАЗЛИЧНОЙ НОЗОЛОГИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ БИОТЕХНИЧЕСКУЮ КОНТУРНУЮ РЕАЛИЗАЦИЮ**

Выбор радиофизических параметров ЭМИ СВЧ- и КВЧ-диапазонов – при наиболее общей постановке задачи – важен с двух точек зрения: а) оптимизация характеристик аппаратуры в биокibernетической системе «генератор–пациент–система обратных связей»: мощность ЭМИ, частота, тип модуляции и пр.; б) оценка физиологического состояния человека при санкционированном и несанкционированном воздействиях ЭМИ. К последнему относится широкий спектр воздействий, начиная от воздействий ЭМИ промышленных и бытовых установок и заканчивая влиянием на человеческий организм излучений радиолокационных станций и санкционированных направленных воздействий.

Существенным будет подчеркнуть и то благоприятное для разработчиков систем управления и контроля технических средств обстоятельство, что целый ряд технических решений, использующих физические явления, из систем управления переносятся в разработку медицинских средств контроля и коррекции (так называемый принцип соответствия Н. Бора, широко известный в физике и технических приложениях).

**Роль высокочастотной электромагнитной терапии в современной медицине: коррекция и контроль состояния организма.** Анализируя природу фундаментальных трудностей современной традиционной, аллопатической в своей основе, медицины, можно сделать вывод о доминирующей роли ограниченных возможностей формирования физико-биологической, биохимической, биокбернетической и т. п. моделей организма в восприятии врача, на котором и закольцовывается тот единый контур управления, в структуре которого и реализуется лечебный процесс (рис. 1.11).

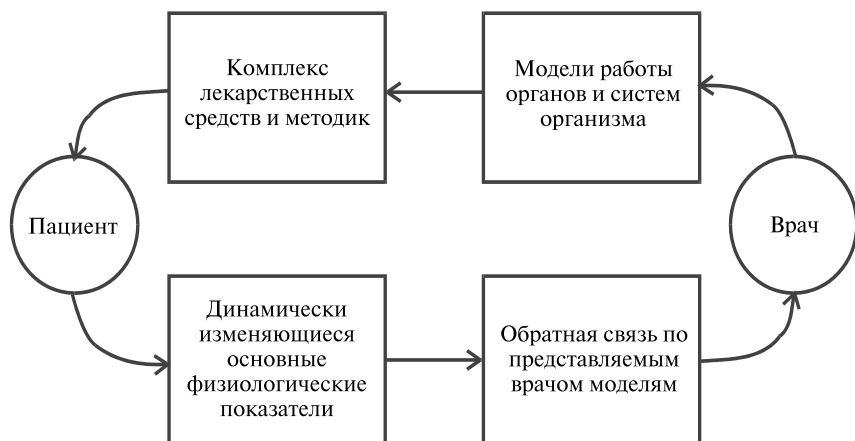


Рис. 1.11. Контур процесса медикаментозного лечения

Обобщенно можно сказать, что основные трудности медицины связаны с отсутствием адекватной модели гомеостаза, тем более — ее сколь-либо удовлетворительной математической модели. Описание же гомеостаза в терминах компартментального метода, что эквивалентно методу пространственных состояний современной теории управления, удовлетворительно на уровне биохимических и физико-биологических представлений, поскольку адекватно отражает возможности как естественных, так и искусственных механизмов жизнедеятельности организма [65].

При расширении рамок гомеостаза на уровень целостной психической конструкции организма трудности возрастают в еще большей степени, поскольку концепция гомеостаза должна включать в свой ареал процессы взаимодействия организма с многочисленными факторами внешней среды: от воздействия естественных физических полей до экологических, социальных и пр. факторов. По причине безудержного роста промышленного производства и сопутствующего этому росту энергопотребления в последние 8—10 лет количественное ухудшение экологических параметров



перешло в качественное; мы сейчас присутствуем при начале необратимого экологического кризиса, причем речь идет о ноосферном, глобальном кризисе [64, 65].

В контексте настоящей работы отметим информационно-энергетический аспект ноосферной экологии [118]. В связи с интенсивным развитием радиотехнических средств – телевизионных, радиорелейных, радиолокационных – окружающая среда насыщена ЭМП различных частотных диапазонов, воздействие которых на функции организма человека является предметом многопрофильных исследований. Однако, с другой стороны, такие ЭМП, как ЭМИ КВЧ, следует рассматривать как один из факторов внешней среды, влияющий на нарушенный гомеостаз организма и способствующий его функциональной коррекции с последующей выработкой нового устойчивого состояния в данной среде. То есть коррекцию гомеостаза ЭМИ КВЧ можно рассматривать как механизм адаптации человека к условиям изменяющейся среды обитания. Использование – в санкционированном варианте – технических ЭМП КВЧ диапазона в целях коррекции функций организма человека и привело в последнее 10-летие к созданию нового раздела медицины: КВЧ-терапии.

Поэтому в настоящей работе основной акцент сделан на оценке и выборе радиофизических методов и параметров, исходя из биокibernетического подхода, для оценки физиологического состояния организма человека, разработке методов и концептуальных подходов в изучении ответных реакций организма на ЭМИ нетепловой (биоинформационной) интенсивности при использовании различных способов введения ЭМИ в БО.

***Исследование излучательных свойств рефлексогенных областей.*** Традиционными методами медицинского контроля физиологического состояния организма человека являются биохимический анализ крови, электроэнцефалография, рентгенография, рентгеноскопия, электрофотография, ультразвуковая диагностика, компьютерная и ЯМР-томография и пр. В то же время интенсивно разрабатываются новые, более совершенные методы контроля и исследования. Например, установленным фактом является корреляция между нарушениями функций организма и патологией отдельных составляющих его клеток, в частности, клеток крови, коль скоро речь идет об общем заболевании. Поэтому любое заболевание организма изменяет протекание метаболических процессов в клетках, инициируя тем самым процессы функциональной перестройки клеток и вариации спектров излучений собственных ЭМП клеток. Сказанное проиллюстрировано на рис. 1.12 [65].

Например, в псевдошумовом спектре, характеризующем суммарное ЭМП собственных излучений клеток, наличие патологии проявляется изменением участка спектра в окрестности некоторой частоты  $\omega_{пат}$  (рис. 1.12, б).

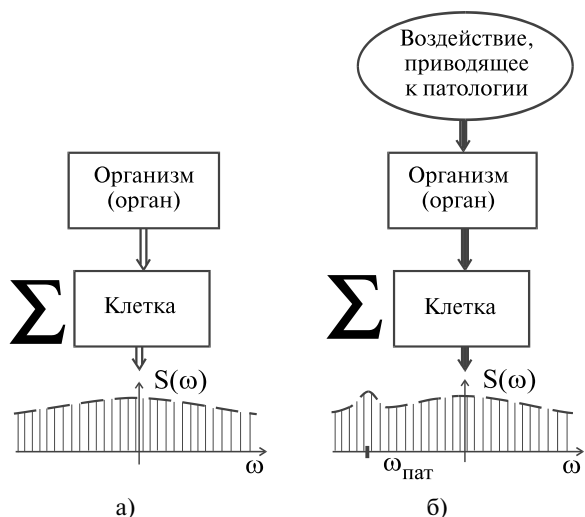


Рис. 1.12. К корреляционной связи между нарушениями функций организма и патологией составляющих его клеток: спектры излучений собственных ЭМП клеток в норме (а) и патологии (б)

Поэтому для анализа терапевтического воздействия ЭМИ КВЧ следует исследовать спектры излучения клеток по физическим эффектам их взаимодействия с внешним (терапевтическим) ЭМИ КВЧ, а контроль воздействия осуществляется по основным функциональным параметрам клеточной суспензии. Схема процесса показана на рис. 1.13 [65].

В частности, для образцов крови такими функциональными параметрами могут быть вязкость, фибринолитическая активность, механическая резистивность эритроцитов, а также ее диэлектрическая проницаемость в КВЧ-диапазоне.

Однако следует отметить, что в реализации схемы, приведенной на рис. 1.13, присутствуют достаточные технические, методологические и эксплуатационные сложности. В предложенном методе контроля физиологического состояния организма затруднена оценка корреляции между установленным эффектом изменения, например, механической резистивностью эритроцитов после воздействия ЭМИ КВЧ и характером заболевания, поскольку изменения в крови могут являться следствием различных заболеваний (наиболее характерное явление для людей старше 30...35 лет). То есть речь идет о том слабом звене биокibernетического подхода, который в [65] назван «черным ящиком» в цепи ОС.

**Использование характеристик нелинейности биологически активных точек.** Изначальным свойством БАТ является нелинейный характер элект-

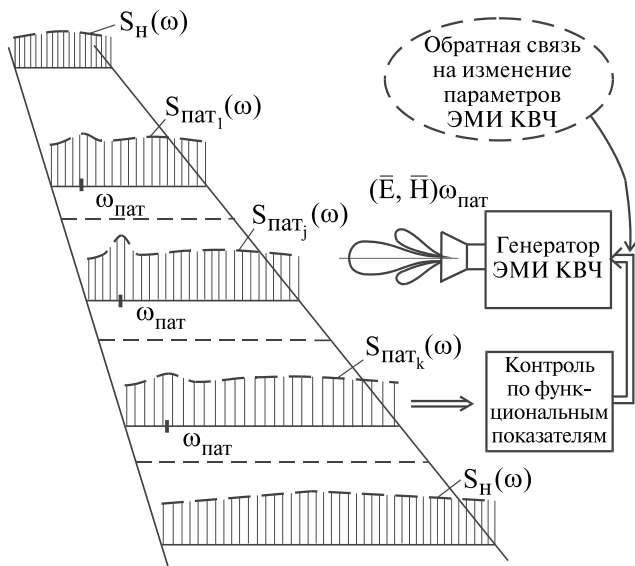


Рис. 1.13. *Схема организации биок cyberнетического контура процесса лечения с использованием ЭМИ КВЧ*

рофизических процессов в их окрестности. Это можно достаточно просто объяснить исходя из самого принципа организации живой природы, в основу которого положена динамическая неустойчивость, синергизм, неравновесность и нелинейность [119]. Поэтому нелинейный характер имеет в БАТ и зависимость тока при изменении величины приложенного к ней напряжения. Анализ этой зависимости позволяет выполнять оценку состояния внутренних органов человека; дело в том, что БАТ являются проекциями на оболочке-коже физиологического состояния соответствующих органов и систем организма. Кроме того, это позволяет реализовать биок cyberнетическую обратную связь в системе «пациент—аппарат терапии» и автоматизировать процесс диагностики или терапии благодаря анализу достоверной оперативной информации о характере ответной реакции организма на контрольно-тестовые и терапевтические воздействия.

Таким образом, электрические характеристики БАТ несут информацию о состоянии организма, однако использование этой информации традиционными методами для оптимизации терапии либо при организации обратной связи в системе «пациент—устройство» затруднено из-за собственной реакции ткани в зоне БАТ на внешние воздействующие физические поля.

Исследование информационных свойств биоэлектрического потенциала поверхности биообъекта. По различным данным биоэлектрический потенциал поверхности кожи человека достигает  $\varphi = 1800 \div 200$  мВ, причем

на неактивных точках  $\varphi = 2-70$  мВ, в БАТ  $\varphi > 120$  мВ. Существенно, что при наличии патологии в организме человека электрический потенциал кожи однозначен и ниже указанных значений. Отмечается высокая корреляция между величиной биоэлектрического потенциала кожи, особенно в БАТ, и определенными заболеваниями [120].

Используя биокibernетический подход и радиофизические аналогии, можно утверждать о возможности получения информации о процессах в организме человека при условии защиты канала передачи информации от помех, создаваемых элементами измерительной цепи или терапевтическими электрическими и/или электромагнитными сигналами. Соответствующие устройства и их связь с БАТ должны отвечать структурной схеме, показанной на рис. 1.14 [65].

Как видно из структурной схемы на рис. 1.14, тестовый сигнал подводится к БАТ некоторого определенного ( $j$ -го) меридиана, а информацию о реакции соответствующего органа или системы снимается с других БАТ данного ( $j$ -го) или связанных с ним ( $j + k, \dots, N$ ) меридианов. Кроме того,

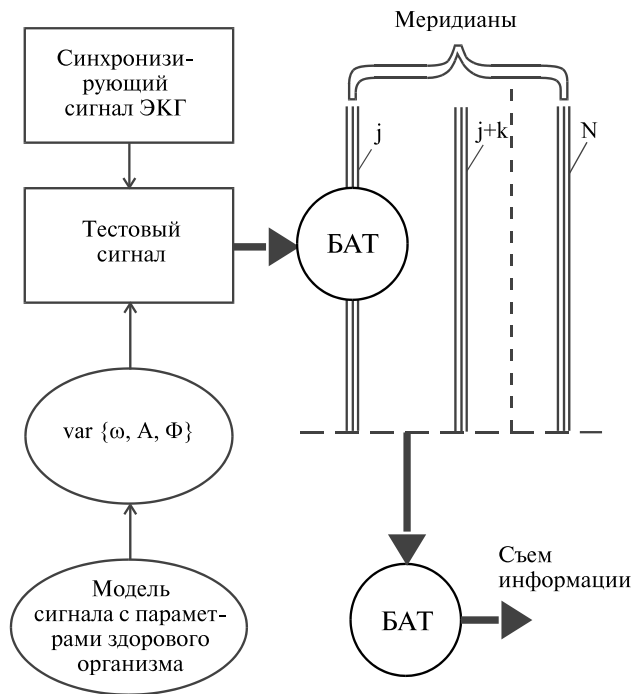


Рис. 1.14. Структурная схема диагностико-терапевтического устройства получения информации о процессах в организме с выводом через БАТ

в тестовом сигнале в ручном и/или автоматическом режиме варьируется частота  $\omega$ , амплитуда  $A$  и форма  $\Phi$  сигнала. Предусмотрена возможность синтеза тестовых сигналов (через подбор параметров  $\omega$ ,  $A$  и  $\Phi$ ), адекватных модели сигнала с параметрами здорового организма.

Синхронизация процесса тестирования производится по основным физиологическим ритмам, в частности, наиболее удобно использовать электрокардиограмму.

Использование описанной схемы исследования позволяет регистрировать эхо-сигнал от внутренних органов в БАТ-отведениях при воздействии тестирующим током на другие точки данного меридиана, сопоставлять по совокупности параметров графики тестирующего сигнала, сигнала, вызванного растеканием тестирующего тока по тканям кожного покрова, эхо-сигнала от внутренних органов в различных точках данного меридиана, других сопряженных и несопряженных меридианов и коллатералей [120].

Наконец, немаловажным является исследование возможности синхронизации донор-реципиентной связи включением в эту связь хронированного кардиоритмом адаптера.

Отметим, что недостаточно высокая терапевтическая эффективность серийно выпускаемых аппаратов КВЧ-терапии обусловлена именно отсутствием ОС между аппаратом и пациентом. То есть отсутствуют объективные показатели самого процесса терапевтической процедуры, ее динамики и лечебной направленности, самой приемлемости той или иной физиотерапевтической процедуры для конкретного пациента, ибо неверно установленный врачом диагноз или энергетически не сбалансированное дозирование не только делает бесполезной саму процедуру лечения, но может нанести вред здоровью больного.

### **1.3. АППАРАТУРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ БИОУПРАВЛЯЕМОЙ ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ: СВЯЗ СИСТЕМО-И СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ С НОЗОЛОГИЕЙ ЗАБОЛЕВАНИЯ**

*Тенденции развития аппаратуры волновой терапии.* Современное состояние исследований по использованию ЭМИ КВЧ нетепловой (биоинформационной) интенсивности в медицине и биологическом эксперименте характеризуется ростом объемов теоретических исследований и практического использования, широким внедрением в клиническую практику. Это очень существенно, учитывая, что на сегодняшний день еще не удалось сформулировать непротиворечивую общую концепцию механизма воздействия ЭМИ КВЧ на организм человека.

Можно однако утверждать, что выздоровление обусловлено сочетанным воздействием экзо- и эндогенных факторов; главное, что достоверно

установлена роль ЭМИ КВЧ в выздоровлении больных с самой различной патологией. Однако — и это должно найти у исследователей самое серьезное понимание — ввиду относительно недавнего по времени начала массового использования процедур КВЧ-терапии остается открытым вопрос о наследственном, генетическом факторе последствия КВЧ-облучения. Другими насущными и перспективными задачами являются поиски новых областей внедрения КВЧ-терапии (в том числе в смысле расширения нозологии); исследование способов повышения терапевтической эффективности с использованием новых, «нетрадиционных» частот ЭМИ КВЧ; поиски новых режимов подачи ЭМИ на организм человека и разработка унифицированной гаммы аппаратов КВЧ-терапии, соответствующих биокибернетической схеме (рис. 1.13).

Основные тенденции развития КВЧ физиотерапевтической аппаратуры рассмотрим на примере лечения гастроэнтерологических заболеваний. Эта группа заболеваний является неизбежным спутником психологических перегрузок, характеризуется длительностью протекания, серьезными осложнениями, поражает, как правило, наиболее активную и работоспособную часть населения.

Серьезным шагом в новом подходе к лечению гастроэнтерологических заболеваний явилось внедрение в данную область КВЧ-терапии с использованием серийных аппаратов типа «Явь-1» и «Электроника КВЧ» [76, 88]. Однако эффективность данных аппаратов недостаточно высока, а отсутствие контроля состояния пациента (обратной связи) нередко приводит к отрицательным результатам. Наихудшая ситуация возникает в случае, когда весь упор делается только на КВЧ-терапию, без сочетания последней с медикаментозным лечением, особенно при запущенных язвенных болезнях.

Общая низкая эффективность аппаратов типа «Явь-1» объясняется недостаточной проработкой его на стадии проектирования, в частности, не было учтено фундаментальное обстоятельство, связанное со спектральными характеристиками ЭМИ, взаимодействующего с БО, поскольку биоинформационный обмен в биосистемах осуществляется с помощью *строго* когерентных волн. Воздействие же сигналами с высоким, неконтролируемым уровнем амплитудно- или частотно-модулированных шумов и с неопределенной величиной гармоник основной частоты может или дать нулевой эффект либо же инициировать искажающее влияние на организм. По-иному говоря, может изменяться как выраженность, так и направленность эффекта. Вывод здесь напрашивается сам собой: использование столь тонких терапевтических процедур, основанных на (слабоизученных) механизмах взаимодействия физических полей с живым веществом, во-первых, не терпит дилетантства, во-вторых, требует реализации государственной — в рамках Минздрава РФ — программы разработки, внедрения и эксплуатации терапевтической аппаратуры.

Диагностирование по отраженным сигналам, модулированным биоритмами. Важнейшим аспектом аппаратурной реализации биоуправляемой КВЧ-терапией является реализация ОС, то есть диагностирование процесса воздействия ЭМИ КВЧ. В основе высокочастотного диагностирования лежит наличие собственного ЭМП клеток организма, интенсивность которого, а также другие параметры изменяются при переходах от нормы к патологии и обратно. Вместе с тем уровень мощности клеточного сигнала составляет порядка  $10^{-12}$  Вт/см<sup>2</sup> [64], что не позволяет говорить о реальной для современной аппаратуры радиофизических измерений прямой регистрации этого излучения. Поэтому выход может быть найден в разработке методов и аппаратуры косвенной регистрации, при которой внешний, строго монохроматический сигнал накладывается на собственное излучение (клеток) организма, а отраженный сигнал, несущий информацию об этом излучении, фиксируется обычной для практики радиофизического эксперимента аппаратурой [10, 65].

При создании методик и аппаратуры такого диагностирования возможны два базовых варианта: а) частота внешнего зондирующего сигнала равна одной из характерных (терапевтических) частот; то есть в данном случае совмещаются терапевтическое воздействие и оценка этого воздействия; б) частота зондирующего сигнала лежит вне полосы характерных частот, поэтому диагностическое устройство фиксирует отклик организма в стационарном состоянии.

По способу регистрации отраженных от биообъекта сигналов также возможны два варианта: а) биообъект облучается строго монохроматическим сигналом, а после взаимодействия с собственными ЭМП сигнал обрабатывается в преобразователе частоты, и информация снимается в виде сигнала низкой частоты на нагрузке преобразователя; б) информационный сигнал извлекается на зондирующей терапевтической частоте, а его амплитудно-частотная характеристика отражает состояние организма, эффективность и направленность терапевтической процедуры.

Соответствующее аппаратурное обеспечение должно основываться на новой элементарно-узловой и схемно-конструкторской базе, учитывая тенденции развития соответствующих радиотехнических, электронных и радиофизических средств.

Рассмотренное выше современное состояние вопроса выбора аппаратурных параметров ЭМИ КВЧ для целей терапии и оценки (контроля) физиологического состояния организма человека, а также пути их оптимизации, показывает всю сложность и неоднозначность постановки и решения этой актуальной задачи. Оценивая биофизические механизмы воздействия на организм внешних высокочастотных полей, методические подходы к процессам терапии, аппаратурную реализацию, прежде всего нужно иметь в виду обязательное наличие ОС в биокрибернетической замкнутой системе

«аппарат—пациент». Роль высокочастотной терапии в современной медицине исключительно важна и велика. Более того, ее можно толковать расширительно: не только собственно излечение, но и коррекция, контроль состояния организма.

Естественными каналами для введения ЭМИ КВЧ в организм являются рефлексогенные зоны, поэтому исследование их излучательных (приемных) свойств — важнейший этап в комплексном решении задачи КВЧ-терапии, коррекции и контроля. В этом смысле БАТ можно рассматривать как аналог «контрольных» точек радиосхем и использовать их нелинейные свойства для биокоррекции облучением ЭМИ КВЧ. Важнейшую роль здесь играет и использование информационных свойств биоэлектрического потенциала поверхности биообъекта (кожи).

Реализация всего комплекса рассмотренных в работе мер позволит придать ВЧ-терапии, коррекции и контролю строгую научную основу, добротную методологическую базу и адекватное им аппаратурное обеспечение.

#### **1.4. ЭТИОЛОГИЯ, ПАТОГЕНЕЗ И КЛИНИКА СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В АСПЕКТЕ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ**

В настоящей работе исследуются волновые методы лечения наиболее распространенного воспалительного процесса в стоматологии — воспалительных заболеваний пародонта (обзор по источникам [121—130]).

Значение проблемы патологии пародонта определяется не только значительной распространенностью заболеваний околозубных тканей, но и медицинскими явлениями: нарушением жевательной функции органа, инфицированием и сенсибилизацией организма, опасностью заболевания, опасностью образования источника хронического сепсиса, нарушением пищеварения, появлением психосоматических расстройств и др.

Несмотря на множество теоретических концепций, имеющих на сегодняшний день, вопросы этиологии и патогенеза этого заболевания все еще не нашли окончательного решения. Суммированный взгляд на эту проблему заключается в том, что воспалительные заболевания пародонта (гингивит, пародонтит) развиваются под воздействием внутренних и внешних неблагоприятных факторов, часто сочетающихся друг с другом и находящихся в состоянии непрерывного взаимодействия.

Чрезвычайно важным в теоретических представлениях о патологии заболеваний пародонта является вопрос о соотношении внутренних и внешних факторов. Большое значение в генезе патологии пародонта отводится местным факторам: зубному камню, нарушению прикуса и прикреплению уздечек губ, травмам пародонта, недостаточной гигиене полости рта; отме-



чена прямая зависимость между показателями индекса гигиены полости рта и интенсивности воспаления пародонта.

Современное представление о болезнях пародонта позволяет выделить в их патогенезе основные звенья: микроциркуляторное, иммунологическое, метаболическое, – сочетанное нарушение которых является обязательным атрибутом формирования различных патологических процессов.

Главенствующим в заболевании пародонта считается расстройство в сосудистой системе. Изменения в сосудах могут наступать под влиянием различных токсинов, в том числе под влиянием эндотоксинов. Все хронические заболевания, при которых могут образовываться эндотоксины, предрасполагают к развитию пародонтита.

Накопленный клиницистами и экспериментаторами опыт однозначно свидетельствует о том, что в качестве мишени для ведущих патогенетических факторов при развитии генерализованного пародонтита выступает микроциркуляторное русло. Нарушения микроциркуляции, возникающие в результате изменения сосудов, играют важную роль в механизме развития пародонтита. В начальной стадии эти изменения носят обратимый характер, в более поздних стадиях они становятся необратимыми. Блокада части капилляров, тромбообразование в венозных капиллярах вследствие нарушения процессов свертывания крови обуславливают функциональную перегрузку остальных капилляров, ухудшают кровоснабжение тканей пародонта. Этим объясняется обостренный интерес к роли сосудистого фактора в возникновении и развитии пародонтита.

В настоящее время накоплен значительный экспериментальный и клинический материал о более сложных взаимоотношениях факторов неспецифической и специфической защиты в патогенезе воспалительных заболеваний пародонта. Прежде всего разрабатывается идея не чисто бактериального септического действия зубной бляшки, но и ее токсического антигенного действия.

Существенную роль в развитии воспалительного заболевания пародонта, возможно, играет комплемент в силу его способности индуцировать процесс резорбции костной ткани. В пользу такого предположения свидетельствует тот факт, что при заболеваниях пародонта он обнаруживается как в базальной мембране эпителия, так и в десневом экссудате и в сывотке крови.

Изучение специфических и неспецифических факторов иммунитета в ротовой и десневой жидкостях по уровню лизоцима, пропердина,  $\beta$ -лизина, пероксидазы и пр. выявило существенное ослабление местных защитных сил полости рта. Роль иммуноглобулинов в развитии патологии пародонта до конца не выяснена. С одной стороны имеются данные о повышении уровня иммуноглобулинов основных классов (*A*, *G*, и *M*), причем *IgM* – реже. Наблюдается увеличение содержания иммуноглобулинов *A* и *G* в поражен-

ной десне, иммуноглобулина G в грануляционной ткани десны и в слюне, т. е. синтез иммуноглобулинов может осуществляться в самих пораженных тканях десны. Установлено повышение общей антиоксидантной активности смешанной слюны, значительное увеличение удельной активности каталазы, глутатион-S-пероксидазы (на 20%) и лактатдегидрогеназы. При этом гипоксическое состояние тканей пародонта сопровождалось увеличением накопления в них молочной кислоты (лактата) вследствие активации лактатдегидрогеназы и свидетельствовало об активации гликолитического пути метаболизма с увеличением недоокисленных продуктов. Срыв физиологической антиоксидантной системы в тканях приводит к лавинообразному накоплению различных перекисных соединений, приводящих к нарушению целостности клеточных мембран, дегенерации и гибели клеток.

При генерализованном пародонтите изменяется число форменных элементов крови. Эти показатели характеризуют напряженность клеточного иммунитета. При снижении поглотительной и переваривающей способности фагоцитов, при нейтролизе у больных абсолютные показатели поглощения и переваривания могут соответствовать норме, что отражает резервы компенсации организма. Активность фагоцитов зависит от множества факторов, касающихся как самих фагоцитов, так и того биологического материала, который подвергается фагоцитозу. Многие также зависят от иммунологического состояния организма «хозяина», длительности соприкосновения с патогенным микроорганизмом и его вирулентности и других факторов. Нарушения фагоцитарной функции лейкоцитов могут быть связаны с патологией выработки и сохранения фагоцитов, подвижности и хемотаксиса нейтрофилов, захватами микробов, а также с дегрануляцией и выработкой перекиси. Примерами нарушений выработки и сохранения фагоцитов являются нейтропении. Они возникают вследствие нарушения выработки нейтрофилов или их быстрого разрушения. Организм в состоянии нейтропении утрачивает «армию» подвижных нейтрофилов, которые защищают его от микробов.

Дисфункция фагоцитов часто ассоциируется с нарушением хемотаксиса, которое вызвано разными причинами. Нарушенный хемотаксис может обуславливать развитие воспалительных процессов в пародонте. Специфическая иммунологическая реактивность в начале заболевания характеризуется повышенным антителообразованием к микробным и тканевым агентам. Установлено, что у больных при генерализованной форме пародонтита количество Т-лимфоцитов в реакции Е-РОК было понижено, а В-лимфоцитов несколько повышено по сравнению с показателями у доноров. Была также повышена функциональная активность лимфоцитов. Достоверно повышен и уровень циркулирующих иммунных комплексов.

Одной из перспективных концепций, которая в значительной мере поясняет эти разрозненные и кажущиеся противоречивыми факты и модели,

является концепция о существенном значении в патогенезе воспалительных заболеваний пародонта гиперчувствительности замедленного типа, связанной с сенсбилизацией организма антигенным материалом микрофлоры зубной бляшки или микроорганизмами клинического пародонтального кармана.

Согласно этой модели, воспалительный процесс в пародонте развивается по следующей схеме. При функционировании зубочелюстной системы пародонт испытывает воздействие различных экзогенных факторов – микробных, механических, температурных, которые в зависимости от выраженности могут его повреждать, проявлять свойства антигенов. В результате происходит аутосенсбилизация и сенсбилизация пародонта, знаменующие первую стадию процесса аутоагрессии. В ответ на аутоантигены и экзогенные антигены в пародонте образуются антитела (вторая стадия). Стабильное накопление антител, которые имеют свойство поражать собственные ткани, обуславливает длительное течение процесса, «саморазвивающийся» его характер в результате возникновения порочного круга: антиген–антитело–ткани пародонта–антиген.

Противодесневые антитела, обнаруженные в крови больных пародонтитом (их титр зависит от длительности и активности воспалительного процесса), реагируют с соответствующими аутоантигенами, что приводит к повреждению, деструкции пародонта. В зависимости от характера иммунного комплекса антиген–антитело воспалительный процесс может снижаться или усиливаться (обостряться). Высокая резистентность этого иммунного комплекса обуславливает хронический «саморазвивающийся» процесс, рецидивы обострений.

Микроорганизмы зубного налета, содержащиеся в десневом кармане, и их токсины индуцируют образование антител, а затем их скопление в пародонте наряду с лимфоидными, плазматическими и тучными клетками. Они продуцируют аутоантитела и гистамин, активно участвуют в развитии воспаления в мягких тканях и резорбции альвеолярной части челюсти.

Вместе с тем аутоиммунизация выражена не у всех больных в одинаковой степени. Максимальной она была при активном течении пародонтита и тяжелой степени заболевания, в то же время у больных с гноетечением ее проявление выражено слабее.

О тесной взаимосвязи болезней пародонта с состоянием эндокринной системы свидетельствуют многие факторы. Выявлена зависимость воспаления пародонта от ряда общих заболеваний: сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, болезней почек и др. Возможно, в механизме развития воспалительных заболеваний пародонта у молодых людей определенную роль играют нарушения водно-минерального обмена.

С учетом приведенных выше метаболических изменений, нарушений микроциркуляторного русла, динамики иммунных показателей, измене-

ний в различных системах организма и роли сопутствующих заболеваний патогенез воспалительного заболевания пародонта следует характеризовать как интегральный процесс, протекающий вследствие нарушения функционального состояния как тканей пародонта, так и различных органов и систем организма с включением в него большинства имеющихся в распоряжении организма гомеостатических механизмов, среди которых важную роль играют системы поддержания иммунного статуса.

***Современные методы, применяемые при лечении воспалительных заболеваний тканей пародонта*** [121–130]. Многообразие клинических проявлений заболеваний пародонта, тесная их связь с болезнями внутренних органов и систем человека привели к тому, что проблема лечения этой патологии вышла за пределы стоматологической клиники. Успех лечения заболеваний пародонта возможен только с соблюдением принципа максимального индивидуализированного подхода с учетом данных общего и стоматологического статуса. Реактивные сдвиги в организме больных, страдающих заболеваниями пародонта, свидетельствуют об изменениях в естественных защитных механизмах.

Рациональная терапия воспалительных заболеваний пародонта должна разрабатываться с учетом резервных возможностей как тканей пародонта, так и всего организма. Наиболее значимыми для лечения патологического процесса в пародонтальном тканевом комплексе являются противовоспалительное и иммуномодулирующее действие, а также стимуляция процессов метаболизма и процессов регенерации.

Терапия больных с воспалительными заболеваниями пародонта проводится комплексно, целенаправленно и строго индивидуализированно. Терапия состоит из мероприятий, направленных на устранение общих нарушений, стимуляцию основных процессов в организме, и местных — медикаментозных, физических, ортопедических и хирургических воздействий, назначаемых в сочетании в зависимости от характера заболевания.

К общей терапии относятся методы, улучшающие обменные процессы, гемодинамику, стимулирующие процессы регенерации, т. е. общее лечение по своей направленности является противовоспалительным и иммунокорригирующим, стимулирующим, повышающим общий тонус организма.

Местные вмешательства направлены на ликвидацию местных симптомов болезни, укрепление местных защитно-приспособительных сил организма, улучшение микроциркуляции и общих обменных процессов. К местному лечению относят хирургическое и ортопедическое. Наиболее распространенным способом хирургического лечения является кюретаж, гингивотомия, гингивэктомия, лоскутные операции, остеогингивопластика.

Изучение литературы, посвященной особенностям лечения воспалительных заболеваний пародонта [121–130], показало, что проводимая в большинстве случаев комплексная терапия в основном сводится к мест-

ным вмешательствам: улучшению гигиены полости рта, устранению местных вредно действующих факторов, локальному использованию противомикробных, противовоспалительных средств и физиотерапевтических процедур.

Следует заметить, что антибиотики не нашли широкого применения в стоматологической практике по причине частого развития бактериальных осложнений, наступающих после их применения, из-за возможного угнетения ими иммунологической реактивности организма.

Вместе с тем местное использование перечисленных лекарственных средств не всегда дает желаемый результат, так как они устраняют лишь одно из звеньев патогенеза воспалительного процесса в пародонте – временно способствуют подавлению микробного фактора, что опосредованно приводит к полному или, чаще всего, к частичному улучшению клинической картины патологического очага в околозубных тканях.

С учетом многофакторности патогенеза воспалительных заболеваний пародонта в настоящее время пересмотрены методические подходы комплексной терапии генерализованного гингивита и генерализованного пародонтита. С учетом состояния гуморального иммунитета, интенсивности перекисного окисления липидов и функциональной активности антиоксидантной системы у больных генерализованным гингивитом и генерализованным пародонтитом удалось не только усовершенствовать терапевтические методики лечения, но и повысить общую эффективность лечения за счет индивидуализации осуществляемых вмешательств.

В комплексном лечении пародонтита возросла роль физических (физиотерапевтических) методов, и их роль будет возрастать по мере улучшения технического обеспечения в стоматологии, развития и внедрения новых физических методов лечения. Эта роль будет возрастать и в связи с избыточным разнообразием фармакологических препаратов, недостаточная изученность клинической фармакодинамики и фармакогенетики которых создает значительные трудности в их выборе. Достоинства химиотерапии не вызывают сомнения, однако многие лекарственные вещества (даже фитопрепараты) помимо основного действия вызывают ряд побочных токсических явлений, которые могут приводить к снижению реактивности организма, аллергии, нарушениям различных функций и даже органическим нарушениям.

Важно отметить, что если 10–20 лет назад физические факторы считались специфическими, реализующими симптоматическое местное воздействие при пародонтите, то современный взгляд на физиотерапию состоит в том, что физические факторы являются неспецифическими, стимулирующими основные физиологические процессы организма.

Эффективным средством считается электрофорез с различными препаратами (флюктуофорез, диодинамофорез, амплипульсфорез). Для сти-

муляции обмена веществ в тканях пародонта используется УВЧ. Сочетанное применение электрофореза, витамина В<sub>1</sub> и КВЧ-терапии способствует быстрому снижению воспалительных явлений.

В последние годы интенсивно внедряются методы лечения стоматологических заболеваний с использованием низкоинтенсивного лазерного излучения. Выявленное терапевтическое действие (стимуляция процессов регенерации тканей) выражается в активизации системы ДНК–РНК–белок, усилении синтеза нуклеиновых кислот и ядерных белков, возрастании массы ядра, увеличении синтеза цитоплазматических белков и накоплении их в период интерфазы до критического уровня. Происходит стимуляция митозов, ускоренное и увеличенное размножение клеток соединительной ткани эпителия. Однако лазерное излучение является высокоэнергетическим (высок квант энергии), поэтому лазеротерапия имеет большие ограничения.

В лечебной стоматологической практике используют различные виды высокочастотных воздействий: дарсонвализацию, диатермию, УВЧ-терапию, терапию переменным магнитным полем УВЧ, КВЧ-терапию – применение переменных электромагнитных СВЧ-колебаний с тепловым эффектом. Столь широкий спектр методов лечения стоматологических заболеваний, с одной стороны, и массовость самих стоматологических заболеваний могут свидетельствовать о недостаточной эффективности существующих методов лечения и соответствующего аппаратурного обеспечения.

### **1.5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ И СОЧЕТАННЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕБНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ**

В одной из первых работ по использованию КВЧ-терапии в стоматологии [105] было отмечено: «...И тем более оставалось непонятным, если судить по огромному потоку публикаций, почему стоматология должна быть вне интересов специалистов по КВЧ-терапии. Авторам была известна лишь одна официально проводимая в настоящее время под руководством О.И. Ефанова в ММСИ работа по лечению пародонтита, результаты которой опубликованы в [131]».

В соответствии с подходом, развиваемым школой акад. Н.Д. Девяткова (см. выше), первичными мишенями при облучении БО ЭМИ КВЧ являются молекулы воды, поглощающие эти волны. При этом молекулы свободной воды либо меняют свое состояние, либо передают часть энергии гидратной воде, связанной с молекулами белков, переводя их таким образом из функционально пассивного в активное состояние и оказывая через них влияние на процессы, происходящие в клетке. В соответствии

с предложенной схемой непосредственно с ЭМИ взаимодействуют около 10% молекул жидкой воды – ротаторы. Поглощение квантов ротаторами увеличивает их термодинамическую активность, что сопровождается усилением обмена молекулами воды между гидратными оболочками белков и средой. Усиление этого обмена стимулирует активность белков рецепторов и каналов. То есть ротаторы, в соответствии с такой схемой, являются универсальными неспецифическими медиаторами переноса ЭМ-облучения кожного покрова на вход системы первичного физиологического отклика.

Такая модель взаимодействия ЭМИ КВЧ с БО в значительной мере подтверждена экспериментально. В частности, показано, что биологические изменения объекта, осуществляемые через структурные и молекулярно-кинетические изменения свободной воды, приводят к изменению кислотно-солевого равновесия и далее – к биологическим изменениям объекта [4, 7].

Значимость этой концепции и экспериментальных результатов можно оценить, если принять во внимание, что с химической точки зрения БО является биохимической машиной, в которой постоянно протекающие химические реакции непрерывно контролируются и управляются путем изменения концентраций интермедиантов, то есть управляются в конечном итоге с помощью процессов диффузии. Параллельно задействуются процессы биохимической рецепции, основанные на активации пентозофосфатного цикла и окислительного фосфорилирования. Промежуточные этапы взаимодействия состоят в выбросе в кровь биогенных аминов, инициирующих цепную реакцию дальнейших изменений.

Проведенные исследования по взаимодействию КВЧ-излучения с мембранами [7] позволили установить его влияние на клеточный метаболизм через изменение трансмембранных потоков ионов, которые, как известно, являются важными регуляторами, а иногда и основными условиями протекания буквально всех жизненно важных биохимических процессов.

Многочисленные факты усиления пролиферативных процессов под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на генетически детерминированные признаки микроорганизмов [4] наводят на мысль о возможном, хотя и опосредованном через ряд биохимических или биофизических процессов, влиянии указанного излучения на структуру ДНК.

Из названных выше источников следует факт изменения микроциркуляторного русла кожи под воздействием ЭМИ КВЧ, равно как и установленные экспериментально изменения характера движения жидкостей в моделях кровеносных сосудов за счет изменения сцепления жидкости со стенками сосудов. Полагают, что в коже, в пределах досягаемости ЭМИ, находятся структуры, чувствительные к ЭМИ КВЧ. Очевидно, что именно там происходит первичное взаимодействие иммунокомпетентных клеток с излучением.

К настоящему времени сложились два подхода к воздействию ЭМИ КВЧ: первый — при воздействии на БАТ или рефлексогенные зоны на теле человека, второй — воздействие непосредственно на патологический очаг. И хотя к настоящему времени механизм появления биологического и терапевтического эффекта ЭМИ КВЧ до конца не выяснен, можно с большой мерой уверенности считать, что при воздействии на БАТ ведущая роль принадлежит нейрорефлекторному механизму действия ЭМИ. Электромагнитный сигнал, поглощаясь основными структурными единицами кожи, концентрируется в месте воздействия и далее передается в двух направлениях: от БАТ по меридианам к внутренним органам и далее посредством афферентных волокон в задние корешки спинного мозга или от чувствительных рецепторов непосредственно по афферентным волокнам в спинной мозг. При этом решающая роль в развитии реакций на локальное воздействие ЭМИ принадлежит кооперативным процессам, типичным для целостных физиологических структур (рецепторов, нервных окончаний, проводников и пр.). В таком случае особенности поглощения ЭМИ КВЧ живыми тканями, в том числе процессов, происходящих на молекулярном уровне, «маскируются» особенностями кооперативных реакций, а чисто резонансный характер отклика организма на ЭМИ КВЧ может и не проявляться, что подтверждается многочисленными экспериментальными и клиническими исследованиями.

При воздействии излучения непосредственно на патологический очаг механизм терапевтического влияния на организм человека все еще не выяснен.

Важнейшими параметрами воздействия сигнала ЭМИ, как было показано во введении к работе, являются спектральный состав излучения, временные характеристики, поляризация, киральность и модуляция. Фундаментальные исследования, проведенные в направлении исследования излучательных свойств БО и механизмов их взаимодействия с ЭМП [2–8, 10–12], указывают на то, что эффективное взаимодействие БО различного иерархического уровня с ЭМИ реализуется при высокой когерентности последнего. Несоблюдением этого условия, использованием разнообразных источников с неконтролируемым спектральным составом объясняется, по-видимому, огромный разброс пороговых значений интенсивности высокочастотного излучения (одиннадцать порядков!) для получения биологических эффектов. Столь значительный разброс интенсивности излучения для получения биологических эффектов не может быть объяснен методологическими погрешностями, но может быть обусловлен существенным различием спектрального состава ЭМИ КВЧ в указанных исследованиях. Действительно, клетки человеческого организма чувствительны лишь к строго когерентным сигналам, а глубина проникновения ЭМВ в биоткани и возможность их преобразования в биотканях за счет их нелинейных



свойств увеличиваются с ростом когерентности излучения и структурной упорядоченности биоткани. Так как вероятность проявления биологических и терапевтических эффектов ЭМИ КВЧ увеличивается с ростом интегрального количества рецепторов, участвующих во взаимодействии с ЭМВ, то воздействующее ЭМИ должно быть строго когерентным. Это необходимо учитывать при проведении исследований и при разработке аппаратов КВЧ-терапии нового поколения. Это важно и в том отношении, что при использовании когерентного излучения поглотительная способность биосреды может отражать меру ее структурированности.

Выполненный выше анализ биофизикохимических моделей лечебного взаимодействия ЭМИ КВЧ с БО различной сложности организации позволяет сделать определенные выводы о применимости волновой терапии в лечении воспалительных заболеваний пародонта.

В заключение параграфа и главы отметим, что основным побудительным мотивом к проведению настоящего исследования оказалось практическое отсутствие аппаратного обеспечения для полевой терапевтической стоматологии. Действительно, ни «Явь-1», ни другие аппараты КВЧ-терапии, выпускаемые промышленностью («Электроника-КВЧ», «АМРТ-02», «Явь-103» и другие), не приспособлены для лечения стоматологических заболеваний исходя как из функциональных и эргономических, так и из токсикологических соображений. В инструкции по эксплуатации на аппарат «Явь-103» среди областей использования указано и лечение *пародонтоза*. Однако конструктивно в указанном аппарате предусмотрена лишь возможность облучения кожи пациента и не обеспечена возможность непосредственного воздействия на биоткани в полости рта, как и не обнаружены в научной литературе экспериментальные или клинические данные по лечению стоматологических заболеваний аппаратом «Явь-103». Кроме того, как было определено выше, мотивированная возможность повышения терапевтической эффективности достигается при амплитудной модуляции ЭМИ. В указанных аппаратах такая модуляция не предусмотрена. В зависимости от тяжести патологии и способа подачи ЭМИ КВЧ требуются сильно различающиеся интенсивности излучения, необходима регулировка уровня выходной мощности ( $\text{мкВт} - \text{мВт}/\text{см}^2$ ). В выпускаемых промышленностью аппаратах такая регулировка отсутствует. Учитывая, что значительное количество людей обладают гиперчувствительностью к ЭМП, то отсутствие такой регулировки выглядит существенным обстоятельством.

Наконец, в указанных аппаратах не приняты меры по обеспечению необходимых спектральных характеристик излучения – велик уровень как частотно-модулированных, так и амплитудно-модулированных шумов. Принципиальная важность высокой когерентности излучения для проявления биологических эффектов нами подчеркивалась выше. Это же касается параметров поляризации и киральности.

Таким образом, разработка методов лечения воспалительных заболеваний пародонта ЭМВ низкой интенсивности должна включать и разработку аппарата, адаптированного по функциональным, эргономическим и токсикологическим характеристикам для лечения воспалительных заболеваний тканей пародонта, поиск новых режимов ввода излучения в организм человека с учетом характерных (основных) физиологических ритмов. То есть, разработка методов лечения также должна включать разработку устройств измерения частот основных биоритмов пациента с тем, чтобы на этих частотах или их гармониках осуществить ту или иную модуляцию ЭМИ КВЧ, в том числе синхронизированную по частоте и (или) по фазе с выбранным биоритмом, разработку устройств оперативного контроля за ходом лечения.

Укрупненно ставится задача: исследование биотропных свойств ЭМП с учетом максимально полного набора его характеристик, оптимизация этих характеристик по выбранной нозологии (то есть стоматологические воспалительные заболевания) и аппаратурное обеспечение терапии.

## **ГЛАВА 2. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ БИОТЕХНИЧЕСКИХ КОНТУРОВ ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

### **2.1. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕДУР И АППАРАТУРЫ ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ С БИОУПРАВЛЯЕМОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ**

Рассмотрим реализацию биоуправляемой КВЧ-терапии в контексте лечения воспалительных заболеваний пародонта [33, 38, 53]. Предварительно заметим, что формирование и методология проектирования биоуправляемой терапии воздействием ЭМИ КВЧ, как это объяснено в § 1.2, напрямую и в очень сильной степени определяются нозологической формой заболевания, в данном случае – воспалительных заболеваний пародонта. Именно в конкретизации лечебного назначения (показания, говоря медицинским языком) видится путь повышения эффективности волновой, особенно биоуправляемой, терапии.

В § 1.4, 1.5 вопросы лечения воспалительных заболеваний пародонта с использованием нетепловых (биоинформационных) излучений достаточно подробно рассматривались в контексте регулирующих гомеостаз биофизикохимических процессов. В авторских исследованиях эта тема – предмет работ [33, 38, 49, 53].

С учетом накопленного опыта других исследований и авторских разработок ниже разрабатываются принципы организации биоуправляемой волновой терапии.

Независимо от нозологии заболевания в практике КВЧ-терапии используются два подхода: а) воздействие на рефлексогенные зоны (Подшибякина, Захарьина–Геда) и БАТ – точки акупунктуры; б) непосредственное воздействие на патологический очаг.

Анализ специфики заболевания и лечения воспалений пародонта показал (§ 1.5), что в данном случае более эффективен второй из названных подходов. Обоснованием служат следующие доводы.

Десневая ткань снабжена густой сетью инкапсулированных и неинкапсулированных рецепторов; в пододонтобластическом сплетении они образуют сплошное рецепторное поле, а в слое одонтобластов и вовсе выявляются сосудисто-тканевые и сосудистые рецепторы. Сказанное объясняется сложным функциональным назначением пародонта, включая функции: опорно-удерживающие, амортизационные, пластические, трофические и пр.

Из большого числа рецепторов наиболее «восприимчивыми» к ЭМИ КВЧ являются тельца Руффини. Нервные окончания в них возбуждаются при смещении коллагеновых волокон (с последними они переплетаются). При поступлении модулированного ЭМИ КВЧ в такую (гетерогенную) среду, характеризующуюся дисперсностью, в среде инициируются механические колебания с частотой модуляции. Таким образом, по одному каналу на ткань пародонта подается модулированное ЭМИ КВЧ, а синхронно с ним — «дублирующий канал» — механическое воздействие. Налицо эффект механостимуляции за счет взаимного трения нервных окончаний с коллагеновыми волокнами, в результате чего возникает трибоэлектрический эффект: на нервных волокнах возникает напряжение с частотой модуляции ЭМИ КВЧ. В итоге имеем своего рода «микромассаж» рецепторов, инициирующий своими раздражениями подключение гуморальной системы организма, ЦНС, системы защиты и регуляции, что интенсифицирует процесс излучения.

Кроме того, учитывая развитое резервирование функциональных систем организма, можно утверждать, что при описанном процессе микроциркуляция крови в ткани пародонта улучшается еще и по той причине, что мышцы стенок сосудов обладают выраженной миогенной реактивностью и способны отвечать на внешнее раздражение (ЭМИ КВЧ) сокращениями и без обязательного опосредования этой реакции нервными рефлекторными импульсами.

Таким образом, налицо многообразие первичных и вторичных эффектов, вызываемых ЭМИ КВЧ при условии, что модулирующая частота

$F_{\text{мод}} = f_{\text{осн.био}}$ , где  $f_{\text{осн.био}}$  — существенная частота из набора  $\sum_{i=1}^n f_{\text{осн.био}}^i$  частот основных физиологических ритмов (биоритмов) организма. В этом смысле представляет интерес исследование воздействия ЭМИ КВЧ, модулированного относительно широкополосным сигналом:

$$\Delta F_{\text{мод}} = \left( \sum_{i=1}^n f_{\text{осн.био}}^i \right)_{\Delta}, \quad (2.1)$$

либо же модулированного сканирующим  $\text{var } F_{\text{мод}} = \{ F_{\text{мод}}^{\text{min}} \div F_{\text{мод}}^{\text{max}} \}$  частотным сигналом.

Результатом такого воздействия является эффект задействования многочисленных адаптивных и саногенных реакций организма на модулированное ЭМИ КВЧ.

При организации процедур КВЧ-терапии необходимо учитывать расположение экстерорецептивных зон в области десен (рис. 2.1 [132]).

Эти зоны связаны с поджелудочной железой, желудком, сердцем, селезенкой и другими органами. Это важно в смысле диагностирования больных пародонтозом и учета возможного (опосредованного) воздействия

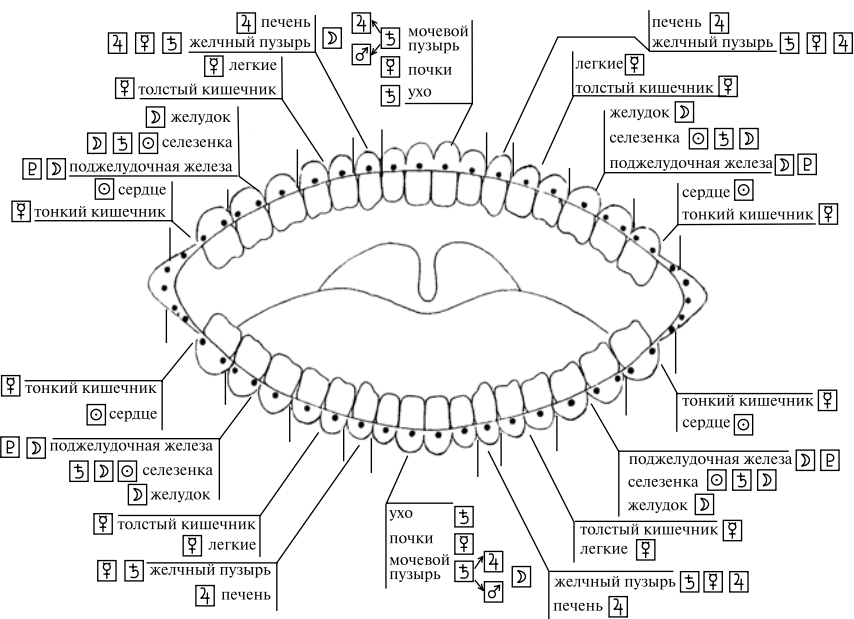


Рис. 2.1. Экстерорецептивные зоны в области десен

ЭМИ КВЧ на внутренние органы. В частности, известно, что пародонтоз сопряжен с функциональным нарушением тимуса, красной пульпы селезенки и амилазного участка поджелудочной железы, причем они находятся в состоянии гипофункции. Это означает, что, облучая ЭМИ КВЧ ткани пародонта, одновременно оказываем воздействие на соответствующие внутренние органы, то есть наблюдается адекватная реакция лечебного воздействия в соответствующий больной орган, который, в свою очередь, в определенной степени инициировал само воспалительное заболевание тканей пародонта. Таким образом, наличие положительная или отрицательная обратная связь (ПОС, ООС) – в зависимости от продуманности режима облучения (рис. 2.2). Еще более эффективной является перестройка (подстройка) параметров ЭМИ КВЧ  $var\{f_{КВЧ}, F_{мод}\}$  – с учетом спектральных характеристик (2.1) – в процессе КВЧ-терапии; в этом случае, как показано на рис. 2.2, через систему датчиков ДООС и ДПОС сигналы ОС снимаются с организма и подаются на орган перестройки параметров излучения аппарата КВЧ-терапии. Одно из технических решений биоуправляемой КВЧ-терапии рассмотрено в [33].

Существенным моментом в реализации процедуры КВЧ-терапии является согласование излучателя с десневой тканью. Здесь явно не годится рупорный облучатель; при нем рассогласование составляет до 0,8. Опти-

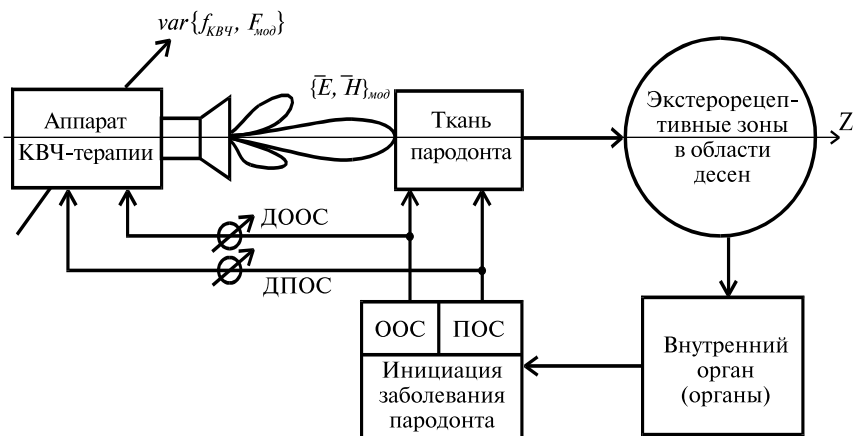


Рис. 2.2. К выбору режима облучения тканей пародонта

мальной является процедура облучения при закрытом рте, а согласование выхода излучателя с тканью пародонта в этом случае выполняется при контактном вводе ЭМИ КВЧ с помощью диэлектрического трансформатора, введенного в открытый конец излучателя. При использовании базового аппарата КВЧ-терапии «ЭМИТЕР-ОНС» это позволяет получить коэффициент отражения не выше 0,2. При этом за счет установки в блоке генератора между амплитудным модулятором и излучателем трехплечевого циркулятора, первое по направлению плечо которого подключено к модулятору, второе – к излучателю, а третье – к детекторной секции и индикатору, удастся получить данные о динамике изменения коэффициента отражения ЭМИ от ткани пародонта в процессе лечения, что является показателем эффективности процедуры\*.

Следующий методологический вопрос: подготовка пациента к КВЧ-терапии. Прежде всего, удаляются все ткани, мешающие согласованию излучателя КВЧ-аппарата: зубные отложения, некачественные элементы зубных протезов, больные зубы 3-й и 4-й степеней подвижности и пр. Также пришлифовываются окклюзные поверхности; при генерализованном пародонтите и при стойких гипертрофических изменениях десневого края выполняется, соответственно, кюретаж пародонтальных карманов и подавляется пролиферативная активность тканей. Общее состояние здоровья

\* Здесь важен и филогенетический аспект: пародонт является наиболее (эволюционно) древней тканью организма, поэтому, сопровождая биофизикохимическую эволюцию живых существ до появления вида *homo sapiens*, электромагнитные поля, которыми пронизан естественный мир природы, которые стали в конце концов основным носителем информации в живом веществе, скорее всего, имеют и информационным портом именно десневую ткань.

исследуется методом электропунктурной диагностики по Фомо-Сергуку. В процессе проведения сеансов КВЧ-терапии важен аутотренинг пациента, мобилизация собственных резервов организма, полноценная диета, витаминотерапия и создание других факторов саногенного фона лечения. Корректировка параметров и длительности сеансов производится врачом исходя из факторов профвредности – по профессии пациента, анализа ранее имевших место патологий (рис. 2.1) и пр.

КВЧ-терапия не назначается в случае, если у больного наличествует патология, сопровождающаяся высокой чувствительностью к электромагнитным полям (по опыту лечения [133] такие пациенты составляют порядка 3% от общего числа обращающихся за лечением). Отбор пациентов по таким показаниям осуществляется по схеме дифференцировки: в непрерывном режиме работы устанавливают минимально возможную – для используемого аппарата – мощность ЭМИ  $P_{из} \approx 10$  мкВт, излучатель направляют на наиболее чувствительную область пародонта, то есть на десневую ткань в области резцов, и медленно повышают мощность ЭМИ до  $P_{из} \approx 10$  мВт. Если в течение последующих 2–3 минут пациент не испытывает неприятных ощущений, то КВЧ-терапия ему не противопоказана.

Контроль в процессе процедуры осуществляется по измерению меры дефицита электронормальности акупунктурной точки чэн-цзян. Другая – и тоже обязательная – форма контроля: измерение скорости микроциркуляции. С помощью датчика измерения частоты сердечных сокращений или датчика частоты внешнего дыхания измеряют один из указанных параметров. Далее выходной сигнал датчика (по схеме рис. 2.2) подают на управляющий вход амплитудного модулятора в блоке управления аппарата КВЧ-терапии. В аппарате «ЭМИТЕР-ОНС», использованном в клинических исследованиях, также предусмотрена ручная установка частоты модуляции по показаниям датчика.

Первоначально устанавливают глубину модуляции  $m = 1...2\%$ , далее величину  $m$  увеличивают до появления приятных ощущений в полости рта или во внутренних органах (рис. 2.1) пациента; здесь контроль выполняется по появлению таких ощущений в области мочевого пузыря при установке излучателя в области резцов.

Курс лечения длится 15 ÷ 18 сеансов в зависимости от характера заболевания.

Повторные, противорецидивные и профилактические курсы (по 5–6 сеансов) проводятся, при необходимости, через 3, 6 и 12 месяцев.

Таким образом, выше рассмотрены методологические аспекты организации и аппаратного обеспечения процедур лечения воспалительных заболеваний пародонта с использованием биоуправляемой КВЧ-терапии. Последнее означает, что в процессе лечения параметры излучения динамически изменяются (в основном – частота модуляции) в соответствии

с сигналами обратной связи, снимаемыми с датчиков (ЭКГ, ЭЭГ, датчик частоты внешнего дыхания), подстраиваясь под оптимальный режим КВЧ-воздействия на организм пациента.

Разработка контурной схемы биоуправляемой КВЧ-терапии (рис. 2.2), ее аппаратной реализации, требует оптимизации самих процедур КВЧ-терапии при непосредственном воздействии на ткань пародонта. В данном случае клиническая апробация [52] подтвердила эффективность биоуправляемой волновой терапии.

Теперь, отвлекаясь от конкретного заболевания, рассмотрим более общие модели биоуправляемой волновой терапии, разработанные в контексте настоящего исследования.

**Взаимодействие физических полей с БО в кибернетическом плане.** Основная концепция кибернетики заключается в сочетании управления и отклика на него. Последнее в технике ассоциируется с понятием ОС: ПОС и ООС. Источник управления, объект управления и система ПОС и ООС объединены в контур управления, являющийся динамической, самоорганизующейся (в части БО), нелинейной системой. В биоуправляемой кибернетической системе часть звеньев относится к БО, а часть к техническим устройствам, поэтому систему целесообразно определять как биотехническую кибернетическую систему.

На рис. 2.3 в самом общем виде показан контур управления при воздействии высокочастотным ЭМП на БО. Система ОС включает в себя две

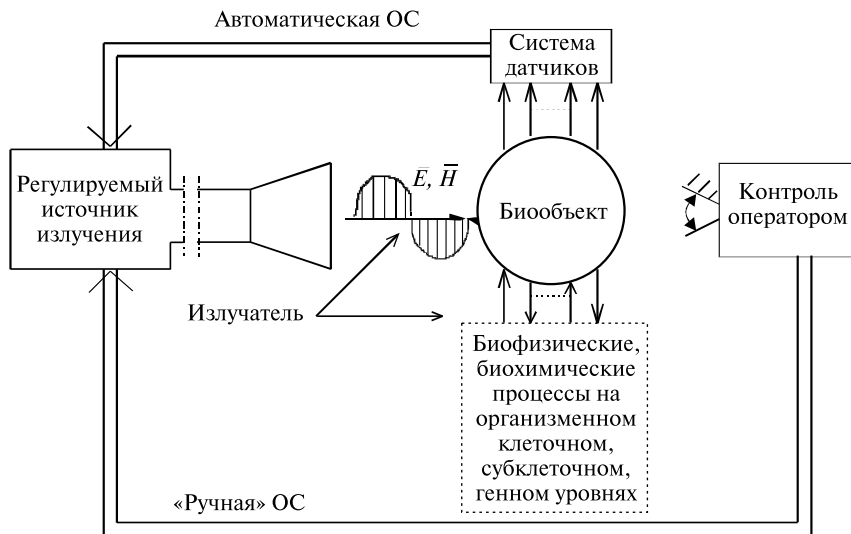


Рис. 2.3. Контур управления воздействием высокочастотного электромагнитного поля на биообъект



основные магистрали: автоматическую и «ручную». Команды первой формируются системой датчиков; в зависимости от интегральных или отдельных показаний датчиков на источник подается управляющий сигнал  $U_{\text{пос}}$  или  $U_{\text{оос}}$  по тем или иным физиологическим показаниям. Так, в КВЧ-аппарате, описанном в [33], управляющий сигнал формируется датчиком ЭЭГ.

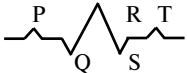
В зависимости от базовых параметров излучения сигналы  $U_{\text{пос}}$ ,  $U_{\text{оос}}$  динамично отслеживают по физиологическим показателям эффективность/неэффективность лечебного воздействия ЭМП на организм, орган, систему. «Ручная» ОС по существу сводится к выполнению функций переключателя поддиапазонов излучения диапазона КВЧ или отдельных, фиксированных частот.

В данной контурной схеме собственно БО рассматривается как «черный ящик»: биофизические, биохимические процессы на органном, клеточном, субклеточном уровнях, происходящие (интенсифицирующиеся, замедляющиеся) под воздействием высокочастотного облучения, не являются звеном замкнутого контура, а лишь опосредованно, через датчики, учитываются по цепям ОС. Говоря языком математики, эти процессы не представлены в операторном и дифференциальных уравнениях, описывающих контур.

Формирование системы ОС в биотехническом контуре управления ниже выполняется на основе анализа и установления связей между выделенными показателями работы организма человека с органами и системами, на которые выполняется воздействие ЭМИ КВЧ (численные значения показателей в норме – по данным [65]) – табл. 2.1; ввиду сложной системы связей в графе «Приложение» символами обозначены органы и связи, расшифровываемые в конце таблицы.

Таблица 2.1

**Связь показателей работы организма человека с основными органами и системами**

№ п/п	Группы показателей организма	Количественная оценка в норме	Приложение
1	<i>Физиологические ритмы и параметры</i>		
1.1	Артериальное давление (возраст 30...40 лет)	120/80	Б
1.2	Частота сердечных сокращений	65...72	Б
1.3	Минутный объем сердца	6...8 л/мин	Б
1.4	Объем циркулирующей крови	4...6 л	Б
1.5	Показатели ЭКГ	 P-Q – 0,18...0,20 с; Q-T – 0,31...0,38 с; Q(R) – S – 0,08 с	Б
1.6	Частота дыхания	12...15 / мин	В

Продолжение таблицы 2.1

№ п/п	Группы показателей организма	Количественная оценка в норме	Приложение
1.7	Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)	3,3 л (ж); 4,8 л (м)	В
1.8	Общая емкость легких (ОЕЛ)	4,2 л (ж); 6,0 л (м)	В
1.9	Суточный диурез	800...1500 мл	Е
1.10	Данные электроэнцефалографии	$\alpha$ — 8...14 Гц; $\beta$ — 15...50 Гц; $\Delta$ — < 4 Гц	А
2	<i>Гематологические показатели</i>		
2.1	Гемоглобин	130...160 г/л	3
2.2	Эритроциты	(4,0...5,1)·10 <sup>12</sup> /л	3
2.3	Цветовой показатель	0,86...1,05	3
2.4	Лейкоциты:	(4...8,8)·10 <sup>12</sup> /л	3
	— палочкоядерные	1...6%	
	— сегментоядерные	47...72%	
	— эозинофилы	0,5...5%	
	— базофилы	0...1%	
	— лимфоциты	19...37%	
	— моноциты	3...11%	
2.5	Время кровотечения	<3 мин	3
2.6	Время свертывания крови (по Ли—Уайту)	6...8 мин	3
2.7	Ач ТВ (активированное частичное тромбопластиновое время)	30...40"	3
2.8	Протромбиновый индекс	80...105%	3
2.9	Тромбиновое время	30"	3
2.10	Фибриноген	2...4 г/л	3
2.11	Индекс ретракции	0,4...0,6	3
2.12	Время свободного гепарина с протаминсульфатом	7...11"	3
2.13	Тромбоциты	(180...320)·10 <sup>9</sup> /л	3
3	<i>Общеклинические показатели</i>		
3.1	Исследование мочи:		Е
	общий анализ	—	
	проба Зимницкого	800...1500 мл/с	
	проба Реберга	4,4...17,7 ммоль/сутки	
3.2	Исследование кала	—	Д
3.3	Исследование желудочной секреции:		Д
	— натощак	Количество 5...40 мл, воб. НС1 до 15 ммоль/л, общая кислотность > 20...30 ммоль/л	
	— базальная секреция	Количество 50...110 мл, своб. НС1 20...40 ммоль/л, общая кислотность 40...60 ммоль/л	
	— стимулированная (гистамином)	Количество за час 100...140 мл, своб. НС1 65...80 ммоль/л, общая кислотность 80...100 ммоль/л	

Продолжение таблицы 2.1

№ п/п	Группы показателей организма	Количественная оценка в норме	Приложение
3.4	Исследование дуоденального содержимого	Количество 50...1000 мл/сутки; реакция слабощелочная	Д
3.5	Исследование пузырной желчи	30...60 мл, темно-коричневая, щелочная реакция	Д
3.6	Исследование желчи печеночных протоков	30 мл, золотисто-желтая, реакция щелочная	Д
3.7	Спинно-мозговая жидкость	100...150 мл, рН 7,35...7,8, бесцветная, относительная плотность 1003...1008	А
3.8	Отделяемое мочеполовых органов	Степень чистоты I—II (II—III — в менопаузе)	Е
4	<i>Биохимические показатели</i>		
4.1	Показатели углеводного обмена: — глюкоза — глюкозотолерантный тест — молочная кислота	3,38...5,55 ммоль/л Через 120' < 7,8 ммоль/л 0,99...1,75 ммоль/л	Ж
4.2	Белковый обмен (общий белок) — альбумины — глобулины α β γ — креатинин	65...85 г/л 35...50 г/л — 44...115 мкмоль/л	Д
4.3	Ферменты: — АСТ — АЛТ — ЛТГ — α-амилаза — щелочная фосфатаза — кислая фосфатаза холинэстераза	≤40 МЕ (37°) ≤40 МЕ (37°) ≤460 МЕ (37°) 3,3...8,9 мг/(е·л) ≤280 МЕ ≤10 МЕ 4600...14 100 МЕ	Д
4.4	Пигменты — билирубин общий — прямой — непрямой	8,5...20,5 мкмоль/л 0...5,1 мкмоль/л ≤16,5 мкмоль/л	Д
5	<i>Иммунологические показатели</i>		
5.1	Т-лимфоциты	40...90%; 0,6...2,5 тыс.	К
5.2	В-лимфоциты	10...30%; 0,1...0,9 тыс.	К
5.3	JgA М G Е	0,7...5,0 г/л 0,5...2,0 г/л 7,0...20 г/л 76 ± 9 кЕ/л	К
5.4	Фагоцитарная активность нейтрофилов	С латексом 47,5...79,1%	К
5.5	Циркулирующие иммунные комплексы	≤100 усл. ед.	К

№ п/п	Группы показателей организма	Количественная оценка в норме	Приложение
6	<i>Радионуклидные показатели</i>		
6.1	Йодконцентрирующая функция щитовидной железы	2 ч — 13...26%; 4 ч — 20...32%; 24 ч — 20...50%	Ж
6.2	Гепатохолангиография	Поглощающе-выделяющая функция гепатоцитов; $T_{\text{макс.}} = 10 \pm 2,8$ мин	Д
6.3	Радиоизотопная реография	—	А
6.4	Ангиоцеребростинтиография	—	А
6.5	Вентрикулография	—	А
6.6	Радиокардиология	—	Б

Расшифровка обозначений в приложении табл. 2.1:

А — нервная система;	Ж — эндокринная система;
Б — сердечно-сосудистая система;	З — система кроветворения;
В — дыхательная система;	И — опорно-двигательный аппарат;
Д — пищеварительная система;	К — иммунная система
Е — мочевыделительная и мочеполовая система;	

На рис. 2.4 приведена обобщенная схема формирования системы ОС в биотехническом контуре управляемого ЭМИ КВЧ на организм (человека). Предваряя содержание последующих разделов главы, отметим, что все физиологические показатели, выбранные в качестве объектов ОС при ЭМИ КВЧ (табл. 2.1), можно укрупненно разделить на 3 группы: а) «визуальные»; б) лабораторные; в) динамически регистрируемые. Первые интегрированы и субъективно-факторно регистрируются оператором-врачом. К таким показателям, например, относятся ряд откликов нервной системы и опорно-двигательного аппарата. Ко второй группе относятся многочисленные показатели, относящиеся к пищеварительной, эндокринной, мочевыделительной, кроветворной и пр. системам, фиксация изменений которых после облучения ЭМИ КВЧ производится лабораторным методом и, в том числе, что особенно важно для предмета наших исследований, «экспресс-методами».

Наконец, к третьей группе относятся показатели, которые поддаются текущему — в масштабе реального времени — измерению. К этой группе относятся основные биоритмы; последние как раз и позволяют автоматизировать работу контура, приведенного на рис. 2.4.

Таким образом, в рассмотрение вводится иерархическая (кластерная) структура формирования ОС (рис. 2.5).

Общие принципы формирования биоуправляемых систем разрабатываются исходя из самоорганизации биосистемы и кибернетического, контурного представления соответствующей биотехнической системы.

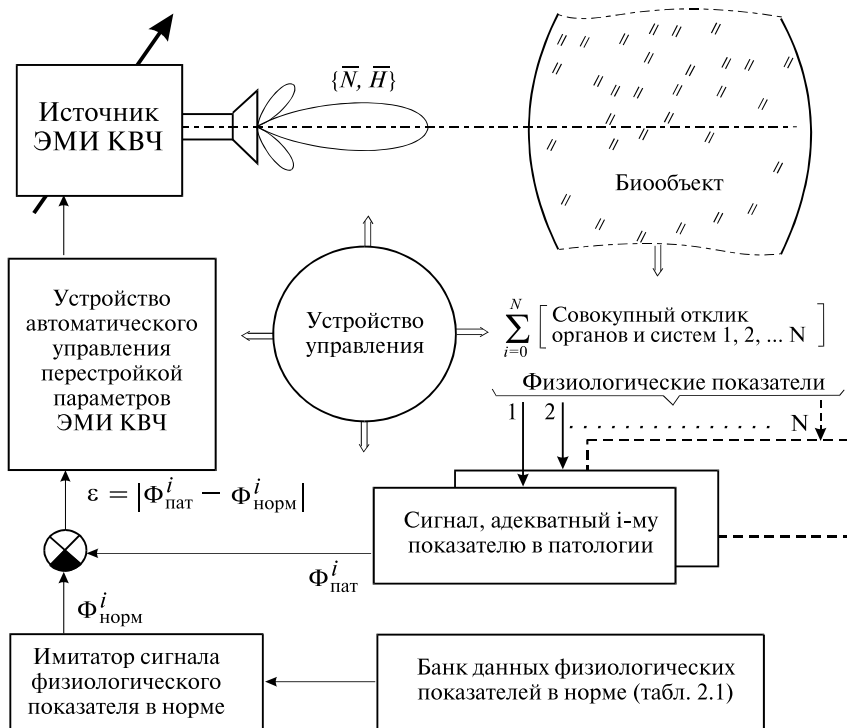


Рис. 2.4. Обобщенная схема формирования системы обратных связей в биотехническом контуре управляемого воздействия ЭМИ КВЧ на биообъект

Заметим, в современной биомедицинской кибернетике [134] исследования редко выходят за пределы физиологической кибернетики, нейрокибернетики и контурного моделирования – в основном динамических болезней. Поэтому неудовлетворительным является рассмотрение БО как замкнутой (что правильно), но не имеющей свойства расширяться системы.

Важнейшим моментом здесь является насущный на сегодняшний день вопрос расширения биосистемы до уровня воздействия на БО физических полей и адекватного отклика БО на это воздействие. В таком толковании волновая биотехническая кибернетическая система будет являться первым приближением реального процесса в расширенной биокибернетической системе. Определим подходы к формированию обобщенных моделей такой системы.

Управление в БО, как самоорганизующейся системе, рассматривается как устойчивое течение процессов гомеостаза и метаболизма (в норме) или

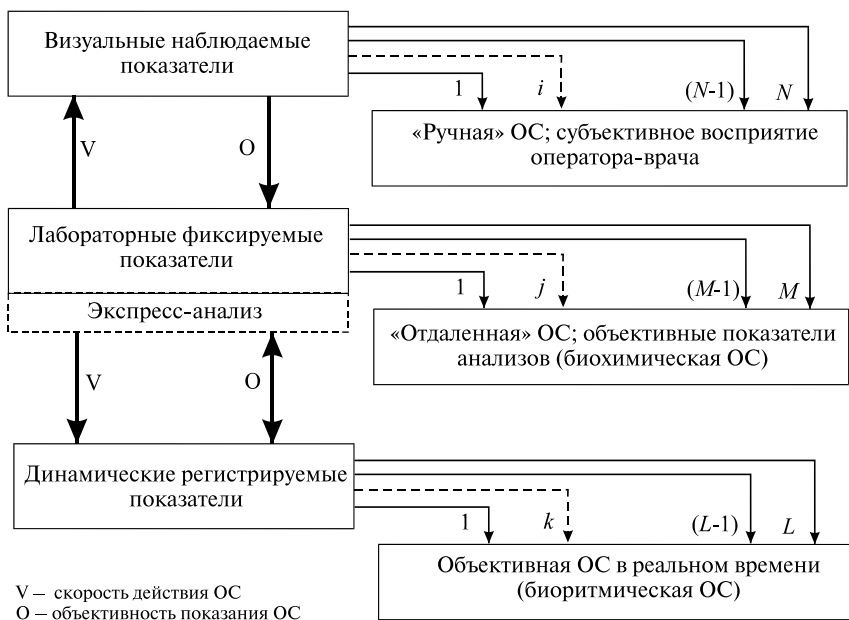


Рис. 2.5. Кластерная структура формирования обратных связей в биотехническом контуре

как возмущение, бифуркация этих процессов в патологии. Поэтому в отношении заболеваний, связанных с расстройствами работы управляющих систем организма, вызванных внутренними или внешними причинами, организм рассматривается как синергетическая система, то есть работающая на грани устойчивости. На рис. 2.6 приведена простейшая схема контура управления такого типа.

В нормальном состоянии целостный организм инициирует систему управляющих сигналов  $S_1, S_2, \dots, S_k$ , которые обеспечивают нормальное (в пределах естественной вариабельности  $\sum_i \delta\Phi_i$ ) функционирование органов и систем. При неблагоприятном внешнем воздействии  $N_1$  устойчивость внутреннего контура биосистемы нарушается, что приводит к расстройству работы управляющих систем организма. Соответственно, организм, рассматриваемый в неразрывном единстве с окружающей средой, выдает «отклик»  $U_j$ , сигнализирующий (окружающим, врачу, аппаратуре воздействия – в случае биотехнической системы) о возникновении патологии; этот сигнал суть сигнал ОС. В самом общем виде возможно двоякое воздействие ОС; так, при отрицательной ОС (сигнал  $U_1$  ОС и воздействие  $N_1$  поступает на схему сравнения, которая выдает сигнал рассогласования  $\epsilon$ )

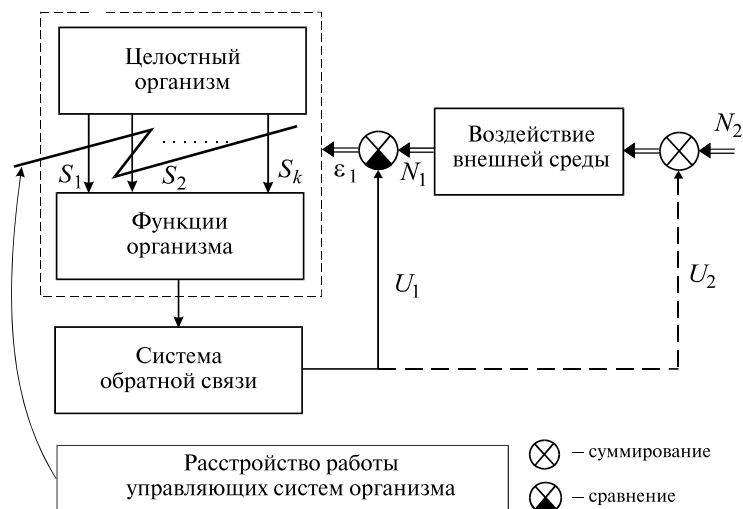


Рис. 2.6. Схема контура управления в организме при воздействии факторов внешней среды

имеем классическую схему системы автоматического управления (САУ). В другом варианте сигнал ОС  $U_2$  суммируется (положительная ОС) с некоторым «надфакторным» воздействием  $N_2$ , влияющим на степень воздействия  $N_1$  на биосистему.

Физический смысл ОС  $U_1$  в данной обобщенной схеме может быть совершенно различным: от медикаментозного воздействия на организм до перемены большим климата, места проживания и пр.

Что касается основ функционирования управляющих систем целостного организма и иерархии (соподчиненности и параллелизма) систем управления физиологическими процессами, то здесь следует исходить из: а) соотношения нормы и патологии; б) учета степени замкнутости и/или открытости биосистемы; в) информационной первоосновы соответствующих процессов.

Коль скоро речь идет о кибернетической системе, то и в приложении к биосистеме адекватно применимы понятия чувствительности, адаптации, обучения, самоорганизации и пр. Понятно однако, что ввиду сложности биосистемы как многопараметрической, структурированной со сложной морфологией связей и пр., строгий схематизм, принятый в технических дисциплинах, САУ и теории автоматического управления (ТАУ), здесь не применим, точнее говоря, соответствующие звенья САУ и связи между ними здесь дополняются определениями: переменный, стохастический, интегральный и тому подобное. То есть речь идет об

адаптирующей и самоорганизующейся системе. При этом в понятие самоорганизации мы вкладываем тот смысл, что исследуемая система: а) наделена способностью изменять свою организацию; б) изменение организации на протяжении всего периода существования системы направлено на совершенствование ее структуры и межэлементных связей, а в конечном итоге – на более совершенное функционирование. Это и есть определение самоорганизующейся системы, что наиболее полно коррелирует с биосистемой.

Как уже указывалось выше, в подавляющем большинстве исследований по биомедицинской кибернетике рассматриваются системы целостного организма, то есть автономные системы [135]. В то же время качество самоорганизации присуще только открытой системе. Таким образом, в дальнейшем мы будем говорить только о биосистемах, не отрывных от внешней среды (рис. 2.6).

В таком аспекте рассмотрения понятие адаптации, например, суть качество наилучшего приспособления системы к (изменяющимся) условиям внешней среды (рис. 2.7).

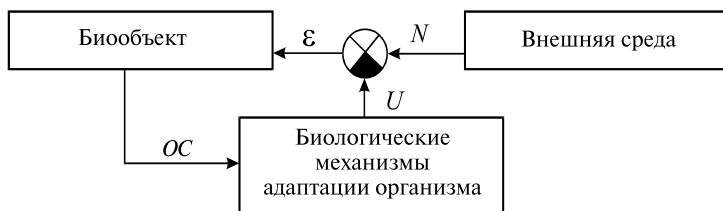


Рис. 2.7. Схема контура адаптационного механизма биообъекта

В отличие от технических систем в биосистемах отсутствует четкое разделение системы и объекта управления; последнее очевидно из самого принципа структурирования организма на клеточном и организменном уровнях. То есть мы имеем дело с выраженной двойственностью в структуре управления биосистемы; отсюда и сложная, разветвленная, а точнее – «переплетенная» система ОС в организме, что и затрудняет собственно качественный анализ контурных систем управления в БО. Вообще говоря, организм нужно рассматривать – с управленческой позиции – как большой набор биорегуляторов со сложной морфологией взаимных связей (К. Бернар). Поэтому предложенный в 30-х гг. Кэнноном термин «гомеостаз», означающий обобщенную регуляцию развития и жизнедеятельности организма, и означает совокупность регуляторов, механизмы которых поддерживают нормальные биофизические, биохимические, физиологические показатели организма.



При анализе биосистем возникает проблема двойственности и чисто управленческого характера: сочетание централизованного управления системой и автономности управления аналогично с современными высокопроизводительными вычислительными системами, в которых централизованное управление есть функция центрального процессора, но для управления периферией используются специальные процессоры (периферийные микропроцессоры).

Данная концепция [135] о единстве двух принципов управления и иерархической их соподчиненности является диалектически не противоречивой: централизованное управление отождествляется с функциональным единством организма, а автономность иерархически более низших регулирующих систем поддерживает саморегуляцию организма, включая надежность функционирования, синергетические и адаптационные характеристики и пр.

Общая структура модели управления биосистемы опирается на изложенные выше биокibernетические принципы. Как следует из [135], структурно модель представляется системой из соподчиненных уровней (рис. 2.8).

Как видно из структуры, здесь гибко сочетаются принципы централизма и автономности управления в биосистеме: централизация реализуется

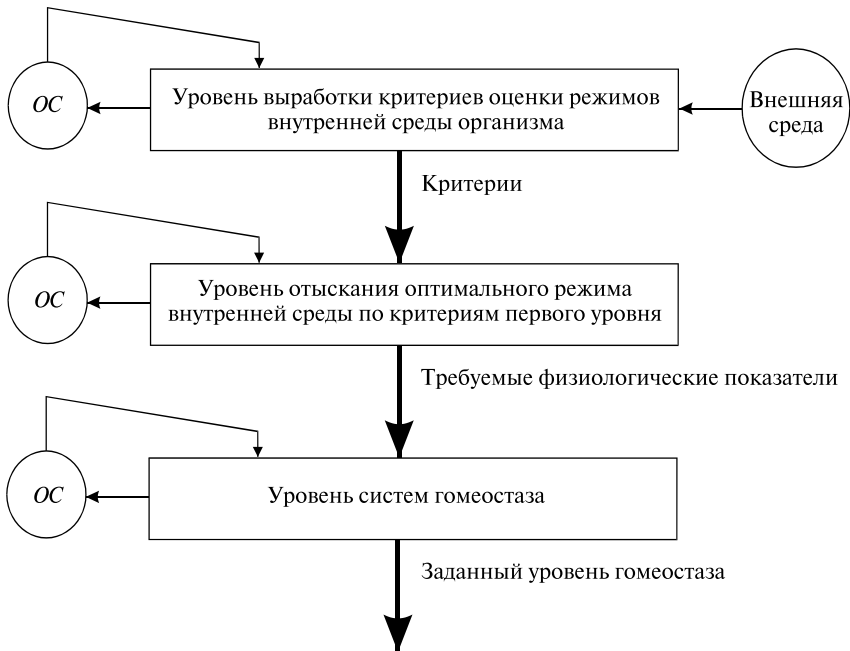


Рис. 2.8. Общая структура модели управления в биосистеме

в соподчиненности уровней, автономность – преимущественно внутри-уровневой организацией системы ОС (типичный и наиболее наглядный пример – уровень гомеостаза).

Уровень гомеостатического регулирования включает в себя ряд тесно связанных друг с другом САУ, относительно локализованных, причем каждая такая локальная САУ регулирует отдельный (базовый) физиологический показатель. С кибернетической точки зрения система гомеостатического регулирования есть замкнутый контур САУ, математическое описание которого опирается на аппарат общей ТАР. В то же время, учитывая сложность, синергичность и нелинейность многопараметрических биосистем, классическая (как она используется в технических системах) ТАР не всегда адекватно описывает эти системы, то есть в лучшем случае мы получаем модели гомеостаза в 0-м и 1-м приближениях. Однако структура системы ясна: объект регулирования – внутренняя среда организма; регулируемый параметр этой среды измеряется рецепторами; далее на основе сигнала сравнения в регуляторе формируется сигнал управления регулирующими органами; далее идет воздействие на объект регулирования. То есть имеем замкнутый контур (рис. 2.9).

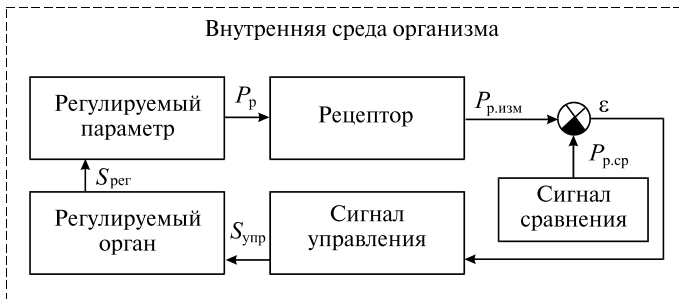


Рис. 2.9. Замкнутый контур регулирования систем гомеостаза

Исходя из схемы контура (рис. 2.9), локальную систему гомеостаза можно идентифицировать как комбинированную регулируемую систему: наличие ОС и воздействие по возмущению. Специфика комбинированного регулирования в биосистемах – наличие большого числа регулирующих органов и передача сигналов разных знаков по различным каналам.

Обычно модель системы гомеостаза представляют в следующем виде [135]. Полагаем, что объект регулирования в системе имеет выходы  $y_1, y_2, \dots, y_m$  – регулируемые параметры и входы  $x_1, x_2, \dots, x_m$  – регулирующие воздействия. Тогда в статике свойств БО имеем:

$$y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_m), \quad i = \overline{1, m}. \quad (2.2)$$

Теперь, если обозначить через  $Y_1^0, Y_2^0, \dots, Y_m^0$  требуемые значения параметров  $Y_i$  в (2.2), которые должны обеспечивать системы гомеостаза, то приходим к задаче минимизации функции:

$$\eta = \sum_{i=0}^m A_i (y_i - y_i^0)^2 \quad (2.3)$$

по переменным  $X_1, X_2, \dots, X_m$  с учетом (2.2).

Таким образом, управление системы должно реализовать алгоритм поиска экстремума  $\min \eta$  (2.3).

Еще одна существенная особенность регулирования гомеостаза связана с тем, что сильна корреляция между локальными подсистемами в смысле их функционального взаимовлияния. Биофизически и биохимически это проявляется в использовании на уровне гомеостаза отдельных регулирующих органов одновременно в нескольких системах.

Наконец, в организме трудно однозначно выделить регулятор и объект регулирования. Собственно, такая двойственность, или по-другому – сверхкорреляция, свойственна всем уровням регулирования в биосистемах.

Не менее сложной представляется структура управления и на высших по иерархии уровнях модели управления (рис. 2.8).

На уровне оптимизации режима вводится понятие критерия оптимальности:

$$Y = \xi(\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_m; X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (2.4)$$

где  $\eta_i$  – функции, характеризующие гомеостаз (2.3). Поэтому задачу оптимизации режима можно трактовать как поиск экстремума функции  $Y$  (2.4) – обобщенного параметра состояния внутренней среды организма – по переменным  $\bar{\eta}$  при произвольно меняющихся параметрах  $\bar{X}$  и заранее не известной функции  $\xi$ . Данная задача разрешима – с точки зрения математического формализма – методами ТАР, в частности, теории оптимизации. Естественно и опять же с учетом специфики биосистем: качества динамической квазиустойчивости, инерционности, нелинейности внутренней среды и системы гомеостаза. Заметим, что наиболее адекватной моделью на втором уровне является та, которая при решении (2.4) учитывает наиболее факторный (особенно в современную эпоху экологического глобального кризиса, выраженную технотронную эпоху) для жизнедеятельности человеческого организма параметр адаптации. То есть модель управления должна быть адаптивной: описывать адекватно самонастраивающиеся и самоорганизующиеся биосистемы. Учет адаптивности, скорее всего, следует сводить к наличию качества «памяти модели» (название условное), то есть в процессе функционирования биосистемы параметры и структура управления – в меньшей степени – изменяются в процессе непрерывной адаптации. Поэтому, чтобы рабочая модель была

адаптированной, в структуре биосистемы, причем на любом уровне — от сознания, сомы и до клеточных подструктур, векторизации биофизических и биохимических процессов, должна сохранять память о динамике работы адаптационных механизмов.

Эффективность биоуправляемой волновой терапии можно значительно повысить, если в структуру ОС ввести элементы нейронных сетей (НС) [136, 137]. Рассмотрим подробнее этот принципиально новый аспект формирования биотехнических контурных систем.

*Моделирование биосистем с использованием НС и организация ОС в биотехнических системах КВЧ-терапии* базируется на изложенных выше общих принципах. Прежде всего учитываем, что реальная биотехническая система с облучением является динамической и имеет достаточно сложную и разветвленную иерархическую соподчиненность, то есть речь идет (в терминологии ТАР) об иерархических биотехнических динамических системах (ИБДС).

Согласно принятому подходу в современной идентификации НС [136, 137], полагаем, что рассматриваемые в работе ИБДС находятся в квазилинейном состоянии. Заметим, что речь идет именно об идентификации, то есть о выявлении структуры системы, моделируемой НС, и выборе оптимальных режимов процедуры. Второй момент — предполагается идентификация квазилинейного поведения всех кластеров (уровней), входящих в ИБДС. Однако если в ИБДС учитываются (как в нашем случае) сложные ОС, то система становится нелинейной, что усложняет математическое описание НС. Поэтому структурная идентификация ИБДС сводится к идентификации числа уровней иерархии и положения каждого кластера в рассматриваемой многоуровневой иерархической структуре.

Теперь рассмотрим вопросы организации ОС в ИБДС КВЧ-терапии на основе НС. Во избежание неоднозначности толкования заметим, что в такой постановке вопрос был поставлен впервые в [136], ибо во всех проводимых исследованиях [17, 137] НС используются как модели ИБДС; нас же интересует физическое включение НС в цепи ОС биотехнических систем. То есть в достаточно грубом, но и наиболее наглядном представлении, ОС на НС есть цифровая (логическая) схема, реализуемая в виде нейроплаты или микросхемы (объемной микросхемы), то есть своего рода мини-ЭВМ, включаемая между БО и источником ЭМИ КВЧ, которая распознает, идентифицирует и оптимизирует сигналы, например биоритмов, и подает сформированные сигналы управления (ООС или ПОС) на управляемый источник ЭМИ КВЧ. Конкретика такой задачи требует серьезных и отдельных исследований; здесь же используется структурная схема организации ОС, представленная на рис. 2.10. Исходя из данной структурной схемы и приведенных выше соображений о свойствах и сущности НС, определим роль последних в цепи формирования ОС.

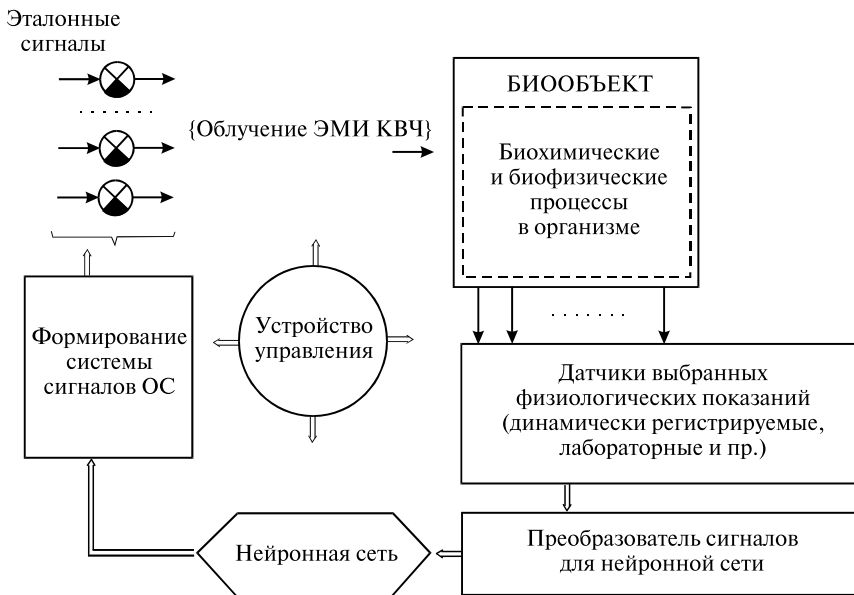


Рис. 2.10. Структурная схема организации обратной связи в биотехническом контуре КВЧ-терапии с использованием нейронных сетей

Используется базовое свойство НС – свойство обучения, что и отличает данные системы от жестко программируемых цифровых ЭВМ, включаемых в цепи ОС многопараметрических систем, к которым относятся биотехнические устройства. В сочетании с гибкостью структуры НС – возможностью комбинировать нейроны и связи между ними – это позволяет адаптировать, перенастраивать НС в цепи ОС (соответствующие команды формирует в схеме рис. 2.10 устройство управления).

Обычно указываемый недостаток по сравнению с микропроцессорными системами ЭВМ – меньшая скорость обработки информации – крайне несущественен для НС, работающих в цепи ОС: для реализации своих функций при разумном, но и вполне достаточном числе регистрируемых физиологических показаний, достаточно НС с несколькими десятками, в крайнем случае – сотнями нейронов, что позволяет реализовать необходимое быстродействие, а с точки зрения аппаратной реализации – сформировать несложную нейронную платформу либо имитировать НС на типовой ПЭВМ серии IBM PC. Этого же достаточно для большинства практических задач медицинской диагностики (что адекватно роли НС в цепи ОС).

Далее, при формировании НС для работы в цепи ОС системной аппаратуры КВЧ-терапии из пяти основных применений НС (работа в реальном

времени, распознавание образов, экстраполирование – «подсознание», оптимизация и обработка сигналов на фоне шумов), наиболее продуктивным является сочетание: а) работа в реальном времени, что наиболее важно при использовании в ОС динамических физиологических показаний, в первую очередь – биоритмов; б) распознавание образов; в рассматриваемом аспекте – реализация диагностической специфики ОС в системной аппаратуре КВЧ-терапии, то есть распознавание симптоматики и изменения патологического состояния организма в процессе КВЧ-облучения; в) оптимизация, понимаемая как оптимизация параметров сигналов ОС. Все это хорошо реализуется в НС как разновидности адаптивных регуляторов.

Теперь рассмотрим вопрос формирования НС в цепи ОС несколько с иной стороны. Как видно из структурной схемы (рис. 2.10), в высокоэффективной аппаратуре КВЧ-терапии (а именно в таковой и есть смысл использовать ОС на НС) в цепи ОС используется система параллельно функционирующих сигналов – идентификаторов учитываемых физиологических показаний (на рис. 2.10 такая система выделена утолщенной стрелкой  $\Rightarrow$ ). В этом смысле с основной идеей такой ОС хорошо коррелирует и априорное качество НС – их естественный и высокоорганизованный параллелизм обработки информации.

Этот параллелизм следует из самой структуры так называемого «формального нейрона», который и реализует простейшую ОС (рис. 2.11). Здесь на вход сумматора  $\Sigma$  подается параллельная система преобразованных сигналов  $\varphi_i$  идентификаторов снимаемых датчиками физиологических показаний. Собственно сумматор вычисляет скалярное произведение входных сигналов  $\varphi_i$  на вектор весов  $\times \beta_i$ . Последние суть коэффициенты, которые учитывают парциальный вклад сигналов-идентификаторов в суммарный

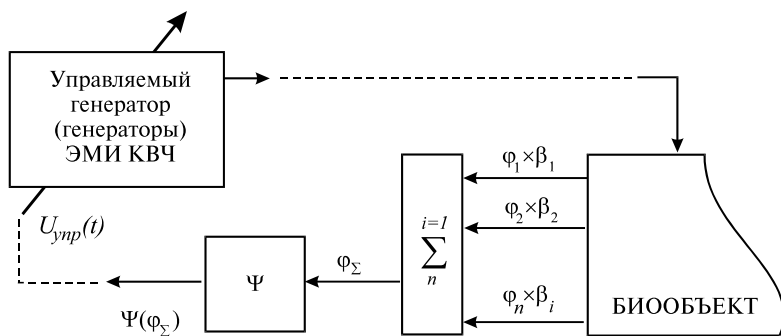


Рис. 2.11. Реализация простейшей ОС в биотехническом контуре КВЧ-терапии с помощью однеионной структуры

сигнал  $\varphi_{\Sigma}$  в цепи ОС; это означает, что должна быть выработана иерархическая система физиологических показаний (табл. 2.1), отвечающая степени (амплитуде) отклика последних на облучение ЭМИ КВЧ.

Далее в цепи формального нейрона сигнал  $\varphi_{\Sigma}$  подается на нелинейный преобразователь  $\Psi$ , а вычисленный сигнал  $\Psi(\varphi_{\Sigma})$ , то есть сформированный (оптимизированный) сигнал ОС, идет на управление ЭМИ КВЧ. В многонейронных НС сигнал  $\Psi(\varphi_{\Sigma})$  через точку ветвления подается на другие нейроны сети.

Как показано в работах [136, 137], конкретный вид функции  $\Psi$  не имеет особого значения, ибо ее роль чисто качественная: реализация нелинейности; например, для схемы ОС, приведенной на рис. 2.11, можно использовать:

$$\Psi(\varphi_{\Sigma}) = \varphi_{\Sigma} / (\text{const} + |\varphi_{\Sigma}|). \quad (2.5)$$

Техническая реализация (2.5) и самого нейрона в цепи ОС (рис. 2.11) затруднений не вызывает.

Выше был сформулирован сам (новый) подход к использованию НС в формировании цепи ОС биотехнической системы КВЧ-терапии, поэтому мы не касаемся таких вопросов, как избыточность, алгоритмическое и программное обеспечение, архитектура, математическое обеспечение, наконец, системно-экспертная сторона реализации НС в рассматриваемом их применении. Эти и многие другие вопросы решаются непосредственно при проектировании аппаратуры КВЧ-терапии, используя выработанные подходы к реализации НС [136, 137].

Развитие схемы ОС, представленной на рис. 2.11, на использование многонейронных НС предполагает параллельную обработку сигналов  $\varphi$ , усложненные процедуры оптимизации, введение качества обучения и перенастройки и пр. Рассмотрим схему включения экспертной системы на НС в цепь обратной связи аппарата КВЧ-терапии, используемого для лечения заболеваний пародонта (рис. 2.12).

Сразу оговоримся, что это заболевание не является «специфическим» в смысле преобладающей – по эффективности лечения – КВЧ-терапии. Поэтому экспертная система, предложенная в [136] и положенная в основу схемы включения (рис. 2.12), подразумевает параллельное ее включение в систему медикаментозного терапевтического и волнового лечения данного заболевания. Таким образом, здесь НС в форме экспертной системы используется и в цепи ОС КВЧ-терапии, и в системе общеклинического лечения. В схему (рис. 2.12) включены основные многонейронные НС:

- блок «И», прогнозирующий исходы заболевания на основе групп параметров, определяющих исходный статус и предполагаемое лечение; данная НС обучается на всех примерах использования;

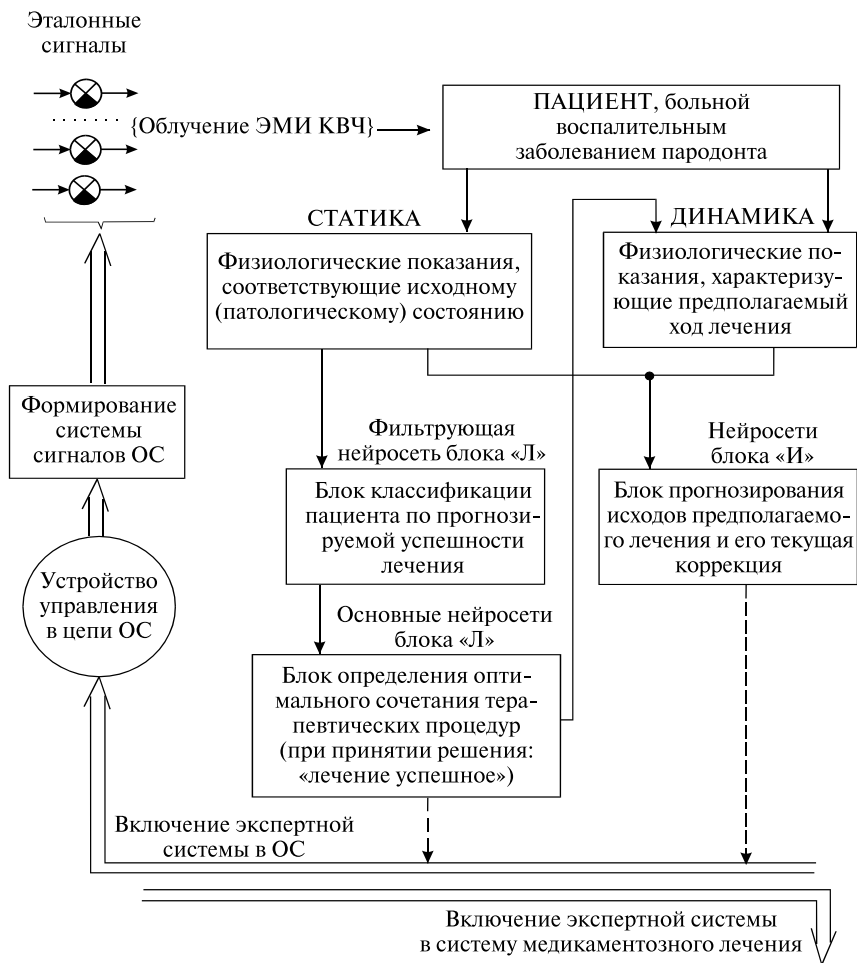


Рис. 2.12. Схема включения экспертной системы на нейронных сетях в цепь обратной связи аппарата КВЧ-терапии

- фильтрующая НС блока «Л», определяющая эффективность лечения конкретного пациента на основании фиксированного набора параметров исходного статуса; данная НС обучается на всех (классифицированных) примерах использования;
- основные НС блока «Л» вычисляют группу параметров лечения на основании группы параметров исходного статуса; данные НС обучаются на примерах больных с успешными результатами лечения.



Схема, приведенная на рис. 2.12, модифицируется (конкретизируется) для каждого конкретного воспалительного заболевания пародонта.

## **2.2. СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АППАРАТУРЫ КВЧ-ТЕРАПИИ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

В настоящей работе для организации высокоэффективной КВЧ-терапии используется ЭМИ КВЧ со специальными характеристиками: излучение с псевдошумовой модуляцией и излучение с право- и левосторонним (*D*- и *L*-формы) вращением – круговая поляризация. Эти характеристики, как будет показано ниже, являются имманентными организму человека, и их введение в ЭМИ КВЧ позволяет качественно повысить эффективность КВЧ-терапии при лечении воспалительных заболеваний пародонта. В данном параграфе рассматриваются вопросы, связанные с системным обеспечением КВЧ-терапии со специальными характеристиками ЭМИ КВЧ в аспекте выработки требований к построению соответствующей аппаратуры.

*Псевдошумовая модуляция в КВЧ-терапии.* Из рассмотренных в § 1.1 современных концепций, теорий и гипотез, объясняющих механизм взаимодействия ЭМИ КВЧ с живым веществом, следует, что первичной мишенью для ЭМИ КВЧ является не собственно клетка организма, но водная среда верхней части кожного покрова (водный матрикс организма), что приводит к повышению химической активности молекул структурированной воды живого организма. Далее по принципу переключения уровней энергоактивности (триггерный эффект) возбуждение передается, как и информационный сигнал, до уровня белков клеточной мембраны.

Далее из существующих концепций следует, что для осуществления терапевтического эффекта ЭМИ должно обладать первоочередно двумя характеристиками: а) частота несущего сигнала ЭМИ должна принадлежать поддиапазону 40 ÷ 60 ГГц диапазона КВЧ (30 ÷ 300 ГГц); выбор этого поддиапазона определенным образом соотносится с частотами спектра поглощения водой и кислородом; б) ЭМИ КВЧ должно быть модулировано, причем частота  $f_{\text{мод}}$  модуляции должна быть адекватной основным физиологическим ритмам (биоритмам) организма.

В смысле последнего утверждения, реально наблюдаемый лечебный эффект воздействия немодулированного ЭМИ КВЧ на «терапевтических частотах» 42,19 ГГц (7,1 мм); 53,53 ГГц (5,6 мм) и 60,12 ГГц (4,9 мм), используемых в аппаратах типа «Явь-1» и «Электроника-КВЧ», следует, по всей видимости, объяснять сложной картиной резонансов, учитывающей как спектры поглощения воды и кислорода, так и частоты дипольных клеточных ЭМП.

Однако в любом варианте объяснения механизма взаимодействия признается однозначно информационный характер воздействия ЭМИ КВЧ, то есть этот сигнал имеет минимальный энергетический уровень. В такой постановке задачи ответ заключается в установлении качественных и количественных соотношений между энергией  $U$ , количеством информации  $I$  и физической энтропией биосистемы  $H$ :

$$U / I \sim H, \quad (2.6)$$

то есть чем сложнее система, тем меньше ее энтропия и тем меньшая энергия требуется для инициации процесса управления сигнала с заданным  $I$  – информационным содержанием (2.6).

Соотношение (2.6) есть следствие известной теоремы Шеннона [138]:

$$\Delta I_c = H(X) + H(Y) - H(X; Y) > 0, \quad (2.7)$$

где  $\Delta I_c$  – приращение структурной информации, характеризующей, в контексте нашей тематики, число возникающих информационных связей между воздействующим ЭМИ КВЧ и характеристиками биосистемы (то есть  $X$  и  $Y$ ).

Физический же смысл соотношения (2.7) состоит в том, что, чем сложнее по структуре управления и внутренних связей система, тем меньше ее физическая энтропия и, как следует из соотношения (2.6), тем меньшую энергетическую базу должен иметь иницирующий сигнал. А самой сложной из существующих систем является биосистема, общебиологические принципы функционирования которой были разработаны Г. Селье, Л. Берталланфи, А.А. Богдановым, И. Пригожиным, Г. Хакеном и др.

Приведенные выше теоретические соображения о ничтожно малой энергетической базе инициации биопроцессов в организме воздействием ЭМИ КВЧ объективно подтверждаются клинической практикой КВЧ-терапии; например, в технологиях «Ситько-МРТ» в КВЧ-терапии используются интенсивности ЭМИ порядка  $10^{-20} \div 10^{-21}$  Вт / Гц·см<sup>2</sup> [5, 10], где уже даже гипотетически не может идти речи о каком-либо тепловом воздействии, даже учитывая рассеяние на выраженных неоднородностях биоткани.

В то же время конечный эффект терапевтического воздействия ЭМИ КВЧ, – когда восстановительные процессы ликвидируют патологию клетки, несомненно достигается энергозатратными биофизикохимическими реакциями.

Таким образом, речь идет однозначно об иницировании внешним, биоинформационным сигналом ЭМИ КВЧ соответствующих клеточных энергетических процессов.

Поэтому, с учетом рассмотренных в § 1.1 концепций, основных положений биофизики полей и излучений и биоинформатики [65], а также теории

и практики стохастического резонанса (СР) [139] и результатов авторских исследований, сформулируем основные положения энергетики процесса «выздоровления» клетки под воздействием низкоэнергетического ЭМИ КВЧ, то есть излучения, «сродственного» клеточным биофизическим процессам, регулирующим (восстанавливающим) гомеостаз на уровне метаболизма, поддерживающим баланс системы выработки в митохондриях клетки АТФ. Здесь энергетический баланс в процессе окислительного фосфорилирования и образования АТФ поддерживается работой внутренней мембраны, роль которой исключительно велика в процессах превращения свободной энергии. Данная мембрана образует анизотропную структуру, необходимую для ферментов, катализирующих векторные реакции, а результирующий поток электронов от субстратов с низким окислительно-восстановительным потенциалом на кислород соотносится с трансмембранным переносом протонов. Поэтому окислительно-восстановительные реакции дыхательной цепи приводят к образованию трансмембранного градиента ионов водорода.

Используя принцип хемотаксии, можно утверждать, что в образовании и поддержании этого градиента важнейшую роль (на клеточном уровне) играет дипольная составляющая, образуемая совокупностью мембран митохондрий. На частотах КВЧ-диапазона колебания диполя обеспечивают мощность излучения собственного ЭМП клетки  $P_{\text{уп}} \approx 10^{-23}$  Вт [140]. Поля клеток в агрегации последних взаимодействуют друг с другом в модели клеточных осцилляторов, множество которых образует суммарное (но не в смысле суперпозиции!) ЭМП организма.

Управление и взаимодействие в биосистеме осуществляется с помощью цепных реакций, инициируемых единичными квантами воздействия. В нашем случае это воздействие суть внешнее ЭМИ КВЧ, а роль скоро ЭМП КВЧ «сродственно» собственным ЭМП клеток, то исходные процессы по векторизации метаболических реакций интенсифицируются, что приводит в итоге к ликвидации патологии и восстановлению энергетического баланса в митохондриях клетки. Если же воздействовать на клетки «чужеродным» ЭМП, например, СВЧ-диапазона (3 ÷ 30 ГГц), то имеем обратный процесс: митохондриальный разбаланс.

Таким образом, на основании предыдущих умозаключений можно сделать вывод, что инициация низкоинтенсивным КВЧ-сигналом, несущим сродственную организму информацию (частота несущая + частота модуляции), энергетических процессов в клетке, связанных с преобразованием свободной энергии, является априорным качеством биосистемы как системы со структурой высшей в природе сложности.

*Далее охарактеризуем явление СР.* Данный феномен открыт не так давно (1981 г.), однако уже хорошо известен в физике, особенно в описании индуцированных шумов переходов в нелинейных системах, возбуждаемых

при одновременном воздействии на них шума и информационного сигнала [141].

Применительно к воздействию ЭМИ КВЧ на живой организм явление СР рассмотрено в [142]. Еще раз подчеркнем, что СР реализуется исключительно в нелинейных системах, генерирующих собственный шум.

С этих позиций воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на биосистему с собственным шумом – стохастическим интегральным ЭМП клеточных агрегаций – создает оптимальные условия для возникновения СР, учитывая выраженную нелинейность живого вещества в физическом плане, а также динамичность организующих его биофизикохимических процессов.

С позиций управленческих, информационно-системных специфика и понятный интерес к явлению СР заключается в его функции «упорядочения», то есть в нелинейных системах шум индуцирует новые и более упорядоченные режимы функционирования системы, что приводит к образованию более регулярных структур, увеличивает когерентность, усиление накладываемого на шум сигнала, увеличение отношения сигнал/шум ( $S_c/S_{\text{ш}}$ ), словом, – это позволяет определить СР как «индуцированный шумом эффект увеличения степени порядка» [142]. При этом требования к характеристикам  $S_c$  и  $S_{\text{ш}}$  весьма ослабленные: шум может быть белым, аддитивным и пр., однако сигнал  $S_c$  должен быть низкоинтенсивным; в противном случае мы имеем другой эффект, не связанный с квазипороговым воздействием  $S_c$  на  $S_{\text{ш}}$ .

На рис. 2.13 приведена схема возникновения СР в биосистеме при воздействии КВЧ-сигнала; рассматривается простейший вариант монохроматического облучения:  $S_c = A \sin(\omega_r t)$ , где  $\omega_r = 2\pi f_r$  – частота ЭМИ КВЧ. Условие одинакового порядка амплитуд воздействующего сигнала ( $A_c$ ) и шума ( $A_{\text{ш}}$ ) отвечает оптимальности возникновения СР с эффектом «порогового срабатывания». Кстати, именно учет действия механизма СР наиболее аргументированно объясняет тот экспериментально доказанный факт (школа С.П. Ситько [5]), что КВЧ-терапия тем эффективнее, чем ближе уровень воздействующего ЭМИ КВЧ к мощности собственного клеточного ЭМП; имеется в виду мощность ЭМИ, приведенная к структурному уровню клетки.

Сигнал  $S_c$  взаимодействует со стохастическим ( $\sum_1^N \{\bar{E}_i, \bar{H}_i\}$ ) ЭМП организма  $S_{\text{ш}}$ , например, в виде аддитивного шума, в результате чего возникает СР, который интенсифицирует обменные процессы свободной энергии  $F\uparrow$ .

На рис. 2.14 [139] проиллюстрировано превышение порогового уровня, наблюдаемое при СР. Здесь под величиной  $S_{\text{пор}}$  понимается интенсивность суммарного поля  $\Sigma(S_c, S_{\text{ш}})$ , при превышении которой интенсифицируется обмен свободной энергии  $F$ , что приводит к включению биохимических и биофизических реакций, в итоге приводящих к «выздоровлению» клетки

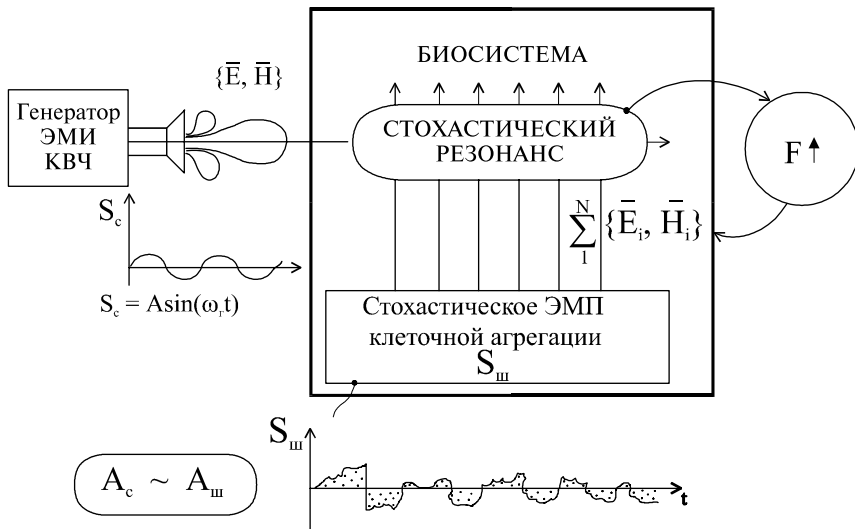


Рис. 2.13. К возникновению стохастического резонанса в биосистеме при воздействии ЭМИ КВЧ

при ее начальной патологии (на рис. 2.14 для упрощения графики и наглядности шумовой сигнал условно показан в форме синусоидального). Превышение уровня  $S_{\text{пор}}$  суммарным сигналом  $\Sigma_s \equiv \Sigma(S_c, S_{\text{ш}})$  приводит к формированию сверхпорогового сигнала  $S_{\text{пр}}^0$ , интенсифицирующего обмен свободной энергии.

Это явление дает объяснение эффекту резонанса в биосистеме – на частоте несущей ЭМИ КВЧ и на модулирующей частоте, о чем говорилось в § 1.1.

То есть, сравнивая формы сверхпорогового сигнала при воздействии немодулированного ЭМИ КВЧ (рис. 2.14, нижняя эпюра) и модулированного ЭМИ КВЧ (обычная форма амплитудно-модулированного сигнала), убедимся, что в последнем случае огибающая надпороговых всплесков  $S_{\text{пр}}$  имеет период  $T_{\text{мод}}$ , соответствующий в качественном приближении частоте модулирующего сигнала, то есть частоте выбранного биоритма. Это и объясняет качественно иной эффект инициации обменных энергетических процессов в клетках при воздействии модулированного ЭМИ КВЧ.

Биосистема является выраженной нелинейной системой, характеризуемой стохастическим собственным ЭМП. Поэтому ее отклик  $\langle x(t) \rangle$  на слабое внешнее (полевое) воздействие  $f(t)$  выражается интегральным соотношением [142]:

$$\langle x(t) \rangle = \langle x \rangle_{st} + \int_{-\infty}^{\infty} \chi(t-\tau, D) f(\tau) d\tau, \quad (2.8)$$

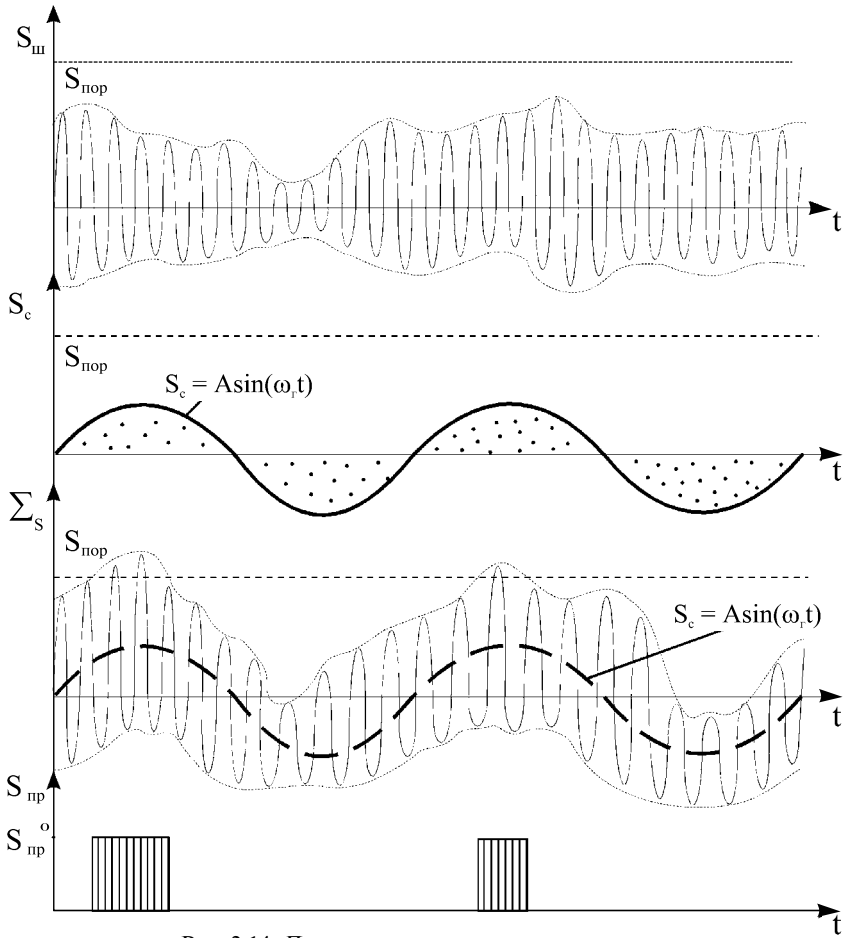


Рис. 2.14. Превышение порогового уровня сигнала, наблюдаемое при стохастическом резонансе

где  $\langle x \rangle_{st}$  – среднее значение невозмущенной переменной состояния системы (при  $f(t) = 0$ ). На основе (2.8), в частности, рассчитывается коэффициент усиления, спектральная плотность на выходе системы, отношение  $S_c/S_{ш}$ .

Ближе к описанию реальных биосистем модель СР для сигналов ЭМИ сложного спектрального состава, к которым уже относится модулированное ЭМИ КВЧ. К тому же следует помнить, что на «аппаратурный» сигнал ЭМИ КВЧ, учитывая его сверхнизкую мощность, равнодействующе накладываются другие сигналы – от промышленных помех до переизлучений поля на поверхности кожного покрова в точках акупунктуры и реф-

лексогенных зонах. Поэтому соответствующая модель линейного отклика биосистемы на квазигармонический сигнал с (флуктуационной) конечной шириной спектральной линии является более адекватной, нежели описываемая уравнением (2.8). Соответственно, спектральная плотность на выходе имеет вид [142]:

$$G_{xx}(\omega) \approx G_{xx}^{(0)}(\omega) + |\chi(\omega)|^2 G_{ff}(\omega), \quad (2.9)$$

где  $G_{ff}(\omega)$  – спектр сигнала.

При анализе процессов, описываемых (2.9), рассматривается гармонический шум – двумерный процесс Орнштейна–Уленбека.

Еще одно существенное замечание: многие элементы биосистемы в своих режимах работы хотя и имеют гармоническую составляющую, но по существу являются апериодическими, почему важен учет СР в аperiодическом режиме работы системы или ее элементов.

Однако наибольшее приближение к реальной биосистеме дает модель СР в хаотических системах с учетом синхронизации; с позиций математики здесь исследуются бифуркации аттракторов\* в динамических системах. Данный подход уже давно используется в биомедицине для исследования и управления биоритмами [143]. Как показано в [142], воздействие внешнего квазিশумного, то есть реального, сигнала на биосистему приводит к возникновению случайных переходов (переключений) между сосуществующими аттракторами системы, для которых статистика определяется своими шума и динамической биосистемы.

Рассмотрение всех используемых моделей СР показывает, что сущность физического механизма этого явления имеет более глубокие связи с энергетикой, чем это кажется при радиофизическом подходе [141]. Явление СР неперенным условием предполагает нелинейность – в данном случае биосистемы. Нелинейность же изначально и неразрывно связана с синхронизацией внешних (возмущающих) воздействий, с одной стороны, а с другой – чувствительностью системы с шумом к слабому возмущающему сигналу по принципу «корреляционного приема». Заметим, что вопрос о синхронизации в эффекте СР в биосистемах практически не изучен, сложен и требует специального рассмотрения; особенно это относится к взаимодействующим полям в режиме «хаос + хаос» [142].

С понятием синхронизации в СР связано и столь важное явление, как эффект захвата частоты. Этот эффект хорошо знаком радиотехникам (генерация сигналов). С энергофизических позиций захват частоты внешним облучением означает своего рода «энергетическую перекачку» в шумовом спектре клеточных агрегаций, что имеет наглядные аналогии в тепловых, механических и пр. системах.

\* Аттрактор есть множество точек  $S$ , таких, что траектории почти всех точек в окрестности  $S$  стремятся к  $S$  при  $t \rightarrow \infty$ .

Исследуем явление СР в режиме облучения биосистемы в наиболее интересующем нас варианте «хаос + хаос», опираясь на результаты работ [139 – 142].

Как было сказано выше, наиболее реальные приближения к истинному процессу СР в биосистемах есть режим «хаос + хаос», то есть когда с шумовым ЭМП  $S_{\text{ш}}$  клеточных агрегаций взаимодействует внешнее, значит, инициирующее ЭМИ КВЧ, которое отнюдь не является монохроматическим ЭМИ КВЧ, более того, не является и просто модулированным излучением. Ввиду его априорно заданной сверхнизкой интенсивности на этот сигнал накладывается иной, несанкционированный шумовой сигнал.

Более того, необходимо учитывать, что та же КВЧ-терапия, учитывая изначальную имманентность низкоинтенсивных высокочастотных ЭМП природе живого, является всего лишь нулевым приближением регуляции жизнедеятельности, адаптации организма к вариации условий внешней среды и т. п. В естественном биоценозе мы как раз наблюдаем внешнее полевое воздействие, а значит и эффект СР именно по типу «хаос + хаос». В обзоре [142] в качестве примера природного использования явления СР для обработки информации БО рассмотрены специальные системные приспособления организмов, данные им эволюцией, для использования внутреннего шума и шума внешней среды для наиболее эффективного выделения полезной информации. Такими системами, например, являются нейрорецепторы хвоста речного рака, его же фоторецепторная система, система количественной оценки зрительного восприятия информации человеком. К аналогичным системам следует отнести и антенные устройства бабочек [144], а для растений – «естественные антенны», реализуемые в листьях и хвое.

Таким образом, можно утверждать, что внешний шумовой сигнал низкой интенсивности, природный или генерируемый техническими устройствами, при его воздействии на живой организм с собственным (имманентным) шумовым полем (электромагнитным, акустическим, тепловым и т. п.) является информационным инициатором упорядоченности (когерентности) биоинформационных сигналов биосистемы, инициирующих при этом посредством СР интенсификацию процессов, связанных с превращением свободной энергии в клетках, в итоге приводящих к коррекции и восстановлению физиологических норм жизнедеятельности организма. Также можно полагать, что в биосистеме сочетаются явления СР как порогового (нединамического), так и динамического характеров; первые из них наиболее характерны для инициации нейронных процессов, вторые – для клеточных процессов более общего характера, связанных с регуляцией метаболизма клетки и поддержанием гомеостаза на клеточном иерархическом уровне.

Из приведенных выше рассуждений видно, что процесс СР сопровождается стохастической синхронизацией, при которой динамическая энтропия



и энтропия источника сигнала достигают минимального уровня, что говорит о повышении упорядоченности самоорганизующейся биосистемы.

Наконец, в плане энергофизическом эффект СР в биосистемах объясняется захватом частоты и воследующей энергетической перекачкой в шумовом спектре клеточных агрегаций.

Для моделирования СР в биосистеме в режиме «хаос + хаос», а также для использования в процедурах КВЧ-терапии используется схема аппаратного решения, приведенная на рис. 2.15 [139].

Здесь сигнал ЭМИ КВЧ модулируется сигналом так называемой псевдослучайной (ПС) последовательности; другое принятое в радиотехнике и цифровой технике название: *M*-последовательность [145]. Псевдослучайный сигнал есть периодическая последовательность пачек импульсов одинаковой амплитуды, причем эта последовательность обладает – при достаточно большой длине периода – одновременно свойствами детерминированного и стохастического сигнала. Первое объясняется идентичностью пачек в каждом периоде в смысле строгого повторения генерируемых генератором ПС-сигнала импульсов и пауз (единиц и нулей в цифровом сигнале), а стохастичность обеспечивается «псевдослучайным» сочетанием единиц и нулей в периоде: 100110100010111..., причем порядок их следования однозначно определяется схемным построением генератора.

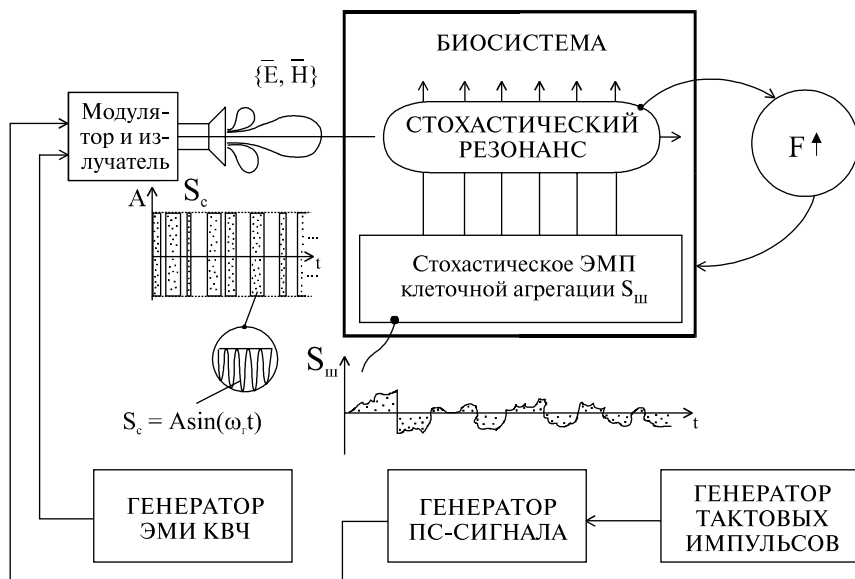


Рис. 2.15. Модель для аппаратной реализации стохастического резонанса в КВЧ-терапии

Спектр ПС-сигнала описывается логарифмической функцией от квадрата параметра  $\sin(\pi\omega/\omega_{\text{мод}})/(\pi\omega/\omega_{\text{тк}})$ , где  $\omega$  – текущая частота;  $\omega_{\text{тк}}$  – тактовая частота генератора тактовых импульсов, запускающего генератор ПС-сигнала. При большой длине периода спектр ПС-сигнала близок к шумовому, то есть непрерывному.

Таким образом, согласно схеме на рис. 2.15, наиболее важная физиологически шумовая компонента воздействующего на клетку сигнала – низкочастотная, адекватная биоритмам, – «вносится» в виде модулирующего ЭМИ КВЧ ПС-сигнала.

На рис. 2.16 приведена практическая схема генератора, реализованная на 9-разрядном последовательном регистре сдвига. Обратная связь образуется подачей выходных сигналов с пятого и девятого элементов регистра на сумматор по модулю «два» и далее на вход регистра. Период полученного на выходе ПС-сигнала содержит 511 элементов, что обеспечивает квазишумовой спектр; последний можно еще более приблизить к шумовому, используя 10-разрядный регистр (1023 элемента в период). Частота генератора тактовых импульсов (рис. 2.15) выбирается в рамках эксперимента по одному из вариантов: а) адекватность биоритмам частот следования импульсов в период ПС-сигнала; б) адекватность биоритмам частот следования пачек (периодов) ПС-сигнала.

Заметим, что в работе [146] также использованы для экспериментов с облучением ЭМИ КВЧ ПС-сигналы (для интенсификации размножения дрожжевых клеток), однако здесь применялось не модулированное ПС-сигналом ЭМИ КВЧ, но собственно ЭМИ КВЧ в форме цифрового ПС-сигнала, что дает иную качественную картину, поскольку здесь отсутствуют воздействие на клетки низкочастотной («физиологической») составляющей и двойной резонанс.

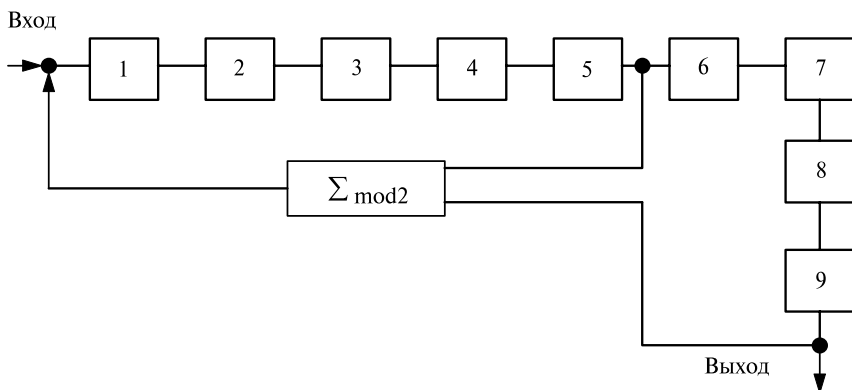


Рис. 2.16. Функциональная схема генератора псевдослучайных сигналов

Таким образом, эффект СР полагается, в рамках настоящей работы, одним из базовых механизмов активации процессов регуляции превращений свободной энергии на клеточном уровне, что, собственно говоря, и составляет цель облучения организма при КВЧ-терапии с биофизикохимической точки зрения.

Реализация КВЧ-терапии в режиме СР возможна, с точки зрения аппаратного обеспечения, с использованием ПС-модуляции, что приближает модель процесса к реальным, наблюдаемым в природе, характеристикам воздействий внешнего ЭМП. Тем самым процесс лечения, в частности стоматологических заболеваний, становится имманентным природным процессам.

Другой вид специального ЭМИ КВЧ, используемого в терапевтической стоматологии – поля с *D*- и *L*-формами поляризации. Аналогично этому для лечения стоматологических заболеваний используются и переменные магнитные поля (ПМП) с *D*- и *L*-формами вращения вихревой компоненты. Принятое в физике название таких полей – киральные.

### **2.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КВЧ-ТЕРАПИИ И МАГНИТОТЕРАПИИ КИРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОЛЕЙ**

Вопросы использования ЭМИ КВЧ и ПМП с *D*- и *L*-формами поляризации (для ПМП используется еще термин «вихревая компонента (ВК)»), для лечения стоматологических заболеваний в том числе, подробно рассмотрены в авторских работах [31–41, 44, 45, 47–53], а аппаратная реализация и клиническая апробация такой терапии есть содержание последующих глав работы. Поэтому в настоящем параграфе ограничимся кратким введением в проблематику.

Явление киральности в естественно-научном плане отвечает гелиоко-мобиологической модели В.И. Вернадского [1–3], а именно: параллелизм последовательности структурообразования неживого и живого в микро- и макромире, в том числе, последовательности диссимметризации форм живого.

Собственно диссимметризация правых и левых форм жизни в материальном мире связана, по всей видимости, с космическими причинами; есть и другие концепции [115]. Многое для размышления дает сравнительная табл. 2.2 ([147], с. 32–33).

Действительно, категория диссимметрии и ее частного проявления – киральности (от греч. *χεῖρ* – рука), то есть проявление асимметрии правого и левого, является доминирующей во всех естественных науках и их приложениях: в теории симметрии [148], радиофизике и электродинамике [149], биохимии и биофизике [115].

Таблица 2.2

Сравнительная таблица диссимметризации правых и левых форм жизни

Объекты / Формы	Галактики	Вирусы	Бактерии	Просейшие	Колонии бактерий	Колонии простейших	Высшие растения	Беспозвоночные	Позвоночные
Шаровая									
Эллипсоидная									
Радиальная									
Спиральная									
Билатеральная									
Неправильная									Семья, кланы, стада, группы, популяции, общества

С точки зрения взаимодействия ЭМП с киральными средами, содержащими зеркально-асимметричные элементы, наиболее существенна пространственная дисперсия.

Основное отличие киральной среды от изотропной с математической точки зрения состоит в том, что в ней наличествует другая форма материальных уравнений, в которой векторы электрической и магнитной индукции  $\vec{B}$  и  $\vec{D}$  связаны одновременно с напряженностями  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  электрического и магнитного поля:

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} - ik \vec{H}; \quad \vec{B} = \mu \vec{H} + ik \vec{E}, \quad (2.10)$$

где  $\epsilon$ ,  $\mu$  – проницаемости;  $k$  – безразмерный материальный параметр, определяющий степень киральности среды.

В соответствии с (2.10), электродинамические процессы в киральных средах характеризуются распространением двух волн с зеркально-асимметричными круговыми поляризациями и различными постоянными распространения. Отсюда и важность учета киральности при воздействии ЭМИ КВЧ и ПМП с ВК на живой организм (пациента).

С точки зрения биофизики еще более существенным является тот факт, установленный еще Паскалем [115], что к числу фундаментальных различий живой и неживой материи относится предпочтение первой киральных молекул единого типа. Отсюда возникает и весьма существенный – в контексте рассматриваемой тематики – вопрос о инвариантности биоинформационных ЭМП и ПМП относительно зеркально-асимметричных преобразований.

В то же время хорошо известно [115], что различные биомолекулы имеют и различную *D*- или *L*- форму киральности. Например, ДНК – правоориентирована, аминокислоты – левоориентированы, фермент пепсиноген – правоориентирован и так далее.

Таким образом, определяя «базовую» в конкретной патологии биомолекулу и воздействуя на организм (орган, систему) *D*- или *L*-вращающимся ЭМИ КВЧ или ПМП с ВК, мы можем интенсифицировать или угнетать соответствующие биохимические процессы.

#### **2.4. ФАНТОМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИООБЪЕКТОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТУРЫ ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ**

Вопросы фантомного моделирования рассмотрены в авторских работах [18, 20, 22–24, 26–28, 30]. Собственно разработка фантома сводится к решению двух групп задач: анализу геометро-топологических параметров биоткани и расчету ее электрофизических характеристик. Ниже рассмотрена постановка этих задач и разработаны методы их решения.

Фантомное моделирование есть воссоздание техническими средствами модели БО или его отдельного органа, в той или иной степени приближения воссоздающей реальную структуру биоткани с соответствующими геометрическими, топологическими и электрофизическими параметрами и характеристиками.

Необходимость фантомного моделирования БО особенно актуальна при проектировании лечебной и диагностической аппаратуры, ибо понятно, что человеческий организм не может являться объектом экспериментов. Натурные же эксперименты обязательны при разработке новых медицинских технологий, использующих высокочастотные ЭМП. В то же время опыты на животных не всегда дают адекватный результат, учитывая различия в физико-топологических моделях (ФТМ) биоткани и органов человека и животных.

Поэтому фантом человека (его отдельных органов) является наиболее доступным и приемлемым способом обработки параметров СВЧ- и КВЧ-аппаратуры. При фантомном моделировании с помощью системы датчиков, вводимых в различные слои фантома, замеряется пространственное распределение температур (при гипертермии), вызываемое СВЧ-нагревом, или распределение интенсивности ЭМП – при КВЧ-терапии. Полученные картины пространственного распределения  $T(x, y, z)$  или  $E, H(x, y, z)$  позволяют рассчитать потребную мощность излучения и его направленность относительно внешнего покрова БО. Последнее наиболее важно с точки зрения выбора конструктивных параметров излучателей (аппликаторов).

**Геометро-топологические характеристики биоткани.** При разработке фантома исходными являются геометрические и топологические характеристики БО и диэлектрические электрофизические характеристики биоткани. Что касается геометро-топологических характеристик, то здесь достаточно использовать анатомические таблицы и атласы. Еще большую информацию дают компьютерные (фрактальные) графики.

С точки зрения электродинамического процесса в биоткани, наибольшая сложность состоит в формулировке граничных условий для решения соответствующих задач, учитывая неоднородность в пределах каждого слоя, сложные геометрические и топологические (связность фигур) конфигурации – и все это в трех измерениях, причем в большинстве случаев ни одно из измерений невозможно аппроксимировать прямолинейной или криволинейной (с постоянным радиусом кривизны) осью, протяженность которой  $l > l_1, l_2$ , где  $l_1$  и  $l_2$  – два других определяющих размера; то есть нельзя аппроксимировать трехмерную электродинамическую задачу двухмерной.

На рис. 2.17 приведена гипотетическая ФТМ (части) БО; для наглядности здесь костная ткань представлена в виде мономатериала, хотя собственная ее структура достаточно сложная, включает полости, заполненные костным мозгом, микрополости и т. п.

Таким образом, с точки зрения представления ФТМ, БО характеризуется слоистостью, сложной трехмерной геометрией и топологией. Кроме того, криволинейные границы слоев биоткани не являются четко выраженными, а, как правило, представляют собой «размытые» граничные субслои со значительным градиентом параметров  $\epsilon$  и  $\operatorname{tg} \delta$ . Поэтому при формировании ФТМ неизбежны достаточно грубые аппроксимации граничных условий при постановке соответствующих электродинамических задач. Еще большая сложность заключается в неоднородности – по электрофизическим параметрам – биоткани в пределах каждого слоя. Поэтому электродинамические процессы в биоткани характеризуются выраженной нелинейностью и дисперсионностью.

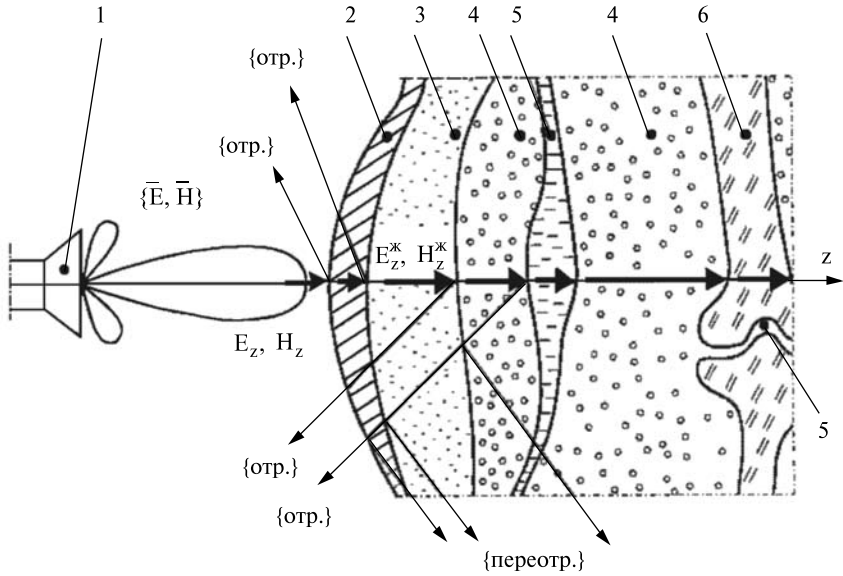


Рис. 2.17. Гипотетическая ФТМ части биообъекта: 1 – излучатель; 2 – кожный покров; 3 – жировая ткань; 4 – мышечная ткань; 5 – жидкая биоткань (кровь, лимфа, синовиальная жидкость); 6 – костная ткань

С точки зрения процесса распространения ЭМВ в биоткани, последний характеризуется последовательным процессом прохождения ЭМВ через слои биоткани:  $\{\bar{E}, \bar{H}\} \Rightarrow \{E_z^k, H_z^k\} \Rightarrow \{E_z^*, H_z^*\} \Rightarrow \dots \Rightarrow \{E_z^{\text{кост.}}, H_z^{\text{кост.}}\} \Rightarrow \dots$  (рис. 2.17). При этом наблюдается отражение {отр.} и переотражение {переотр.} не только от границ раздела слоев биоткани, но и рассеяние на градиентных неоднородностях в пределах каждого слоя. Без учета последнего процесс распространения ЭМВ в БО происходит по следующей схеме:

$$\begin{array}{c}
 \{\bar{E}, \bar{H}\} \Rightarrow \{E_z^k, H_z^k\} \Rightarrow \{E_z^*, H_z^*\} \Rightarrow \dots \Rightarrow \\
 \downarrow \qquad \qquad \downarrow \qquad \qquad \downarrow \\
 \text{(отр.)} \qquad \text{(отр.)} \qquad \text{(отр.)} \\
 \downarrow \qquad \qquad \downarrow \qquad \qquad \downarrow \\
 \{E_z^{k.o}, H_z^{k.o}\} \quad \{E_z^{*.o}, H_z^{*.o}\} \quad \dots \quad \{ \dots \} \\
 \downarrow \qquad \qquad \downarrow \qquad \qquad \downarrow \\
 \text{(переотр.)} \qquad \text{(переотр.)} \\
 \downarrow \\
 \{E_z^{(m.o)k}, H_z^{(m.o)k}\} \dots \\
 \dots
 \end{array} \quad (2.24)$$

Таким образом, формирование граничных условий для более или менее адекватной постановки электродинамической задачи расчета распространения ЭМВ в биоткани и собственно в органах человека, учитывая геометрическую и топологическую сложность последних, еще ждет многих и многих усилий исследователей.

Электрофизические характеристики биоткани. Второй существенный момент при формировании ФТМ БО – учет реальных электрофизических характеристик биоткани; в табл. 2.3 последние приведены для мускульной и жировой биоткани; там же приведены составы композиционных материалов для имитации последних в фантоме [64].

Таблица 2.3

**Электрофизические характеристики биоткани**

Биоткань	Диэлектрическая проницаемость, $\epsilon$		Состав композиционных материалов фантома биообъекта (процентное соотношение)
	Вещественная часть, $\epsilon'$	Мнимая часть, $\epsilon''$	
Мускульная ткань	49,6	16,5	75,44 – H <sub>2</sub> O 0,91 – NaCl 15,20 – полиэтиленовый порошок 8,45 – специальный материал*
Жировая ткань	4,5	0,84	85,20 – специальный материал марки 4110 (P-1)* 14,50 – алюминиевый порошок 0,24 – ацетиленовая сажа 0,06 – метилэтилкетоновая перекись

(По Y. Nikawa, M. Kikuchi, S. Mori [150])

Примечание. \* – специальные материалы, использованные в работе [150].

Таблица 2.4

**Диэлектрические проницаемости некоторых жидкостей**

Вещество	Температура, °C			
	0	20	30	50
Ацетон	23,3	21,4	20,5	18,7
Бензол	2,30	2,29	2,26	2,22
Вода	87,83	80,08	76,47	69,73
Глицерин	–	56,2	–	–
Керосин	–	2,0	–	–
Четыреххлористый углерод	–	2,24	–	2,18
Этиловый спирт	27,88	25,0	23,52	20,87
Этиловый эфир	4,8	4,38	4,15	–



Наиболее адекватная фантомная модель должна учитывать, кроме мускульной, жировой и костной ткани, а также ткани кожного покрова, жидкую ткань (кровь, лимфа, синовиальная и пр. жидкости), поскольку ее основным компонентом является вода; соответственно, неучет в модели жидкой биоткани может в сильной степени понизить ее адекватность. В работе [151] показано, что подбор композиционного материала для жидкой биоткани намного проще, нежели для «твердых» слоев биоткани, поскольку раствор, имитирующий жидкую биоткань по параметру  $\epsilon$ , можно приготовить из смеси жидкостей с различными величинами диэлектрической проницаемости (табл. 2.4). Для полной имитации, а главное – для получения композиционной смеси с дисперсионной комплексной проницаемостью  $\epsilon^*(\omega) = \epsilon'(\omega) + j\epsilon''(\omega)$ , в последнюю добавляются в виде взвеси твердые порошкообразные материалы и сгустители. А для подбора состава композиционной смеси можно использовать измерительную ячейку на основе устройства, предложенного в [64]. Здесь используется отрезок полосковой линии передачи с полый подложка (рис. 2.18). Измерение величины  $\epsilon$  в установке с подобной измерительной ячейкой возможно до частот 30...35 ГГц, что удовлетворяет основным медицинским и биотехническим технологиям.

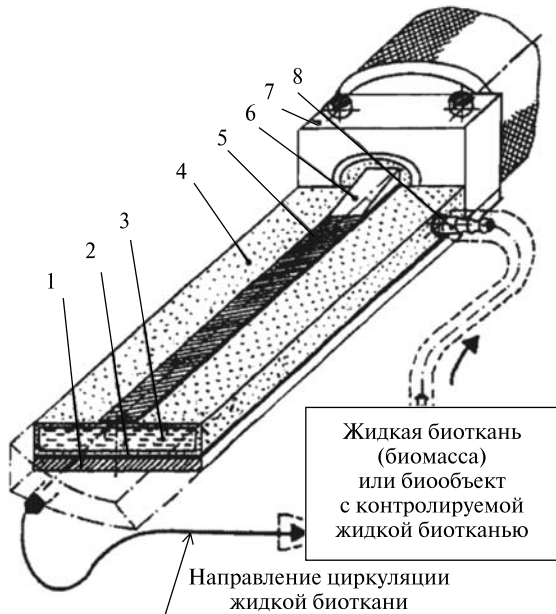


Рис. 2.18. Конструкция измерительной ячейки: 1 – основание; 2 – клеевое соединение; 3 – жидкая биоткань; 4 – полый подложка; 5 – ТПП; 6 – согласующий переход; 7 – коаксиально-полосковый соединитель; 8 – штуцер

Как следует из широко используемых в полосковой технике СВЧ соотношений [151]:

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon}} \left[ \ln \left( \frac{\delta h}{w} + \frac{w^2}{32h^2} \right) \right], \quad \text{при } \frac{w}{h} < 2; \quad (2.12)$$

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon}} \left[ \frac{w}{h} + \frac{2}{\pi} \ln \left\{ 17,08 \left( \frac{w}{2h} + 0,92 \right) \right\} \right]^{-1}, \quad \text{при } \frac{w}{h} > 2,$$

где  $h$  – толщина подложки 4;  $w$  – ширина токонесущего полоскового проводника (ТПП) 5, волновое сопротивление  $Z_0$  полосковой линии зависит от величины  $\epsilon$  подложки как  $Z_0 \approx 1/\sqrt{\epsilon}$ , что позволяет использовать измерительную ячейку как датчик на изменение  $\Delta\epsilon$ .

Устройство работает следующим образом. В полость подложки 4 заливается либо: а) жидкая биоткань для экспресс-анализа, либо: б) композиционная смесь для фантома. В первом случае  $\epsilon = \epsilon_{\text{под}} + \epsilon_{\text{бт}}$ , где  $\epsilon_{\text{под}}$  – диэлектрическая проницаемость материала подложки;  $\epsilon_{\text{бт}}$  – материала жидкой биоткани. Во втором случае  $\epsilon = \epsilon_{\text{под}} + \sum \epsilon_{\text{жид}} + \sum \epsilon_{\text{доб}}$ , где  $\epsilon_{\text{жид}}$  – проницаемость жидкостей, составляющих композицию;  $\epsilon_{\text{доб}}$  – проницаемость порошковых добавок и сгустителя.

Данная измерительная ячейка включается в резонансную цепь измерительной установки, индикатор которой градуируется в единицах относительной диэлектрической проницаемости. Конструктивно такие измерительные ячейки в разработке не сложны.

**Техника и методы фантомного моделирования.** Техника фантомного моделирования основывается на геометрической, топологической и электрофизической модели (органа) БО, которая формируется на основе рассмотренных выше подходов и методик. На рис. 2.19 приведены различные варианты таких моделей.

Простейшие модели имеют форму прямого цилиндра с концентрически расположенными слоями (рис. 2.19, *а–в*), каждый из которых имитирует слой биоткани и характеризуется геометрическими параметрами  $\{D_i - D_{i+1}, H\}$  и параметрами электрофизическими:  $\epsilon_i^*(\omega)$ ,  $\text{tg}\delta_i$ . Модель на рис. 2.19, *а*, например, в нулевом приближении имитирует мышцу (участок мышцы) с выраженной округлостью формы и протяженностью  $H > D$ , а модель на рис. 2.19, *б* – участок бедра, где в модели учитывается материал бедренной кости  $\{D_2, H\}$  и мышечная ткань  $\{D_1 - D_2, H\}$ , а материал кожной ткани и жирового подслоя не учитывается. Модель на рис. 2.19, *в* является более адекватной по сравнению с предыдущей, поскольку учитывает жировой подслоя.

На рис. 2.19, *г, д* показаны более сложные модели. Модель на рис. 2.19, *г* может имитировать часть тела с учетом трех слоев биоткани, где конфигура-

ции слоев являются выраженными криволинейными, а определяющие размеры по всем трем координатам соизмеримы.

Модель на рис. 2.19, б имитирует коленный сустав и характеризуется не только геометрической, но и топологической (степени связности фигур) сложностью: здесь, кроме фигур и параметров костной и мышечной ткани, учитываются аналогичные характеристики материала биоткани мениска (с соответствующими слоями жидкости)  $\varepsilon_3^*(\omega)$  и слоя синовиальной жидкости  $\varepsilon_k^*(\omega)$ .

В моделях на рис. 2.19, г, д геометрические параметры границ слоев  $S_j(x, y, z)$  являются интегральными функциями от координат  $(x, y, z)$ .

Заметим, что при формировании фантомной модели, с точки зрения адекватности функций  $S_j(x, y, z)$  реальной конфигурации слоев биоткани,

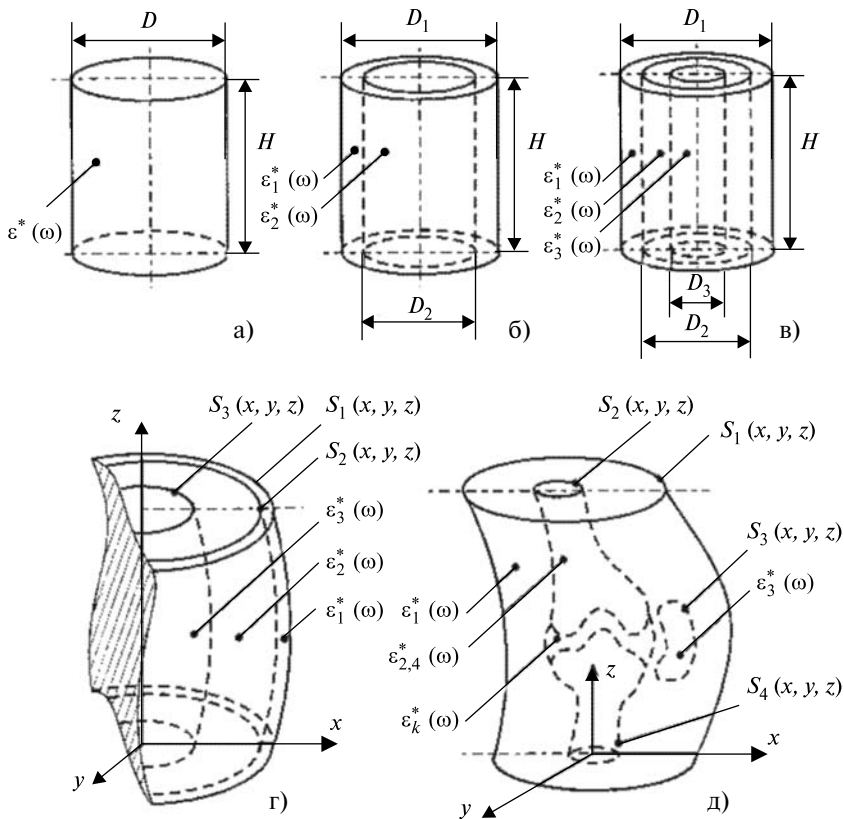


Рис. 2.19. Варианты моделей фантомов: цилиндрические (а–в); в форме криволинейных фигур (г, д)

наиболее точно должен быть описан внешний (кожный) покров участка тела, поскольку именно его геометрия определяет выбор формы излучателя (аппликатора); особенно это важно для локализованного облучения. Так, например, для аппликатора с собирающими линзами предполагается прямой контакт с наружной поверхностью фантома; это же характерно для облучения десневой ткани при лечении пародонтита.

Фантомные измерения наиболее просто выполняются при моделировании и обработке параметров установок СВЧ-гипертермии. Здесь основным исследуемым параметром является пространственное распределение температур нагрева в фантомной модели. На рис. 2.20 проиллюстрирован принцип создания (облучения) и измерения температурного поля в фантоме – для однослойной (рис. 2.20, а) и трехслойной (рис. 2.20, б) моделей.

Способ регистрации распределения температурного поля  $T(x, y)$  в [150] более совершенен, чем использование игольчатых датчиков 1 (рис. 2.20), поскольку там используется жидкая кристаллическая пленка, размещаемая на поверхности слоев модели, а распределение температур фиксируется при спектральном отражении света, излучаемого в пленке. Возможны и другие технические средства точного измерения поля  $T(x, y)$  и поля  $T(x, y, z)$  в более сложных моделях (рис. 2.19, з, д).

Фантомное моделирование для случая нетеплового КВЧ-облучения (биоинформационного) является более сложным и многофакторным, однако использует в полной мере разработанные выше подходы и принципы.

В параграфе поднят исключительно важный для реализации высокоэффективных методов КВЧ-терапии вопрос фантомного моделирования органов человека. Отметим, что решение этого вопроса одинаково значимо

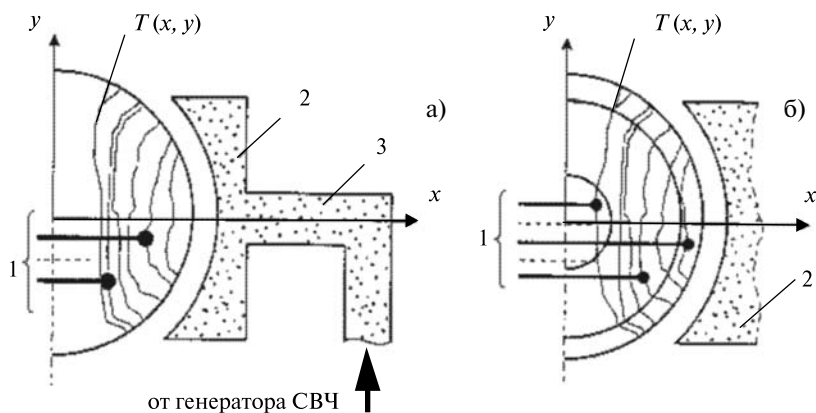


Рис. 2.20. Облучение биообъекта и измерение температурного поля при СВЧ-гипертермии: 1 – датчики; 2 – аппликатор; 3 – подводный фидер

как для оптимизации параметров аппаратуры КВЧ-излучения, так и для создания новых методик терапии. Вместе с тем следует отметить практическую неразработанность многих основных задач фантомного моделирования, имевшую место ранее.

## **2.5. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ БИМЕДИЦИНСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ**

В заключение главы рассмотрим методы и модели математической обработки данных эксперимента, которые имеют свою специфику для исследования воздействия ЭМП на живой организм [42, 45, 46]. Как показано ниже, эта специфика относится к выделению полезной информации на фоне многофакторных результатов эксперимента.

Доступные в настоящее время объемы информации позволяют на более высоком уровне ставить задачу оценки совместного влияния на исследуемый объект очень многих периодических процессов, различающихся как природой, так и временными диапазонами, с одновременным оцениванием иерархической структуры взаимодействия исследуемых факторов. Анализ многочисленных отечественных и зарубежных исследований показал, что значительной информационной ценностью обладают скрытые составляющие электрофизиологических процессов, которые в современных биотехнических и медицинских системах практически не выделяются и не обрабатываются, что значительно снижает их потенциальные возможности. Наиболее сложными для периодометрического исследования являются процессы не столько периодической, сколько повторяющейся природы. В результате наблюдаются сигналы, близкие к периодическим, но таковыми не являющиеся, и одной из задач обработки таких сигналов является оценка степени их отклонения от периодических закономерностей. Приемами таких сигналов могут служить:

- $\varepsilon$ -загрязненная периодичность; при этом на реализации исследуемого сигнала с вероятностью  $(1-\varepsilon)$  появляются участки повторяющейся формы и с вероятностью  $\varepsilon$  – участки какого-либо другого типа;
- нестабильная частота повторения участков; в этом случае на реализации исследуемого сигнала можно выделить некую повторяющуюся последовательность, «на глаз» являющуюся периодической, но имеющую значительные вариации периодичности в рамках одной реализации.

В нашем случае частотный анализ затруднен либо получающийся спектр имеет большой разброс характеристик и потому малоинформати-

вен. Еще одним примером ситуации, в которой частотный анализ мало-пригоден, является искажение формы повторяющихся участков сигнала. Так, при исследовании ЭЭГ реакцией на возбуждение является увеличение высокочастотных составляющих спектра сигнала — однако такое же явление наблюдается и при утомлении как результат уменьшения угла наклона фронтов импульсов, то есть изменения их формы. Кроме того, любой периодический процесс в реальных биологических системах подвергается воздействию шумов и различным искажениям. Вообще отсутствие шумов для живых объектов не характерно и является при диагностировании достаточно грозным признаком (см. выше).

Главная проблема, возникающая при моделировании сигналов биологического и медицинского происхождения, состоит в выборе уровня сложности модели. Слишком простые модели, как правило, обладают малой точностью и, следовательно, низкой прогностической ценностью. Более сложные модели требуют для своего использования определения достаточно большого количества индивидуальных параметров, а потому не всегда применимы. Кроме того, из сложности модели обычно следует значительная сложность методов обработки, в результате чего точный результат прогнозирования не может быть получен достаточно оперативно. Именно развитие информационных технологий и позволяет в настоящее время разрабатывать и применять более сложные модели сигналов и процессов их формирования.

В последние годы активно разрабатываются методы структурного анализа сигналов большой продолжительности. Наблюдаемый сигнал описывается как результат работы источника, который в каждый момент времени может находиться в одном из конечного числа состояний. Общее число типов таких состояний  $m$  фиксировано, относительно невелико и существенно меньше общего числа изменений состояний за время наблюдения. Поведение наблюдаемого сигнала на участке, соответствующем одному состоянию источника (однородном участке), связано с типом этого состояния. Предполагается, что определить состояние источника непосредственно либо в принципе невозможно, либо такое определение связано с трудностями или с задержкой, не позволяющей использовать эти данные для диагностики. Методы обработки характеризуются наличием двух этапов анализа: разбиения реализации сигнала на однотипные фрагменты и составления описания функционирования исследуемого объекта в целом на основе полученного разбиения. Таким образом, в качестве модели используется двухуровневый случайный процесс. Первый уровень отражает процесс формирования непосредственно наблюдаемого сигнала, второй — процесс смены однородных фрагментов. Последний процесс иногда условно называют «ненаблюдаемым». Этот подход позволяет использовать достаточно простые локальные модели как для опи-

сания сигнала на отдельных фрагментах, так и для описания процесса их чередования.

Для описания ненаблюдаемого процесса предлагается разделить модель второго уровня и использовать разные модели для описания процессов чередования типов участков и вариации их длительностей [152]. Такое разделение позволяет представить процесс второго уровня как двухкомпонентный процесс «класс—фаза» и соответственно описать его набором из двух сравнительно простых моделей. Это позволяет описывать любые дискретные законы распределения однородных участков, включая полимодальные.

Для каждого момента дискретного времени  $t$  введены понятия класса  $h_t$  и фазы  $\tau_t$ . Процесс функционирования ненаблюдаемого источника сигнала описываем двумя матрицами условных вероятностей. Сменой номеров состояний управляет марковская цепь переключений  $Q = \{q^{ij}\}$ , где  $q^{ij} = P(h_t = j | h_{t-1} = i)$ . С каждым классом  $i$  состояния связана максимальная длительность событий  $T_i$ , в рамках которой задается закон распределения длительностей событий данного класса. Марковская цепь переключений определена не на всей оси дискретного времени, а только в моменты их окончания, определяемые вышеописанной моделью. Матрица  $W$  содержит условные вероятности обрыва фрагмента. Таким образом, длительность события класса  $i$  является случайной величиной, распределенной на интервале  $[1, T_i]$ . Ее распределение зависит только от класса события и характеризуется набором условных вероятностей прерывания фрагмента  $w^{il}$ , где  $w^{il}$  — вероятность того, что  $l$ -й отсчет события класса  $i$  является последним отсчетом этого события при условии, что он еще принадлежит данному событию. Эти условные вероятности можно получить из распределений длин отрезков  $P(\vartheta_i = k)$ , где  $\vartheta_i$  — длительность события класса  $i$ , по формуле:

$$w^{ik} = P(\vartheta_i = k) / \sum_{l=k}^{T_i} P(\vartheta_i = l), \quad w^{iT_i} \equiv 1. \quad (2.13)$$

Матрица  $Q$  позволяет описывать  $\varepsilon$ -загрязненную периодичность, а  $W$  — нестабильную длину участков. Оценка этих параметров позволяет оценить вид и величину отклонений данного сигнала от периодических закономерностей.

Наблюдаемый процесс  $x_t$  рассматриваем как сумму повторяющейся для данного класса ненаблюдаемого процесса формы и шума. В рамках нашего подхода (2.13) можно рассматривать сигнал в виде суммы:

$$x_t = \sum_{j=1}^3 k_j \sin \left( \frac{2\pi}{\theta_j} (t - t_0) + \varphi_j \right) + b_n \xi_t. \quad (2.14)$$

Здесь  $j = 1, \dots, 3$  обозначает соответствующий периодический процесс: 1 — эмоциональный, 2 — физический, 3 — интеллектуальный;  $\theta_j$  — период

этого процесса,  $t_0$  – начальный момент времени;  $\varphi_j$  – сдвиг по фазе соответствующего периодического процесса для данного показателя;  $\xi_t$  – случайная помеха (шум) с интенсивностью  $b$ , зависящей от класса  $h_i$  данного участка. Этим шумом мы описываем влияние факторов, не относящихся к исследуемым периодическим процессам. Таким образом коэффициенты  $k_j$  показывают зависимость показателя от  $j$ -го периодического процесса. Специфика модели заключается в ее применении для описания не всего сигнала, а отдельных участков.

В случае, когда исследуется периодическая компонента сигнала на фоне выраженного повышения либо снижения уровня сигнала, как это видно на примере рис. 2.21 – динамике изменения скорости микроциркуляции для пациентов I, II, III степени тяжести заболевания пародонта. В этом случае в качестве модели поведения сигнала на участке удобно использовать следующую:

$$x_t = A \times \exp(-\lambda(t-t^*)) + \sum_{j=1}^3 k_j \sin\left(\frac{2\pi}{\theta_j}(t-t_0) + \varphi_j\right) + b_{h_i} \xi. \quad (2.15)$$

Здесь коэффициенты  $A$  и  $\lambda$  характеризуют начальное значение и скорость убывания «регулярной» составляющей;  $t^*$  – начальный момент времени этого убывания; все остальные параметры соответствуют модели (2.14).

В более общем случае признак формы можно задавать как ее математическое ожидание на участках соответствующего типа. Каждому классу событий  $i$  ставится в соответствие эталонная форма  $\varphi_{ii}$  как средняя фор-

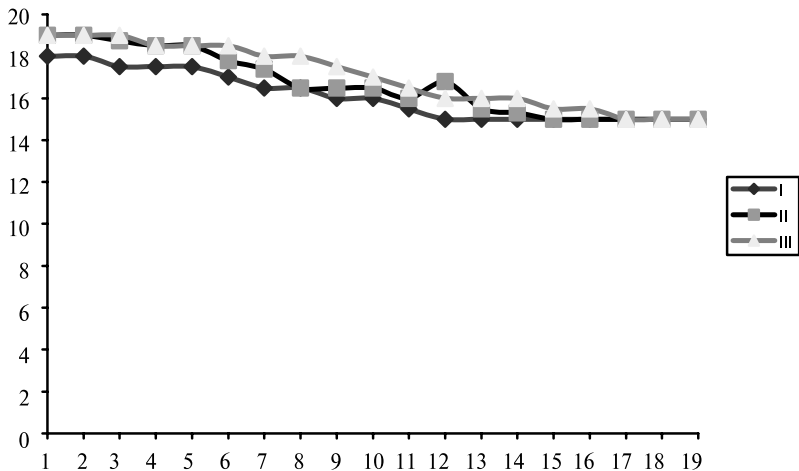


Рис. 2.21. Динамика изменения микроциркуляции



ма кривой на участках данного типа. Процесс  $x_t$  представляет собой сумму эталона и нормального белого шума  $\xi_t$  интенсивности  $b_i$ :

$$x_t = \varphi_{jk} + b_i \cdot \xi_t, \text{ где } i = h_r, j = \tau_r. \quad (2.16)$$

Здесь коэффициенты  $A$  и  $\lambda$  характеризуют начальное значение и скорость убывания «регулярной» составляющей;  $t^*$  – начальный момент времени этого убывания; все остальные параметры соответствуют модели (2.14).

В более общем случае признак формы можно задавать как ее математическое ожидание на участках соответствующего типа. Каждому классу событий  $i$  ставится в соответствие эталонная форма  $\varphi_{ij}$  как средняя форма кривой на участках данного типа. Процесс  $x_t$  представляет собой сумму эталона и нормального белого шума  $\xi_t$  интенсивности  $b_i$ :

$$x_t = \varphi_{jk} + b_i \cdot \xi_t, \text{ где } i = h_r, j = \tau_r. \quad (2.17)$$

В таком случае оценивается лишь периодичность повторений участков и ее нарушения, а спектральные составляющие формы сигнала на участках игнорируются – либо могут быть исследованы отдельным изучением формы  $\varphi_{ij}$ .

В случае, когда форма отдельных участков сигнала на протяжении реализации заметно меняется и требуется отделить эти изменения от периодичности появлений этих участков, поведение сигнала можно описывать как линейную комбинацию этих эталонных форм с добавлением шума. Каждому типу  $i$  от 1 до  $m$  ставим в соответствие  $n_i$  базисных эталонов  $\varphi^{jk}$ , где  $i = h_r, k = \tau_r, r = 1, \dots, n_i$ . Наблюдаемый процесс  $x_t$  образуется как:

$$x_t = \sum_{r=1}^{n_i} \alpha_r \cdot \varphi^{jk} + b_i \cdot \xi_t, \text{ где } i = h_r, k = \tau_r, \quad (2.18)$$

причем  $\sum_{r=1}^{n_i} \alpha_r = 1$  и  $0 \leq \alpha_r \leq 1$  для всех  $r = 1, \dots, n_i$ . Набор коэффициентов формы  $\alpha_r$  остается неизменным на протяжении данного фрагмента.

Все предлагаемые модели (2.15)–(2.18) являются порождающими, что позволяет компенсировать пропуски и неполноту данных. Это особенно важно при обработке медицинской информации.

Известны [152] две классические постановки задач обработки сигнала:

- задача оптимального разбиения реализации сигнала с указанием классов при известных параметрах модели;
- задача восстановления неизвестных параметров моделей наблюдаемого и ненаблюдаемого процессов.

Первая задача решается исходя из условия минимума среднего риска распознавания, понимаемого как математическое ожидание функции потерь от неверной сегментации. В зависимости от функции потерь получаем

либо алгоритм поточечной классификации на основе апостериорных вероятностей, либо метод, построенный по общей схеме динамического программирования [42, 152].

Вторая задача позволяет получить вероятностные показатели предлагаемых моделей, характеризующие нестабильность периодичности сигнала, то есть степень и вид отклонения от периодического сигнала, являются удобными диагностическими признаками по сравнению со спектральными характеристиками и служат основой для формирования пространства принятия решений. Для восстановления этих параметров модели в зависимости от организации процесса обработки используются различные методы. Для работы в режиме реального времени предложен метод, построенный по схеме стохастической аппроксимации. Для обработки полностью зарегистрированной реализации сигнала используются алгоритмы, основанные на методе максимального правдоподобия [152]. Предложена итерационная процедура пересчета оценок параметров таким образом, что значение критерия максимального правдоподобия на каждом шаге процедуры увеличивается и его приращение равно нулю только в точках локального экстремума. Применение отдельных моделей для описания чередования классов событий и вариации их длительностей позволяет разбить общее условие максимума на отдельные условия для отдельных параметров модели, что позволяет существенно увеличить скорость сходимости процедуры, несмотря на кажущееся усложнение предлагаемой модели по сравнению с известными.

Таким образом, предложенный набор моделей позволяет строить достаточно надежные системы обработки биомедицинских данных. Преимуществом предлагаемого подхода является использование для описания сложных процессов комплекса взаимодействующих моделей, при этом отдельные модели достаточно просты. Данный способ моделирования позволяет свести все многообразие исследуемых сигналов к набору достаточно простых диагностических признаков.

## **ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СХЕМНО-КОНСТРУКТОРСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНТУРНОЙ АППАРАТУРЫ ВОЛНОВОГО ЛЕЧЕНИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

### **3.1. СХЕМНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РЕШЕНИЯ БАЗОВЫХ ГЕНЕРАТОРНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ КВЧ-ТЕРАПИИ**

Согласно базовым концепциям о механизмах взаимодействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на БО (г. 1, 2), воздействующие поля должны обладать крайне высокой когерентностью. Мера этой когерентности оценивается, например, по уровню амплитудно- и частотно-модулированных (АМ и ЧМ) шумов и к настоящему времени строго не определена. Поэтому при разработке перспективных источников ЭМИ КВЧ для аппаратуры терапии следует исходить из соображений компромисса между терапевтической (биологической, биофизической) эффективностью и стоимостными показателями проектирования и серийного изготовления соответствующей аппаратуры.

В настоящем параграфе рассмотрено типовое техническое (по классу задач исследования и конструкторского синтеза соответствующей аппаратуры) решение по созданию недорогого полупроводникового высокостабильного генераторного модуля (ГМ) для аппаратуры КВЧ-терапии, в котором требуемая высокая собственная добротность обеспечивается за счет реализации в колебательной системе генератора большой (по модулю) положительной реактивности, образуемой короткозамкнутым (КЗ) отрезком коаксиальной линии, встроенной в волноводный резонатор и заполненной ферритом.

Рассматриваемое ниже схемно-конструкторское решение выработано исходя из анализа известных методов конструкторского синтеза устройств КВЧ (включая авторские разработки и исследования) [10, 14–16, 19, 21, 32, 33, 38, 40, 43, 52, 53, 153].

**Конструкция и работа генераторного модуля.** На рис. 3.1 приведена конструкция ГМ. Базовым конструктивным элементом является отрезок прямоугольного волновода 1, в который включен МЭП-диод 2, через фильтр нижних частот 3 соединенный с источником напряжения смещения (на рис. 3.1 не показан). Конструкция также содержит коаксиальную линию 4, КЗ-отрезок волновода 5, выходной волновод 6, узел крепления МЭП-диода 7 и ферритовый вкладыш 8.

При подаче номинального напряжения смещения (питания) на МЭП-диод последний возбуждается на резонансной частоте, которая определя-

ется импедансом диода и цепи, образованной КЗ-отрезком волновода и коаксиальной линией.

Так как импеданс МЭП-диода имеет емкостный характер из-за емкости дипольного слоя, временных задержек на формирование и рассасывание доменов и емкости кристаллодержателя [153], то длина волноводного отрезка с КЗ-поршнем выбирается равной четверти длины волны, а его входное сопротивление, в зависимости от длины волны, имеет вид, представленный на рис. 3.2, где кривая «а» соответствует идеализированной картине – без учета потерь в поршне; кривые «б» и «в» – картине с учетом поршня с увеличивающимися от «б» к «в» потерями.

Изменение длины КЗ-отрезка позволяет варьировать частотой генерации. А поскольку импеданс МЭП-диода является частотно-зависимым и при некоторых условиях индуктивного импеданса плохо подогнанного КЗ-поршня может сказываться недостаточно, чтобы выполнялось условие резонанса на частотах, задаваемых резонатором, так что возможны срывы генерации и скачки частот, то в данном генераторе эти нежелательные явления предотвращаются благодаря наличию большой индуктивности, создаваемой отрезком коаксиальной линии. Это индуктивное сопротивление, вносимое в колебательный контур, создается следующим образом.

Согласно выбранным размерам введенной коаксиальной линии в точке В (рис. 3.1), расположенной на расстоянии  $(1/4)\lambda_0$  ( $\lambda_0$  – длина волны в

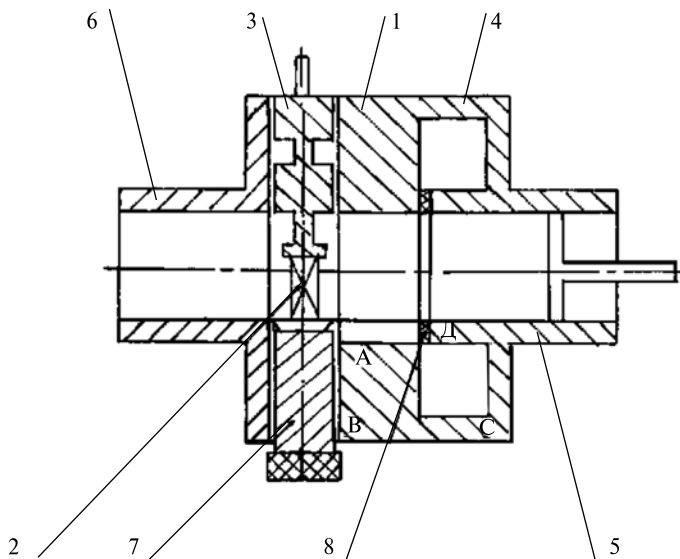


Рис. 3.1. Конструкция генераторного модуля

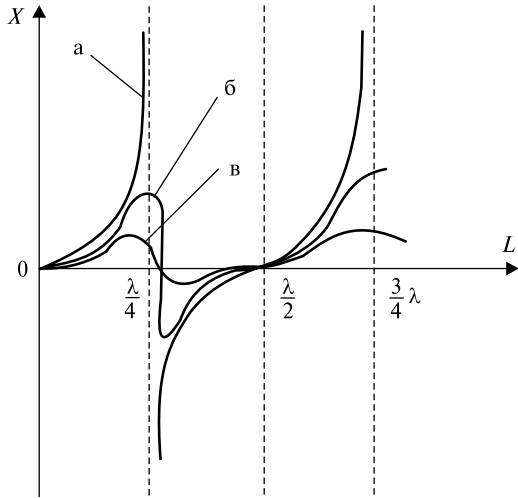


Рис. 3.2. Зависимость входного сопротивления короткозамкнутого отрезка волноводной линии различной длины при разных величинах потерь (потери увеличиваются от кривой «б» к «в»)

волноводе) от замкнутого конца  $C$ , протекающие токи минимальны, сопротивление значительно, и по отношению к точке  $A$ , размещенной на расстоянии  $(1/2)\lambda_0$ , участок  $AB$  представляет собой разомкнутую полуволновую линию; входное сопротивление в точке  $A$  представляет собой положительную (индуктивную) реактивность и значительно по модулю.

Поскольку в точке  $C$  обеспечивается нулевое сопротивление (соединение – суть пайка, сварка, фрезерование, а в точке  $B$  стянуто механически или запаяно), то в реальной конструкции величину индуктивности можно сделать достаточно большой. Поэтому в пренебрежении потерями отрезок волновода с КЗ-поршнем и отрезок коаксиальной линии могут быть представлены в виде реактивной цепи (рис. 3.3), где  $C_{\text{кп}}$  – емкость, образованная межконтактным зазором в КЗ-поршне;  $L_Q(H)$  – индуктивность отрезка коаксиальной линии, участок  $AD$  которой заполнен ферритом, а реактивное сопротивление определяется как:

$$X = \omega L_Q \left( \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{\omega^2 - \omega_1^2} \right), \quad (3.1)$$

где  $\omega_1^2 = 1/L_{\text{кп}} C_{\text{кп}}$ ;  $\omega_0^2 = \omega_1^2 + 1/L_Q(H) C_{\text{кп}}$ ;  $L_{\text{кп}}$  – индуктивность КЗ-отрезка волновода.

Как видно из рисунка 3.4, существует достаточно протяженный интервал частот, в котором реактивное сопротивление цепи имеет положительное значение (индуктивное). Поскольку добротность колебательной системы  $Q_{\text{кп}} = \omega L_s / R_n$ , где  $R_n$  (рис. 3.3) – сопротивление потерь;  $L_s$  – эквивалентная индуктивность, то повышение добротности усиливает эффектив-

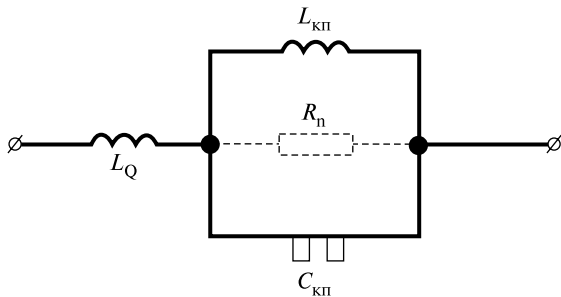


Рис. 3.3. Эквивалентная схема резонансной системы с учетом емкости межконтактного зазора в КЗ-поршне и индуктивности отрезка коаксиальной линии

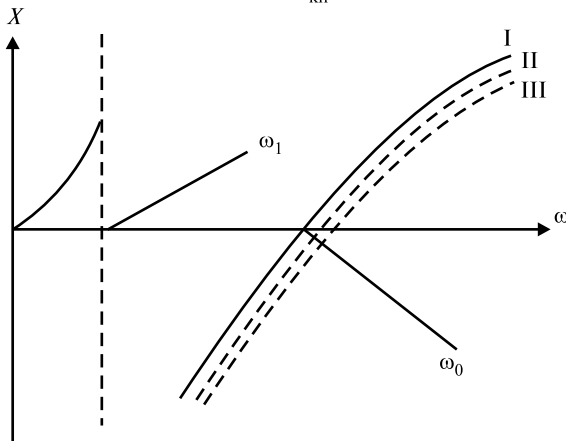


Рис. 3.4. Частотная характеристика резонансной системы: кривые I, II и III соответствуют различной намагниченности ферритового вкладыша  $\delta$  на рис. 3.1

ность контролирующего влияния КВЧ-поля на доменную неустойчивость в МЭП-диоде, и тем самым увеличивает эксплуатационную надежность, расширяет частотный диапазон генерации. При этом перестройка частоты достигается не только за счет перемещения КЗ-поршня, но и вследствие изменения магнитной проницаемости ферритового вкладыша при изменениях напряженности магнитного поля  $H_0$ ; последнее создается, например, конструктивным соленоидом. Изменение значений  $L_Q(H_0)$  приводит к вариациям значений реактивного сопротивления  $X(1)$  (см. кривые I, II, III на рис. 3.4) и, соответственно, частоты генерации.

**Анализ конструктивных параметров генераторного модуля и принципы создания на его основе аппаратуры КВЧ-терапии.** В соответствии с описанным выше принципом работы генератора формулируются принципы выбора его конструктивных параметров.

Генератор содержит полупроводниковый КВЧ-диод, в конкретизируемой конструкции это МЭП-диод, установленный в отрезке прямоугольного волновода, к одному концу которого подключен выходной волновод, а к другому – волноводный КЗ-отрезок (рис. 3.1).

Между отрезком прямоугольного волновода и КЗ-отрезком размещен отрезок коаксиальной линии длиной  $(1/4)\lambda_{0cp}$ , диаметр внутреннего проводника которой составляет не менее  $(a^2 + b^2)^{1/2}$ , а внутренний диаметр внешнего проводника не более  $b_0 + \lambda_{0min}$ , где  $a, b$  – размеры широкой и узкой стенок прямоугольного волновода;  $\lambda_{0cp}$  и  $\lambda_{0min}$  – средняя и минимальная длины волны генерируемых колебаний.

Таким образом, отрезок коаксиальной линии представляет собой в эквивалентной схеме ГМ значительную по модулю индуктивность, вносимую в колебательную систему и управляемую магнитным полем, что резко повышает собственную добротность резонансной системы. Следует учитывать, что внутренняя поверхность наружного проводника коаксиальной линии отстоит от широкой стенки волновода на расстояние не более  $(1/2)\lambda_{0min}$ , поэтому сопротивление, трансформированное из области наружного проводника коаксиальной линии в плоскости ее поперечного сечения, примыкающей к отрезку волновода с МЭП-диодом (где токи КВЧ-сигнала минимальны) в плоскость токнесущего участка волновода, будет иметь индуктивный характер. А поскольку указанное расстояние не более  $(1/2)\lambda_{0min}$ , то инверсии знака реактивной проводимости не произойдет по всему диапазону частотной перестройки ГМ.

Технико-экономическая эффективность ГМ обеспечивается его хорошими эксплуатационными характеристиками; последние, в свою очередь, обусловлены простотой конструкции, расширенным частотным диапазоном, возможностью магнитного управления частотой генерации, эксплуатационной надежностью и пр. По сравнению с традиционными методами повышения частотной стабильности, например, применением стабилитронных схем, настоящее схемно-конструкторское решение технологичнее и экономичнее.

Испытания макетного образца ГМ показали значительное снижение ЧМ-шумов на малых отстройках от несущей частоты по сравнению с ГМ, построенными на обычном отрезке волновода. В диапазоне частот 37...41,5 ГГц уровень ЧМ-шумов составляет 55...50 дБ/Гц на отстройках 5 кГц от несущей, что существенно ниже, нежели аналогичные показатели для серийных измерительных генераторов Г4-141 и Г4-142, широко используемых в медико-биологических исследованиях, а также в клинической практике.

Еще раз подчеркнем особенность ГМ – магнитное управление частотой генерации. При этом колебательная система реализуется значительно более простой по сравнению с обычными системами на варикапах; в последнем случае велика роль паразитных параметров корпуса. Использование же феррита приводит к снижению числа резонансных частот, разрежению спектра, повышению устойчивости автоколебательного режима при вариациях нагрузки и иных условий эксплуатации с точки зрения возможных перескоков частоты.

Конструкция разработанного ГМ явилась основой для создания аппарата КВЧ-терапии нового поколения «Эмитер-ОНС», высокая эффективность которого подтверждена, в частности, при лечении стоматологических заболеваний (гл. 4).

Предусмотренная в конструкции ГМ возможность магнитного управления частотой излучения без срывов генерации и перескоков частоты позволяет решить простыми средствами такую сложную для КВЧ-терапии с фиксированной частотой излучения задачу, как регуляция психофизиологического состояния пациента. Это достигается в режиме аperiodической комбинированной АМ-ЧМ-модуляции ЭМИ КВЧ.

Для задач активации и мобилизации защитных сил организма используется режим модуляции, при котором обеспечивается плавная линейная девиация частоты  $\Delta\omega/\Delta t$  в начале и в конце радиоимпульса при неизменной частоте в его центральной части; имеется в виду режим импульсной АМ-модуляции: меандр с частотой повторения 0,8...100 Гц.

Примерно такой же эффект достигается при использовании экспоненциально нарастающей девиации частоты в начальной части радиоимпульса и резкого изменения этого параметра в конечной части импульса (здесь следует учитывать, что экспоненциальный закон внешнего воздействия является наиболее адекватным для адаптации биосистем).

Для задач психофизиологического «успокоения» характер девиации частоты должен быть иным, а именно: быстрая девиация в начале радиоимпульса и экспоненциальная в конце. Механизм магнитного управления частотой наиболее просто решает перечисленные задачи.

Отметим, что последняя из названных процедур важна, в частности, на этапе подготовки больных стоматологического профиля к хирургическим и ортопедическим вмешательствам и, как показали предварительные клинические исследования, полезна для ускоренной адаптации протезного ложа к пластинчатым протезам и имплантатам.

Данная конструкция выгодно отличается от используемых в КВЧ-терапии [88], прежде всего, — значительными функциональными возможностями при относительной простоте схемно-конструкторского решения, несложной технологией изготовления и малых затратах, что наиболее важно для генераторных узлов серийной медицинской КВЧ-аппаратуры.

Рассмотренный выше ГМ в контексте настоящей работы используется в качестве базового для разработки аппаратуры КВЧ-терапии со специальными характеристиками ЭМВ, используемой в лечении стоматологических заболеваний. В авторской (с коллегами) работе [32] исследованы тенденции развития и схемотехнические решения аппаратуры высокоэффективной КВЧ-терапии. Рассмотрим эти решения, имея в виду цель настоящего исследования.

Как уже указывалось выше, оптимальной считается ситуация, когда спектральный состав ЭМИ КВЧ адекватен полям в БАТ организма чело-



века, что является неременным условием реализации коммуникационно-информационного механизма терапевтического воздействия ЭМИ КВЧ. Заметим, что кроме указанных и обоснованных «терапевтических частот» экспериментально установлена эмиссионная способность БАТ и РГЗ на частотах 120, 170, 330 и 400 ГГц [11], что соответствует полосам непрозрачности атмосферы. Это означает, что чувствительность организма к ЭМП в этих диапазонах очень высока, то есть эти частоты потенциально эффективны для терапии. Отсюда и задача получения технических решений высококогерентной КВЧ-аппаратуры на частотах непрозрачности. Таким образом, повышение эффективности КВЧ-терапии напрямую связывается с разработкой методов проектирования высококогерентной маломощной аппаратуры, работающей в режиме модуляции и изменения поляризации в различных, в том числе и коротковолновой, частях КВЧ-диапазона.

**Современное состояние элементной базы генераторов ЭМИ КВЧ.** Традиционно используемыми в генераторах ЭМИ КВЧ малой мощности, в том числе в аппаратуре КВЧ-терапии, активными элементами являются полупроводниковые диоды с междолинным переносом электронов (МЭП-диоды или диоды Ганна), а также лавинно-пролетные диоды (ЛПД). Эти элементы являются пролетными приборами, то есть связь между генерируемой мощностью  $P_r$  и частотой генерации  $f_0$  выражается каноническим соотношением  $P_r f_0^2 = \text{const}$ . Поэтому с ростом частоты величина генерируемой мощности резко падает. В диапазоне КВЧ, следовательно, снижение генерируемой мощности с ростом частоты является еще более резким из-за инерционных свойств носителей зарядов. Поэтому на реальном рынке полупроводниковых генераторных диодов (МЭП-диоды, ЛПД), являющихся элементной базой современной КВЧ-терапии, приборы со столь высокими частотами работы, приемлемыми мощностями и шумовыми характеристиками отсутствуют, равно как и отсутствуют эффективные компоненты для управления параметрами ЭМИ: аттенюаторы и модуляторы.

Отметим, что диоды Ганна, генерирующие в длинноволновой части КВЧ-диапазона (до 40 ГГц), в настоящее время серийно выпускаются ГНПП НИИПП (г. Томск), однако их номенклатура очень ограничена и не может удовлетворить требованиям медицинского высокочастотного приборостроения.

Исходя из сложившейся ситуации, в [32] предложена методология построения малогабаритных высококогерентных источников ЭМИ КВЧ, работающих в диапазоне 100...160 ГГц на базе серийно выпускаемых МЭП-диодов и диодов с барьером Шотки (ДБШ) с использованием результатов исследований по умножению частоты в устройствах на запредельных волноводах [153], что позволяет обойти вопрос с отсутствием высокочастотной элементной базы.

**Принципы построения удвоителей частоты с запердельным резонатором на входе.** Конструкции умножителей частоты КВЧ-диапазона, работающие на варикапах, являются, как правило, различными модификациями волноводного крестообразного устройства и содержат следующие основные функциональные узлы (ФУ):

- входной резонатор, настроенный на частоту первой гармоники и образованный отрезком регулярного волновода с трансформатором импеданса и короткозамыкающим (КЗ) плунжером, связанный с варикапом штырем связи;
- выходной резонатор, настроенный на частоту второй гармоники, образованный отрезком регулярного волновода с трансформатором импеданса и КЗ-плунжером, содержащий варикап, связанный с входным резонатором штырем связи.

Недостатками традиционных схем являются большое число подвижных настроечных элементов, что приводит к росту потерь в КВЧ-диапазоне, а также сложность изготовления и настройки, что неудовлетворительно для серийной медицинской аппаратуры.

В то же время значительный интерес представляют резонансные системы, выполненные на отрезках волноводов, запердельных для частот генератора накачки. Особенностью резонатора, образованного отрезком запердельного волновода (ЗВ) и штыря возбуждения в нем, является максимально полная концентрация электрического поля в зоне штыря, что позволяет реализовать высокие значения коэффициентов включения активных элементов (АЭ), возбуждаемых этим штырем.

Входная цепь умножителя частоты на ЗВ реализуется в виде, показанном на рис. 3.5. На стыке выхода генератора накачки и ЗВ образуется скачок размеров волновода по широкой и узкой стенкам. Известно [153], что сопротивление отрезка ЗВ имеет индуктивный характер, поэтому, подбирая размеры антенны  $5$  и размер  $l_0$  от стыка волноводов до антенны, можно получить резонанс на некоторой частоте  $\omega_r$ .

Поскольку в данной схеме (рис. 3.6) не предусмотрены цепи холостых частот на промежуточные гармоники, то варикап может генерировать колебания только с частотой второй гармоники, поэтому данный узел (рис. 3.5) является простейшим вариантом варикапного удвоителя частоты.

В подобной схеме мощность на частоте второй гармоники, генерируемая варикапом, будет поровну делиться между генератором накачки и нагрузкой, что в итоге приводит к потерям выходной мощности, составляющим порядка 3 дБ. Поэтому для повышения эффективности работы умножителя в его резонансной системе – со стороны генератора накачки – должен стоять полоснозапирающий фильтр, настроенный на частоту выходной гармоники. Однако этот фильтр не может быть расположен на произвольном расстоянии от плоскости размещения варикапа; это рассто-

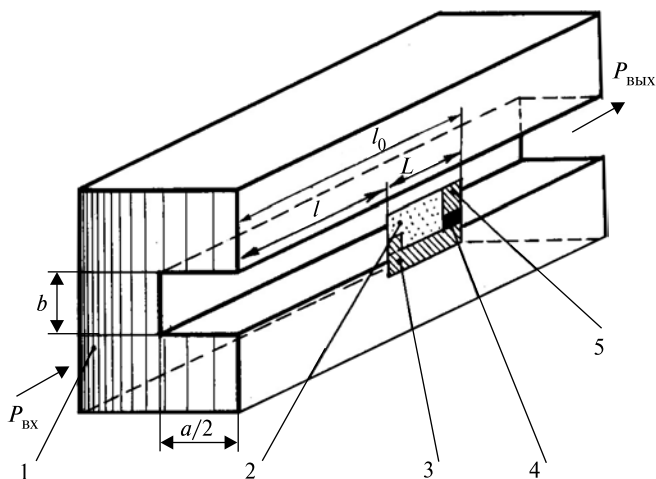


Рис. 3.5. Конструкция умножительной вставки: 1 – отрезок ЗВ; 2 – полосковая плата; 3 – отрезок полосковой линии; 4 – ДБШ; 5 – микрополосковая антенна (полосковый резонатор), возбуждающая ДБШ

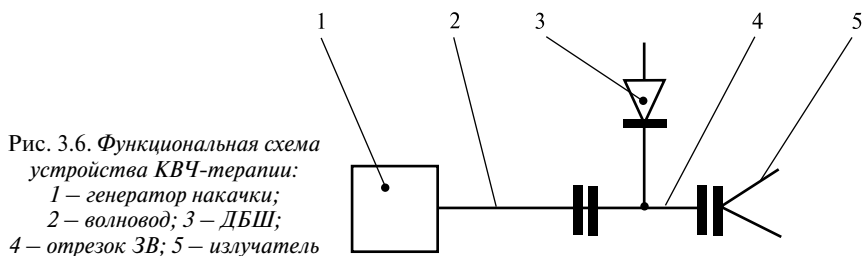


Рис. 3.6. Функциональная схема устройства КВЧ-терапии: 1 – генератор накачки; 2 – волновод; 3 – ДБШ; 4 – отрезок ЗВ; 5 – излучатель

яние должно обеспечивать определенный фазовый сдвиг волны, распространяющийся от варикапа к нагрузке.

Полагая, что в плоскости режекции фильтр адекватен КЗ, это расстояние должно составлять порядка  $\lambda/4$ , где  $\lambda$  – длина волны для колебаний с частотой второй гармоники. Роль подобного фильтра играет вертикальный отрезок полосковой линии 3 (рис. 3.5) – он является полоснозапирающим фильтром для выходной частоты удвоителя. Одновременно он является элементом связи входного контура.

Эквивалентная схема удвоителя может быть получена при использовании представления отрезка ЗВ и штыря в нем в виде индуктивных и емкостных элементов. Используя эти представления, получим эквивалентную схему входной цепи удвоителя с запердельным входным резонатором (рис. 3.7). Параметры эквивалентной схемы определяются как [32]:

$$Z_{\text{сг}} = \omega_0 \left\{ \frac{\pi}{A} \operatorname{ctg} \frac{\pi a}{2A} + \frac{A}{a} P \left( \frac{B}{\pi} \left[ \left( \frac{\pi}{A} \right) - k \right] \cdot \ln \left( \operatorname{cosec} \frac{\pi b}{B} \right) - \frac{\pi}{A} \left( \frac{B}{a} \right) \left( \frac{1}{3} + 2 \left( \frac{b}{B} \right) - \frac{8}{\pi} \left( \frac{b}{B} \right) \right) \right) \right\}, \quad (3.2)$$

где

$$P = \frac{\pi AB}{4 ab} \left[ 1 - \left( \frac{B}{b} \right) \cos \frac{\pi a}{2A} \right], \quad (3.3)$$

где  $A, a$  – размеры широких стенок подводящего и запердельного волноводов;  $B, b$  – размеры узких стенок подводящего и запердельного волноводов;  $\omega_0$  – частота генератора накачки;  $k = 2\pi/\lambda$ , где  $\lambda$  – длина волны для колебаний с частотой  $\omega_0$ .

Параметры  $L1$  и  $L2$  эквивалентной схемы (рис. 3.7) характеризуют отрезок  $3B$  длиной  $l$  (рис. 3.5). Значение этих индуктивностей определяются соотношениями типа:

$$j\omega_0 L1 = j \left[ X_0 \operatorname{ctg} \left( \frac{B_0 l}{2} \right) \right], \quad (3.4)$$

где  $X_0$  – характеристическое сопротивление  $3B$ , равное:

$$jX_0 = \frac{j240\pi b}{a \left[ \left( \lambda/2a \right) - 1 \right]^{\frac{1}{2}}}, \quad (3.5)$$

$$B_0 = \frac{2\pi}{\lambda} \left[ \left( \lambda/2a \right) - 1 \right]. \quad (3.6)$$

Значения  $C1$  и  $C2$  определяются аналогично путем замены величины  $l$  на  $L$  (рис. 3.5);  $C1$  – эквивалентная емкость вертикального отрезка полосковой линии 3, а  $C2$  – эквивалентная емкость антенны 5. Величина  $L$ , как говорилось выше, определяется из условия синфазности отраженной от вертикального отрезка полосковой линии 3 и распространяющейся в нагрузку волн.

Таким образом, согласование входной цепи осуществляется подбором параметров, входящих в соотношения (3.2)–(3.6), и может быть выражено через коэффициент отражения, зависящий от этих параметров:

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{\text{шт}} - Z_{\text{вх}}}{Z_{\text{шт}} + Z_{\text{вх}}} \right|, \quad (3.7)$$

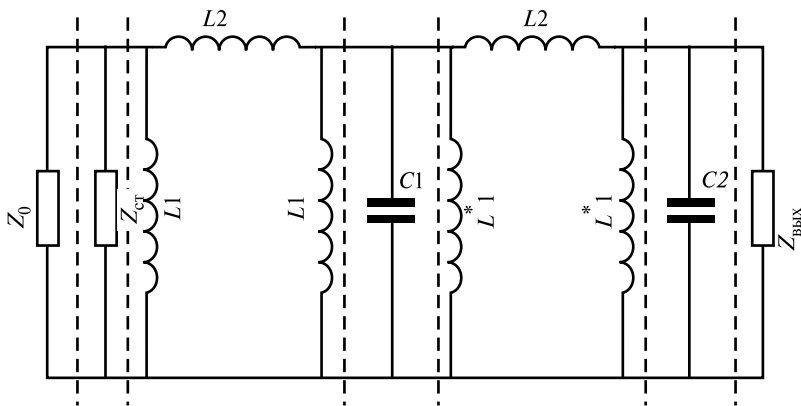


Рис. 3.7. Эквивалентная схема удвоителя частоты с двумя звеньями связи, представленная со стороны входа:  $Z_0$  – волновое сопротивление подводящего волновода;  $Z_{ст}$  – сопротивление стыка подводящего волновода и ЗВ;  $L1$ ,  $L2$ ,  $C1$ ,  $C2$  – значения емкостей и индуктивностей эквивалентной схемы;  $Z_{вых}$  – сопротивление удвоителя для входной частоты  $\omega_0$

где  $Z_{шт}$  – сопротивление штыря связи (вертикальный отрезок полосковой линии 3) на частоте  $2\omega_0$ ;  $Z_{вх}$  – сопротивление варикапа на той же частоте.

Отсюда, задавая, например, величину  $|\Gamma|$  в (3.7) меньше 0,1 и больше 0,8, можно определить геометрические размеры активной части удвоителя.

**Экспериментальные исследования удвоителя частоты.** Проведено экспериментальное исследование на макете удвоителя частоты с умножительной вставкой (рис. 3.8), в частности, исследовалась взаимосвязь низкочастотных (вольт-амперная, вольт-фарадная и пр.) характеристик с КВЧ-характеристиками (амплитудно-частотная, динамическая) умножительной вставки, а также зависимости этих характеристик от расположения умножительного элемента ( $R2$  – расстояние штыря 1 от левого края платы; на рис. 3.8 не показано) и его геометрических размеров:  $R1$ ,  $H1$  и  $H2$ .

Измерение ВАХ для определения величины последовательного сопротивления и коэффициента идеальности контакта с переходом Шотки проводились на специальной измерительной установке. В измерениях использовались эквивалентные схемы ДБШ (рис. 3.9) и области удвоителя частоты, заключенной между штырем связи с варикапом (рис. 3.10).

В результате проведенных исследований в [32] получены экспериментальные зависимости, представленные в виде графиков (рис. 3.11–3.17).

Из полученных графиков (рис. 3.11–3.17) следует, что для заданной частоты преобразования можно определить размеры  $R1$ ,  $H1$  и  $H2$  умножительной вставки, а размер  $R2$  определяется в процессе ее настройки. Таким образом, выполненные экспериментальные исследования позволяют оптимизировать конструкцию удвоителя частоты.

В макетном образце устройства использовались волноводы сечением  $2,4 \times 1,2 \text{ мм}^2$  и  $1,6 \times 0,8 \text{ мм}^2$ . Проведенная клиническая апробация аппарата КВЧ-терапии с использованием умножителя подтвердила его эффективность. В клинических условиях использовался аппарат с частотой излучения 94 ГГц при лечении ряда заболеваний, в том числе стоматологических.

Таким образом, в настоящем разделе работы исследованы базовые устройства – ГМ и удвоитель частоты, на которых реализуется аппаратура КВЧ-терапии.

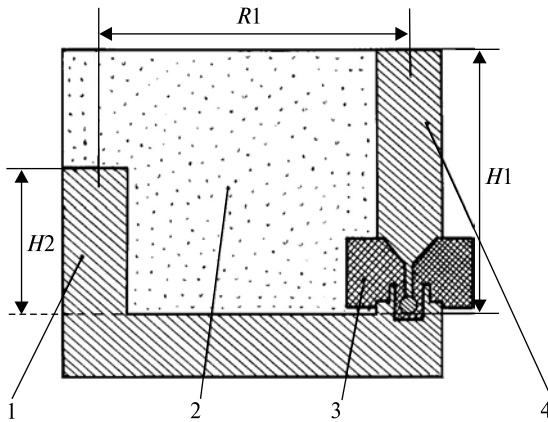


Рис. 3.8. Конструкция платы умножительной вставки:

- 1 – отрезок полосковой линии – штырь связи;
- 2 – диэлектрическая пластина;
- 3 – ДБШ;
- 4 – отрезок полосковой линии

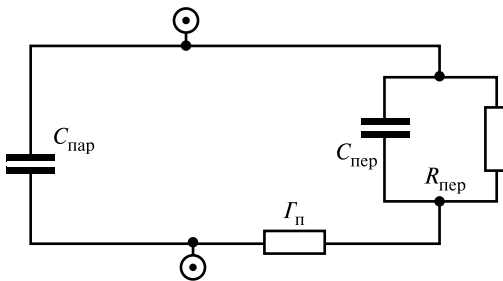


Рис. 3.9. Эквивалентная схема ДБШ:

- $C_{пер}$  – емкость перехода «металл–полупроводник», образующего контакт Шотки;
- $r_n$  – последовательное сопротивление потерь рабочего объема ДБШ;  $R_{пер}$  – сопротивление перехода;
- $C_{пар}$  – паразитная емкость, образованная частью площади расширенного контакта с переходом Шотки и контактном слоем

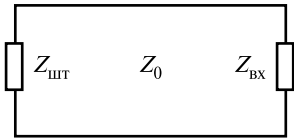


Рис. 3.10. Эквивалентная схема области удвоителя частоты, заключенной между штырем связи и варикапом:  $Z_{шт}$  – сопротивление штыря связи на частоте  $2\omega^0$ ;  $Z_0$  – входное сопротивление волновода;  $Z_{вх}$  – сопротивление варикапа на частоте  $2\omega_0$

Рис. 3.11. Зависимость коэффициента преобразования от величины отношения максимального значения емкости к минимальному

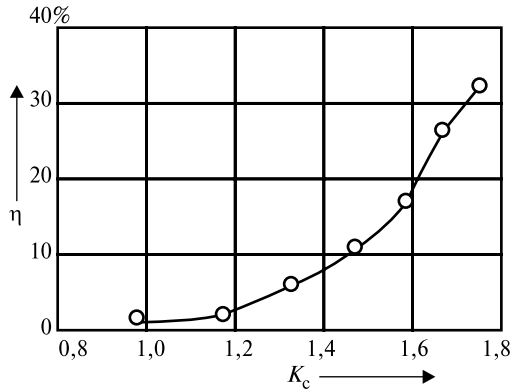


Рис. 3.12. Зависимость коэффициента преобразования от изменения размера  $H_2$  умножительной вставки

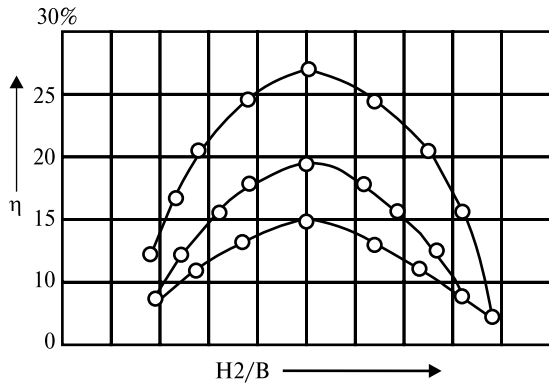
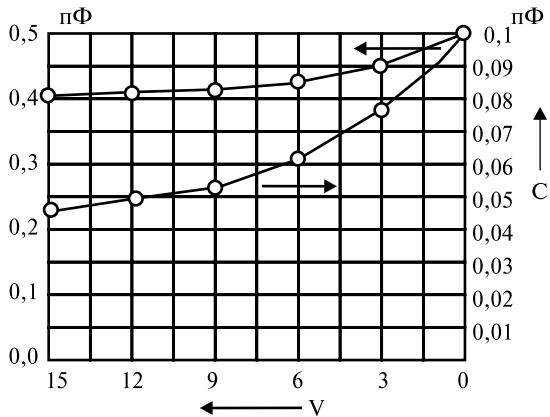


Рис. 3.13. Зависимости емкости ДБШ от напряжения



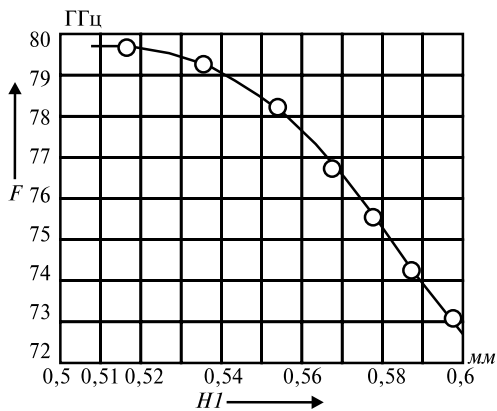


Рис. 3.14. Зависимость частоты преобразования от размера  $H1$  умножительной вставки

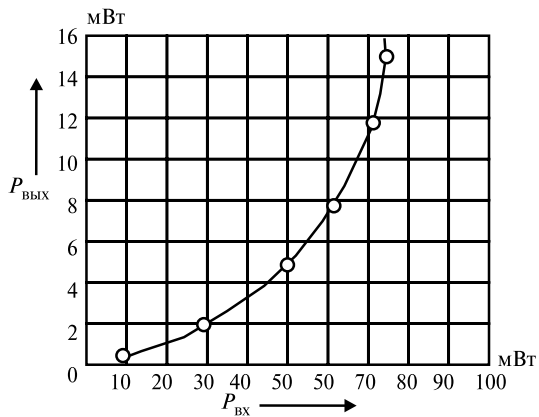


Рис. 3.15. Зависимость выходной мощности КВЧ-сигнала от входной

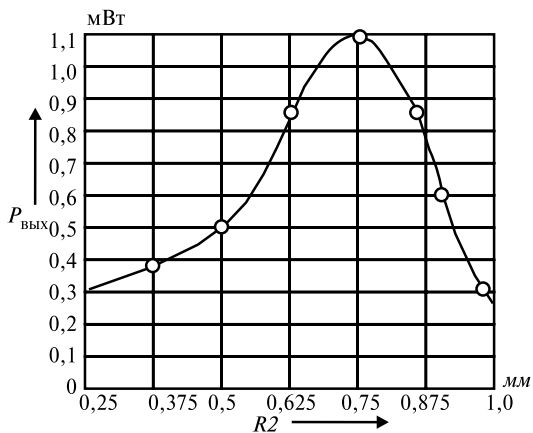


Рис. 3.16. Зависимость выходной мощности КВЧ-сигнала от размера  $R2$  умножительной вставки



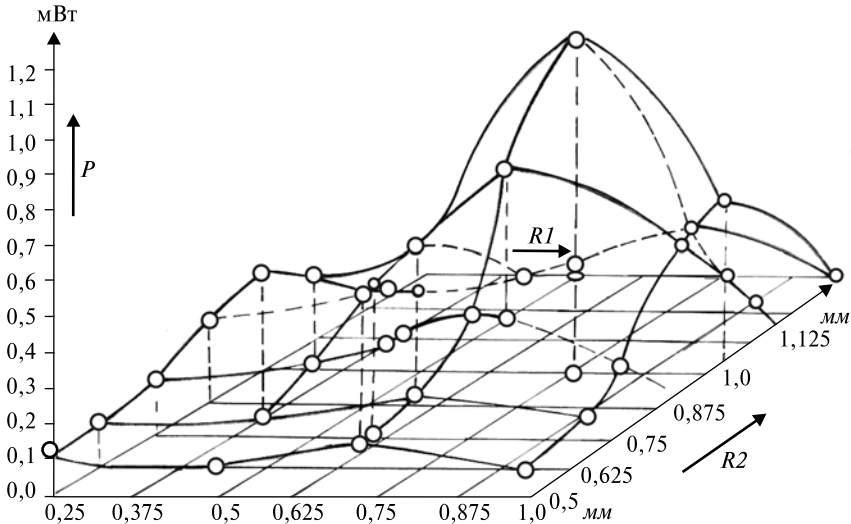


Рис. 3.17. Зависимость выходной мощности КВЧ-сигнала от размеров  $R1$  и  $R2$  умножительной вставки

### 3.2. ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗЛУЧАЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ КВЧ-ТЕРАПИИ

Излучающие антенные системы (ИАС) для КВЧ-терапии проектируются по известным методикам: как волноводные [154], так и полосковые [155]. Однако с учетом специальных характеристик ЭМИ КВЧ, используемых в аппаратуре, разрабатываемой в рамках настоящей работы, требуется определенная оптимизация ИАС. В частности, в авторской работе [21] предложено использовать для КВЧ-терапии в длинноволновом диапазоне, то есть являющимся «терапевтическим» (35...40 ГГц), ИАС в виде конформных решеток.

**Конформные антенные решетки для медицинской аппаратуры СВЧ- и КВЧ-диапазонов.** Использование конформных, то есть с апертурой, геометрически соответствующей поверхности БО, излучателей в медицине и медико-биологическом эксперименте является в настоящее время первоочередной задачей разработчиков МА, однако именно в этом направлении успехи пока более чем скромны. Отметим, что более или менее результативные исследования проводятся в части конформных волноводно-рупорных излучателей для СВЧ-гипертермии [150]. На рис. 3.18 приведен излучатель типа «открытый конец волновода», конформный к поверхности тела БО.

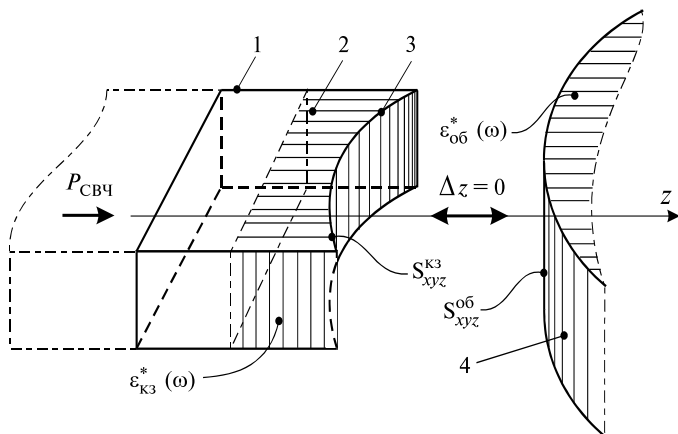


Рис. 3.18. К принципу построения и излучения конформной волноводной антенны: 1 – волновод; 2 – диэлектрическое заполнение конца волновода; 3 – криволинейный вырез конца волновода; 4 – биообъект

Как видно из рисунка, конформность излучателя здесь предполагается не только в смысле геометрии, то есть подобия  $S_{xyz}^{из} \equiv S_{xyz}^{об}$ , но и равенства электрофизических параметров материала биоткани и – в данном случае – диэлектрического заполнения излучающего конца волновода, в основном, равенства частотно-зависимых комплексных диэлектрических проницаемостей:  $\epsilon_{из}^*(\omega) = \epsilon_{об}^*(\omega)$ ; то есть, задача и сама по себе сложная. В то же время конформность излучателя поверхности БО позволяет получить наиболее равномерное распределение ЭМП в биоткани, что важно для СВЧ-гипертермии, но, возможно (вопрос малоисследован), еще более важно для КВЧ-терапии, особенно, как будет показано далее, – в терапии стоматологических заболеваний.

Использование же миниатюризованных антенных решеток, во-первых, в наибольшей степени отвечает тенденции общей миниатюризации МА, а во-вторых, качественно расширяет функциональные возможности МА ввиду специфической возможности для антенных решеток (АР) формирования узконаправленного луча с электронным (электрическим) сканированием последнего.

Микрополосковые антенные решетки и реализация условий конформности. Разработку методологии построения конформных АР рассмотрим на примере микрополосковых излучателей, хотя последние по своим частотным характеристикам (технологические ограничения и «проводной» характер с точки зрения физики электродинамического процесса) более отвечают работе в СВЧ-диапазоне и длинноволновой части КВЧ-диапазона, в то время как для терапии и медико-биологического эксперимента

важны более высокие частоты. Однако разработанные общие методологические принципы можно перенести на другие классы миниатюризованных излучателей на основе различных типов линий передачи [65, 154, 155], то есть излучателей КВЧ-диапазона.

Элементом «классической» микрополосковой АР является микрополосковый излучатель (МПИ) (рис. 3.19). Длина  $L$  МПИ выбирается исходя из длины волны  $\lambda_0$  в свободном пространстве\*, а ширина  $\Delta f$  полосы пропускания – исходя из рабочей частоты и толщины  $h$  подложки. Обычно используются практические (инженерные) соотношения:  $L = k_1 \lambda_0 / \sqrt{\epsilon}$ ;  $\Delta f = k_2 f^2 h$ , где  $k_1, k_2$  – численные коэффициенты, постоянные для каждого конструктивного типа МПИ.

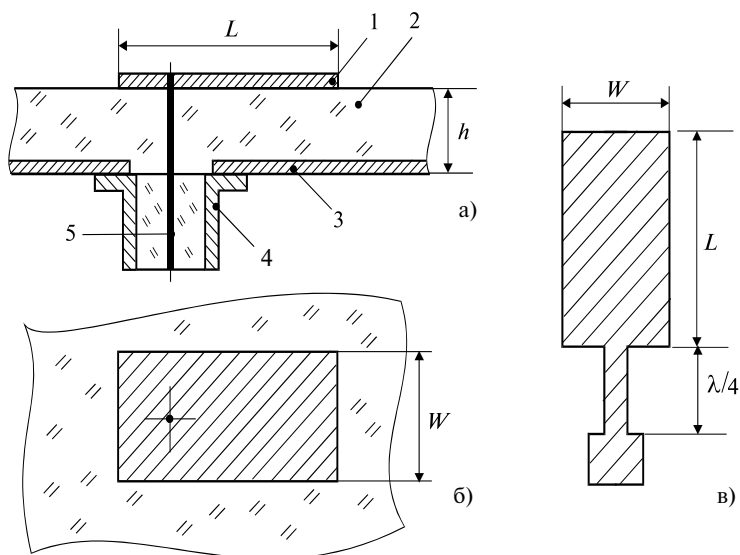


Рис. 3.19. Микрополосковый излучатель антенной решетки: вид в сечении (а); вид в плане (б); излучатель с элементом согласования (в): 1 – площадка излучателя; 2 – подложка; 3 – экранный слой металлизации (ЭСМ); 4 – коаксиальный ввод с центральным проводником 5

На основе таких элементарных МПИ формируются микрополосковые АР (рис. 3.20), коэффициент усиления которых, определяющий сужение диаграммы направленности, оценивается также по инженерной формуле [156]:

\* В этом контексте отметим, что величина  $\lambda_0$  является основным фундаментальным физическим ограничением для излучающих систем.

$$G[\text{дБ}] = 10 \log \left[ \frac{4\pi A}{\lambda_0^2} \right] - \alpha(D_1 + D_2)/2, \quad (3.8)$$

где  $D_1$  и  $D_2$  – эффективные размеры АР (рис. 3.20);  $A = D_1 D_2$  – эффективная апертура;  $\alpha[\text{дБ}]$  – затухание в подводящей (фидерной) линии. (Заметим, что  $D_1, D_2$  не совпадают с геометрическими размерами АР, поскольку являются эффективными размерами.)

Исходя из размеров и параметров двух «элементов» АР – единичного МПИ (рис. 3.19) и четырехэлементной ячейки (рис. 3.20), – по известным методикам [155] рассчитывается топология плоской микрополосковой АР. На рис. 3.21 приведена фотография экспериментальной 128-элементной АР, запитываемой от открытого конца прямоугольного волновода через толщу поликоровой подложки (рис. 3.22). Данная АР предназначена для работы в медицинском облучателе 7-миллиметрового диапазона [21].

В автономных устройствах МА, выполненных в виде ОИС, АР формируется на внешней стороне верхнего слоя ОИС (рис. 3.23) и запитывается через слой диэлектрика с использованием распределенных переходов с электромагнитной связью [21].

Реализация условий конформности в отношении микрополосковых АР вовсе не означает кривизну их подложек, то есть здесь геометрический фактор, обязательный для волноводных излучателей МА гипертермии (рис. 3.18), не обязателен хотя бы потому, что анализ и тем более синтез таких АР требует колоссальных затрат интеллектуальных и вычислительных ресурсов. Правда, если требуемую (по конформности к поверхности

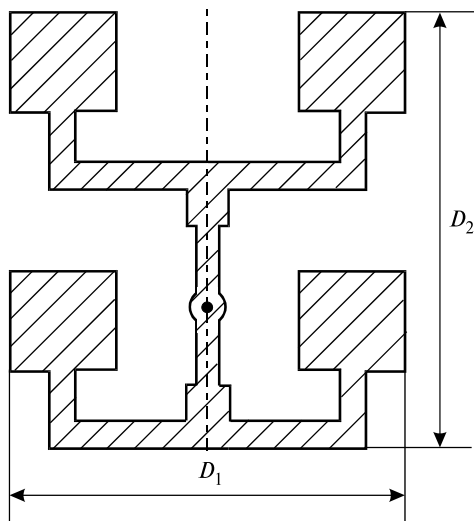


Рис. 3.20. Четырехэлементная антенная решетка

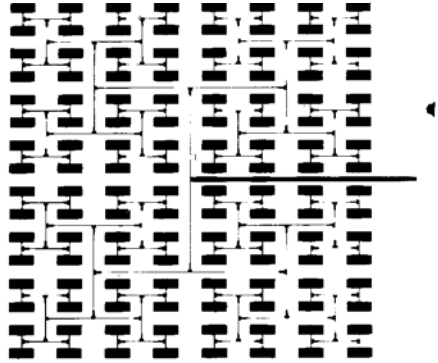


Рис. 3.21. Подложка с нанесенными элементами и разводкой 128-элементной микрополосковой антенной решетки

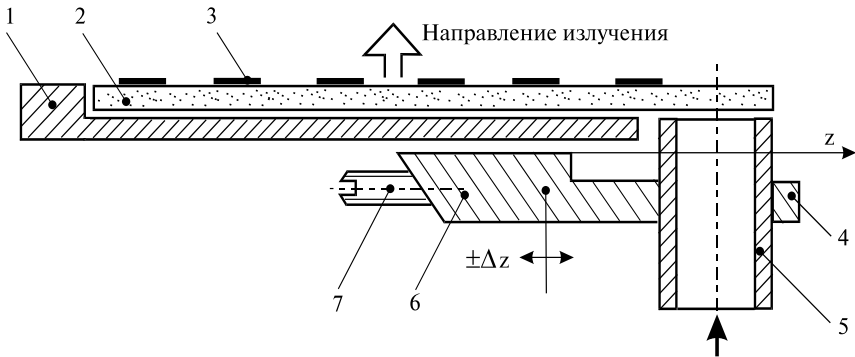
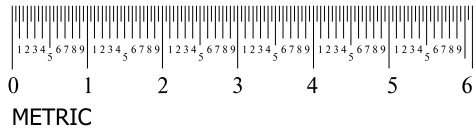


Рис. 3.22. Узел запитки экспериментальной микрополосковой антенной решетки: 1 – основание и имитатор ЭСМ; 2 – поликоровая подложка; 3 – микрополосковая линия (МПЛ); 4 – обечайка крепления фидерного волновода 5; 6 – механизм подстройки – перемержения волновода 5; 7 – подстроечный винт

БО) трехмерную кривизну  $S_{xyz}$  аппроксимировать достаточно простой осесимметричной поверхностью – цилиндра, шара, эллипсоида вращения и пр., то можно воспользоваться известными методиками проектирования [154, 155].

Второй и намного более простой способ реализации конформности вытекает как из принципов работы самой АР, так и специфики физиотерапии КВЧ-облучением и большой группы медико-биологических экспериментов в КВЧ-диапазоне. Излучение АР является узконаправленным и

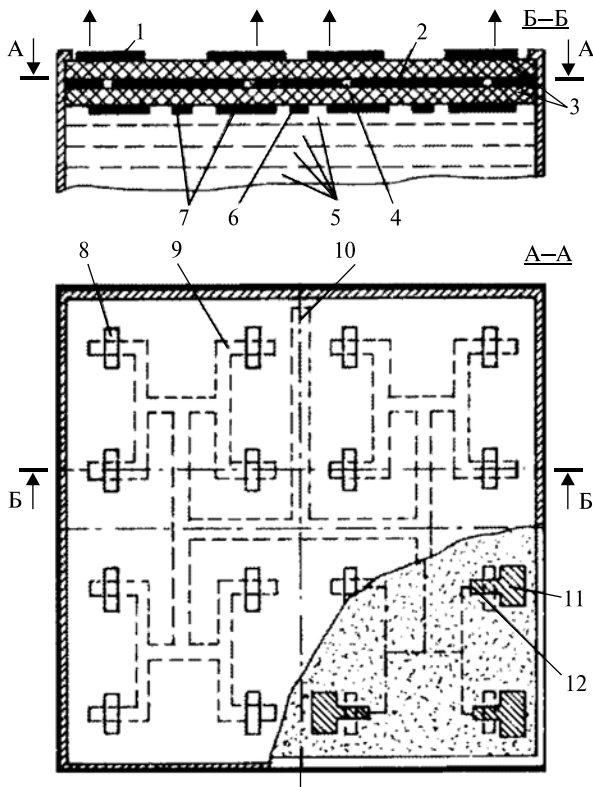


Рис. 3.23. Конструкция микрополосковой антенной решетки в составе МА, выполненной в виде модуля ОИС: 1 – МПИ; 2 – межслойный ЭСМ; 3 – диэлектрический слой (ДС); 4 (8) – резонансная щель в ЭСМ; 5 – никележащие ДС; 6 (10) – ввод питания; 7 (9) – микрополосковые проводники развязки в диаграммообразующей схеме питания решетки; 11 – прощадка МПИ; 12 – резонансный отрезок МПЛ запитки излучателя

электрически сканируемым, поэтому равномерность (последовательного) облучения нужного органа БО и дает эффект конформности.

Еще больший эффект в этом смысле дает синтез АР с МПИ, расположенными не в строгой ортогональной ориентации друг по отношению к другу, но под «произвольными» (полученными в результате просчета программы синтеза) углами. С этой целью разработаны ММ для анализа и синтеза групповых МПИ миниатюризованной МА.

Наконец, в порядке научной гипотезы можно предположить, что при особой (подобранной) форме МПИ и их взаимном расположении на плоской диэлектрической поверхности параметры излучения такой АР в первом или нулевом приближении будут адекватны параметрам излучения АР на криволинейной диэлектрической поверхности, то есть если будет справедлива [21]:

**Теорема.** Условием идентичности в рамках качественного порядка характеристик излучения АР со взаимно ортогональными  $L_i || L_j$ ;  $W_i || W_j$ ;  $L_i \perp W_j$ ;

$L_j \perp W_j$  образующими контуров МПИ, расположенными на плоскости  $S_{xy}$ , характеристикам излучения АР, в которой МПИ расположены на криволинейной поверхности  $S_{xyz}$ , является однозначное в классе геометрических и топологических признаков взаимное (неортогональное) расположение МПИ  $S_{xy}^k$  с угловыми характеристиками  $\alpha_{mn}$  главных осей для всевозможных сочетаний МПИ с номерами  $m, n$  (рис. 3.24).

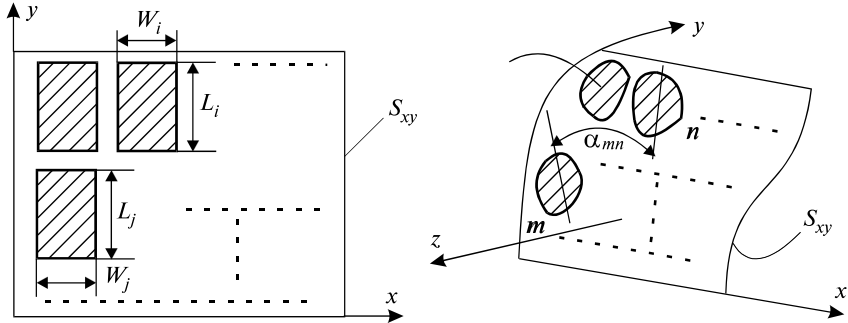


Рис. 3.24. К формулировке теоремы

Возможное доказательство этой теоремы позволит расширить класс конформных многоэлементных излучателей, в том числе используемых для задач фантомного моделирования БО (§ 2.4).

Для частного, упрощенного варианта доказательства, когда на кривизну поверхности  $S_{xyz}$  накладывается ограничение, аппроксимирующее ее выделением класса симметрии, целесообразно МПИ  $S_{xy}^k$  полагать прямоугольным и ортогональным.

В настоящем разделе рассмотрены возможные области применения микрополосковых антенных решеток, конформных к поверхности БО, для использования в медико-диагностической аппаратуре с излучением в СВЧ- и КВЧ-диапазонах длин волн. Намечены принципы конструкторских решений решеток, приведены данные опытных разработок. Затронутая тематика требует своего развития, опираясь как на опыт технических исследований, так и на дальнейшие исследования в области медицинского приборостроения.

**Устройства для поляризации ЭМВ КВЧ.** Одним из требований к ИАС для аппаратуры КВЧ-терапии со специфическими характеристиками ЭМИ является, как было показано выше (§ 2.3), наличие право- и левостороннего вращения ЭМП.

Серийно выпускаемые в настоящее время аппараты КВЧ-терапии используют линейно поляризованное электромагнитное излучение. В то же время, как было показано выше, экспериментальные работы по спектро-

метрическому измерению оптического излучения из БАТ и зон Захарьина–Геда свидетельствуют об эллиптической поляризации собственных ЭМП БО. Причем поля эти могут иметь как левое, так и правое вращение ( $L$ - и  $D$ -формы).

Таким образом, одним из способов повышения биологической и терапевтической эффективности современного аппарата для КВЧ-терапии является возможность излучения волн эллиптической поляризации различных направлений вращения.

*Некоторые виды антенн эллиптической поляризации* [157]. Однородная эллиптически поляризованная плоская волна может быть представлена в виде:

$$\vec{E}(t) = \vec{E} e^{j(\omega t - kz)}, \quad (3.9)$$

где  $\vec{E}$  – комплексный вектор вида  $\vec{E} = \vec{E}_r + j\vec{E}_i$ ;  $\vec{E}_r$  и  $\vec{E}_i$  – действительные векторы, перпендикулярные к оси  $Z$  и не зависящие от положения и времени. Такая однородная эллиптически поляризованная волна получается суперпозицией двух плоских однородных волн линейной поляризации, имеющих между собой фазовый сдвиг  $\pi/2$  и распространяющихся в одном направлении.

Одним из простейших способов получения плоской волны с эллиптической поляризацией является использование двух ортогонально линейно поляризованных антенн, у которых фазы излучаемых волн различаются на  $\pi/2$ . Направление фазового сдвига определяет направление вращения результирующего поля.

Другой способ построения антенн круговой поляризации заключается в применении двух щелей, пересекающихся под прямым углом друг к другу и расположенных в соответствующем месте на широкой стенке прямоугольного волновода. Такие щели излучают волны, поляризованные по кругу. Запитывая волновод с разных концов, можно получить различное направление вращения поля. К антеннам эллиптической поляризации относится широкий класс спиральных антенн. Равноугольная спиральная двухзаходная антенна представлена на рис. 3.25.

Уравнение спирали в полярных координатах имеет вид:

$$R = \exp(-a\varphi). \quad (3.10)$$

Плоская двухзаходная спираль создает двунаправленную диаграмму излучения с круговой поляризацией поля в направлении оси антенны. Ортогональная проекция такой структуры на коническую поверхность при правильно выбранных параметрах образует однонаправленную антенну, излучающую вдоль оси конуса в сторону его вершины. На рис. 3.26 изображена коническая логоспиральная антенна и связанная с ней система координат.



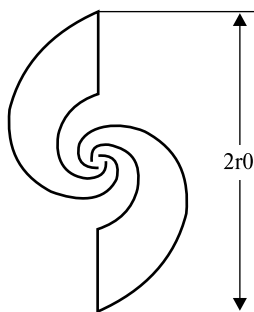


Рис. 3.25.  
Равноугольная  
спиральная  
двухзаходная антенна

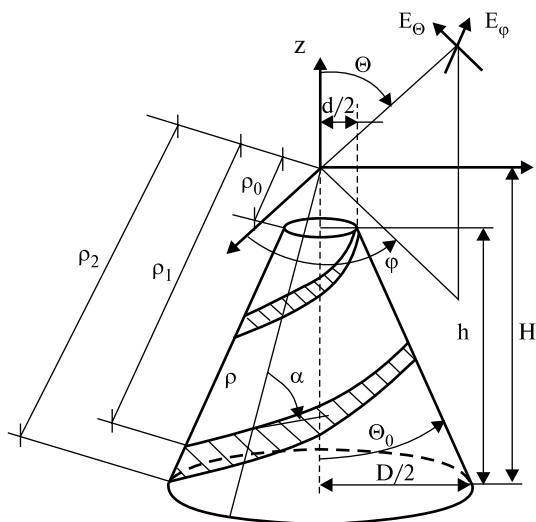


Рис. 3.26. Коническая логоспиральная антенна

Ортогональные проекции кривых, ограничивающих одну ветвь плоской спирали на коническую поверхность вращения  $\pi - \Theta$ , определяются уравнениями:

$$P_1 = \rho_0 \exp\left(\frac{\sin(\Theta_0)}{\operatorname{tg}(\alpha)} \varphi\right); \quad (3.11)$$

$$P_2 = \rho_0 \exp\left(\frac{\sin(\Theta_0)}{\operatorname{tg}(\alpha)} (\varphi - \delta)\right) = K \rho_1; \quad (3.12)$$

где

$$K = \exp\left(-\frac{\sin(\Theta_0)}{\operatorname{tg}(\alpha)} \delta\right), \quad (3.13)$$

$\rho_0$  – радиус-вектор срезанной области конической спирали в ее вершине;  $\rho_1$  и  $\rho_2$  – радиус-векторы внутренней и внешней кромок (для данного  $\varphi$ ) экспоненциально раскручивающейся ветви спирали;  $\delta$  – постоянный угол, на который должна быть повернута кривая  $\rho_1(\varphi)$  для того, чтобы совпадать с кривой  $\rho_2(\varphi)$ ;  $\alpha$  – постоянный угол между радиус-вектором и касательной к логарифмической спирали в точке их пересечения. Вторая часть симметричной структуры определяется кривыми  $\rho_1(\varphi)$  и  $\rho_2(\varphi)$ , повернутыми на  $\pi$  радиан.

Антенна в виде двухзаходной архимедовой спирали (рис. 3.27) при соответствующем возбуждении является излучателем с круговой поляризацией.

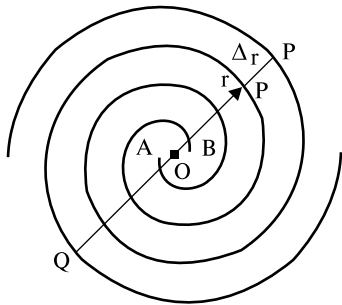


Рис. 3.27. Двухзаходная архимедова спираль

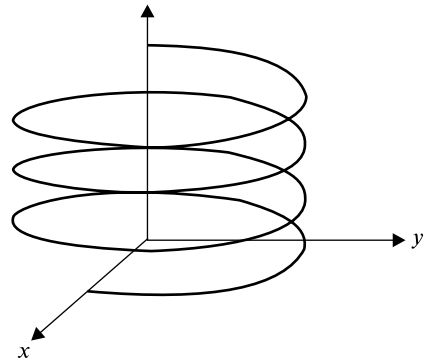


Рис. 3.28. Спиральная антенна эллиптического поперечного сечения

Еще один представитель этого класса антенн – спиральная антенна эллиптического поперечного сечения (рис. 3.28). Поле излучения такой антенны в направлении оси  $z$  имеет эллиптическую поляризацию.

Направление вращения плоскости поляризации спиральных антенн соответствует направлению намотки спирали, если смотреть на нее со стороны, противоположной основному лепестку диаграммы направленности. Таким образом, для изменения этого направления при использовании двунаправленной антенны необходимо просто развернуть ее на  $180^\circ$ .

При необходимости иметь возможность излучать и линейно поляризованную волну, и волну с круговой поляризацией наиболее простым решением является линейно поляризованная антенна со съемным поляризатором. Широко известен поляризатор, представляющий собой решетку из параллельных металлических пластин, расположенных под углом  $45^\circ$  к плоскости поляризации падающей волны, причем плоскость пластин параллельна направлению распространения волны (рис. 3.29). Падающую волну можно разложить на две ортогональные составляющие, имеющие равную амплитуду. Одна из этих составляющих параллельна поляризующим пластинам, другая перпендикулярна им. Длина волны для составляющей, перпендикулярной пластинам, равна длине волны  $\lambda_0$  в свободном пространстве. Длина волны для составляющей, параллельной пластинам, эквивалентна длине волны в волноводе  $\lambda_g$  с широкой стенкой, равной расстоянию между пластинами, а расстояние между пластинами и их размер в направлении распространения  $L$  подбираются таким образом, чтобы обеспечить сдвиг фаз  $\pi/2$  между двумя составляющими падающей волны.

Для обеспечения минимальных габаритов и с учетом краевых эффектов на торцах поляризующих пластин размеры поляризатора (при его воздушном заполнении) определяются формулами  $a \approx 0,6545 \lambda_0$ ,  $L \approx 0,6 \lambda_0$ . Подобное устройство было изготовлено для аппаратуры терапии стоматоло-

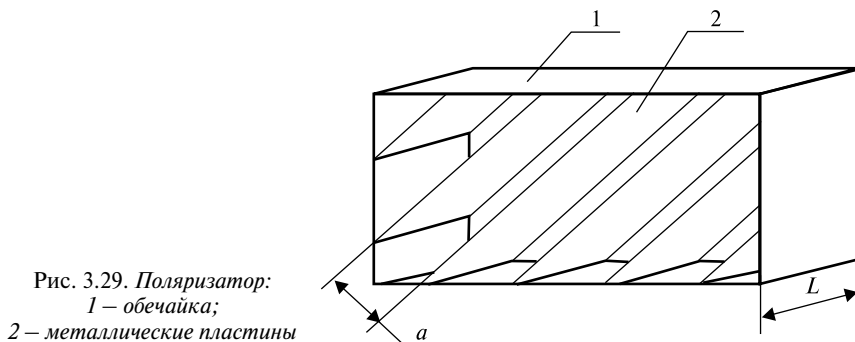


Рис. 3.29. Поляризатор:  
1 – обечайка;  
2 – металлические пластины

логических заболеваний. В полосе частот 4% поляризатор имеет коэффициент эллиптичности не хуже 0,8, что вполне приемлемо для проведения клинических процедур. Обечайка изготовлена из стеклотекстолита. Для изменения направления вращения плоскости поляризации излучаемой волны поляризатор переворачивается на  $180^\circ$  таким образом, чтобы изменилось направление наклона поляризующих пластин.

На рис. 3.30 приведена фотография разработанного поляризатора.

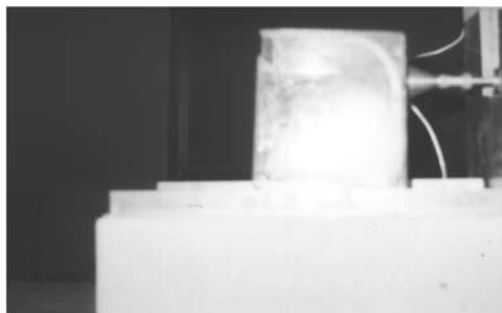


Рис. 3.30. Поляризатор для аппаратуры КВЧ-терапии с вращением ЭМП (справа – на выходе КВЧ-генератора)

**Согласование ИАС с биотканью.** Этот момент является одним из наиболее важных при оптимизации ИАС в КВЧ-терапии стоматологических заболеваний. Как было указано в § 1.5, воздействие ЭМИ КВЧ на десневую ткань наиболее эффективно при непосредственном контакте ИАС с тканью, причем основная трудность состоит в расчете режима оптимального согласования излучаемого поля (в ближней зоне излучения) с физико-топологической структурой биоткани. На основе анализа различных подходов к решению этой задачи можно сформулировать следующие рекомендации.

Оптимальное согласование при непосредственном контакте ИАС с биотканью (рис. 3.18) понимается как согласование в ближней зоне излу-

чения, где структура излучаемого ЭМП является достаточно сложной, ибо есть еще неустановившийся пространственно-временной процесс. Цель согласования в ситуации КВЧ-терапии, где акцент в наименьшей степени ставится на потере мощности сигнала на неоднородности согласования (перехода), по нашему мнению, состоит в сведении к минимуму переотражений ЭМВ от биоткани и ИАС, которые приводят к паразитной интермодуляции, что зашумляет процесс передачи биоткани информации, содержащейся в ЭМИ КВЧ. Таким образом, речь идет о пространственно-временном согласовании излучения ИАС в ближней зоне со структурой поля в излучательных зонах БАТ и РГЗ кожи организма человека.

Как показывает проведенный анализ возможных решений задачи согласования в такой постановке, аналитическое решение дает результат всего лишь в квазиуловом приближении, а натурное (фантомное) моделирование предполагает создание «активного фантома», воссоздающего структуру пространственного поля БАТ и РГЗ. Учитывая сказанное, целесообразно согласование выполнять опытно-экспериментальным путем, что и делается ниже.

### **3.3. СХЕМНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОНТУРНОЙ АППАРАТУРЫ КВЧ-ТЕРАПИИ**

В настоящем параграфе приводятся результаты авторских исследований [32, 33, 38, 43, 52, 53] по разработке основ схемно-конструкторского проектирования контурной КВЧ-аппаратуры, использующей ЭМВ со специальными характеристиками.

Конечная цель проведенных в контексте работы исследований – разработка практических (инженерных) методов проектирования высокоэффективной аппаратуры для лечения стоматологических заболеваний.

***Конструкции и схемотехнические решения генераторов ЭМИ КВЧ с двумя синфазными выходами.*** Биологическая эффективность ЭМИ КВЧ определяется мерой его когерентности, что ставит соответствующую задачу при совершенствовании аппаратуры КВЧ-терапии: разработка генераторов с высокой когерентностью и минимальным уровнем гармонических составляющих. Кроме того, процесс лечебного воздействия может быть ускорен, если в пределах сеанса осуществлять воздействие на две БАТ синфазными сигналами. При этом необходимо изменять поляризацию ЭМВ.

Рассмотрим схемотехническое и конструктивное решение генератора ЭМИ КВЧ, в котором реализуется совместная работа нескольких АЭ (диодов Ганна), определенным образом связанных с опорным резонатором, нагруженным на волноводную линию с двумя независимыми выходами.

На рис. 3.31 приведена конструкция, а на рис. 3.32 – эквивалентная схема такого генератора. Диоды Ганна 1 и 2, установленные в коаксиаль-

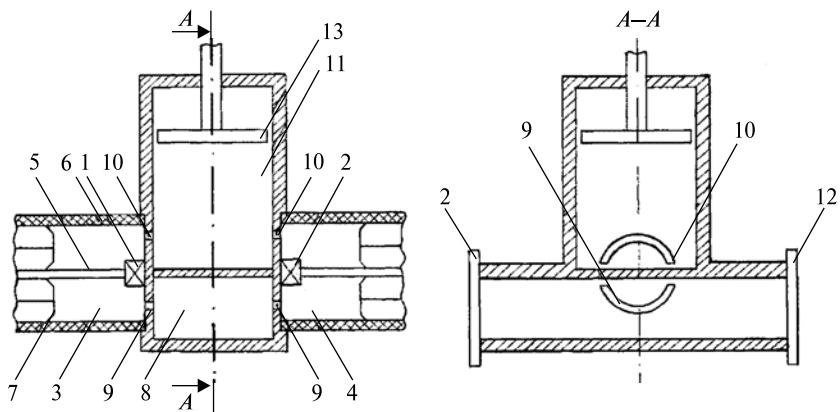


Рис. 3.31. Конструкция генератора ЭМИ КВЧ с двумя синфазными выходами

ных резонаторах (КР) 3 и 4, каждый из которых образован центральным проводником 5, наружным цилиндром 6 и КЗ-поршнем 7, подключены к двум противоположным стенкам отрезка прямоугольного волновода 8. Собственные частоты КР равны пролетным частотам диодов Ганна. В окрестности каждого из диодов имеются полукруглые отверстия 9, 10 для связи КР с отрезком волновода 8 и цилиндрическим резонатором 11, возбуждаемым на волне  $E_{011}$  (рис. 3.31). Цилиндрический резонатор 11 имеет поршень 13 для частотной перестройки. Пролетные частоты диодов не должны быть равны друг другу, а также резонансной частоте цилиндрического опорного резонатора; это является условием устойчивой работы генератора. В конструкции генератора имеются также девиаторы поляризации волны 12.

При подаче напряжения смещения на диоды одна из составляющих спектра, образующегося за время переходного процесса, захватывается стабилизирующим цилиндрическим резонатором. Последний возбуждается, и возникающий в нем сигнал является синхронизирующим для диодов в установившемся режиме. За счет обмена КВЧ-энергией между КР с установленными в них диодами частота генерации и стабильность частоты существенно определяются добротностью и собственной частотой стабилизирующего резонатора, если энергия, запасенная в последнем, достаточно велика. Причем, чем большая энергия запасается в этом резонаторе, тем сильнее его воздействие. Максимальное же значение выходной мощности наблюдается при минимизации связи стабилизирующего резонатора с КР, при этом также снижается влияние КР и режимов работы диодов на частоту генерации.

На рис. 3.32 обозначены:  $L_1$ ,  $L_2$  и  $C_1$ ,  $C_2$  – эквивалентные параметры КР 3 и 4 соответственно,  $g_1$ ,  $g_2$  – проводимости потерь, включая связи с на-

грузкой и стабилизирующим резонатором,  $gd_1, gd_2$  – отрицательная дифференциальная проводимость диодов,  $L_{ст}, C_{ст}$  – аналогичные параметры стабилизирующего резонатора.

Полная проводимость эквивалентной цепи, показанной на рис. 3.32, равна нулю на частоте  $f_0$ , определяемой из соотношения:

$$f_0 = \frac{P_1 Q_1 + P_2 Q_2 + P_{ст} Q_{ст}}{\frac{P_1 Q_1}{f_1} + \frac{P_2 Q_2}{f_2} + \frac{P_{ст} Q_{ст}}{f_{ст}}}, \quad (3.14)$$

где  $P_1, P_2, P_{ст}$  и  $Q_1, Q_2, Q_{ст}$  – мощности потерь и собственные добротности резонаторов 3, 4 и 8 соответственно (структура полей приведена на рис. 3.33).

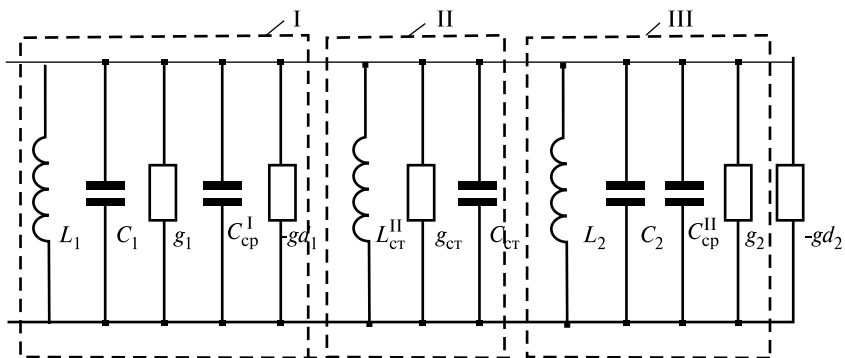


Рис. 3.32. Эквивалентная схема генератора ЭМИ КВЧ с двумя синфазными выходами: I – первый коаксиальный резонатор; II – опорный цилиндрический резонатор; III – второй коаксиальный резонатор;  $c_{cp}^I$  и  $c_{cp}^{II}$  – усредненные за период значения емкости дипольных слоев диодов

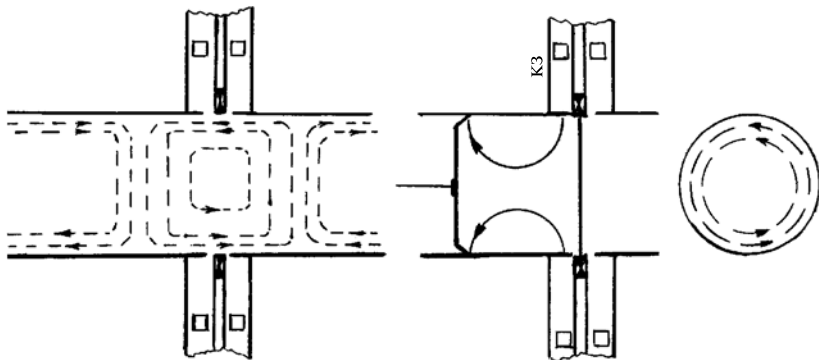


Рис. 3.33. Структура полей в системе резонаторов генератора ЭМИ КВЧ

При  $Q_1, Q_2 \ll Q_{\text{cr}}$ , что соответствует реальной ситуации, изменение частоты связи  $f_0$  при изменении питающего напряжения  $U_n$  определяется следующим выражением:

$$\frac{1}{f_0} \frac{\delta f_0}{\delta U_n} \approx \frac{P_1 Q_1 + P_2 Q_2}{P_{\text{cr}} Q_{\text{cr}}} \left[ \frac{1}{f_1} \frac{\delta f_1}{\delta U_n} + \frac{1}{f_2} \frac{\delta f_2}{\delta U_n} \right] \approx \frac{1}{S} (D_1 + D_2), \quad (3.15)$$

где  $S$  – коэффициент стабилизации,  $f_1$  и  $f_2$  – частоты КР с диодами 1 и 2,  $\frac{\delta f_1}{\delta U_n}$  и  $\frac{\delta f_2}{\delta U_n}$  – девиации частот диодов 1 и 2 относительно частоты  $f_0$ , определяемой из (3.14).

Выражение (3.15) означает, что устойчивость генератора к неустойчивости величины  $U_n$  можно существенно повысить даже при малых значениях КВЧ-мощности, затрачиваемой на стабилизацию, если обеспечить взаимокompенсацию уходов парциальных частот  $f_1$  и  $f_2$  диодов 1 и 2 в КР 3 и 4, то есть обеспечить условие  $D_1 = -D_2$ .

Если частоты  $f_1, f_2, f_{\text{cr}}$  связать соотношением  $f_1 < f_{\text{cr}} < f_2$  (органами регулировки), то диод 1 будет работать в моде задержанного домена, а диод 2 – в моде подавляемого домена. Отсюда следует, что средние за период значения эмиссии диодов для указанных режимов определяются выражениями:

$$C'_{\text{cp}} = A/E(k, \varphi) \sqrt{U'_n - U'_{\text{мин}} + U'_1}, \quad (3.16)$$

$$C''_{\text{cp}} = A \sqrt{\left[ E(k', \psi) \sqrt{2U'_1} - F(k', \psi) - \frac{U'_1 - U'_n + U'_{\text{мин}}}{2\sqrt{U'_1}} \right]}, \quad (3.17)$$

где  $U'_n = U_n / U_{\text{пор}}$ ;  $U'_1 = U_1 / U_{\text{пор}}$ ;  $U'_{\text{мин}} = U_{\text{мин}} / U_{\text{пор}}$ ;  $U_n$  – напряжение смещения, подаваемое на диоды;  $U_{\text{пор}}$  – пороговое напряжение;  $U_1$  – высокочастотное напряжение, определяемое из значения генерируемой мощности и сопротивления нагрузки;  $U_{\text{мин}}$  – напряжение в диоде вне домена;  $F(k', \psi)$ ;  $E(k, \psi)$ ;  $E(k', \psi)$  – эллиптические функции Якоби I и II родов (интегралы Лежандра, см., например, [158]), где модули ( $k, k'$ ) и аргументы ( $\varphi, \psi$ ) равны:

$$k = \left[ 2U'_1 / (U'_n - U'_{\text{мин}} + U'_1) \right]^{1/2}, \quad \varphi = \frac{1}{2} \arccos \left( \frac{1 - U'_n}{U'_1} \right),$$

$$k' = \left[ (U'_n - U'_{\text{мин}} + U'_1) / 2U'_1 \right]^{1/2}, \quad \psi = \frac{1}{2} \arcsin(k \sin \varphi).$$

В соотношения (3.16), (3.17) входит величина:

$$A = \frac{\pi S}{2} \sqrt{\frac{e \epsilon_0 \epsilon N}{U_{\text{пор}}}}, \quad (3.18)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения активной области диода,  $N$  – концентрация носителей заряда в материале диодов,  $e$  – заряд электрона,  $\epsilon_0 \epsilon$  – диэлектрическая проницаемость арсенида галлия (GaAs).

Соотношения (3.16) – (3.18) означают, что при одинаковых приложенных к диодам питающих напряжениях и равных высокочастотных напряжениях  $U'_1$ , что достигается регулировкой величины связи, увеличение  $U_n$  приводит к возрастанию параметра  $C'_{\text{cp}}$  (здесь  $U'_1 < U'_n - U'_{\text{мин}}$  – режим задержанного домена) и к уменьшению параметра  $C''_{\text{cp}}$  (здесь  $U'_1 > U'_n - U'_{\text{мин}}$  – режим подавленного домена).

Увеличение параметра  $C'_{\text{cp}}$  приводит к уменьшению парциальной частоты  $f_1$ , а увеличение  $C''_{\text{cp}}$  к увеличению парциальной частоты  $f_2$ , то есть коэффициенты  $D_1$  и  $D_2$  имеют различные знаки. Для практического приложения этого факта следует численно определить: как должны соотноситься между собой пролетные частоты диодов и частота опорного резонатора, чтобы  $D_1$  и  $D_2$  имели разные знаки при изменении питающего напряжения.

Для уяснения данного момента представим диод Ганна в КР в виде, показанном на рис. 3.34 (обозначения общепринятые [153]). Понятно, что реальная схема включения диодов Ганна в КР является более сложной, но для ответа на вопрос о выборе параметров диодов для совместной работы в рамках выдвинутой концепции пригодна и эта, упрощенная, что подтверждено экспериментальными исследованиями [32].

В соответствии с эквивалентной схемой (рис. 3.34) из уравнения баланса амплитуд и баланса фаз можно получить условие генерации, а также значение колебательной частоты:

$$\omega_L = \omega_0 \sqrt{\frac{\bar{C}_{\text{cp}}(U_n) - L_k / \bar{R}_{\text{oe}}^2(U_n)}{\bar{C}_{\text{cp}}(U_n) + \omega_0^2 \bar{C}_{\text{cp}}(U_n) L_k}}, \quad (3.19)$$

где  $\omega_0$  – собственная частота резонатора.

Таким образом, как следует из (3.19), частота генерации зависит от напряжения питания на диоде опосредованно через величину усредненного дифференциального сопротивления диода  $\bar{R}_{\text{oe}}$  и среднюю за период емкость диода  $\bar{C}_{\text{cp}}$ .

При изменениях величины  $U_n$  в пределах 5% от 2,5  $U_{\text{пор}}$  (типичные паспортные значения) относительное изменение  $\bar{R}_{\text{oe}}$  на порядок меньше относительных изменений  $\bar{C}_{\text{cp}}$ , что объяснимо физически: параметр  $\bar{R}_{\text{oe}}$  есть отношение первой гармоники напряжения  $U'_1$  к первой гармонике



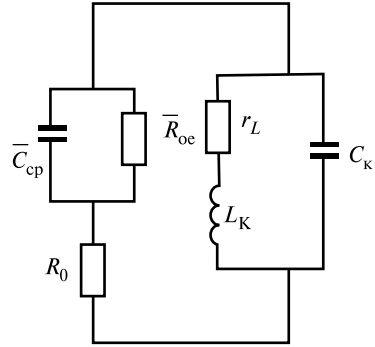


Рис. 3.34. Эквивалентная схема диода Ганна

тока  $i'_1$ , поэтому при вариациях  $U_n$  прирост или убыль  $\bar{R}_{oe}$  по порядку величины равны соответствующим вариациям  $i'_1$ , которые малы; таким образом, величина  $\bar{R}_{oe}$  меняется слабо, о чем свидетельствуют и экспериментальные наблюдения малых изменений генерируемой мощности при указанных изменениях  $U_n$ . Изменения же параметра  $\bar{C}_{cp}$  являются существенными, поскольку здесь более высокая степень нелинейности.

При расчете усреднения за период значений емкости исходим из следующих численных значений: концентрация электронов в материале диодов ( $GaAs$ ):  $N = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ ;  $\varepsilon = 12,6$ ;  $E_{пор} = U_{пор} / e = 3,25 \text{ кВ/ см}^{-3}$ ; длина активной области первого диода  $l_1 = 15,6 \text{ мкм}$ , то есть  $N l_1 = 1,56 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$ ; длина активной области второго диода  $l_2 = 9,9 \text{ мкм}$ , то есть  $N l_2 = 9,9 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ ;  $S_1 = S_2 = 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2$  (площадь поперечного сечения активного слоя диода). Вычисление  $\bar{R}_{oe}$  производим исходя из значения генерируемой мощности (в макетном образце – 50 мВт) и значения приведенного сопротивления нагрузки (120 Ом).

Для указанных выше параметров диодов  $U_{пор1} = 5 \text{ В}$ ,  $U_{пор2} = 3 \text{ В}$ . По отношению к частоте стабилизирующего резонатора  $f_{cr}$  при указанных выше размерах 11 и 12 частоты  $f_1$  и  $f_2$  связаны соотношениями  $f_1 = 0,77f_{cr}$  и  $f_2 = 1,22f_{cr}$ .

Используя таблицы эллиптических функций [158], построим зависимости  $\bar{C}_{cp}^{(II)}$  от величины  $U_n$  (рис. 3.35) – для различных значений изменения частоты генерации  $\omega_L / \omega_0$  (для частоты  $f_0 = 8,2 \text{ ГГц}$ ,  $\bar{R}_{oe} = 300 \text{ Ом}$ ,  $L_K = 0,45 \text{ нГн}$ ):  $f_1 = 0,77f_0$  и  $f_2 = 1,22f_0$ .

При этом следует учитывать, что емкость дипольного домена многократно больше диэлектрической емкости активного слоя домена, так как домен является узким по всей площади диода.

Ход кривых на рис. 3.35 и 3.36 представляется естественным, если сравнивать их с графиками функций (интегралов) Лежандра [158]. Другими

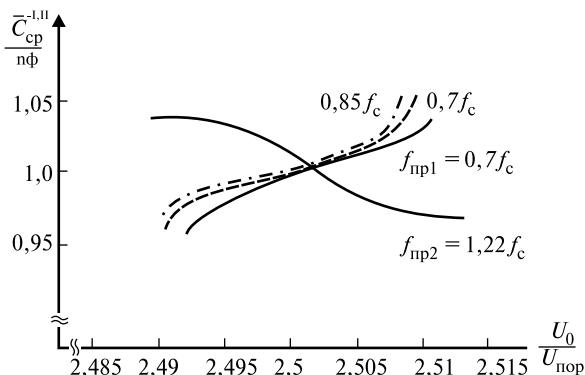


Рис. 3.35. Зависимость усредненной за период мощности диодов от поля для различных пролетных частот

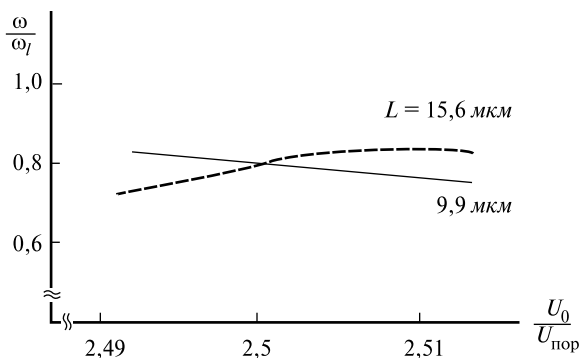


Рис. 3.36. Зависимость частоты генерации от величины напряжения питания для диодов различной длины ( $L$ )

словами, стабильная работа генератора реализуется, если соблюдаются условия:  $f_1 = (0,7 \div 0,9)f_{cr}$  и  $f_2 = (1,15 \div 1,3)f_{cr}$ .

На практике эти условия выполнимы; так, например, в технических условиях на диоды Ганна из партии в 100 шт. 94% диодов обладает следующими параметрами: 47% приборов имеют  $\partial f / \partial U_n$  со знаком плюс и 47% — со знаком минус; абсолютное значение  $\partial f / \partial U_n$  для диодов типа 3A722 и 3A723 равно численно 40 мГц в каждую сторону по отношению к номинальному напряжению питания при 5%-й девиации напряжения.

Оставшиеся 6% в партии диодов могут иметь произвольные характеристики. Таким образом, из крупной партии приборов равновероятно — при определенном выборе частоты КР — встретить диоды с активными длинами, подпадающими либо под режим работы с задержкой, либо под режим с подавлением доменов. То есть организационные и технологические трудности при реализации обсуждаемого режима работы генератора ЭМИ КВЧ

со взаимной компенсацией уходов частоты при совместной работе двух диодов Ганна на общую нагрузку являются минимальными.

Экспериментальная проверка предложенной схемы в СВЧ-диапазоне 7...9 ГГц (перенесение в диапазон КВЧ не изменяет основных принципов построения схемы) показала, что: а) эффективность сложения мощностей достигает 94...95%; б) уровень частотно-модулированных шумов составляет порядка 75 дБ/Гц при отстройке от несущей на 2 кГц; в) долговременная стабильность работы не хуже  $7 \cdot 10^{-6}$  [32].

Сказанное означает, что предложенная концепция построения генераторов ЭМИ для КВЧ-терапии удовлетворяет основным требованиям, предъявляемым к данному классу аппаратуры.

**Генераторы ЭМИ КВЧ для лечения заболеваний различной нозологии.** Рассмотренный выше генератор ЭМИ КВЧ является универсальным для лечения заболеваний широкой нозологии. Вместе с тем лечение ряда заболеваний наиболее эффективно при использовании аппаратуры со специальными требованиями к характеристикам излучения. В частности, для случая лечения стоматологических заболеваний (особенно пародонтита) и различных клинических форм остеохондроза, осложненных неврологическими проявлениями, целесообразно использовать двухчастотное пунктурное КВЧ-воздействие [32]. Поэтому здесь используется КВЧ-аппарат с двухчастотной генерацией модулированного излучения с длинами волн 5,6 и 7,1 мм, причем колебания генерируются одним генераторным модулем (рис. 3.37).

При этом подача ЭМИ КВЧ на БО на указанных частотах осуществляется либо в статическом режиме (поочередно), либо в динамическом (одновременно). Модуляция же несущей выполняется на частотах основных биоритмов (сердечных, внешнего дыхания, мозга), подстраиваемых под конкретного пациента, либо же на частотах, принятых в практике электропунктуры. Модулирующий сигнал подается на управляющий вход трактового аттенюатора на *n-i-p-i-n*-диодах, установленных в выходном канале генераторного модуля.

Модуль собран на основе трехполуволнового цилиндрического резонатора с МЭП-диодом и варакторным диодом, расположенными в пучности электрического поля, и обеспечивает устойчивую генерацию на любой из заданных частот: 42,194 ГГц и 53,534 ГГц. Параметры резонатора и генераторного диода выбраны такими, что при ступенчатом изменении напряжения питания и умножении частоты на его нелинейности происходит пере-скок с основного тона резонатора на ближайший обертона и обратно, тем самым обеспечивая необходимые значения частот.

Точная настройка частоты при установленном значении напряжения на варакторном диоде выполняется настроечными штырями. Широкодиапазонная, в пределах до 15%, перестройка частоты на каждом поддиапазоне (при сохранении выходной мощности, близкой к  $P_{max} = 10$  мВт на частоте

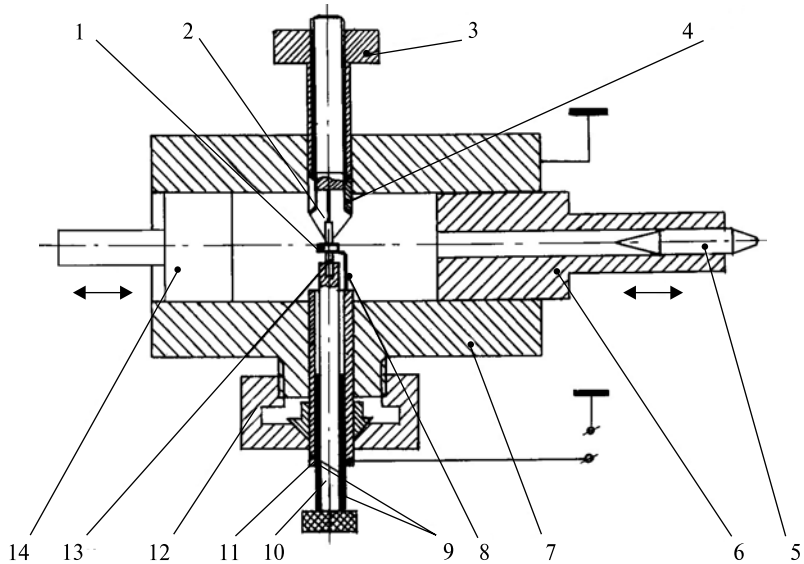


Рис. 3.37. Конструкция двухчастотного генераторного модуля: 1 – генераторный МЭП-диод; 2 – цанговый держатель; 3 – втулка; 4 – кольцо; 5 – штырь настройки; 6; 14 – КЗ-поршень; 7 – корпус резонатора; 8 – контакт; 9 – изолирующий слой диэлектрика; 10 – держатель; 11 – втулка-держатель; 12 – гайка; 13 – варакторный диод

42 ГГц и  $P_{max} = 100$  мкВт на частоте 53 ГГц) реализуется перемещением двух КЗ-поршней, отражающие плоскости которых сохраняют симметричное расположение относительно диаметральной линии с МЭП-диодом.

Электронная перестройка частоты в пределах 3% осуществляется варакторным диодом, установленным в одной с генераторным МЭП-диодом диаметральной линии. Указанные выше значения выходной мощности получены при использовании выходного волновода с сечением, близким к критическому, благодаря чему обеспечивается получение высококогерентного сигнала. Переключение с одной частоты ЭМИ на другую осуществляется по заданной программе в соответствии с характером ответных реакций организма на КВЧ-воздействие и по результатам выбранной терапевтической методики.

Для лечения больных стоматологическими заболеваниями, а также хроническим панкреатитом с болевым синдромом и заболеваний родственной нозологии предложен метод, использующий генератор КВЧ с циркулярно-поляризованным излучением (рис. 3.38) [32]. Здесь воздействие ЭМИ КВЧ осуществляется одновременно на БАТ, расположенные на меридиане поджелудочной железы и меридиане сопутствующего заболевания, при

этом одна частота ЭМИ фиксирована и равна 42,19 ГГц, а вторая частота изменяется в диапазоне 53...54 ГГц, и ее величина устанавливается индивидуально для каждого пациента. Уровень циркулярно-поляризованного излучения составляет  $2 \div 8$  мВт/см<sup>2</sup>, причем направление циркуляции совпадает с направлением потока энергии в тех меридианах БАТ, на которых расположены точки воздействия.

Конструкция генератора (рис. 3.38) содержит отрезок цилиндрического волновода 1 с КЗ-поршнем 2, КР 3 с генераторными диодами 4, которые подключены через фильтр нижних частот 5 к источнику питания 6 (7 — элементы связи; 8 — реактивные штыри). Продольные оси штырей 8 взаимно ортогональны и ориентированы под углом 45° к осям КР 3. Собственно процедура КВЧ-терапии осуществляется с использованием двух идентичных генераторов.

Резонансная частота образованной КР и цилиндрическим резонатором системы регулируется изменением расстояния между КЗ-поршнем 2 и плоскостью размещения КР 3 и штырей 8, причем при введении одного из них в полость цилиндрического резонатора и выведении второго получаем право- или левозаполяризованную ЭМВ. Регулировкой

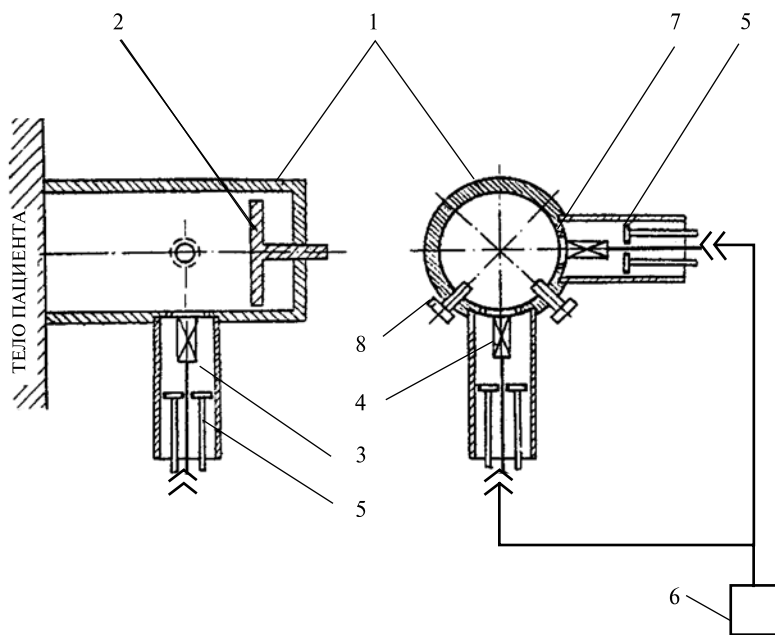


Рис. 3.38. Генератор устройства КВЧ-терапии с воздействием циркулярно-поляризованным излучением

КЗ-поршня цилиндрического резонатора устанавливают частоту ЭМИ: в одном генераторе – 42,19 ГГц, во втором – в пределах 53...54 ГГц.

Режимы использования аппаратуры на основе таких генераторов регламентируются методикой процедур КВЧ-терапии.

Разработка аппарата КВЧ-терапии с биотехнической обратной связью на основе подходов, рассмотренных в гл. 2, и использующая узловую базу, разработанную в рамках настоящего исследования (см. выше), выполнена в [33, 53] с ориентацией на лечение стоматологических заболеваний. Развитие стоматологических заболеваний во многом связано с техногенной загрязненностью среды, вредностью производственных процессов и т. п.

Так, например, исследования по корнепротекторной активности пульпы при кислотном воздействии на эмаль зубов у работников аккумуляторных, металлургических и горнорудных производств показали, что в исследуемых группах пациентов, а также у ликвидаторов аварии на Чернобыльской атомной электростанции резко снижена иммунобиологическая резистентность организма [53]. Установлено также, что пусковым моментом в развитии стоматологических заболеваний при этом является нарушение механизмов местной защиты полости рта в результате длительного ингибирующего иммунодепрессивного действия производственных вредностей. Подавление факторов местной иммунологической защиты, таких, как лизоцим и иммуноглобулины слюны, происходит в результате их инактивации при взаимодействии с биопатогенными веществами, попадающими в полость рта. Неизбежным следствием такого развития событий является нарушение функционирования ряда органов и систем, прежде всего – пищеварительной и выделительной. Это означает, что методики коррекции и терапии этих нарушений в организме должны включать использование терапевтических агентов, нацеленных на повышение резистентности всего организма.

Таким терапевтическим агентом могли бы стать низкоинтенсивные ЭМИ КВЧ, воздействие которых на организм человека является комплексным, выступая в роли эффективного адаптогенного фактора, а сама адаптация организма к очерченной выше производственной среде может осуществляться с участием сложных механизмов разного уровня – клеточного, тканевого, организменного (гл. 1).

Однако аппаратурные реализации указанного метода коррекции и терапии должны учитывать индивидуальные особенности пациента:

- 1) для каждого пациента и конкретной нозологической формы существует свое оптимальное (резонансное) значение частоты КВЧ-излучения;
- 2) продолжительность сеанса для каждого пациента должна быть строго детерминированной, так как определяется реактивностью и резервными возможностями его организма, глубиной патоло-

гии, темпом терапевтического процесса, так как по мере выздоровления изменяется оптимальная продолжительность лечебной процедуры.

В настоящем параграфе приведено техническое решение по созданию терапевто-диагностического устройства КВЧ-терапии, в значительной мере удовлетворяющего указанным требованиям: благодаря наличию биотехнической обратной связи между пациентом и аппаратом с широкодиапазонной механической и электронной перестройкой частоты, управляемой по объективным ответным реакциям организма человека на физиотерапевтическое воздействие, частота КВЧ-излучения и продолжительность сеанса автоматически устанавливаются оптимальными для каждого пациента. По характеру ответных реакций может быть сформулирована тактика лечения данного пациента (т. е. определена частота и количество сеансов).

На рис. 3.39 представлена функциональная схема устройства и поперечное сечение КВЧ-генератора [33], где: 1, 12 – коаксиальные резонаторы; 2, 13 – подвижные короткозамыкатели; 3, 14 – центральные проводники резонаторов 1, 12; 4 – генераторный диод (диод Ганна); 5 – отрезок 5 прямоугольного волновода; 6 – четвертьволновой коаксиальный трансформатор; 7, 16 – пружинные фиксаторы; 8, 17 – фильтры нижних частот; 9 – окно связи; 10 – общая боковая стенка резонаторов; 11 – петля связи; 15 – варикап; 18, 31, 35 – транзисторы; 19 – контактор; 20 – источник напряжения; 21 – операционный усилитель; 22, 34 – шестиразрядные счетчики; 23 – шестивходовый элемент «И»;  $R_1 - R_6$ ,  $R_9 - R_{14}$  – резисторы; 24 – элемент «И-НЕ»; 25 – генератор тактовых импульсов; 26 – электроэнцефалограф с фильтром  $\alpha$ - $\Lambda$ -ритма; 27 – установочный винт; 28 – радиатор; 29, 30 – механизм перестройки частоты и электромеханический привод соответственно; 32, 33, 35 – двухходовые элементы «И»; 36 – компаратор; 37 – формирователь импульсов; 38 – реле времени.

Функционирование устройства состоит в том, что после подачи питающих напряжений происходит автоматическое ступенчатое переключение частоты КВЧ-излучения, поступающего на экстрарецепторные зоны на теле пациента, определяемые патологией и картографией акупунктурных зон, с дискретностью, устанавливаемой генератором тактовых импульсов от первоначальных значений  $F_1, F_2, \dots, F_n$  до появления сигнала реакции организма пациента на воздействие в виде напряжения, поступающего с фильтра  $\alpha$ - $\Lambda$ -ритма электроэнцефалографа, свидетельствующего о настройке на индивидуальную (резонансную) частоту, характерную для данного пациента и конкретной патологии и обеспечивающую биологический (терапевтический) эффект. Достижение терапевтической частоты КВЧ-излучения фиксируется сигнальными индикаторами и регистрируется в течение лечебного сеанса до момента обратного перехода  $\alpha$ - $\Lambda$ -ритма в  $\beta$ -ритм.

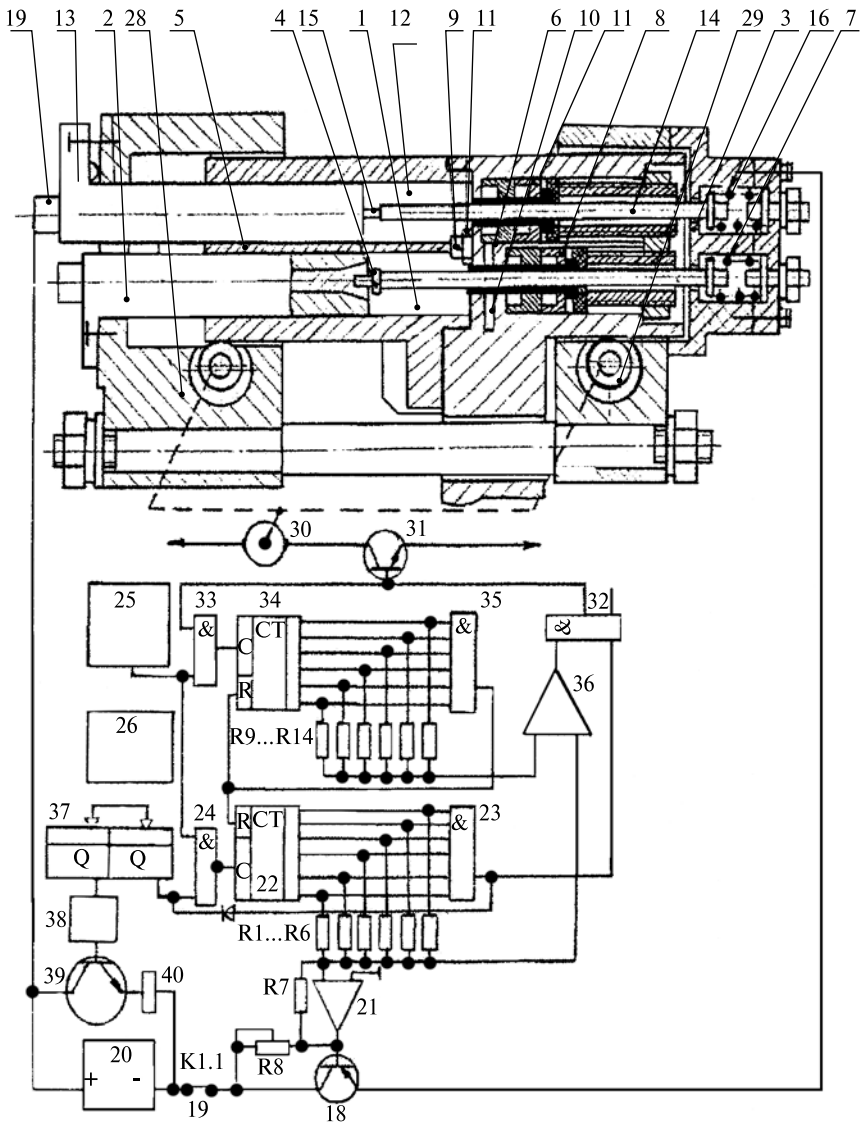


Рис. 3.39. Функциональная схема аппарата КВЧ-терапии

Разработанное устройство обладает и надежными диагностическими признаками: поскольку здоровый организм и здоровые внутренние органы, проекциями которых являются биологически активные точки на коже



человека и на которые осуществляется КВЧ-воздействие, на низкоинтенсивное электромагнитное излучение не «откликаются», то отсутствие смены  $\beta$ -ритма на  $\alpha$ - $\Delta$ -ритм, о чем свидетельствуют индикаторы, подключенные к выходу фильтра электроэнцефалографа, указывает на отсутствие патологии исследуемого органа. По нашим данным, достоверность такой диагностики по гастроэнтерологическим и стоматологическим заболеваниям составляет 91–92%, что соответствует или превосходит достоверность диагностики по Фоллю. Кроме того, предусмотренная в данном терапевто-диагностическом устройстве функциональная возможность устанавливать продолжительность сеанса в автоматическом режиме (временной интервал между прямой и обратной сменой  $\beta$ - и  $\alpha$ - $\Delta$ -ритмов) позволяет оптимизировать лечебный процесс, избежать побочных реакций, а также обеспечивает возможность обслуживания аппарата и проведение процедур младшим и средним медицинским персоналом и даже самим пациентом. Это, как представляется, достаточно важное обстоятельство, так как предопределяет широкое использование аппарата в обычных клинических условиях.

Результаты лечения стоматологических заболеваний с использованием разработанного устройства приведены ниже в гл. 4.

#### **3.4. РАЗРАБОТКА АППАРАТУРЫ СПЕЦИАЛЬНОГО, В ТОМ ЧИСЛЕ СОЧЕТАННОГО, ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.**

При разработке аппаратуры КВЧ-терапии, исходя из требований к ее рабочим характеристикам, используются специфические схемно-конструкторские решения, не характерные для промышленной радиотехнической и радиофизической КВЧ-аппаратуры [32].

В частности, это относится к излучающим системам, которые порой являются достаточно сложными функциональными узлами. На рис. 3.40 приведена конструкция излучателя [32] для комбинированной рефлексотерапии, в процедурах которой используется сочетанное воздействие на БАТ кожного покрова пациента низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ с длиной ЭМВ 7,05...8,5 мм, магнитного поля с индукцией 40...100 мТл и электрического поля. Все эти три типа воздействия синхронизируются, а сама процедура выполняется с частотой модуляции, адекватной частоте пульсации крови в сердечно-сосудистой системе человека, то есть и микроциркуляции крови в десневой ткани. Амплитудную модуляцию ЭМП осуществляют треугольными импульсами с соотношением длительностей переднего и заднего фронтов  $\tau_{ф.п.}/\tau_{ф.з.} = 20...30$ , а соотношение между частотой модуляции и частотой пульсации крови равно  $f_m/f_n = 1...10$ . Интенсивность ЭМИ КВЧ используется в пределах 1...20 мВт/см<sup>2</sup>, а направление силовых линий магнитного поля перпендикулярно облучаемой поверхности участка тела пациента.

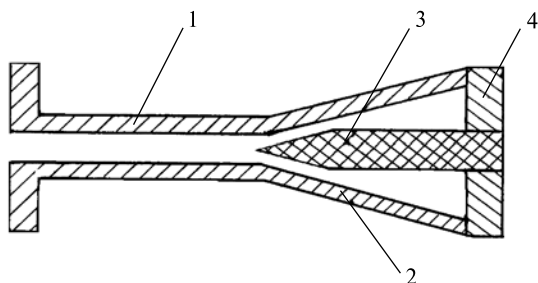


Рис. 3.40. Излучатель для комбинированной рефлексотерапии:  
 1 – цилиндрический волновод; 2 – волноводный рупор; 3 – диэлектрический стержень; 4 – кольцевой магнит

От генератора ЭМИ КВЧ высокочастотная энергия поступает в цилиндрический волновод 1, который далее переходит в рупор 2. Диэлектрический стержень 3 является направляющей структурой, подводящей ЭМИ КВЧ к поверхности тела и излучающей своим торцом на конце, установленном в отверстии кольцевого магнита 4.

Сочетание названных полей при контактном способе воздействия на БАТ увеличивает эффект терапевтического воздействия.

Наиболее ответственным узлом генераторов ЭМИ для КВЧ-терапии, учитывая требование высокой когерентности, является его резонансная система. Поэтому для их проектирования целесообразно использовать открытый еще в 80-х гг. Е.И. Нефедовым эффект получения одночастотных колебаний в КР с «нефокусирующими» зеркалами [159]. Данный эффект при его технической реализации позволяет получить в КВЧ- и более высокочастотных диапазонах высокое разрежение спектра резонансных частот вплоть до получения колебаний с единственной резонансной частотой. Физический механизм этого эффекта с позиций квантовомеханической аналогии объясняется тем, что закрытые резонаторы можно интерпретировать как системы с бесконечно глубокой потенциальной ямой, имеющие спектр резонансных частот в виде бесконечного ряда. Открытым резонансным структурам соответствует потенциальная яма конечной глубины. Поэтому, благодаря конечным размерам потенциальной ямы, для некоторых типов колебаний происходит ее «переполнение», вследствие чего в такой резонансной системе не могут реализоваться добротные колебания определенного типа, что приводит к разрежению спектра.

Поэтому для создания резонансной системы с колебанием на одной частоте необходимо реализовать потенциальную яму такой формы и площади, чтобы ее «переполнение» не происходило лишь для одного колебания, что технически реализуемо; по сути – это есть аналог обычного колебательного контура на сосредоточенных элементах. Например, это может быть электродинамическая система, коаксиальная структура которой имеет переменный радиус (рис. 3.41) [159]. Функция  $f$ , описывающая продольное распределение  $z$ -компоненты  $E$ - или  $H$ -поля, будет удовлетворять уравнению неоднородной структуры [159]:

$$f'' + (k^2 - \chi^2)f = 0, \quad (3.20)$$

где  $\chi$  – поперечное волновое число, являющееся функцией продольной координаты  $z$  и определяемое из дисперсионных уравнений [159]:

$$I'_m(\chi b)N'_m(\chi a) - I'_m(\chi a)N'_m(\chi b) = 0, \quad (3.21)$$

– для магнитных волн и

$$I_m(\chi b)N_m(\chi a) - I_m(\chi a)N_m(\chi b) = 0 \quad (3.21)$$

– для электрических волн;  $m$  – азимутальный индекс волны.

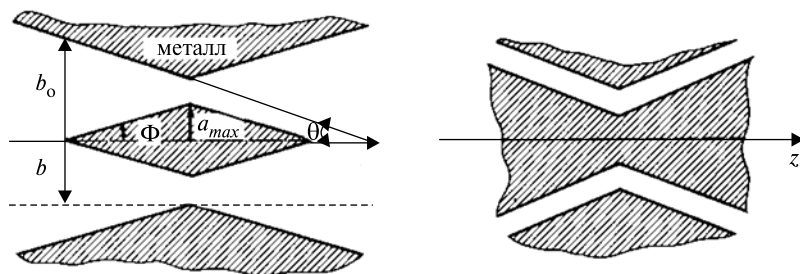


Рис. 3.41. Коаксиальные структуры с переменными радиусами

На рис. 3.42 приведены полученные в [159] зависимости резонансных частот колебаний  $H_{111}$ ,  $H_{112}$ ,  $H_{211}$  резонатора (левый профиль сечения на рис. 3.41) от угла наклона внутреннего зеркала  $\Phi$ .

Рассмотренные типовые случаи схемотехнических и конструктивных решений специфических узлов аппаратуры КВЧ-терапии показывают, что при проектировании последней приходится – и очень часто – сталкиваться с решением достаточно сложных электродинамических задач.

Разработка аппаратуры КВЧ-терапии с псевдошумовой модуляцией. В § 2.2 в числе специальных характеристик ЭМИ КВЧ рассматривалась псевдошумовая модуляция как приближающая (искусственное) излучение технических средств к фоновому, то есть зашумленному, естественному излучению в природе, на которое «настроен» живой организм. В настоящей работе для экспериментальной проверки эффективности данного вида модуляции использовалась специально разработанная аппаратура многофункционального назначения, включая и модуляцию шумоподобными сигналами (ШПС).

Для генерации псевдослучайного цифрового сигнала обычно применяется сдвиговый регистр, охваченный обратной связью. Наибольшую длину

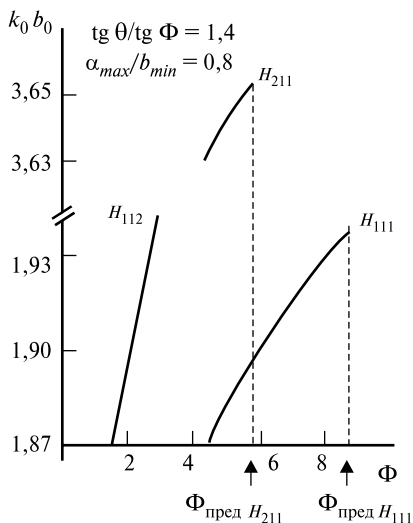


Рис. 3.42. Графики зависимости резонансных частот коаксиальной структуры от угла наклона внутреннего зеркала

периода повторения кодовой комбинации имеет М-последовательность, или последовательность максимальной длины [145]. Следовательно, такая последовательность имеет наиболее плотный спектр и представляет для нас наибольший интерес. Электрическая принципиальная схема генератора ШПС приведена на рис. 3.43.

Для генерации М-последовательности с шириной базы 1023 применяется 10-разрядный сдвиговый регистр, реализованный на микросхемах DD1, DD2 и DD3. Обратная связь берется с 7-го и 10-го разряда сдвигового регистра и через элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, выполненный на микросхеме DD6.1, подается на вход регистра. Схема защиты от нулевого состояния (т. е. состояния, когда во всех регистрах находится «0») реализована на двух элементах 5 ИЛИ-НЕ микросхемы DD4 и одном 2 ИЛИ-НЕ микросхемы DD5.1. Необходимое инвертирование и логическое суммирование сигнала обратной связи и сигнала защиты от нулевого состояния производится с помощью логических элементов 2 И-НЕ DD7.1 и DD7.2.

Структурная схема установки, поясняющая работу аппарата КВЧ-терапии, изображена на рис. 3.44, где А1 – генератор КВЧ-сигнала, А2 – блок питания, А3 – генератор тактовой частоты, А4 – согласованная нагрузка, А5 – циркулятор, А6 – генератор цифрового псевдошумового сигнала, А7 – модулятор, А8 – аттенюатор, А9 – умножитель частоты, А10 – фильтр второй гармоники, А11 – излучатель второй гармоники, А12 – излучатель первой гармоники, А13 – волноводно-механический переключатель, А14 – фильтр первой гармоники.

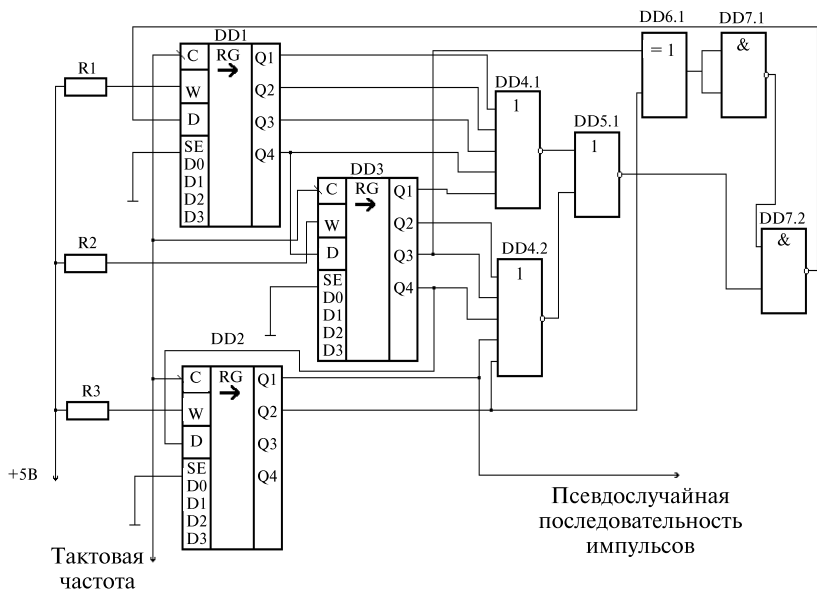


Рис. 3.43. Схема электрическая принципиальная генератора шумоподобного сигнала

Генератор А1 на диоде Ганна вырабатывает несущий высокочастотный сигнал и имеет возможность перестройки в диапазоне от 37 до 40 ГГц.

Блок питания А2 обеспечивает необходимые напряжения питания схемы прибора. Генератор тактовой частоты А3 частоты вырабатывает импульсы сдвига (с возможной частотой 1 КГц, 10 КГц, 100 КГц, 1000 КГц) для сдвиговых регистров генератора цифрового псевдошумового сигнала. Согласованная нагрузка А4 поглощает отраженную от КВЧ-тракта энергию. Циркулятор А5 направляет отраженную от КВЧ-тракта энергию в согласованную нагрузку. Генератор цифрового псевдошумового сигнала А6 генерирует псевдослучайные последовательности максимальной длины с базой 1023 и 511. Модулятор А7 модулирует несущий КВЧ-сигнал псевдошумовой последовательностью и позволяет изменять глубину модуляции. Атенюатор А8 позволяет регулировать мощность излучаемого сигнала в пределах от единиц мВт до единиц мкВт. Умножитель частоты А9 вместе с фильтрами А10 и А14 переносит выходной сигнал в более высокочастотный диапазон (74 – 80 ГГц). Излучатели А12 и А13 предназначены для облучения биообъектов модулированным КВЧ-сигналом. Волноводно-механический переключатель А13 направляет выходной сигнал либо непосредственно в излучатель А12, либо через умножитель частоты в излучатель А11.

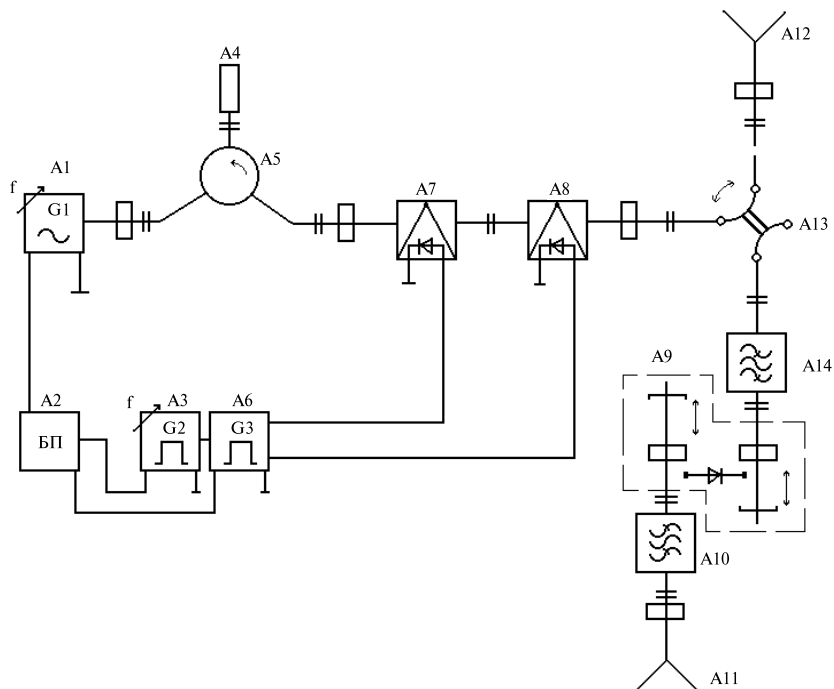


Рис. 3.44. Структурная схема аппарата КВЧ-терапии с псевдошумовой модуляцией

Таким образом, данный аппарат позволяет получить механически перестраиваемый КВЧ-сигнал в диапазоне 37–40 ГГц и 74–80 ГГц, промодулированный по амплитуде цифровой шумоподобной последовательностью длиной 1023 или 511 импульсов за период с частотой следования импульсов 1 КГц, 10 КГц, 100 КГц, 1000 КГц.

### 3.5. КОНСТРУКЦИИ ГЕНЕРАТОРОВ ВИХРЕВОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ МАГНИТОТЕРАПИИ

Конструкции генераторов вихревого магнитного поля разработаны в [36, 40, 41, 44, 47] с учетом ранее выполненных теоретических исследований (§ 2.3) и [39, 45, 52].

В названных работах было показано, что лечение стоматологических заболеваний типа пародонтита I, II, III степени тяжести воспалительного процесса методом воздействия магнитным полем наиболее эффективно с использованием ПМП с ВК с *D*- и *L*-формами вращения магнитного поля.

Напомним основные требования, предъявляемые в магнитотерапии, к излучательным характеристикам генератора ПМП с ВК.

Магнитные поля, генерируемые в традиционной магнитотерапевтической аппаратуре, являются однонаправленными; их вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  лежит в одной плоскости. В то же время, как показано выше, магнитные поля, «сродственные» собственным (интегративным) полям, должны иметь постоянную и переменную составляющую, причем последняя характеризуется тремя пространственными компонентами: осевой, радиальной и тангенциальной, то есть вращательной.

Кроме того, важно, чтобы поляризационные характеристики генерируемых магнитных полей могли быть согласованными с направлением движения энергий и токов в соответствующих меридианах, которое может быть центробежным для одних меридианов и центростремительным для других. Это означает, что воздействующие вихревые магнитные поля должны иметь два направления вращения магнитного вихря.

Столь широкий набор биотропных параметров магнитных полей в означенном выше диапазоне частот выдвигает ряд специфических схемотехнических и конструктивных требований, трудно реализуемых в аппаратных построениях с традиционным способом генерирования магнитных полей — пропусканием электрического тока через обмотки электромагнитов.

В [36, 47, 160] предпринята попытка создания источников магнитных полей для медико-биологических исследований и, потенциально, для клинической практики, которые содержали бы, кроме постоянной составляющей, также переменную во времени, знакопеременную составляющую, имеющую три пространственных компонента с изменяющимся распределением компонент и с изменяющимся направлением движения радиальной и тангенциальной составляющих. То есть синтезируемые магнитные поля в таких источниках являются вихревыми с изменяющимся направлением вращения вихря.

На рис. 3.45 представлена магнитная система аппарата для генерирования вихревых магнитных полей, выполненного на основе комбинации постоянных сосредоточенных магнитов (магнитоидов), часть которых установлена на подвижном вращающемся диске.

Здесь рис 3.45, *a* — общий вид магнитной системы, *b–d* — варианты выполнения подвижных магнитоидов различных геометрических форм; 1 — корпус, 2 — магнитопрозрачная и электроизоляционная крышка корпуса с установленными биполярными в плоскости крышки неподвижными магнитоидами 5, 4 — опорный диск из магнитопрозрачного материала с симметрично относительно центра диска и эквидистантно вдоль радиусов расположенными подвижными магнитоидами 6 с чередующейся от радиуса к радиусу полярностью и формой магнитоидов. В аппарате предусмотрена возможность изменения направления вращения («влево» — «вправо»)

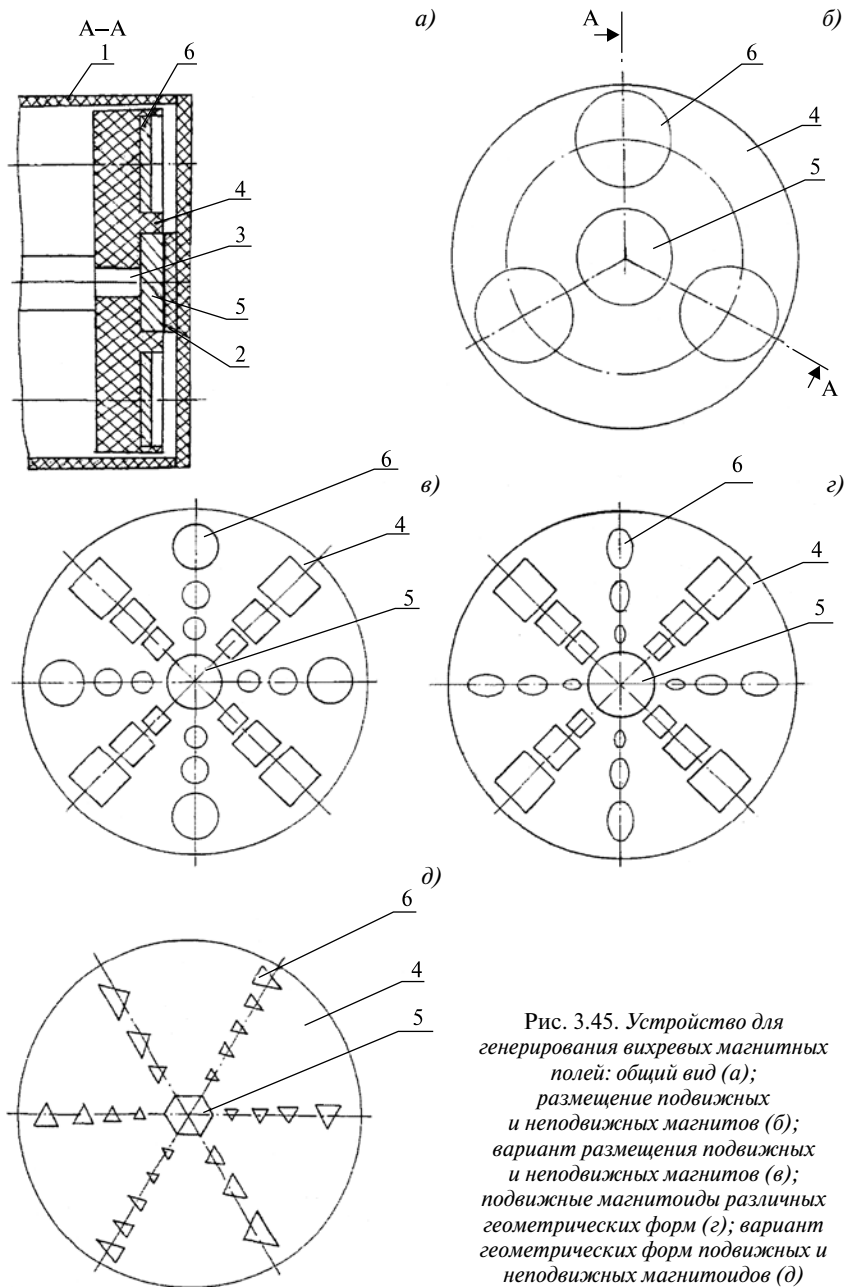


Рис. 3.45. Устройство для генерирования вихревых магнитных полей: общий вид (а); размещение подвижных и неподвижных магнитов (б); вариант размещения подвижных и неподвижных магнитов (в); подвижные магниты различных геометрических форм (г); вариант геометрических форм подвижных и неподвижных магнитов (д)



и регулировки скорости вращения привода. Торцевые грани магнитоидов, установленных на опорном диске и обращенные к объекту воздействия, скошены в направлении кольцевых линий.

При вращении диска с магнитами, взаимодействующими с неподвижным магнитом, напряженность магнитного поля в пространстве взаимодействия и, соответственно, в БО, изменяется как плавно, при прохождении каждого из подвижных магнитов переменной высоты и, следовательно, с изменяющимся расстоянием между «омагничиваемым» БО и магнитом, так и скачкообразно — при переходе от магнита или групп магнитов, расположенных на одной радиальной линии, к магнитам, расположенным на соседней радиальной линии, с одновременным изменением геометрической формы и полярности магнитов. В соответствии с первым электромагнитным уравнением Максвелла изменения магнитной индукции  $\partial B/\partial t$  порождают в окружающей среде вихревые электрические поля  $rot E = (-\partial B/\partial t)$ , так что в среде воздействия будет создан и широкий спектр частот электрических полей. Математическое моделирование и экспериментальные исследования структуры электрических и магнитных полей показывают, что описанная магнитная система генерирует магнитные поля, содержащие продольную, радиальную и тангенциальную составляющие напряженности магнитного поля, то есть в среде воздействия создается объемный электромагнитный вихрь. Одновременно при использовании магнитоидов более сложных, по сравнению с цилиндрической, геометрических форм (трех- и четырехгранные призмы, октаэдры, пентаэдры, гексаэдры и т. п.) различного объема и разноудаленных от неподвижных магнитоидов в биообъекте создаются широкополосные потоки высококогерентных ЭМП с разнообразными энергочастотными и поляризационными характеристиками. Поэтому биообъект имеет возможность из представленного набора электромагнитных полей «выбрать» тот участок спектра или ту его составляющую, которые согласованы со спектральными и пространственно-временными характеристиками БО. Практика подтверждает, в частности, что здоровый организм малочувствителен к ЭМП в значительном диапазоне частот и интенсивностей (гл. 1).

Возможность создавать широкополосные потоки ЭМП облегчает при практическом использовании выбор оптимального частотного диапазона для данного БО. Причем, изменяя скорость вращения привода, имеем возможность передвигать в ту или иную сторону (по шкале частот) спектр генерируемых ЭМП и тем самым охватить значительное число БО, морфологических, биохимических, иммунокомпетентных структур, имеющих различную форму, размеры, ориентацию, времена активации и релаксации, изменять функциональное состояние клеток, органов, систем организма.

Так как скорость изменения магнитной индукции  $\partial B/\partial t$  определяется скоростью перемещения массива магнитоидов разнообразных форм в про-

странстве расположения объекта магнитной обработки, то это породит в последнем трехмерные вихревые магнитные поля с различным соотношением составляющих по  $x$ ,  $y$ ,  $z$ -координатам. Их соотношение и абсолютные значения определяются, при фиксированной ориентации неподвижных магнитоидов и заданных значениях намагниченности магнитоидов, их формой: максимальная скорость изменения магнитной индукции обеспечивается (при неизменной скорости вращения привода) при прохождении в месте расположения объекта призматического магнитоида, затем, по убывающей – круглого, эллиптического, гиперболического, параболического цилиндров. Выполнение подвижных магнитоидов скошенными в радиальном направлении обеспечивает, при смене направления вращения, возможность изменять характер ввода магнитного поля в отдельные области биообъекта: вводить медленно – выводить быстро, если расстояние между скошенной поверхностью подвижного магнитоида и биообъектом уменьшается, начиная с максимального значения при повороте диска. Напряженность магнитного поля в указанном интервале возрастает медленно до максимального значения, после чего напряженность прыжком снижается до минимального значения, причем крутизну роста и глубину скачка при необходимости можно изменять соответствующим выбором формы магнитоида – при использовании трехгранной призмы (рис. 3.45,  $\delta$ ). При обратном ходе привода напряженность магнитного поля от максимальной плавно снижается до минимальной, т. е. графически такие изменения индукции магнитного поля могут быть изображены в виде треугольных импульсов, которые существенно отличаются длительностью переднего и заднего фронтов, причем абсолютные значения амплитуд этих импульсов, которые создаются каждым из подвижных магнитоидов, установленных на одном радиусе, снижаются по мере удаления этих магнитоидов от неподвижного магнита, а соотношение длительностей переднего и заднего фронтов – формой магнитоидов (рис. 3.45,  $\delta$ ). Такой характер ввода и вывода магнитных полей в биообъекте концептуально соответствует принятому в акупунктуре способу введения игл в БАТ [120]: при медленном введении иглы и быстром ее выведении достигается реакция активации, при обратной картине – реакция седатации. Причем использование в магнитной системе подвижных магнитоидов разнообразных форм, размеров и возможность их комбинации обеспечивает высокую спектральную плотность значений магнитной индукции и разнородных по энергочастотным и поляризационным характеристикам возбуждений структур организма, обработка которых на корковых клетках (конвергенция) обеспечивает афферентный синтез по П.К. Анохину [161] как обязательный механизм в формировании функциональной системы и, соответственно, достижение корректирующего (терапевтического) эффекта. Так как современные электро- и пневмоприводы обеспечивают скорость вращения от долей оборотов в минуту до 600 000 об/мин, то нетрудно одним

конструктивом магнитной системы перекрыть практически наиболее значимый диапазон биологических, биохимических и физиологических уровней ( $0 \div 10^4$  Гц). Нетрудно показать, что, комбинируя соответствующим образом на одном диске магнитоиды различных геометрических форм и размеров, удастся при изменении скорости вращения не только изменять значение центральной частоты генерируемых полей, но обеспечить увеличение полосы частот при росте частоты, в том числе и экспоненциально (в пределах одного оборота), что соответствует экспоненциальному закону протекания всех важнейших проявлений жизни. Благодаря этому вихревые магнитные поля могут стать биологически высокоактивным фактором на клеточном уровне.

Возможность изменять направление вращения привода в таких магнитных системах позволяет согласовать направление потоков электромагнитных полей с направлением потоков энергий и токов в медицине: можно достичь суммирования энергий и этим реализовать реакцию активации; можно также, используя встречное подключение (суммирование энергий в противофазе), обеспечить диспергирование соответствующего меридиана, развить седативный (успокаивающий, противоопухолевый или анальгетический) эффект, и это подтверждается в клинических исследованиях: при лечении заболеваний желудка, желчного пузыря необходимо правостороннее (по часовой стрелке) вращение привода; при лечении поджелудочной железы, печени необходимо левостороннее (против часовой стрелки) вращение и так далее.

### **3.6. АВТОМАТИЗАЦИЯ СЪЕМА СИГНАЛОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ С БИООБЪЕКТА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КВЧ- И МАГНИТОТЕРАПИИ**

В настоящем параграфе рассмотрены технические решения организации ОС при реализации биоуправляемой волновой терапии [43].

Наиболее эффективно соответствующие процедуры реализуются в виде биотехнической системы «аппарат–биообъект», замкнутой по излучению ЭМП и ОС от БО на аппарат, излучающий ЭМП. Сигнал ОС есть электрический сигнал с датчика, установленного на БО, адекватный по частоте, форме изменения сигнала и пр. физиологическим показателям организма, чаще всего – основным биоритмам, температуре тела и пр.

Сигнал ОС  $S_{OC}\{A, \omega, t\}$ , где  $A$  – амплитуда,  $\omega$  – частота,  $t$  – текущее время, характеризует в динамике степень отклонения от нормы  $N$  физиологических показаний организма БО при воздействии внешнего ЭМП:

$$S_{OC}\{A, \omega, t\} \neq S_N\{A, \omega, t\}. \quad (3.23)$$

Поэтому задачей биотехнической системы с ОС является динамическое отслеживание изменения  $var S_N\{A, \omega, t\}$  и динамическая же автома-

тическая перестройка характеристик излучаемого ЭМП  $\{\bar{E}, \bar{H}\} (P, f, F, \chi, t)$ , где  $P$  – мощность излучения,  $f$  – частота излучения (несущей),  $F$  – частота модуляции,  $\chi$  – киральность, то есть правая или левая поляризация, с тем, чтобы изменение  $var S_N \{A, \omega, t\}$  не выходило за диапазон нормы  $\Delta S_N \{A, \omega, t\}$  физиологических показаний.

Таким образом, работа биоуправляемой биотехнической системы волновой терапии описывается следующей схемой:

$$\begin{aligned} \{\bar{E}, \bar{H}\} (P, f, F, \chi, t) &\Rightarrow \text{БО} \Rightarrow var S_N \{A, \omega, t\} \Rightarrow S_{oc} \{A, \omega, t\} \Rightarrow \\ &\Rightarrow (\text{Устройство управления}) \Rightarrow var \{\bar{E}, \bar{H}\} (P, f, F, \chi, t) \Rightarrow \quad (3.24) \\ &\Rightarrow \text{БО} \Rightarrow \Delta S_N \{A, \omega, t\} \equiv S_N \{A, \omega, t\}. \end{aligned}$$

Общие принципы технической реализации (3.24) рассмотрены в § 2.1; в [33] разработана конструкция биоуправляемой системы КВЧ-терапии, в которой сигнал СОС снимается с электроэнцефалографа (по  $\alpha$ - $\Delta$ -ритмам и  $\beta$ -ритмам), подключенного к пациенту в течение всего сеанса терапии.

Используя разработанные в § 2.1 методы проектирования биоуправляемой аппаратуры полевой терапии и технические решения датчиков [43, 162–164], ниже рассматриваются наиболее эффективные способы организации ОС и реализации схемы (3.24).

На рис. 3.46 приведена функциональная схема биоуправляемого аппарата высокочастотной терапии и диагностики с температурной ОС. Аппарат работает в режиме локального излучения, то есть излучающая система (аппликатор) контактирует с поверхностью БО. Подобные устройства могут быть использованы в КВЧ-терапии, СВЧ-диагностике и СВЧ-гипертермии.

Устройство управления по сигналу температурной ОС обеспечивает контроль и автоматическое регулирование температуры облучаемого участка тела пациента в достаточно широком диапазоне изменений уровня мощности излучения.

В конструкции в качестве генераторного диода используется диод Ганна или лавинно-пролетный диод (в зависимости от диапазона используемых частот: СВЧ или КВЧ). Микрополосковый аппликатор состоит из экрана 10, подложки 11 и элемента связи 12; последний имеет кольцевую форму, то есть аппликатор есть кольцевая микрополосковая антенна.

При подаче на генераторный диод 4 от источника 23 питания номинального питающего напряжения в КР возбуждаются СВЧ-колебания, оптимальный по частоте и мощности режим которых устанавливается с помощью элементов 2 и 3 настройки. Через элементы развязки (вентиль, циркулятор) СВЧ-энергия поступает в КЛП 6, центральный проводник которой соединен с элементом 12 связи аппликатора, а наружный проводник линии – с металлическим экраном 10 аппликатора. Диэлектрическая

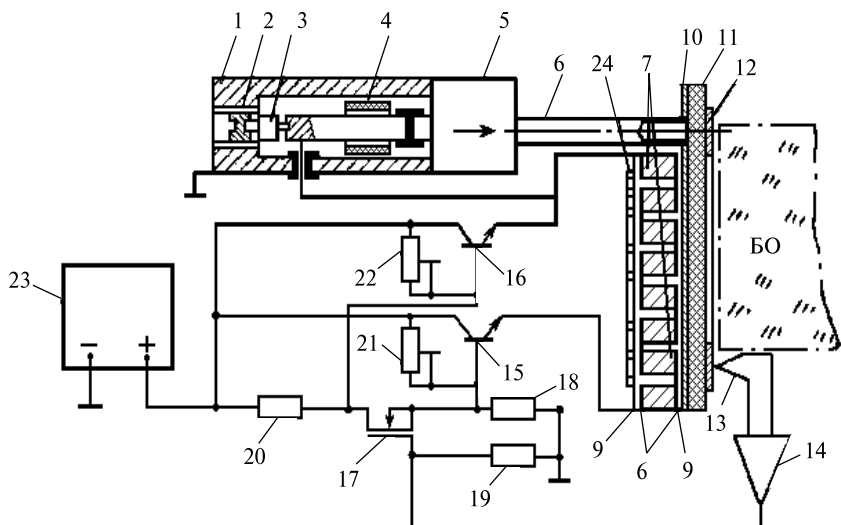


Рис. 3.46. Функциональная схема биоуправляемого аппарата высокочастотной терапии и диагностики с температурной обратной связью: 1 – коаксиальный резонатор (КР); 2, 3 – элементы настройки КР; 4 – генераторный диод; 5 – вентиль; 6 – коаксиальная линия передачи (КЛП); 7 – термоохладитель на эффекте Пельтье; 8 – контактные пластины; 9 – изолирующие пластины; 10 – металлический экран; 11 – диэлектрическая подложка; 12 – элемент связи; 13 – температурный датчик; 14 – усилитель постоянного тока (УПТ); 15, 16 – регуляторы тока на n-p-n-транзисторах; 17 – фазоинверсный усилитель на МОП-транзисторе; 18–22 – резисторы схемы; 23 – источник питания; 24 – радиатор

подложка 11 аппликатора, расположенная между элементом 12 связи и экраном 10 аппликатора, выполнена из материала с высокой теплопроводностью, например, из бериллиевой керамики. С помощью аппликатора СВЧ-энергия вводится в БО, при этом аппликатор имеет непосредственный контакт с облучаемым участком тела. Датчик 13 температуры, выполненный, например, в виде термопары, расположен на элементе 12 связи в плоскости его контакта с облучаемым участком тела и, таким образом, регистрирует изменения температуры тела, вызванные нагревом СВЧ-энергией, в месте контакта.

Ввиду высокой теплопроводности диэлектрической подложки температура на поверхности БО одинакова по всей площади аппликатора. Усиленное с помощью УПТ 14 напряжение сигнала с датчика 13 температуры поступает на затвор МОП-транзистора 17 фазоинверсного усилителя. Выходные напряжения с фазоинверсного усилителя, равные по величине, что достигается при равенстве сопротивлений резисторов 18 и 20, и противоположные по фазе, снимаемые с резисторов 18 (истоковый выход) и 20

(стоковый выход), поступают соответственно на базы *n-p-n*-транзисторов 15 и 16, выполняющих функции управляемых регуляторов тока. При этом на истоковом выходе напряжение находится в фазе с входным сигналом, а на стоковом – в противофазе. Режимы работы транзисторов 15 и 16 устанавливаются с помощью регулируемых резисторов 21, 22, а также с помощью выбора резисторов 18 и 20, величины сопротивлений которых должны быть равны, как указывалось выше, чтобы обеспечить равенство выходных напряжений с фазоинверсного усилителя на МОП-транзисторе 17. Регулятор тока на транзисторе 16 включен параллельно с соединенными последовательно регулятором тока на транзисторе 15 и термоэлектрическим охладителем 7. В цепи диода 4 протекает ток, соответствующий оптимальному генераторному режиму, и этот же ток протекает через транзистор 15 и термоэлектрический охладитель 7.

В рабочем режиме, когда температура облучаемого участка БО находится в пределах допустимой величины, через транзисторы 15 и 16 протекают токи, величины которых зависят от величины напряжения, подаваемого на их базы, а сумма указанных токов равна величине рабочего тока диода 4. При повышении температуры облучаемого участка тела, вызванном нагревом СВЧ-энергией, напряжение сигнала датчика температуры соответственно увеличивается, а, следовательно, изменится и величина напряжений, поступающих на базы транзисторов 15 и 16 с выходов фазоинверсного усилителя 17. Причем, так как напряжение, поступающее на базу транзистора 15, синфазно с напряжением датчика температуры, а напряжение, поступающее на базу транзистора 16, противофазно ему, то, соответственно, ток, протекающий через транзистор 16, уменьшится, а ток, протекающий через транзистор 15, увеличится на такую же величину. Соответственно, увеличится и ток, протекающий через термоэлектрический охладитель, а так как температура «холодной» стороны термоэлектрического охладителя, обращенной к участку БО, пропорциональна протекаемому току, то облучаемый участок тела охладится, а величина тока генераторного диода 4 не изменится, заданная частота генерации также не изменится.

При достижении нижнего допустимого значения температуры тока произойдет обратный указанному процесс: напряжение, снимаемое с датчика температуры, уменьшится, величина тока, протекающего через транзистор 15 и термоэлектрический охладитель, уменьшится, что приведет к повышению температуры стороны охладителя, обращенной к БО. При этом все указанные вариации токов обеспечивают постоянство тока через генераторный диод и неизменность частоты генерации. Съем тепла с горячей стороны термоэлектрического охладителя осуществляется радиатором 24.

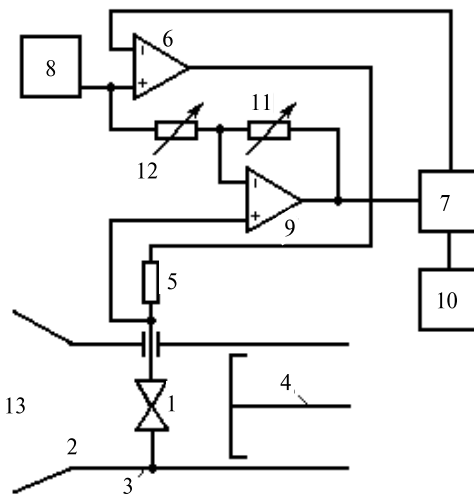
При всех несомненных достоинствах данного устройства биоуправляемой терапии следует помнить, что температура тела является интегративным показателем функциональной деятельности БО. Поэтому более

информативными в этом смысле сигналы ОС должны быть адекватными основным биоритмам организма. Первоочередно к таковым относятся частота сердечных сокращений (ЧСС) и внешнее дыхание.

На рис. 3.47 приведена функциональная схема организации ОС в КВЧ-терапии по показаниям ЧСС.

Рис. 3.47. Функциональная схема организации обратной связи в КВЧ-терапии по изменению частоты сердечных сокращений:

- 1 – полупроводниковый диод;
- 2 – волноводный резонатор (ВР);
- 3 – отрезок волновода;
- 4 – короткозамыкающий (КЗ) поршень;
- 5 – нагрузочный резистор;
- 6 – дифференциальный усилитель;
- 7 – разделительный фильтр;
- 8 – источник напряжения;
- 9 – второй дифференциальный усилитель;
- 10 – индикатор;
- 11, 12 – резисторы;
- 13 – рупорный излучатель



При подаче на диод 1 напряжения от источника напряжения диод возбуждается, а в ВР 2 генерируется сигнал КВЧ, который поступает на грудную клетку БО и локализуется в области сердечного толчка. За счет отражения от грудной клетки КВЧ-сигналов, поступающих на диод, режим его работы изменяется, изменяется значение тока, протекающего через диод, и на нагрузочном резисторе 5 выделяется переменное напряжение частоты  $F_1$ , соответствующей частоте дыхания, промодулированное по амплитуде с частотой  $F_2$ , равной частоте сердечных сокращений ( $F_2 > F_1$ ).

С одного отведения нагрузочного резистора 5 сигнал подается на неинвертирующий вход усилителя 9. Для выделения этого сигнала на его инвертирующий вход подается напряжение от источника напряжения, амплитуда которого регулируется резисторами 11 и 12 до уровня среднего значения переменного напряжения на частоте  $F_2$ , наложенного на колебания с частотой  $F_1$ . Поэтому выходное напряжение усилителя 9 пропорционально изменению положения части грудной клетки в области сердечного толчка на ЧСС. Разделительный фильтр 7 разделяет сигнал на две составляющие: одну – с частотой  $F_2$ , соответствующей ЧСС (полезный сигнал), которая поступает на индикатор, и вторую – с частотой  $F_1$ , равной частоте внешне-

го дыхания (ЧВД) (общее периодическое перемещение грудной клетки), которая поступает на инвертирующий вход усилителя 6, усиливается и в противофазе с исходным сигналом поступает на диод 1, устраняя модуляцию проводимости диода, обусловленную общим перемещением грудной клетки, вызванным внешним дыханием. Поэтому на индикатор поступает информация, строго связанная лишь с деятельностью сердечно-сосудистой системы, – ЧСС и их амплитуда, соответствующая эффективности кровенаполнения. Так как устройство на указанных частотах практически безынерционно, а частоты  $F_1$  и  $F_2$  сильно разнесены по величине, то значение полосы частот разделительного фильтра может быть выбрано таким, чтобы на индикаторе – осциллографе или самописце – можно было наблюдать все фазы, все детали процесса сердцебиения.

Таким образом, в устройстве используется бесконтактный метод съема сигнала обратной ОС, причем зондирующий КВЧ-сигнал не является тепловым ( $P < 1...3$  мкВт/см<sup>2</sup>). Положительным моментом является также безынерционность устройства.

На рис. 3.48 приведена функциональная схема организации ОС в КВЧ-терапии по контролю ЧВД. Рассмотрим принцип работы данной системы организации ОС.

В исходном состоянии при полностью введенном аттенуаторе 3 резонатор 4 (или генератор 8) подстраивается по частоте так, что на ин-

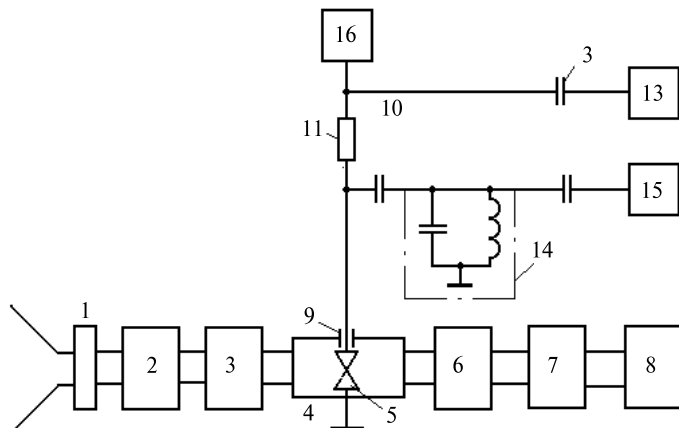


Рис. 3.48. Функциональная схема организации обратной связи в КВЧ-терапии по контролю внешнего дыхания: 1 – рупорный излучатель (антенна); 2 – фазовращатель; 3 – первый аттенуатор; 4 – двухходовый резонатор; 5 – полупроводниковый диод (детектор); 6 – вентиль; 7 – второй аттенуатор; 8 – КВЧ-генератор; 9 – третий фильтр низких частот (ФНЧ); 10 – первый ФНЧ; 11 – резистор; 12 – конденсатор; 13 – индикатор амплитуды; 14 – второй ФНЧ; 15 – индикатор частоты; 16 – источник постоянного напряжения



дикаторе 13 сигнала нет. При открытии аттенюатора 3 и при попадании КВЧ-сигнала на грудь пациента отраженный сигнал через антенну 1, фазовращатель 2, аттенюатор 3 вновь попадает в резонатор 4 и изменяет режим его работы – изменяется частота генерации и ток через диод детектора 5. Интенсивность изменений будет зависеть от частоты и глубины дыхания и может быть зафиксирована на индикаторах 13, 15.

При высокой добротности резонатора 4 изменения частоты  $\Delta\omega/\omega_p$  и изменения проводимости диода  $\Delta G/G_{L0}$  от перемещения грудной клетки будут связаны соотношениями:

$$\frac{\Delta G}{G_{L0}} = -2 - |\Gamma_H| \cos \varphi; \quad (3.25)$$

$$\frac{\Delta\omega}{\omega_p} = \frac{|\Gamma_H| \sin \varphi}{Q_{BH}}, \quad (3.26)$$

где  $\varphi = \arg |\Gamma_H| - \frac{2\omega}{c} [l_0 + V(t - t_0)]$ ;  $|\Gamma_H|$  – модуль коэффициента отражения электромагнитной величины от грудной клетки;  $Q_{BH}$  – внешняя добротность резонатора;  $\omega_p$  – резонансная частота;  $c$  – скорость распространения волны;  $l_0$  – расстояние между диодом и первоначальным положением грудной клетки ( $t = t_0$ );  $\Delta G = G_L - G_{L0}$ ,  $G_{L0} = G_L/\Gamma_H = 0$ ,  $|\Gamma_H| = 0$  – соответствует случаю, когда аттенюатор 3 полностью введен, отражений от грудной клетки нет.

Изменение тока через диод детектора 5 синхронно с изменением положения грудной клетки (или области сердечного толчка), и амплитуда изменения пропорциональна пути, проходимому подвижной поверхностью  $l_1 = V(t - t_0)$ .

Минимальные изменения частоты  $\Delta\omega/\omega_p$  достигаются в точках, где фаза отражений волны  $\varphi = 0$  или  $\varphi = \pi$ . Максимальные изменения тока  $\Delta I/\Delta\varphi$  и соответственно напряжение на резисторе 11 достигаются в точках, где фаза

отражения волны равна  $\frac{\pi}{2}$  и  $\frac{3\pi}{2}$ . Это означает, что пациент может занимать наиболее «физиологичное» для нормального дыхания положение, а высокую чувствительность прибора, высокую точность в определении параметров дыхания можно обеспечить регулировкой фазовращателя 2 без изменения взаимного положения пациента и устройства. На диод детектора 5 поступает сигнал от КВЧ-генератора 8. Поэтому на диоде детектора 5 производится смешение сигнала, отраженного от грудной клетки, и сигнала от генератора 8, и на ФНЧ 14 производится выделение сигнала, частота которого равна частоте изменения положения грудной клетки. Для того, чтобы изменения частоты резонатора 4 отслеживали изменения положе-

ния грудной клетки, необходимо избежать явления принудительной синхронизации, то есть надо удовлетворить соотношению:

$$\sqrt{P_1/P_2} \geq \frac{\Delta\omega}{\omega_p} Q_{\text{ВН}}, \quad (3.27)$$

где  $P_1$ ,  $P_2$  – мощность сигналов от резонатора 4 и генератора 8 соответственно.

Соответствующий этим условиям уровень сигнала регулируется аттенуатором 7, а клапан 6 предотвращает попадание сигналов из резонатора 4 в генератор 8 и обеспечивает стабильность его работы.

Такая взаимосвязь и взаимообусловленность признаков обеспечивает многофункциональность устройства, позволяет одновременно регистрировать частоту и глубину дыхания пациента, а также частоту сердцебиения и пульса, если использовать резонатор 4 и генератор 8, работающие в коротковолновой части КВЧ-диапазона.

Параметры устройства рассчитываются исходя из соотношений (3.25)–(3.27).

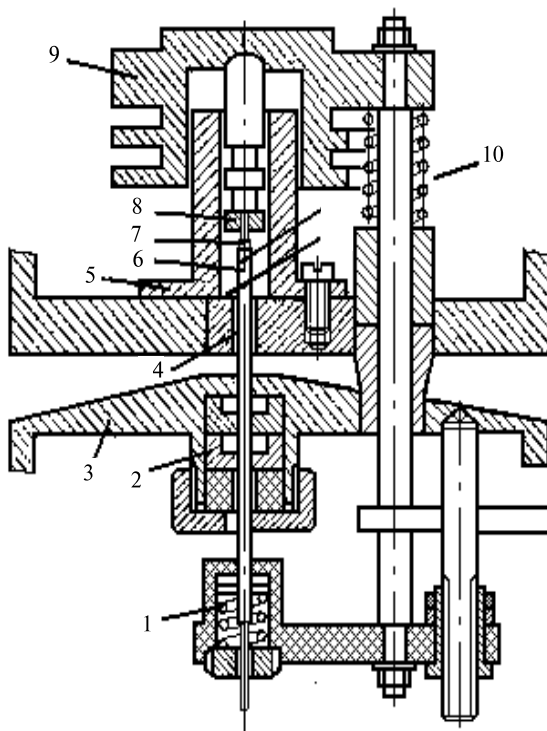
Наиболее ответственным узлом данного устройства является двухвходовой резонатор 4 (рис. 3.48). На рис. 3.49 приведена его конструкция.

Двухвходовой резонатор выполнен коаксиальным и образован внутренней поверхностью втулки 5, неподвижной торцевой стенкой 12, торцом подвижного органа 8 перестройки с закрепленным в нем анодом детектора, соединенного с диодом центрального стержня 6, проходящего через отверстие 4 связи в торцевой стенке 12, совмещаемой с широкой стенкой волновода 3. Подвижный орган 8 перестройки выполнен в виде цилиндрического бесконтактного волноводного короткозамыкателя, а неподвижная торцевая стенка 12 имеет толщину не более 1/4 минимальной рабочей длины волн резонатора 1. Цилиндрический бесконтактный волноводный короткозамыкатель соединен с радиатором 9. Напряжение от источника питания подается к диоду детектора через ФНЧ 7 и стержень 6.

Рассмотренный в параграфе подход к автоматизации съема сигналов обратной связи с БО (пациента) при реализации волновой терапии (КВЧ-терапии, СВЧ-диагностики и гипертермии, лазерной терапии, магнитотерапии) является плодотворным. Рассмотренные технические решения устройств организации ОС подтверждают сказанное. В свою очередь, создание управляемой аппаратуры полевой терапии с контролем параметров облучения БО по сигналам ОС позволяет качественно повысить эффективность большой гаммы клинических процедур физиотерапии, что важно для дальнейшего развития методов немедикаментозного лечения заболеваний по широкой их номенклатуре.

Прогнозируемые дальнейшие исследования по созданию биоуправляемой аппаратуры волновой терапии будут, по всей видимости, базировать-

Рис. 3.49. Конструкция коаксиального двухходового резонатора: 1 – резистор; 2, 7 – третий ФНЧ; 3 – широкая стенка волновода; 4 – отверстие связи; 5 – втулка; 6 – центральный стержень; 8 – подвижный орган перестройки (волноводный КЗ-цилиндр); 9 – радиатор; 10 – механизм перестройки резонатора; 11 – резонатор; 12 – торцевая стенка



ся, во-первых, на использовании физиологических показаний организма, несущих наибольшую информацию о процессах жизнедеятельности БО в норме и патологии, во-вторых, на разработке принципиально новых методов и средств полностью автоматизированного, бесконтактного съема информационных сигналов с БО.

## ГЛАВА 4. АППАРАТУРНАЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ ВОЛНОВЫХ МЕТОДОВ ТЕРАПИИ В СТОМАТОЛОГИИ

### 4.1. АППАРАТУРА, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДОЛОГИЯ ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ В СТОМАТОЛОГИИ

*Характеристика клинического материала.* Группу больных генерализованным пародонтитом составили 96 человек. Среди обследованных преобладали лица в возрасте 31–50 лет (75%). Две трети больных генерализованным пародонтитом имели возраст менее 40 лет (25% менее 30 лет и 43,7% – 31–40 лет). Распределение больных по полу было примерно равным: женщин 52,1%, мужчин – 47,9%. I степень тяжести генерализованного пародонтита диагностирована у 32 пациентов, I–II – у 40, II–III степень – у 24 обследуемых.

Диагноз генерализованного пародонтита устанавливался в соответствии с современной классификацией воспалительных и дистрофических заболеваний пародонта. Основными критериями для постановки диагноза служили клинические и параклинические признаки патологического процесса в пародонте и особенно рентгено-морфологические проявления генерализованного пародонтита.

Больные генерализованным пародонтитом I степени тяжести предъявляли жалобы на периодическую кровоточивость десен при чистке зубов, неприятные ощущения в деснах, зубные отложения и иногда неприятный запах изо рта.

При осмотре десневые сосочки и маргинальная десна в области нижних резцов и моляров обеих челюстей гиперемированы, слегка отечны, незначительно кровоточат при зондировании. Определялся десневой карман глубиной до 3,5 мм. У большинства больных имелись наддесневые зубные отложения в незначительном количестве, чаще на язычной поверхности

42 41 | 31 32 . На рентгенограмме отмечалось истончение компактной пластинки на вершинах межзубных перегородок, по-видимому, вследствие резорбции костной ткани.

При среднетяжелом генерализованном пародонтите (I–II степень) больные жаловались на значительную кровоточивость десен при чистке зубов и реже при приеме пищи, подвижность зубов и изменение их положения в зубном ряду, выделение гноя из-под края десны и запах изо рта, оголение шеек зубов и их повышенную чувствительность к термическим и химическим раздражителям. При осмотре десневые сосочки,

маргинальная и альвеолярная десна гиперемированы, с цианотичным оттенком, отечны, легко кровоточат при зондировании. У некоторых больных при пальпации из кармана выделялся гной. У большинства больных определялась подвижность I или II степени нескольких зубов. Имелись пародонтальные карманы глубиной 4–5 мм и более. Максимальная глубина пародонтальных карманов – 7 мм – определялась в области резцов нижней челюсти и моляров обеих челюстей. У 2 из 8 больных со среднетяжелым пародонтитом наблюдался валикообразный край

десны в области  $\frac{\quad}{44\ 43 \mid 33\ 34}$ .

При пародонтите тяжелой степени (II–III степень) клинические симптомы нарастают. Карманы имеют глубину 5–8 мм, подвижность зубов достигает II–III степени, отчетливо выражена травматическая артикуляция, резко снижена жевательная эффективность, обильны зубные отложения. Резорбция костной ткани альвеолярного отростка от 1/2 длины корня до полного отсутствия стенок лунки. Обострение ведет к усилению воспалительных явлений десны, разрастанию грануляций из карманов, увеличению гнойной экссудации, подвижности зубов, возникновению абсцессов.

У всех пациентов были проведены биофизические исследования: был определен дефицит электронормальности – различие электросопротивления БАТ чэн-цзян при смене полярности тестирующих токов; методом фотонной корреляционной спектроскопии была определена скорость микроциркуляции в десневых тканях и коэффициент отражения ЭМИ КВЧ десневой ткани. В качестве тестового участка был выбран участок, примыкающий к резцам в верхней челюсти. Эти биофизические параметры также характеризовали состояние пародонта у больных с различной степенью тяжести заболевания.

По клиническим характеристикам и течению болезни все больные были разделены на две однотипные и равноценные группы – контрольную и основную. Подбирались больные с идентичными клиническими проявлениями заболевания и с признаками остеопороза в межзубных альвеолярных перегородках. Столь тщательный отбор пациентов для исследования был продиктован желанием иметь две максимально стандартизированные группы наблюдаемых, у которых оценивались результаты различных способов комплексной терапии. У больных I группы (контрольной группы) осуществлялась традиционная комплексная терапия. Клинико-лабораторное обследование целесообразности использования ЭМИ КВЧ в комплексном лечении апробировалось у больных II (основной) группы (табл. 4.1, 4.2). Состояние пародонта по индексной оценке представлено в табл. 4.1, по биофизическим критериям – в табл. 4.2.

Таблица 4.1

**Средние значения состояния тканей пародонта у больных генерализованным пародонтитом (до лечения)**

Группы обследованных	ИГ по Greene-Vermillion (в балл.)	Pi по Russ�el	Кровоточивость по K�otzschke (в балл.)	Глубина карманов (мм)	Проба Шиллера–Писарева (в балл.)
Группа контроля (n = 12)	1,22 ± 0,09	0,19 ± 0,04	1,02 ± 0,02	–	–
Группа, получавшая традиционное лечение (n = 44)	1,89 ± 0,16	5,87 ± 0,38	2,93 ± 0,20	4,76 ± 0,30	2,4 ± 0,30
Группа, получавшая традиционное лечение + ЭМИ КВЧ (n = 52)	1,84 ± 0,16	5,91 ± 0,31	2,88 ± 0,24	4,80 ± 0,31	2,30 ± 0,20

Таблица 4.2

**Показатели микроциркуляции (V, рад/с), дефицита электронормальности (Δ R, %) и коэффициента отражения (|Γ|, отн. ед.) для десневой ткани (исходные данные)**

Клинические группы больных	V, рад/с	Δ R, %	Γ , отн. ед.
I степень тяжести, n = 32	18 ± 0,2	80	1,25 ± 0,1
I–II степень тяжести, n = 40	19 ± 0,2	90	1,28 ± 0,01
II–III степень тяжести, n = 24	19 ± 0,2	110	1,30 ± 0,05
Здоровые, n = 12	15 ± 0,5	20 ± 8	1,08 <sup>+ 0,2</sup> - 0,3

Таблица 4.3

**Содержание иммуноглобулинов (г/л) в венозной крови, ротовой жидкости и капиллярной крови у больных генерализованным пародонтитом (до лечения)**

Группы обследованных	Венозная кровь			Ротовая жидкость			Капиллярная кровь		
	IgA, г/л	IgM, г/л	IgG, г/л	IgA, г/л	IgM, г/л	IgG, г/л	IgA, г/л	IgM, г/л	IgG, г/л
Здоровые (n = 12)	1,78 ± 0,42	0,96 ± 0,24	10,95 ± 0,32	1,19 ± 0,03	1,41 ± 0,04	0,37 ± 0,03	–	–	–
Больные генерализованным пародонтитом, получавшие традиционную терапию (n = 44)	1,04 ± 0,06 p < 0,05	1,81 ± 0,08 p < 0,001	13,80 ± 0,58 p < 0,001	0,36 ± 0,13 p < 0,001	0,30 ± 0,08 p < 0,001	0,6 ± 0,09 p < 0,001	0,57 ± 0,17	0,24 ± 0,06	4,05 ± 0,29

Группы обследованных	Венозная кровь			Ротовая жидкость			Капиллярная кровь		
	IgA, г\л	IgM, г\л	IgG, г\л	IgA, г\л	IgM, г\л	IgG, г\л	IgA, г\л	IgM, г\л	IgG, г\л
Больные генерализованным пародонтитом, получавшие традиционное лечение + ЭМИ КВЧ (n = 52)	1,02 ± 0,22 p < 0,05 p <sub>1</sub> < 0,5	1,83 ± 0,08 p < 0,001 p <sub>1</sub> < 0,5	13,1 ± 0,7 p < 0,001 p <sub>1</sub> < 0,5	0,34 ± 0,1 p < 0,001 p <sub>1</sub> < 0,5	0,32 ± 0,08 p < 0,001 p <sub>1</sub> < 0,5	0,6 ± 0,09 p < 0,001 p <sub>1</sub> < 0,5	0,61 ± 0,17 p <sub>1</sub> < 0,5	0,26 ± 0,05 p <sub>1</sub> < 0,5	4,21 ± 0,2 p <sub>1</sub> < 0,5

*Примечание.* Приведенные значения p – по сравнению с группой контроля и p<sub>1</sub> – по сравнению с группой больных, выделенных для лечения традиционным методом.

Таблица 4.4

**Показатели системного иммунитета у больных с хроническим генерализованным пародонтитом до лечения**

Показатели	Больные, получавшие традиционное лечение (n = 44)		Больные, получавшие ЭМИ КВЧ (n = 52)		Норма	
	абс. (мм <sup>3</sup> )	%	абс. (мм <sup>3</sup> )	%	абс. (мм <sup>3</sup> )	%
Т-лимфоциты	989,6 ± 33,4***	49,9 ± 1,6**	1036,2 ± 22,2**	52,8 ± 0,5*	1265,1 ± 46,6	58,4 ± 2,2
Т-хелперы	651,1 ± 31,5**	31,9 ± 1,8**	738,6 ± 22,7*(1)	35,4 ± 1,1*(1)	876,3 ± 36,7	36,1 ± 1,6
Т-супрессоры	461,3 ± 21,9**	23,9 ± 1,8**	497,6 ± 12,6**	21,3 ± 1,4**	632,2 ± 35,3	15,6 ± 1,2
Т-активные	204,7 ± 22,7***	20,7 ± 1,3**	308,2 ± 22,1**	26,4 ± 0,5**	482,4 ± 35,7	37,2 ± 2,4
ЛТИ	19,1 ± 1,9**		12,5 ± 1,4***(1)		6,5 ± 0,9	
Иммунорегуляторный индекс (ИРИ)		1,5		1,9		2,3
В-лимфоциты	693,4 ± 21,1***	31,9 ± 2,5**	497,6 ± 12,6*	25,3 ± 1,4*	411,4 ± 15,6	20,6 ± 0,7
О-лимфоциты	996,4 ± 41,3**	44,6 ± 1,8*	893,1 ± 23,3*	40,6 ± 1,1	820,4 ± 23,6	39,1 ± 1,2

*Примечание.* \* – сравнение I и II с нормой, p < 0,05; \*\* – сравнение I и II с нормой, p < 0,01; \*\*\* – сравнение I и II с нормой, p < 0,001; (1) – сравнение I с II, p < 0,05.

Данные таблицы 4.1 свидетельствуют о том, что у больных генерализованным пародонтитом в обеих группах были практически равные изменения показателей всех клинических индексов.

Данные табл. 4.2 свидетельствуют, что у всех больных имелись серьезные изменения биофизических характеристик тканей пародонта, в частности, согласно методике четкой дифференцировки воспалительных и деструктивных процессов в тканях пародонта по характеру отклонений скорости микроциркуляции от нормы, у больных всех клинических групп по тяжести заболевания было отчетливо выражено наличие глубоких воспалительных процессов.

Количественный состав иммуноглобулинов венозной крови, ротовой жидкости и десневой крови до лечения отражен в табл. 4.3.

В результате сравнительного анализа содержания иммуноглобулинов в венозной и капиллярной крови установлено увеличение содержания IgA, IgM и IgG, а в ротовой жидкости – SIgA у больных пародонтитом по сравнению с контролем. В ротовой жидкости наиболее изменен уровень IgA и SIgA (в 3 раза). У больных в основных группах в капиллярной крови определялись IgA, IgM, IgG, в отличие от контрольной группы, где эти белки не определялись из-за незначительного количества капиллярной крови у здоровых людей без воспаления пародонта. Статистически достоверной разницы уровней иммуноглобулинов А, М и G в двух основных группах больных генерализованным пародонтитом до лечения не установлено ( $p < 0,5$ ).

Таким образом, у больных генерализованным пародонтитом до лечения наблюдались значительные нарушения гуморального звена местного иммунитета, проявлявшиеся в дисиммуноглобулинемии. Как уже указывалось выше, у больных генерализованным пародонтитом выявлено значительное снижение концентрации SIgA в ротовой жидкости и концентрации IgA. Данный дефицит антител может быть связан с выраженной дисфункцией слюнных желез, самой слизистой полости рта, нейтрофилами крови, что приводит к снижению концентрации IgA в ткани пародонта и нарушению местного синтеза, а также воздействием протеолитических ферментов, в избытке содержащихся в гнойном экссудате.

Уровни IgG и IgM имели противоположную направленность. До начала лечения концентрации IgG и IgM были достоверно выше уровня условной нормы. Подобные изменения уровней IgG и IgM могут являться компенсаторными в ответ на недостаток основных факторов иммунной защиты – IgA и SIgA.

Согласно данным, полученным до начала лечения, у больных генерализованным пародонтитом отмечалось значительное снижение уровня Т-лимфоцитов, который достиг  $989,6 \pm 33,4$  кл/мкл в абсолютных значениях и  $49,9 \pm 1,6\%$  в относительных, что было достоверно ниже по отношению к норме ( $p < 0,001$ ). В анализируемой группе больных минимальное значение составляло 375 кл/мкл, число с пониженным уровнем равнялось 96,8%.



В остальных случаях (у 3 больных) отмечались значения показателей, близкие к границе нормы (табл. 4.4).

При сопоставлении иммунологических показателей у отобранных в две группы больных генерализованным пародонтитом обнаружено развитие вторичного иммунодефицита одинаковой направленности. У больных генерализованным пародонтитом до лечения имелись дефицит Т-лимфоцитов, снижение Т-супрессорных и Т-активных клеток, увеличение Т-хелперов, была нарушена пролиферация лимфоцитов ингибиторами, содержащимися в плазме.

Глубокие нарушения, выявленные в Т-клеточном звене иммунитета у больных генерализованным пародонтитом, подтверждались характерными сдвигами содержания О-лимфоцитов, так как считается, что уровни этих популяций находятся в обратной корреляционной зависимости. До начала лечения среднее значение этого показателя было равно  $996,4 \pm 41,3$  для первой клинической группы и  $993,1 \pm 32,3$  кл/мкл для второй клинической группы, что было достоверно выше по сравнению с нормой ( $p < 0,01$ ).

Исследование уровня В-лимфоцитов, являющихся основой гуморального звена иммунитета, в крови больных генерализованным пародонтитом выявило достоверное повышение их уровня по сравнению с нормой, что указывало на гиперактивацию В-клеточного звена иммунитета (соответственно  $693,4 \pm 21,1$  и  $675,5 \pm 18,5$  против  $411,4 \pm 15,6$ ;  $p < 0,001$ ).

На поверхности В-клеток экспрессируется дифференцировочный антиген CD40, относящийся к тому же семейству молекул, что и фактор роста нервов, TNF и FAS. В некоторых случаях активация В-клеток возможна без участия Т-клеток. Так, бактериальный липосахарид в высоких концентрациях способен вызывать поликлональную активацию В-клеток. При этом антигенная специфичность иммуноглобулиновых рецепторов В-клетки не играет роли. При более низких концентрациях таких антигенов иммуноглобулиновые рецепторы пассивно концентрируют антиген на поверхности В-клетки, а собственная митогенная активность липосахаридов играет для В-клеток роль порогового сигнала. Некоторые линейные антигены, медленно деградирующие в организме и имеющие часто повторяющуюся антигенную детерминанту, также способны стимулировать В-лимфоциты без участия Т-клеток. Эти антигены длительное время персистируют на мембране и в цитоплазме специализированных макрофагов краевого синуса лимфатического узла, и маргинальной зоны селезенки. Эти антигены называются тимуснезависимыми антигенами типа II.

Таким образом, для апробации лечебного комплекса генерализованного пародонтита с использованием ЭМИ КВЧ отобраны пациенты, у которых наблюдались значительные нарушения местных автономных факторов резистентности в Т-клеточном звене иммунитета на фоне гиперактивации В-клеточного звена.

**Использованные методы исследования.** Проведено общепринятое клиническое обследование всех больных, которое включало анализ жалоб, анамнеза, местных изменений в зависимости от глубины пародонтальных карманов, их локализации и распространенности гнойно-воспалительного процесса, учитывалась торпидность к проводимой ранее терапии.

С целью получения более объективной картины обследования в процессе динамического наблюдения проводилась проба Писарева—Шиллера. В данной работе использовалась числовая оценка названий пробы. Ее параметры вычислялись в области каждого зуба: 0 — нет окраски; 1 — окрашен десневой сосочек; 2 — окрашена маргинальная часть десны; 3 — окрашена альвеолярная часть десны.

Сумму всех показателей делили на количество имеющихся зубов. Окончательный результат выражали в баллах.

У каждого обследуемого многократно (не менее 3 раз) определяли индекс гигиены по методу Ю.А. Федорова и В.В. Володкиной (1976). Учет времени образования гематом проводился по методу Н.Ф. Данилевского и Г.Н. Вишняк (1977). По их данным, при нормальной резистентности капилляров в области фронтальных зубов гематомы образуются за 30–50 секунд.

Состояние костной ткани пародонта оценивалось путем проведения внутриротовой контактной рентгенографии дентальным аппаратом 5Д-1, экспозиция 0,8–1,5 секунд. В соответствии с рекомендациями А.И. Рыбакова (1982) и В.С. Иванова (1989) проводили 2–3 снимка в области фронтальных зубов, премоляров и моляров, что давало возможность выявить изменение костной ткани в участках всех групп зубов. Оценку данных рентгенологического исследования производили исходя из особенностей рентген-анатомии строения пародонта у взрослых, описанных Е.И. Жибицкой и И.Г. Степановой (1980).

Для изучения морфологических особенностей течения инфекционного процесса в пародонте, а также регенерации проводили цитологические исследования. Мазки-отпечатки из пародонтального кармана готовили по методу М.П. Покровской и М.С. Макарова. На обезжиренное стерильное предметное стекло наносили мазки экссудата, полученного с десневой поверхности пародонтального кармана. Мазки высушивали на воздухе, фиксировали в течение 15 минут в смеси Никифорова (смесь равных количеств спирта и эфира), затем окрашивали азур-эозином по Романовскому—Гимзе и изучали в световом микроскопе с иммерсионной системой. Исследования проводили до лечения, на третьи, пятые, седьмые сутки лечения, через 1, 3, 6 и более месяцев после проведенной комплексной терапии. Функционально-метаболическую активность нейтрофилов, содержащихся в мазках-отпечатках, в эти же сроки оценивали с помощью теста восстановления нитросинего метрозолия.

Исследование гуморального местного иммунитета и неспецифической резистентности состояло в определении активности лизоцима в смешанной слюне, содержания лактоферрина в капиллярной крови методом радикальной иммунодиффузии в геле с моноспецифическими сыворотками фирмы *Behringwerke* (Германия) (*Mancini*, 1965). Этим же способом изучали концентрацию в нестимулированной слюне секреторного иммуноглобулина А и содержание иммуноглобулинов А, М, G. При этом в работе использовали стандартные сыворотки производства Московского НИИ вакцин и сывороток.

Содержание Т-лимфоцитов определяли методом спонтанного розеткообразования. На мембране Т-лимфоцитов имеются характерные антигенные маркеры, отличающие эту популяцию от других лимфоидных клеток. Кроме того, Т-лимфоциты несут рецептор для эритроцитов барана (этот рецептор характерен только для Т-клеток человека). Благодаря данному рецептору Т-лимфоциты в смеси с эритроцитами барана образуют характерные фигуры розеток. Количество таких розеткообразующих клеток (Е-РОК) соответствует количеству Т-лимфоцитов, для которых характерна экспрессия на поверхности CD2 антигена. Обогащенные лимфоцитами пробы крови в течение часа инкубировали с бараными эритроцитами. Результат подсчитывали в мазке микроскопически на 200 клеток.

Соотношение теофиллинрезистентных (хелперно-индукторных) и теофиллинчувствительных (супрессорно-киллерных) клеток определяли методом Лебедевой и Понякина путем инкубации проб с теофиллином (фармацевтическая форма). Принцип метода заключается в том, что в присутствии теофиллина Т-лимфоциты с супрессорной функцией теряют способность к Е-рокеткообразованию. Такие клетки получили название теофиллинчувствительных (ТЧ). Так называемые теофиллинрезистентные (ТР) клетки в значительном проценте случаев содержали субпопуляцию Т-лимфоцитов с хелперной активностью. Показатель ТР/ТЧ в норме составляет 2,0–3,0. Ход исследований и анализ результатов аналогичен вышеизложенному.

Определение содержания лимфоцитов (ЕАС-РОК) проводили по методу *Shore* (1987) с использованием в качестве субстрата эритроцитов мыши. Схема исследования аналогична предыдущим.

Для выявления состояния процессов метаболизма в пародонтальных тканях, опосредованно через перекисное окисление липидов и функциональную активность антиоксидантной защиты, определяли содержание и уровень малонового диальдегида (И.Д. Стальная, Т.Г. Гаришвили, 1977); восстановленной и окисленной форм глутатиона по методу Вудворта и Фрея в микромодификации М.С. Чупковой, аскорбиновой кислоты в смешанной слюне по Д.К. Шапиро. Оценку состояния кровотока в мик-

роциркуляторном звене сосудистого русла проводили с использованием лазерной доплеровской фотон-корреляционной спектроскопии.

Оценку функционального состояния акупунктурных зон, проецирующихся на пародонт, определяли посредством измерения меры симметрии прямой и обратной электропроводности указанных БАТ и РГЗ, имея в виду, что соответствующие БАТ на теле человека с неизменными тканями пародонта (здорового человека) должны иметь одинаковые значения проводимости при действии на эти точки отрицательного и положительного тока, и мера отличия этих значений прямо связана с глубиной патологии.

Указанные исследования были проведены с использованием универсального вольтметра В7-27, обеспечивающего в режиме «Измерение сопротивления» предельно малые (субмикронные) токи и не изменяющие энергетику БАТ при проведении измерений.

Биофизические характеристики тканей пародонта, характеризующие меру их деструктурированности (глубину патологии), контролировали посредством измерения коэффициента отражения тканями ЭМВ, имея в виду, что для структурированной биоткани характерны малые отражения для когерентных ЭМВ.

В качестве источника когерентного электромагнитного излучения использовался аппарат КВЧ-терапии, разработанный на основе базового генераторного модуля, рассмотренного в § 3.1.

Проводимая комплексная терапия генерализованного пародонтита у всех больных оценивалась также с помощью клинико-рентгенологических и лабораторных методов с целью определения эффективности проводимого лечения и выявления возможных причинных факторов, препятствующих купированию воспалительного процесса в пародонте, не устраняющегося традиционным лечением.

Все больные были обучены гигиене полости рта, им проводилась санация, одонтогистологическое тщательное удаление зубных отложений с последующей противовоспалительной терапией (антисептическая обработка 0,02% раствором хлоргексидина, наложение 0,5% этониевой пасты под парафиновые повязки). В качестве общего лечения больные получали метацил по 0,5 г три раза в день, токоферол-ацетат по 0,5 г три раза в день, аскорбиновую кислоту по 0,3 г три раза в день на протяжении 20–25 дней.

Больным основной группы (52 человека) дополнительно в комплексную терапию генерализованного пародонтита включали использование ЭМИ КВЧ.

Лечебные процедуры, связанные с применением электромагнитной терапии, проводили с применением оригинальной методики – аппарата КВЧ-терапии, целенаправленно разработанного для использования в комплексном лечении стоматологических заболеваний.

При его конструировании были учтены мотивы, изложенные в г. 2, 3, а именно: а) в аппарате генерируется высококогерентный монохроматический сигнал, что исключает возникновение побочных эффектов, способствует повышению, по сравнению с другими аппаратами данного типа, биологического и терапевтического эффекта; б) в аппарате обеспечена возможность АМ-излучения на частоте основных биоритмов человека и их гармоник, в том числе синхронизирование по фазе с биоритмами, что увеличивает число биотропных параметров и повышает лечебную эффективность; в) в аппарате обеспечена возможность регулировки интенсивности ЭМИ, что позволяет проводить нетравмирующую дифференцировку приемлемости КВЧ-терапии для конкретного пациента, имея в виду наличие не изученного пока механизма гиперчувствительности организма некоторого количества людей к ЭМИ КВЧ; г) в аппарате обеспечена возможность в автоматическом режиме поочередной во времени подачи ЭМИ со значительно различающимися интенсивностями излучения и с регулируемой мерой этого отличия, что позволяет подобрать режим работы аппарата для конкретного пациента с учетом индивидуальных особенностей его организма; д) в аппарате обеспечена возможность подачи ЭМИ непосредственно на ткани пародонта с почти полным согласованием ИАС с тканями пародонта и контроля этого согласования, что дает возможность динамического наблюдения изменений биофизических характеристик тканей, связанных с ее структурными свойствами, и за ходом лечебного процесса; е) конструкция излучателя позволяет точно нацеливать излучение на рефлексогенные зоны, расположенные в полости рта (рис. 2.1), и осуществлять совмещенную терапию стоматологического и сопутствующих (фоновых) заболеваний. Хорошее согласование источника излучения с биотканью обеспечивает приемлемые метрологические характеристики в части интенсивности излучения в биоткани, контроль которого существенно затруднен в случаях традиционного использования рупорных излучателей в силу значительных отражений ЭМИ КВЧ от объекта (50–80%) и неравномерного распределения излучения на поверхности БО.

Аппарат КВЧ-терапии состоит из двух блоков – генераторного и блока питания и управления, связанных между собой электрическим гибким кабелем (рис. 4.1, а). На рис. 4.1, б–г показаны другие конструктивные варианты разработанных для применения в стоматологии аппаратов КВЧ-терапии.

Перед началом проведения процедур определялась приемлемость КВЧ-терапии для конкретного пациента. Имеются патологии, пока не установленные, сопровождающиеся чрезвычайно высокой чувствительностью к ЭМП (гиперчувствительностью), для которых КВЧ-терапия противопоказана. Даже при очень малых уровнях мощности у больных данной категории наблюдается тремор рук, озноб, резкая боль в каком-нибудь органе.

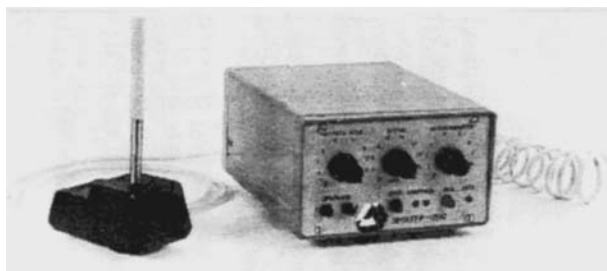


Рис. 4.1, а.  
Общий вид аппарата  
КВЧ-терапии,  
используемого  
для лечения  
стоматологических  
заболеваний

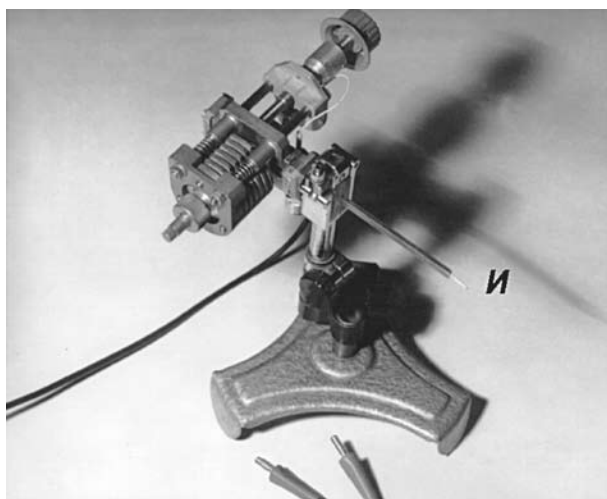


Рис. 4.1, б.  
Устройство  
КВЧ-терапии  
с механической  
перестройкой  
частоты в диапазоне  
32÷54 ГГц  
(И – диэлектрический  
излучатель

Из 132 предварительно обследованных пациентов у четырех наблюдались вышеуказанные симптомы.

Указанную дифференцировку осуществляют следующим образом. В непрерывном режиме работы аппарата КВЧ-терапии (режим «НГ») устанавливают мощность излучения, минимально возможную в используемом аппарате, равную 10 мкВт, излучатель направляют на десневую ткань в области резцов (эта область пародонта наиболее чувствительна к физическим полям) и медленно повышают мощность до 10 мВт. Если в течение 2–3 минут после установки такого значения мощности пациент не испытывает неприятных ощущений, то КВЧ-терапия ему не противопоказана.

Затем, перед началом проведения самой лечебной процедуры в соответствии с изложенной ранее методикой, измеряют меру дефицита электро-нормальности точки *чэн-цзян*, которая, как выясилось экспериментально, в наибольшей мере отражает энергетику пародонта. Разницу измеренных значений тока в «прямом» и «обратном» направлениях, отнесенную к со-

Рис. 4.1, в.  
Устройство для КВЧ-терапии  
(один из конструктивных вариантов исполнения)

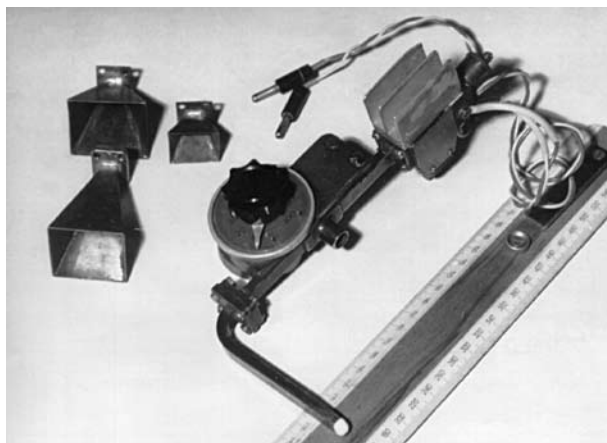
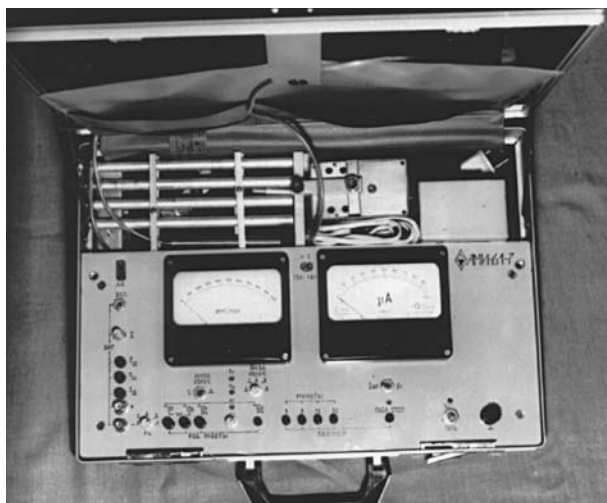


Рис. 4.1, г.  
Устройство  
КВЧ-терапии со  
средней частотой  
излучения 61,135 ГГц  
с биотехнической  
обратной связью по  
кардиоритму (общий  
вид прибора)



противлению в прямом направлении и оцениваемую в процентах, заносят в карточку данного пациента. Такие измерения и запись проводят после каждой лечебной процедуры.

Так как параметры согласующего устройства в излучателе аппарата выбраны при конструировании из среднестатистических измерений для группы пациентов и изменены в процессе эксплуатации уже не могут, то для конкретного пациента перед первой процедурой, после первой и всех последующих процедур измеряют коэффициент отражения участка пародонта. При генерализованном пародонтите в качестве тестового участка

выбирается участок, примыкающий к резцам в верхней челюсти; при локализованном пародонтите — в пораженном участке пародонта. Коэффициент отражения  $|\Gamma|$ , характеризующий состояние тканей пародонта, — это отношение мощности, отраженной от десневой ткани  $P_{отр}$ , к падающей на биоткань мощности  $P_{пад}$ . Величина падающей мощности указана на шкале органа регулировки мощности аппарата. Отраженную мощность оценивают по значению тока в амплитудном детекторе, подключенном к третьему плечу циркулятора, с известным коэффициентом передачи детектора. Данные этих измерений также заносят в учетную карточку пациента. Рекомендуемая для указанных измерений величина падающей мощности  $P_{пад} = 1$  мВт, а так как апертура излучателя (эффективная площадь) равна около  $1 \text{ см}^2$ , то это соответствует плотности потока мощности  $1 \text{ мВт/см}^2$ .

Аналогично, до и после первой процедуры и после всех последующих процедур, измеряют скорость микроциркуляции и также заносят эти данные в учетную карточку пациента.

С помощью датчика измерения частоты сердечных сокращений (ЧСС) или датчика частоты внешнего дыхания (§ 3.6) измеряют один из указанных параметров. Затем выходной сигнал с датчика либо подают непосредственно на управляющий вход амплитудного модулятора в блоке питания и управления аппарата, либо указанное значение частоты выставляют с помощью ручки установки частоты модуляции. Причем измеренное значение ЧСС выставляют в соотношении 1:1 либо 1:10 (умножают на 10), измеренное значение частоты внешнего дыхания выставляют в соотношении 1:10 либо 1:20. Устанавливают прерывистый режим работы. Исходная глубина модуляции — 1...2%. Затем увеличивают глубину модуляции излучения до появления приятных ощущений в полости рта или во внутренних органах, чаще всего в области мочевого пузыря, если излучатель установлен в области резцов. Сопоставив топологию «откликающегося» участка (участков) пародонта с картографией расположения электрорецепторных полей в полости рта (рис. 2.1), установить из бесед с пациентом возможное наличие у него жалоб на иные, кроме стоматологического, заболевания или рекомендовать ему соответствующее обследование у других специалистов.

**Процедура лечения.** Простерилизованный цилиндрический диэлектрический излучатель пациент, удерживая генераторный модуль в руке, вводит в преддверие полости рта до обеспечения механического контакта торца излучателя с тканью пародонта. Медленно передвигает излучатель, ориентированный так, чтобы он был перпендикулярен поверхности облучаемого участка в месте контакта, по передней складке поочередно в верхней и нижней челюсти по 5 минут с тем, чтобы продолжительность воздействия в одном сеансе была в пределах 25–35 минут в зависимости от тяжести заболевания. Больные при лечении испытывают положительные эмоции,



первоначально болевые ощущения переходят в приятные ощущения в больном органе. При этом следует отметить: в области какого зуба будут наблюдаться те или иные ощущения во внутренних органах (здоровые органы на воздействие не «откликаются»), и этот участок пародонта подвергнуть воздействию дополнительно в течение 10–15 минут. В последующие сеансы процедуру следует начинать с облучения этого участка.

Для больных II–III степени тяжести заболевания на БАТ *чэн-цзянь, хэ-гу, цзя-че* в каждом сеансе по 10–12 минут дополнительно воздействовали ЭМИ с использованием специального излучателя, совмещенного с ИАС аппарата КВЧ-терапии, который в своем составе имел постоянный кольцевой магнит, непосредственно примыкающий к биоткани (§ 3.4), или (попеременно) излучателя, также совмещаемого с ИАС, который обеспечивал с помощью микроэлектронного охладителя понижение температуры биоткани в месте введения ЭМИ КВЧ с обеспечением в автоматическом режиме строго заданной температуры в интервале + 2... + 10°C.

Курс лечения состоял из 15–18 сеансов, в зависимости от тяжести заболевания. Повторные, противорецидивные и профилактические по 5–6 сеансов курсы лечения проводят через 3, 6, 12 месяцев – по обращаемости.

Одним из первых критериев, согласно которым определяли положительный эффект проводимого лечения, были уменьшение или исчезновение кровоточивости и гиперемии десен, выделений из пародонтальных карманов. Наряду с этим отмечались изменения функционального состояния зубов (улучшение их статики), наблюдались в отдаленные сроки положительная рентгенологическая динамика.

В зависимости от динамики клинических данных к концу лечения больные генерализованным пародонтитом, леченные традиционным комплексным методом, распределились по группам:

- «клиническое купирование воспаления» – у больных с отсутствием субъективных и объективных признаков воспаления и нормализацией лабораторных показателей;
- «улучшение» – больные, у которых отмечены улучшение степени гиперемии, кровоточивости, выделений из пародонтального кармана, улучшение лабораторных показателей, однако полной нормализации клинико-лабораторной картины не наблюдалось;
- «низкая эффективность» – означало, что проводимое лечение оказалось низкорезультативным и выраженных изменений в течении генерализованного пародонтита не наблюдалось.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием теста Стьюдента по программе, разработанной для микроЭВМ «Электроника» МК-61, а также с помощью специальных методов, разработанных в § 2.5.

## 4.2. ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ КВЧ-ТЕРАПИИ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ГЕНЕРАЛИЗОВАННОГО ПАРОДОНТИТА

С учетом исходных результатов клинического исследования, состояния микроциркуляторных процессов, параметров иммунного статуса и состояния перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы у 96 больных генерализованным пародонтитом проводилась сравнительная клиническая и лабораторная оценка эффективности применяемых лечебных комплексов. С этой целью больные были разделены на две группы, равноценные по возрасту, полу, протяженности и тяжести патологического процесса и имеющие однородные исходные рентгенологические и лабораторные данные. Больные первой группы (44 человека) получали традиционную терапию; больные второй клинической группы (52 человека) наряду с базисной терапией дополнительно получали сеансы КВЧ-терапии.

*Основные результаты клинико-лабораторных исследований эффективности традиционной терапии генерализованного пародонтита.* Целью настоящего подраздела является анализ клинических результатов традиционной терапии для сопоставления с результатами КВЧ-терапии.

У лиц, страдающих генерализованным пародонтитом, получавших традиционную терапию, наблюдалось исчезновение основных симптомов в среднем к 10–12-му дню от начала проводимого лечения. Лица с клиническим выздоровлением составили 52,3%, улучшение отмечалось у 22,7% больных, однако у 25% лиц данной группы эффективность лечения была низкой. Среднее количество манипуляций составило 12,9, продолжительность лечения в терапевтическом кабинете не менее 2 недель.

Под влиянием комплексной традиционной терапии улучшились клинические параметры проб и тестов, характеризующих активность течения воспалительно-деструктивного процесса в пародонте – ИГ по *Greene-Vermillion*, *Pi* по *Russel*, кровоточивость по *Kötzschke*, проба Шиллера–Писарева (соответственно до  $1,41 \pm 0,15$ ;  $3,66 \pm 0,3$ ;  $2,39 \pm 0,2$  и  $1,2 \pm 0,2$  против  $1,89 \pm 0,16$ ;  $5,87 \pm 0,38$ ;  $2,93 \pm 0,20$ ;  $2,4 \pm 0,3$ ;  $p > 0,001$ ).

Проводимое традиционное лечение привело к значительным изменениям в клеточном составе (табл. 4.5): нейтрофильные лейкоциты в 52,3% случаев встречались в виде единичных неизмененных клеток, в основном у больных с ликвидированным воспалением в тканях пародонта, однако в 31,8% наблюдений определялись в поле микроскопа в виде сплошных полей и в 15,9% случаев в виде многочисленных, иногда группами (++).

Количество клеток плоского эпителия также уменьшилось, число наблюдений, когда они встречались в виде многочисленных (++) , составило 36,3%, в 11 (25%) случаях определялись в значительном количестве (+++).

Таблица 4.5

**Динамика клеточного состава содержимого пародонтальных карманов  
у больных генерализованным пародонтитом,  
леченных традиционным методом (n = 44)**

Клеточный состав	Мазки-отпечатки пародонтальных карманов					
	до лечения			после лечения		
	+	++	+++	+	++	+++
Нейтрофильные лейкоциты	$\frac{2}{4,6}$	$\frac{6}{13,6}$	$\frac{36}{81,8}$	$\frac{23}{52,3}$	$\frac{7}{15,9}$	$\frac{14}{31,8}$
Эритроциты	29/65,9	3/6,8	—	18/40,9	—	—
Эпителий плоский	$\frac{14}{31,9}$	$\frac{24}{54,5}$	$\frac{6}{13,6}$	$\frac{17}{38,6}$	$\frac{16}{36,3}$	$\frac{11}{25}$
Эпителий цилиндрический	—	—	—	$\frac{25}{56,8}$	—	—
Эозинофилы	34/77,3	—	—	18/40,9	—	—

Цилиндрический эпителий был обнаружен в 25 (56,8%) случаях в виде единичных отдельных клеток, что являлось прогностически благоприятным признаком и указывало на наличие восстановительных процессов в тканях пародонта. Отсутствие цилиндрического эпителия более чем в 40% случаев, наоборот, подтверждает недостаточную эффективность традиционной терапии.

Недостаточную эффективность традиционной терапии подтверждают и биофизические исследования: к 10–12-му дню от начала лечения, когда исчезали основные симптомы заболевания, скорость микроциркуляции снижалась от исходных значений ( $18_{-0,9}^{+0,1} \cdot 10^3$  рад/с при норме  $15,2 \pm 0,3 \cdot 10^3$  рад/с (т. е. наблюдалась тенденция к нормализации) лишь на 5–10% от исходной, а нормализация наступала к 17-му дню для больных I и I–II степени тяжести заболевания и к 20-му дню – для больных II–III степени тяжести, или увеличивалась (с примерно  $11,9 \cdot 10^3$  рад/с, если в исходном состоянии имели место дистрофические процессы или явления склеротизации). Изменения коэффициента отражения ЭМИ КВЧ десневой ткани были спорадическими и проявлялись только у больных I степени тяжести заболевания, что свидетельствовало о существенной деструктурированности тканей пародонта – слизистой, подслизистой, стенок кровеносных сосудов. Дефицит электронормальности практически не претерпевал существенных изменений: недостоверным ( $p > 0,05$ ) было уменьшение дефицита электронормальности лишь у больных I–II степени тяжести заболевания.

Выяснилось также, что непосредственные результаты традиционной комплексной терапии у больных генерализованным пародонтитом зависели от степени нормализации параметров свободнорадикального окисления липидов и антиоксидантных процессов.

Таким образом, согласно результатам тестов и проб, биофизических и цитологических исследований, традиционное комплексное лечение в

большинстве случаев генерализованного пародонтита оказалось успешным и привело к нормализации воспалительных изменений в пародонте у большей части обследованных больных. Однако в ряде случаев результаты исследования указывали на неполное завершение воспаления, что, вероятнее всего, могло быть связано с нарушениями иммунного статуса как всего организма, так и местной иммунологической реактивности (табл. 4.6).

После традиционного лечения наблюдалась тенденция к снижению уровня О-лимфоцитов у больных данной группы до  $893,1 \pm 23,3$  кл/мкл, однако данное значение было достоверно выше уровня нормы ( $p < 0,05$ ). Таким образом, при генерализованном пародонтите нами наблюдались значительные нарушения в Т-клеточном звене иммунитета на фоне гиперактивации В-клеточного звена, причем традиционная терапия не привела к улучшению данных иммунологических параметров. Высокие значения уровня О-лимфоцитов в крови косвенно подтверждают угнетения Т-клеточного звена, так как, согласно исследованиям О.И. Коноплева (1987), имеется обратная корреляционная зависимость между уровнями Т- и О-лимфоцитов.

После традиционного лечения наблюдалось достоверное повышение значений секреторного IgA до  $18,6 \pm 0,9$  мг% ( $p < 0,05$ ), уровень IgA остался практически без изменений, уровень IgG также несколько снизился до  $42,4 \pm 1,6$  мг% ( $p < 0,01$ ), а уровень IgM – до  $61,1 \pm 2,4$ . Необходимо отметить, что концентрации секреторного IgA и IgA крови и ротовой жидкости оставались измененными и были достоверно ниже значений нормы (табл. 4.7).

Таблица 4.6

**Динамика показателей иммунитета у больных генерализованным пародонтитом до и после традиционного лечения**

Показатели	До лечения I	
	абс. (мм <sup>3</sup> )	%
Т-лимфоциты	$989,6 \pm 33,4^*$	$50,3 \pm 1,7^*$
Т-хелперы	$651,1 \pm 31,5^{***}$	$31,7 \pm 0,7^{**}$
Т-супрессоры	$461,3 \pm 21,9^{***}$	$23,7 \pm 1,2^{***}$
Т-активные	$204,7 \pm 22,7^{***}$	$24,2 \pm 0,6^{***}$
ЛТИ	$19,1 \pm 1,9^{**}$	
Иммунорегуляторный индекс (ИРИ)		1,3
В-лимфоциты	$693,4 \pm 21,1^{**}$	$27,7 \pm 1,2^*$
О-лимфоциты	$996,4 \pm 41,3^{**}$	$44,6 \pm 1,8^*$
	После лечения II	
Т-лимфоциты	$984,6 \pm 31,1^{***(2)}$	$47,7 \pm 5,1^{** (2)}$
Т-хелперы	$667,8 \pm 26,6^{***(2)}$	$32,4 \pm 0,9^{***(2)}$
Т-супрессоры	$409,6 \pm 13,4^{***}$	$23,4 \pm 0,3^{**}$
Т-активные	$189,4 \pm 19,3^{***}$	$21,4 \pm 0,7^{**}$
ЛТИ	$20,9 \pm 2,3^{***(2)}$	

Показатели	До лечения I	
	абс. (мм <sup>3</sup> )	%
Иммунорегуляторный индекс (ИРИ)		2,1
В-лимфоциты	675,5 ± 18,5***	29,7 ± 2,3**
О-лимфоциты	993,1 ± 32,3*** <sup>(2)</sup>	42,6 ± 1,1*
	Норма	
Т-лимфоциты	1265,1 ± 46,6	58,4 ± 2,2
Т-хелперы	876,3 ± 36,7	36,1 ± 1,6
Т-супрессоры	632,2 ± 35,3	15,6 ± 1,2
Т-активные	482,4 ± 35,7	37,2 ± 2,4
ЛТИ	6,5 ± 0,9	
Иммунорегуляторный индекс (ИРИ)		2,3
В-лимфоциты	411,4 ± 15,6	20,6 ± 0,7
О-лимфоциты	820,4 ± 23,6	39,1 ± 1,2

*Примечание.* \* – сравнение I и II с нормой,  $p < 0,05$ ; \*\* – сравнение I и II с нормой,  $p < 0,01$ ; \*\*\* – сравнение I и II с нормой,  $p < 0,001$ ; (2) – сравнение I с II,  $p < 0,05$ .

Несмотря на большую сложность физиологических механизмов, обеспечивающих постоянство внутренней среды организма, кардинальным признаком нормальной работы иммунной системы после комплексного лечения является, скорее всего, соотношение между иммунорегуляторными субпопуляциями Т-лимфоцитов с характеристикой их функциональной активности. Предлагаемая концепция о соотношении двух главных субпопуляций Т-лимфоцитов – Т-хелперов и Т-супрессоров при пародонтите – находит конкретное подтверждение при анализе имеющихся данных.

Таблица 4.7

**Динамика показателей локального иммунитета у больных  
генерализованным пародонтитом до и после традиционного лечения**

Классы иммуноглобулинов	До лечения (n = 44)	После лечения (n = 44)	Норма
Сывороточные (капиллярная кровь)			
IgA (г/л)	1,04 ± 0,06***	1,44 ± 0,09	1,78 ± 0,42
IgG (г/л)	13,8 ± 0,08***	11,5 ± 0,1*	10,95 ± 0,32
IgM (г/л)	1,72 ± 0,2	1,51 ± 0,2*	0,96 ± 0,24
В смешанной слюне			
SIgA (г/л)	0,30 ± 0,08***	0,6 ± 0,07** <sup>(1)</sup>	1,41 ± 0,04
IgA (г/л)	0,36 ± 0,13***	0,7 ± 0,12***	1,9 ± 0,03
IgG (г/л)	0,6 ± 0,09***	0,4 ± 0,09*** <sup>(2)</sup>	0,37 ± 0,03
IgM (г/л)	1,04 ± 0,02***	0,81 ± 0,02 <sup>(1)</sup>	–

*Примечание.* \* – сравнение I и II с нормой,  $p < 0,05$ ; \*\* – сравнение I и II с нормой,  $p < 0,01$ ; \*\*\* – сравнение I и II с нормой,  $p < 0,001$ ; (1) – сравнение I с II,  $p < 0,05$ ; (2) – сравнение I с II,  $p < 0,01$ .

**Клинико-лабораторное исследование эффективности КВЧ-терапии в комплексном лечении генерализованного пародонтита.** Комплексное лечение генерализованного пародонтита с использованием ЭМИ КВЧ проводилось у 52 человек. После санации полости рта и обучения гигиене всем больным проводилось тщательное удаление зубных отложений с последующей противомикробной и противовоспалительной терапией (антисептическое полоскание 0,02% раствором хлоргексидина, наложение пародонтальных повязок на основе 1% этония).

В качестве общего лечения больным назначали метацил, токоферол-ацетат, аскорбиновую кислоту в общепринятых дозах (по 0,5 г три раза в день) на протяжении 20–25 дней.

38 больным генерализованным пародонтитом, имеющим пародонтальные карманы глубиной от 4 до 7 мм, содержащие грануляции и гнойный экссудат, проводили кюретаж. Отсутствие у остальных больных названных показаний к хирургическому методу ликвидации пародонтальных карманов служило мотивацией к тому, чтобы не проводить как закрытый, так и открытый (лоскутные операции) кюретаж.

Наряду с описанными выше местными и общими вмешательствами, после ликвидации активных воспалительных явлений в пародонте, использовали ЭМИ КВЧ по разработанной выше методике.

В процессе проводимого лечения пародонтита наблюдалось исчезновение основных признаков воспаления в пародонте (кровоточивости, гиперемии, выделений из пародонтальных карманов, снижение степени подвижности зубов) примерно к 6–7-му дню от начала воздействия ЭМИ КВЧ, что примерно в 2 раза быстрее, чем у лиц, принимавших традиционное лечение.

После окончания курса лечения в итоге купирование воспалительного процесса в пародонте достигнуто у 46 (88,6%) больных; улучшения отмечены у остальных шести пациентов (11,4%). Дополнительное включение ЭМИ КВЧ в комплексную терапию заболевания способствовало сокращению числа манипуляций (на 3–4) в среднем до 9,7 (табл. 4.8).

*Таблица 4.8*

**Непосредственные результаты лечения генерализованного пародонтита комплексной терапией, включающей ЭМИ КВЧ**

Вид комплексной терапии	Непосредственные результаты комплексной терапии		
	Купирование воспаления в пародонте (%)	Улучшение (%)	Низкая эффективность (%)
Традиционная комплексная терапия	52,3	22,7	25
Традиционная комплексная терапия, дополненная ЭМИ КВЧ	88,6 p > 0,001	11,4 p > 0,001	–

Под влиянием комплексной терапии генерализованного пародонтита, включающего ЭМИ КВЧ, динамика клинических параметров проб и тестов оказалась более выраженной по сравнению с таковой у пациентов, леченных традиционным методом (табл. 4.9). При анализе цитогрaмм оказалось, что исходная цитологическая картина у больных, леченных ЭМИ КВЧ, практически ничем не отличалась от таковой у пациентов, принимавших традиционное лечение. В мазке-отпечатке в большинстве случаев наблюдались сплошные поля, а также пласты клеток, состоящих из нейтрофильных лейкоцитов, находящихся в стадии некробиоза (у 44 (84,6% случаев) +++), плоского эпителия у 8 (15,4%) в виде сплошных полей и у 27 (51,9%) малочисленные, иногда группами. В 59,6% (34 человека) присутствовали единичные эритроциты, у 41 (78,8%) отмечалось наличие эозинофилов (табл. 4.10).

Проведенное комплексное лечение, включающее использование ЭМИ КВЧ, значительно улучшило динамические сдвиги в клеточном составе содержимого пародонтальных карманов более чем у 2/3 обследуемых (у 47 больных – 90,3%). Нормализация цитогрaмм, как правило, соответствовала ликвидации воспалительных явлений в тканях пародонта. У больных с незавершенным воспалением положительные сдвиги в мазках-отпечатках содержимого пародонтальных карманов были незначительными: в 7,7% (4 человека) наблюдались определялись сплошные поля, состоящие из измененных нейтрофильных лейкоцитов.

В поле микроскопа в мазках-отпечатках больных генерализованным пародонтитом, леченных ЭМИ КВЧ, исчезал плоский эпителий, взамен которого появлялись клетки цилиндрического эпителия. Появление клеток цилиндрического эпителия после проведенного лечения в 94,2% случаев, вероятнее всего, связано с положительным влиянием ЭМИ КВЧ на процессы регенерации в тканях пародонта и может рассматриваться как благоприятный прогностический признак.

Исчезновение из поля зрения эритроцитов связано, очевидно, с наступившей нормализацией тонуса и проницаемости сосудистой стенки сосудов очага поражения под влиянием ЭМИ КВЧ.

Доказательством такого вероятного развития событий может служить и динамика изменений скорости микроциркуляции (рис. 4.2–4.4), хотя полная нормализация микроциркуляции наступала значительно позже, особенно у больных II–III степени тяжести (рис. 4.4), и динамика изменений коэффициента отражения ЭМИ КВЧ пародонтальных тканей (рис. 4.5–4.7), как свидетельство возросшей структурированности слизистой, подслизистой и сосудистой стенки в результате предпринятого комплексного лечения, и динамика изменений дефицита электронормальности БАТ, проецирующихся на пародонт (рис. 4.8–4.10), как свидетельство повышения общей резистентности организма под влиянием ЭМИ КВЧ.

Таблица 4.9

**Динамика основных тестов и проб, характеризующих состояние тканей пародонта, под влиянием различных способов комплексного лечения**

Вид комплексной терапии	ИГ по Greene-Vermillion (в балл.)		Рi по Russel		Кровоточивость по Кötzschke (в балл.)		Скорость кровотока		Проба Шиллера–Писарева (в балл.)	
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
Традиционное лечение (n = 44)	1,89 ± 0,16	1,41 ± 0,15	5,87 ± 0,38	3,66 ± 0,3	2,93 ± 0,20	2,39 ± 0,2	18 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,9</sub>	17 ± 0,2	2,4 ± 0,3	1,2 ± 0,2
Традиционное лечение + ЭМИ КВЧ (n = 52)	1,84 ± 0,16	1,2 ± 0,1	5,91 ± 0,31	2,4 ± 0,2	2,88 ± 0,24	1,2 ± 0,1	18 <sup>-0,1</sup> <sub>+0,9</sub>	15,7 ± 0,2	2,3 ± 0,2	0,5 ± 0,1

Таблица 4.10

**Динамика клеточного состава содержимого пародонтальных карманов у больных генерализованным пародонтитом, леченных ЭМИ КВЧ, в сравнении с традиционным лечением**

Клеточный состав	Традиционная терапия						Мазки-отпечатки пародонтальных карманов					
	до лечения			после лечения			до лечения			после лечения		
	+	++	+++	+	++	+++	+	++	+++	+	++	+++
Нейтрофильные лейкоциты	2/4,6	6/13,6	36/81,8	23/52,3	7/15,9	14/31,8	2/4,5	6/13,6	36/81,8	23/52,3	7/15,9	14/31,8
Эритроциты	29/65,9	3/6,8	–	18/40,9	–	–	29/65,9	3/6,8	–	18/40,9	–	–
Эпителий плоский	14/31,9	24/54,5	6/13,6	17/38,6	16/36,3	11/25	14/31,8	24/54,5	6/13,6	17/54,8	16/36,4	4/9,1
Эпителий цилиндрический	–	–	–	25/56,8	–	–	–	–	–	25/56,8	–	–
Эозинофилы	34/77,3	–	–	18/40,9	–	–	34/77,2	–	–	18/40,9	–	–



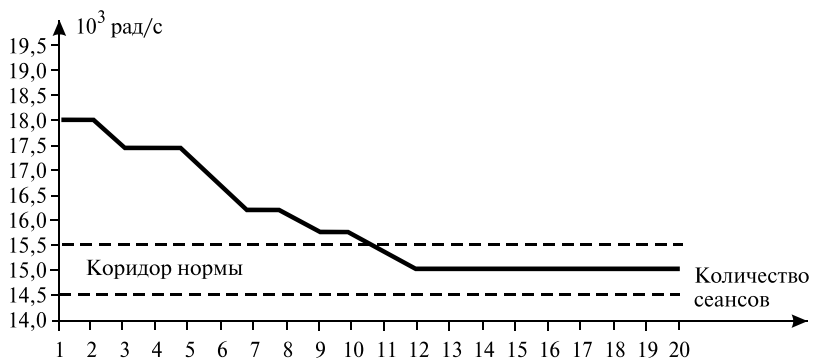


Рис. 4.2. Динамика изменений скорости микроциркуляции для больных I степени тяжести заболевания

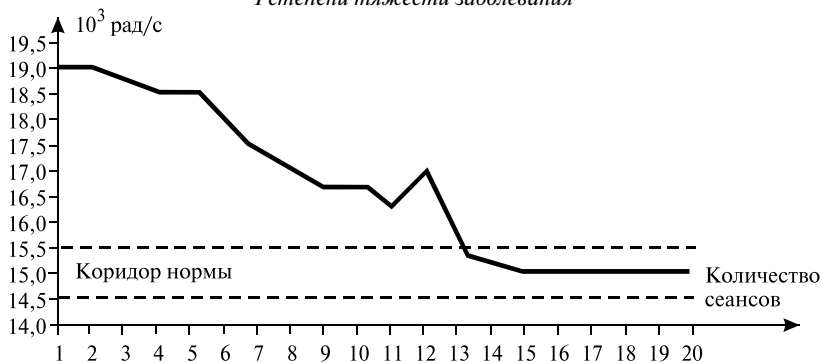


Рис. 4.3. Динамика изменений скорости микроциркуляции для больных I–II степени тяжести заболевания

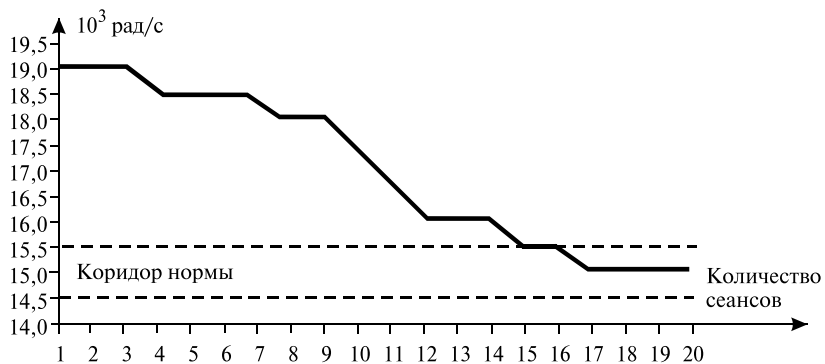


Рис. 4.4. Динамика изменений скорости микроциркуляции для больных II–III степени тяжести заболевания

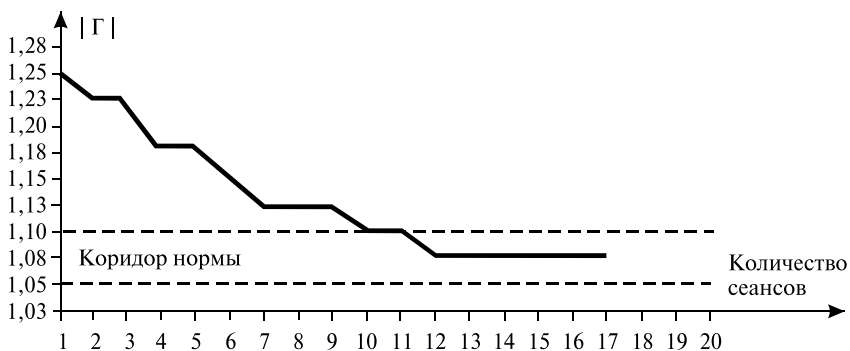


Рис. 4.5. Зависимость коэффициента отражения  $|\Gamma|$  от количества сеансов для больных I степени тяжести заболевания

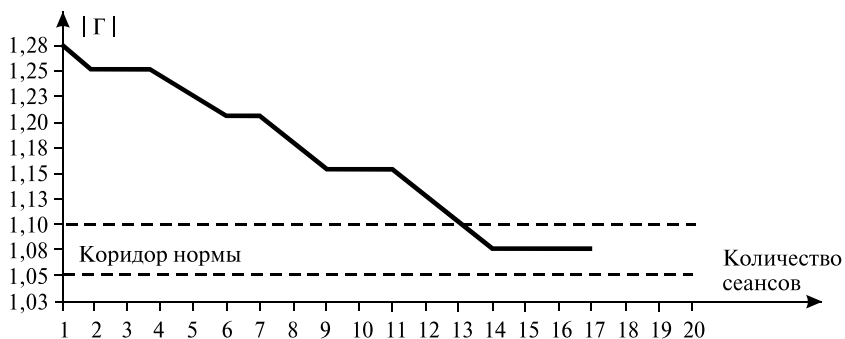


Рис. 4.6. Зависимость коэффициента отражения  $|\Gamma|$  от количества сеансов для больных I-II степени тяжести заболевания

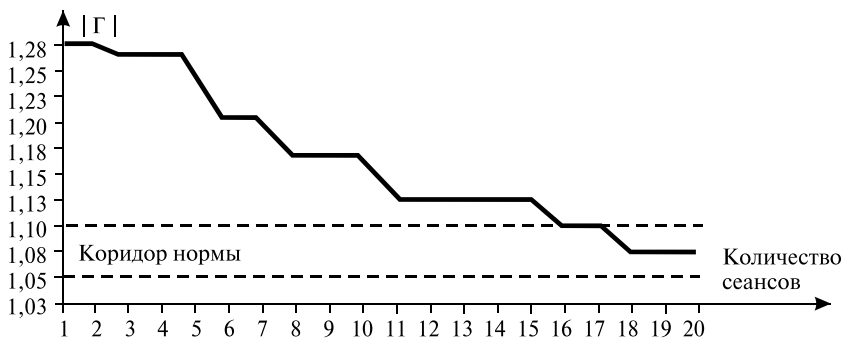


Рис. 4.7. Зависимость коэффициента отражения  $|\Gamma|$  от количества сеансов для больных II-III степени тяжести заболевания

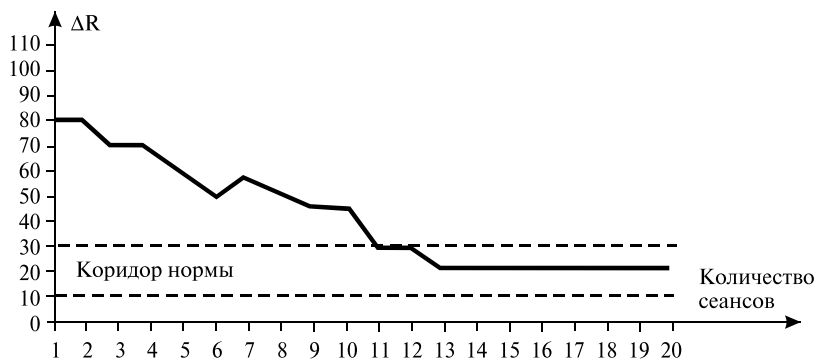


Рис. 4.8. Зависимость различия сопротивлений БАТ в «прямом» и «обратном» направлениях тока от количества сеансов для больных I степени заболевания

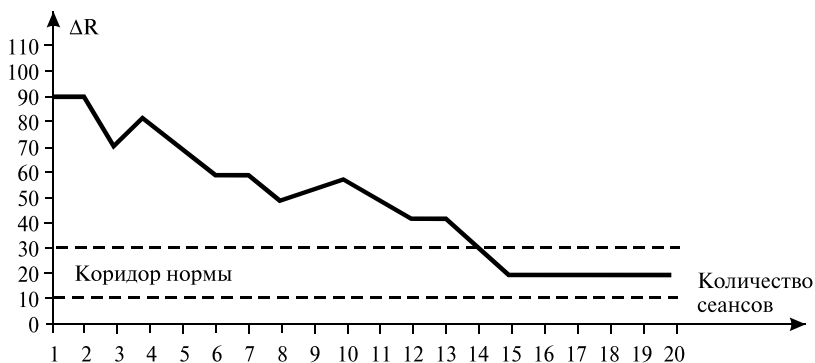


Рис. 4.9. Зависимость различия сопротивлений БАТ в «прямом» и «обратном» направлениях тока от количества сеансов для больных II степени заболевания

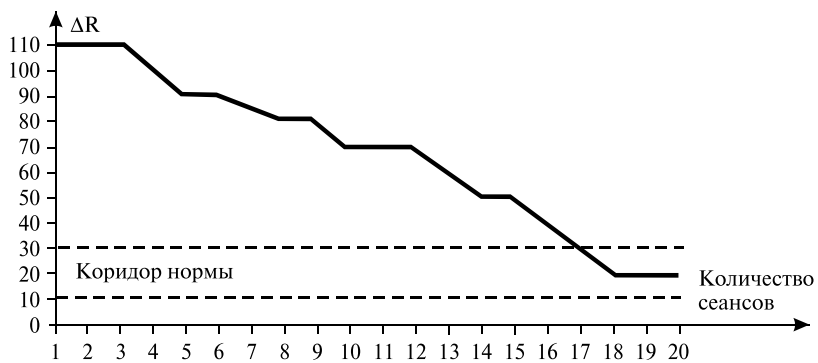


Рис. 4.10. Зависимость различия сопротивлений БАТ в «прямом» и «обратном» направлениях тока от количества сеансов для больных III степени заболевания

Включение в комплексную терапию ЭМИ КВЧ повышает стимулирующий эффект традиционного лечения на систему клеточных механизмов защиты, вызывая активацию Т-лимфоцитов, их субпопуляций, в частности Т-хелперов и Т-супрессоров; усиливает нейтрофильный фагоцитоз (табл. 4.11).

Таблица 4.11

**Динамика показателей иммунитета у больных генерализованным пародонтитом до и после комплексной терапии, включающей ЭМИ КВЧ**

Показатели	До лечения (n = 52)		После лечения (n = 52)		Норма (n = )	
	абс. (мм <sup>3</sup> )	%	абс. (мм <sup>3</sup> )	%	абс. (мм <sup>3</sup> )	%
Т-лимфоциты	984,6 ± 31,1	47,7 ± 5,1	1197 ± 20,6	56,4 ± 0,5	1265 ± 46,6	58,4 ± 2,2
Т-хелперы	667,8 ± 26,6	32,4 ± 0,9	842,2 ± 18,4	43,2 ± 2,0	876,3 ± 36,7	36,1 ± 1,6
Т-супрессоры	409,6 ± 13,4	23,4 ± 0,3	599,1 ± 10,2	28,6 ± 1,4	632,0 ± 35,7	15,6 ± 1,2
Т-активные	189,4 ± 19,3	21,4 ± 0,7	461,3 ± 22,2	33,3 ± 0,6	482,0 ± 35,7	37,2 ± 1,4
ЛТИ	20,9 ± 2,3		7,5 ± 1,1		6,5 ± 0,9	
Иммунорегуляторный индекс (ИРИ)		1,3		1,5		2,3
В-лимфоциты	675,5 ± 18,5	29,7 ± 2,3	439,8 ± 10,6	22,4 ± 0,7	491,0 ± 15,6	20,6 ± 0,7
О-лимфоциты	993,1 ± 32,3	42,6 ± 1,1	822,3 ± 18,3	38,6 ± 1,2	820,4 ± 23,6	39,1 ± 1,2
ФАЛ (фагоцитарная активность лейкоцитов)		31,5 ± 5,1		59,3 ± 4,2		60,2 ± 2,1
Фагоцитарный индекс	3,8 ± 0,5		7,6 ± 0,2		7,8 ± 0,1	

При повторном исследовании, проведенном через две недели по завершении комплексной терапии генерализованного пародонтита, включающей ЭМИ КВЧ, у больных обнаружено значительное повышение до уровня здоровых людей относительного и абсолютного числа Т-лимфоцитов (до 1197 ± 20,6 и 56,4 ± 0,5% против 984 ± 31,1 и 47,7 ± 5,1% до лечения), Т-хелперов (до 842,2 ± 18,4 и 48,2 ± 2,0%), Т-супрессоров (до 599,1 ± 10,2 и 28,6 ± 1,4%), Т-активных лимфоцитов (до 461,3 ± 22,2 и 33,3 ± 0,6%).

По полученным данным, после применения ЭМИ КВЧ происходит активация  $T_{\text{нф}}$ , обусловленная антигеном и фактором, активирующим лимфоциты (ИЛ-1). Распознавание антигена на поверхности антигенпредставляющих клеток (макрофагов) предшественниками  $T_{\text{н}}$  сопровождается экспрессией на их мембране рецепторов для ИЛ-1. Взаимодействие ИЛ-1

с рецепторами для ИЛ-1 на предшественниках  $T_H$  приводит к продукции ИЛ-2 и экспрессии рецепторов для ИЛ-2. Этот медиатор обеспечивает клональную экспансию различных субпопуляций Т-клеток, включая  $T_H$ .

Положительная динамика наблюдалась при исследовании В-лимфоцитов и О-лимфоцитов, показатели которых под влиянием лечебного комплекса, включающего ЭМИ КВЧ, снизились до границ условной нормы (соответственно  $439,8 \pm 10,6$  и  $22,4 \pm 0,7$  и  $822,3 \pm 18,3$  и  $38,6 \pm 1,2$  при норме  $411,0 \pm 15,6$  и  $39,1 \pm 1,2$ ;  $p < 0,5$ ).

Характерным для анализируемого терапевтического комплекса было его выраженное нормализующее действие на фагоцитарную активность нейтрофильных лейкоцитов. Так, фагоцитарная активность возросла на 27,8%, а фагоцитарный индекс увеличился больше чем в два раза. Особо следует заметить, что лейко-Т-клеточный индекс снизился при этом почти в 3 раза и достиг нормального уровня ( $7,5 \pm 1,1$  и  $6,5 \pm 0,3$ ,  $p < 0,5$ ).

Таблица 4.12

**Динамика показателей локального иммунитета у больных генерализованным пародонтитом после ЭМИ КВЧ**

Классы иммуноглобулинов	До лечения (n = 52)	После лечения (n = 52)	Норма
Сывороточные (капиллярная кровь)			
IgA (г/л)	$1,02 \pm 0,22$	$1,81 \pm 0,13$	$1,78 \pm 0,42$
IgG (г/л)	$13,1 \pm 0,8$	$10,6 \pm 0,2$	$10,95 \pm 0,32$
IgM (г/л)	$1,83 \pm 0,08$	$0,99 \pm 0,31$	$0,96 \pm 0,24$
В смешанной слюне			
SIgA (г/л)	$0,32 \pm 0,08$	$1,33 \pm 0,06$	$1,41 \pm 0,04$
IgA (г/л)	$0,34 \pm 0,1$	$1,82 \pm 0,09$	$1,9 \pm 0,03$
IgG (г/л)	$0,6 \pm 0,09$	$0,39 \pm 0,03$	$0,37 \pm 0,03$
IgM (г/л)	$1,09 \pm 0,02$	$0,2 \pm 0,09$	—

Динамика показателей местных факторов иммунного гомеостаза под влиянием комплексной терапии, включающей ЭМИ КВЧ, отражена в табл. 4.12, констатирующей, что после завершения лечения имело место существенное, почти до уровней относительной нормы, возрастание в капиллярной крови и в нестимулированной смешанной слюне IgA, секреторного IgA и снижение IgM и IgG.

Установлено непосредственное влияние ЭМИ КВЧ на антиоксидантную систему защиты от липоперекисления. Антиоксиданты-синергисты – вещества, которые сами слабо тормозят окисление липидов, но способны потенцировать действие других антиоксидантов. Это глутаминовая кислота, лимонная кислота. Основным механизмом действия антиоксидантов неферментативной природы является обрыв свободнорадикальной реакции: они выступают в роли ловушек свободных радикалов.

Применение ЭМИ КВЧ оказывало не только положительное действие на клинические проявления генерализованного пародонтита, заключа-

ющееся в быстром исчезновении воспалительных явлений в пародонте, но и способствовало устранению мембранопатологических состояний. К 15–30-му дню после завершения комплексной терапии с использованием ЭМИ КВЧ только у 2 (3,8%) пациентов регистрировались измененные параметры малонового диальдегида и супероксиддисмутазы. Средние же показатели в целом по группе соответствовали нормальным величинам ( $4,25 \pm 0,06$  нмоль/мл и  $1,33 \pm 0,04$  усл. ед.).

Особенно следует подчеркнуть, что назначение ЭМИ КВЧ в комплексе с традиционными лечебными мероприятиями вызывало у всех больных генерализованным пародонтитом полную нормализацию микроциркуляторных процессов в пародонте (в среднем до  $15,7 \pm 0,2$  при норме  $(15,2 \pm 0,3) \cdot 10^3$  рад/с).

Ретроспективная оценка изучаемых лабораторных показателей и динамики их нормализации в процессе традиционного лечения без и с использованием ЭМИ КВЧ позволяет говорить о различной силе иммунологического, микроциркуляторного и биохимического реагирования на применяемые методы комплексной терапии.

Непосредственную динамику морфологических параметров, показателей состояния антиоксидантной системы и иммунного статуса у больных генерализованным пародонтитом в процессе традиционного лечения можно классифицировать как недостаточную с остаточными признаками дисбаланса, удерживающегося почти у половины пациентов. У 45,5% обследованных под влиянием традиционной терапии наблюдалась слабая активация отдельных звеньев Т-лимфоцитной системы на фоне ослабления гуморальных иммунологических факторов, усиления процессов перекисного окисления липидов и снижения уровня микроциркуляции в тканях пародонта.

Дополнительное использование ЭМИ КВЧ в комплексном лечении генерализованного пародонтита позволяет восстановить показатели иммунности и неспецифических факторов резистентности, микроциркуляторные процессы в тканях пародонта, функционирование антиоксидантной защиты и тем самым добиться высокой эффективности непосредственных клинических результатов лечения в целом.

Выполненные выше клинические применения КВЧ-терапии для лечения генерализованного пародонтита ориентировались на использование ЭМВ со специальными характеристиками, а именно: использование модулированных ЭМВ с высокими характеристиками когерентности и частотной стабильности с подстройкой частоты под конкретного пациента. Использование более специфических характеристик (вращающееся поле, псевдошумовая модуляция), рассматриваемые ниже, проверялось на экспериментальных животных. Это позволяет, используя общебиологические принципы функционирования органов и систем млекопитающих, перенести полученные эффекты на КВЧ-терапию.

#### **4.3. ЛЕЧЕНИЕ ПАРОДОНТИТА РАЗЛИЧНЫХ СТЕПЕНЕЙ ТЯЖЕСТИ ВИХРЕВЫМИ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ**

В настоящем параграфе приведены результаты клинических исследований [34–36] – лечения пародонтита I, II и III степеней тяжести с использованием аппаратуры, описанной в § 3.5.

Известно применение магнитных полей в стоматологии [165]. Однако радикальным средством в лечении стоматологических заболеваний отягощенных форм они не стали, как мы полагаем, в силу несоответствия пространственно-временной (частотной) структуры используемых магнитных полей анатомо-морфологическим характеристикам зубодесневого аппарата и полости рта, в том числе топологии терминального сосудистого русла. В то же время имеются сведения о том, что при неврологических проявлениях поясничного остеохондроза воздействие магнитных полей даже традиционной пространственной структуры (одномерных) приводило к некоторым изменениям иммунологической реактивности организма [166]. Это обстоятельство предопределяет целесообразность исследований о возможности использования вихревых магнитных полей в лечении стоматологических заболеваний. Укажем сразу, что в проведенных клинических исследованиях были получены в разной мере положительные результаты при лечении гингивита, генерализованного пародонтита и пародонтоза [34–36]. В большей степени вихревые магнитные поля оказались эффективными при лечении воспалительных заболеваний (гингивита, пародонтита), в меньшей – воспалительно-деструктивных (пародонтоза).

Ниже приведены результаты лечения группы больных на генерализованный пародонтит с применением традиционной терапии и дополненной магнитотерапией.

Группу больных генерализованным пародонтитом различной степени тяжести составили 36 человек, из них женщин – 17 человек, мужчин – 19, в возрасте 31–50 лет. Первая степень генерализованного пародонтита диагностирована у 12 пациентов, I–II степени – у 18, II–III – у 6 пациентов. Контрольную группу составили 10 клинически здоровых людей (доноров).

Лечению предшествовала санация полости рта, удаление зубных отложений, противомикробная и противовоспалительная терапия. Перед началом лечения, во время лечения и после окончания курса лечения проводились клинические, биохимические и иммунологические исследования, а результаты таких исследований сравнивались с аналогичными показателями у доноров (показатель нормы), темп лечения сравнивался со среднестатистическими данными для большей группы пациентов, которые подвергались традиционной терапии.

Лечение указанной ранее группы пациентов было комплексным: больным назначали метацил, токоферол-ацетат, аскорбиновую кислоту (традиционную терапию) и магнитотерапию.

Источник терапевтических вихревых магнитных полей представил собой два идентичных, связанных гибким кронштейном индуктора, каждый из которых представлял описанную в § 3.5 систему подвижных и неподвижных магнитоидов, установленных соосно, так что в пространстве взаимодействия оказывается зубодесневой аппарат и ткани полости рта пациента. Система управления такого источника вихревых магнитных полей позволяла независимо изменять скорость и направление вращения приводов в каждом из индукторов и обеспечивала возможность определения скорости вращения; индикатор отсчитывал непосредственно частоту ПМП в каждом индукторе. Наиболее эффективным был режим работы, когда скорости вращения приводов в обоих индукторах были равными.

Частота подбиралась индивидуально для каждого пациента: оптимальной считалась та, при которой пациент испытывал комфортные ощущения в полости рта (ощущение тепла, свежести) либо во внутренних органах, имеющих представительство (экстероцептивные зоны) в области десен (нередко в области мочевого пузыря). При отсутствии таких ощущений устанавливалась частота магнитного поля, кратная частоте 10 или 20 сердечных сокращений у данного пациента. Продолжительность сеанса — 20—25 минут, количество сеансов 10—12 на курс.

В процессе проводимого лечения кровоточивость, гиперемия, выделения из пародонтальных карманов, снижение подвижности зубов наступало к 5—6-му дню с начала лечения, что более чем вдвое быстрее, чем у пациентов, принимавших только традиционное лечение.

Результаты исследований состояния иммунных механизмов у больных различными формами генерализованного пародонтита и изменение его после применения магнитотерапии сведены в табл. 4.13—4.15. Как следует из приведенных материалов, у больных с начальной (I) степенью тяжести пародонтита показатели состояния иммунной системы не отличались от нормальных, за исключением концентрации иммуноглобулина А, повышенной на 30% и нормализующейся сразу после лечения (табл. 4.13). Имеет также место тенденция к увеличению концентрации циркулирующих иммунных комплексов.

У больных II степени тяжести выявлено снижение количества Т-хелперов в 2,2 раза ( $p < 0,001$ ) и Т-лимфоцитов (активных) аЕ-РОК в 1,6 раза ( $p < 0,05$ ). Концентрация иммуноглобулина А повышена на 70% ( $p < 0,01$ ) и циркулирующих иммунных комплексов на 20%. В результате проведенного лечения проявилась статистически достоверная тенденция к нормализации упомянутых показателей состояния иммунной системы. Применение метода сопряженных вариант демонстрирует достоверное ( $p < 0,05$ ) влияние



магнитотерапии на изменение количества Т-хелперов и концентрации IgA. Полностью нормализуется субпопуляционный состав Т-лимфоцитов. Лишь уровень циркулирующих иммунных комплексов и концентрация иммуноглобулина А остаются повышенными: на 14 и 40% при  $p < 0,05$  соответственно, табл. 4.14.

Таблица 4.13

**Изменения состояния иммунологических показателей после курса лечения пародонтита I степени,  $M \pm m$**

Показатели	Результаты исследований		
	основная группа		контрольная группа
	до лечения	после лечения	
Количество лейкоцитов, г/л	8,54 ± 0,93	6,85 ± 0,54	7,5 ± 0,33
Количество лимфоцитов, г/л	2,64 ± 0,33	2,77 ± 0,27	2,64 ± 0,17
Количество Т-лимфоцитов, г/л	1,49 ± 0,21	1,59 ± 0,13	1,65 ± 0,04
Количество Т-хелперов теофиллинрезистентных, г/л	1,13 ± 0,16	0,88 ± 0,11	0,92 ± 0,06
Количество Т-супрессоров теофиллинчувствительных, г/л	0,362 ± 0,153	0,699 ± 0,037	0,310 ± 0,021
Количество Т-лимфоцитов (активных) аЕ-РОК, г/л	0,625 ± 0,161	0,865 ± 0,120	0,720 ± 0,043
Количество В-лимфоцитов ЕМ-РОК, г/л	0,462 ± 0,072	0,438 ± 0,032	0,210 ± 0,018
Показатель NST-теста	1,51 ± 0,09	1,60 ± 0,07	1,50 ± 0,07
Уровень циркулирующих иммунных комплексов, ед.	115,8 ± 5,6	90,3 ± 11,3	До 100
Концентрация IgA, г/л	2,48 ± 0,12	2,06 ± 0,17	1,75 ± 0,17
Концентрация IgM, г/л	1,09 ± 0,07	1,49 ± 0,08	0,95 ± 0,12
Концентрация IgG, г/л	13,1 ± 1,3	14,8 ± 1,3	15,0 ± 1,1

Вихревая магнитотерапия оказалась эффективной и при лечении пациентов III степени тяжести, у которых изменения со стороны иммунной системы были в наибольшей степени выражены (табл. 4.15). Для этой категории пациентов оказались измененными все определяемые показатели клеточного и гуморального иммунитета, значительно, почти в 3 раза увеличено количество лимфоцитов в периферической крови ( $p < 0,001$ ) за счет возрастания всех популяций иммунно-компетентных клеток. Сильно изменено субпопуляционное соотношение различных лимфоцитов. Количество Т-лимфоцитов в 2,8 раза выше контрольных цифр, Т-хелперов в 2,7, Т-лимфоцитов (активных) – в 2,5 раза, а количество Т-супрессоров превышает норму более чем в 10 раз (во всех случаях  $p < 0,001$ ). Количество В-лимфоцитов ЕМ-РОК выше контрольных цифр в 7 раз ( $p < 0,001$ ). Значительно снижен показатель NST-теста – в 1,7 раза ( $p < 0,01$ ). На

30% повышен уровень циркулирующих иммунных комплексов ( $p < 0,05$ ). Изменения концентрации иммуноглобулинов касаются уже не только IgA – увеличение на 40%, но также IgM и IgG – соответственно снижение в 3,5 раза и увеличение в 1,5 раза (во всех случаях  $p < 0,05$ ).

Таблица 4.14

**Изменения состояния иммунологических показателей  
после курса лечения пародонтита II степени,  $M \pm m$**

Показатели	Результаты исследований		
	основная группа		контрольная группа
	до лечения	после лечения	
Количество лейкоцитов, г/л	$7,11 \pm 0,49$	$6,53 \pm 0,47$	$7,50 \pm 0,33$
Количество лимфоцитов, г/л	$1,94 \pm 0,35$	$2,54 \pm 0,40$	$2,64 \pm 0,17$
Количество Т-лимфоцитов, г/л	$1,12 \pm 0,29$	$1,34 \pm 0,20$	$1,65 \pm 0,04$
Количество Т-хелперов теофиллинрезистентных, г/л	$0,43^* \pm 0,05$	$1,02 \pm 0,25$ $p < 0,05$	$0,92 \pm 0,06$
Количество Т-супрессоров теофиллинчувствительных, г/л	$0,702 \pm 0,212$	$0,400 \pm 0,088$	$0,310 \pm 0,021$
Количество Т-лимфоцитов (активных) аЕ-РОК, г/л	$0,430^* \pm 0,082$	$0,531 \pm 0,130$	$0,720 \pm 0,043$
Количество В-лимфоцитов ЕМ-РОК, г/л	$0,344 \pm 0,091$	$0,377 \pm 0,061$	$0,210 \pm 0,018$
Показатель NST-теста	$1,40 \pm 0,06$	$1,54 \pm 0,11$	$1,50 \pm 0,07$
Уровень циркулирующих иммунных комплексов, ед	$121,5 \pm 2,2$	$114,8 \pm 4,4$	до 100
Концентрация IgA, г/л	$2,92^* \pm 0,06$	$2,49^* \pm 0,06$ $p < 0,05$	$1,75 \pm 0,17$
Концентрация IgM, г/л	$0,91 \pm 0,09$	$1,21 \pm 0,07$	$0,95 \pm 0,12$
Концентрация IgG, г/л	$15,9 \pm 0,7$	$15,9 \pm 0,7$	$15,0 \pm 1,1$

*Примечание.* \* – значения параметров, достоверно отличные от нормы.

Проведенное комплексное лечение достоверно повлияло на состояние иммунной системы организма пациентов этой категории. При обработке результатов исследований методом попарно сопряженных вариантов были выявлены изменения для таких показателей, как количество лимфоцитов, Т-лимфоцитов, Т-супрессоров, Т-лимфоцитов (активных), В-лимфоцитов, уровня циркулирующих иммунных комплексов и концентрации иммуноглобулинов (табл. 4.15), а направленность этих изменений свидетельствовала о движении показателей к нормальным значениям. Имела место полная нормализация для количества Т-лимфоцитов (активных), показателя NST-теста, уровня ЦИК и концентрации IgG. Остаются повышенными количество лимфоцитов – в 1,8 раза, Т-лимфоцитов – в 1,3 раза, Т-хелперов – в 2 раза, Т-супрессоров – в 6 раз и В-лимфоцитов – в 4 раза. Остается повышенной на 60% концентрация иммуноглобулина А и IgM.

Таблица 4.15

**Изменения состояния иммунологических показателей  
после курса лечения пародонтита III степени, М ± m**

Показатели	Результаты исследований		
	основная группа		контрольная группа
	до лечения	после лечения	
Количество лейкоцитов, г/л	9,99* ± 0,42	9,17* ± 0,4	7,50 ± 0,33
Количество лимфоцитов, г/л	6,64* ± 0,49	4,92 ± 0,49 p < 0,05	2,64 ± 0,17
Количество Т-лимфоцитов, г/л	4,47* ± 0,35	3,13* ± 0,34 p < 0,05	1,65 ± 0,04
Количество Т-хелперов теофиллинрезистентных, г/л	2,41* ± 0,36	1,82* ± 0,24	0,92 ± 0,06
Количество Т-супрессоров теофиллинчувствительных, г/л	2,132* ± 0,342	1,310 ± 0,218 p < 0,05	0,310 ± 0,021
Количество Т-лимфоцитов (активных) аЕ-РОК, г/л	1,930* ± 0,372	0,811 ± 0,190 p < 0,05	0,720 ± 0,043
Количество В-лимфоцитов ЕМ-РОК, г/л	1,464* ± 0,121	0,837* ± 0,081 p < 0,01	0,210 ± 0,018
Показатель NST-теста	0,92* ± 0,18	1,14 ± 0,20	1,50 ± 0,07
Уровень циркулирующих иммунных комплексов, ед.	129,0* ± 7,6	109,0 ± 6,8 p < 0,05	до 100
Концентрация IgA, г/л	3,40* ± 0,20	2,67* ± 0,18 p < 0,05	1,75 ± 0,17
Концентрация IgM, г/л	0,39* ± 0,06	1,40* ± 0,14 p < 0,001	0,95 ± 0,12
Концентрация IgG, г/л	23,9* ± 0,9	15,6 ± 1,5 p < 0,01	15,0 ± 1,1

*Примечание.\** – значения параметров, достоверно отличные от нормы.

Таким образом, при пародонтите I–II степени тяжести комплексная терапия, включающая вихревую магнитотерапию, приводит к практической нормализации показателей; при III степени часть показателей нормализуется, другие – демонстрируют достоверную тенденцию к улучшению состояния. Биохимические исследования также продемонстрировали нормализующее влияние на показатели перекисного окисления липидов в крови пациентов (табл. 4.16–4.18). Так, у пациентов I степени тяжести имевшие место статистически достоверное ( $p < 0,05$ ) возросшая активность пероксидисмугазы (СОД) и повышенная концентрация малонового диальдегида (МДА), соответственно на 25 и 22%, проведенная терапия приводила к устранению этих отклонений (табл. 4.16). Указанная терапия приводила к нормализации биохимических показателей и у пациентов II степени тяжести, у которых были серьезные изменения показателей: увеличенная активность глутатионпероксидазы (ГП) на 72% и СОД на 34% ( $p < 0,005$ ), пониженная на треть активность глутатионредуктазы ( $p < 0,001$ ), повышенные концентрации восстановленного глутатиона и малонового диальдегида (МДА)

в 1,2 и 1,4 раза соответственно ( $p < 0,01$ ) (табл. 4.17). В результате проведенного лечения пациентов III степени тяжести генерализованного пародонтита, у которых лишь активность каталазы близка к норме, а активность ГП, возросшая практически вдвое ( $p < 0,001$ ), СОД в полтора раза ( $p < 0,01$ ) и пониженная на 40% активность ГП ( $p < 0,001$ ), возросший в 1,2 раза уровень глутатиона и в 1,5 раза МДА и пониженная на 27% концентрация гидропероксидов липидов (во всех случаях  $p < 0,01$ ), большая часть показателей пришла в норму, и лишь активность глутатионредуктазы осталась на 15% ниже нормы ( $p < 0,01$ ) (табл. 4.18).

Таблица 4.16

**Изменения состояния биохимических показателей после курса лечения пародонтита I степени,  $M \pm m$**

Показатели	Результаты исследований		
	основная группа		контрольная группа
	до лечения	после лечения	
Глутатионпероксидаза, мкмоль/л·с	6,747 ± 0,498	7,122 ± 0,624	5,030 ± 0,585
Глутатион восстановленный, мкмоль/л	3,780 ± 0,123	3,896 ± 0,155	3,770 ± 0,072
Гидроперекиси липидов, мкмоль/л	1,433 ± 0,066	1,450 ± 0,080	1,540 ± 0,047
Супероксиддисмутаза (СОД), ед. акт.	655,3* ± 47,9	566,7 ± 62,2	521,2 ± 23,9
Глутатионредуктаза, моль НАДФ/с·моль Нb	7,122 ± 0,265	6,80 ± 0,366	7,298 ± 0,357
Каталаза, мкмоль/л·с	6,422 ± 0,160	6,400 ± 0,123	6,329 ± 0,225
Малоновый диальдегид (МДА), мкмоль/л	8,315 ± 0,655	7,206 ± 0,440	6,821 ± 0,196

*Примечание.* \* – значения параметров, достоверно отличные от нормы.

Таблица 4.17

**Изменения состояния биохимических показателей после курса лечения пародонтита II степени,  $M \pm m$**

Показатели	Результаты исследований		
	основная группа		контрольная группа
	до лечения	после лечения	
Глутатионпероксидаза, мкмоль/л·с	8,622* ± 0,344	5,880 ± 0,445 $p < 0,01$	5,030 ± 0,585
Глутатион восстановленный, мкмоль/л	4,450* ± 0,055	3,513 ± 0,053 $p < 0,01$	3,770 ± 0,072
Гидроперекиси липидов, мкмоль/л	1,468 ± 0,052	1,139 ± 0,12	1,540 ± 0,047
Супероксиддисмутаза (СОД), ед. акт.	696,8* ± 38,8	482,2 ± 82,6 $p < 0,05$	521,2 ± 23,9
Глутатионредуктаза, моль НАДФ/с·моль Нb	5,396* ± 0,248	7,446 ± 0,366 $p < 0,01$	7,298 ± 0,357
Каталаза, мкмоль/л·с	6,223 ± 0,164	6,447 ± 0,206	6,329 ± 0,225
Малоновый диальдегид (МДА), мкмоль/л	9,454* ± 0,247	7,470 ± 0,560 $p < 0,05$	6,821 ± 0,196

*Примечание.* \* – значения параметров, достоверно отличные от нормы.

**Изменения состояния биохимических показателей после курса  
лечения пародонтита III степени, M ± m**

Показатели	Результаты исследований		
	основная группа		контрольная группа
	до лечения	после лечения	
Глутатионпероксидаза, мкмоль/л·с	9,060* ± 0,261	6,276 ± 0,512 p < 0,01	5,030 ± 0,585
Глутатион восстановленный, мкмоль/л	4,226* ± 0,138	3,622 ± 0,120 p < 0,01	3,770 ± 0,072
Гидроперекиси липидов, мкмоль/л	1,106* ± 0,086	1,466 ± 0,089 p < 0,05	1,540 ± 0,047
Супероксиддисмутазы (СОД), ед. акт.	744,4* ± 62,2	512,4 ± 72,6 p < 0,05	521,2 ± 23,9
Глутатионредуктаза, моль НАДФ/с·моль N <sub>h</sub>	4,430* ± 0,359	6,280 ± 0,220 p < 0,001	7,298 ± 0,357
Каталаза, мкмоль/л·с	6,544 ± 0,216	6,657 ± 0,188	6,329 ± 0,225
Малоновый диальдегид (МДА), мкмоль/л	9,864* ± 0,322	7,620 ± 0,640 p < 0,05	6,821 ± 0,196

*Примечание.* \* – значения параметров, достоверно отличные от нормы.

Для пародонтитов важным фактором развития заболевания является изменение состояния сосудистого русла и характера кровотока. Так, уже на ранних стадиях воспаления (в фазе венозной гиперемии) развивается тромбгеморрагический синдром (ТГС), одним из почти неизбежных проявлений которого являются микротромбозы, составляя один из основных патогенетических факторов последующего развития нарушений гемодинамики. Преодоление ТГС и нормализация гемодинамики является очень важной и одновременно сложной задачей в лечении генерализованного пародонтита.

Вследствие специфичности пространственно-частотных параметров используемых вихревых магнитных полей априори следует ожидать локального увеличения капиллярного кровотока, лимфотока и усиления осмотического движения жидкости в зоне МП-воздействия за счет снижения гидродинамического сопротивления сосудов. Так как для каждого диаметра сосуда существует оптимальная частота для достижения наименьшего гидродинамического сопротивления движению крови, то наложение поличастотного вихревого магнитного поля способствует активации сосудов большого числа диаметров сосудов. Поэтому даже при

малых интенсивностях виброакустического воздействия, инициируемого вихревым магнитным полем, достигается увеличение функционирующих капилляров, снижение гидродинамического сопротивления. В результате скачкообразного изменения напряженности магнитного поля (импульсная модуляция) в используемых источниках магнитных полей происходит скачкообразное изменение напряженности сосудов и тканей пародонта, что способствует увеличению кровотока вследствие спазмолитического действия. Это должно привести к коренной перестройке микроциркуляции в тканях пародонта.

Действительно, исследования сосудов методом фотон-корреляционной спектроскопии с применением функциональных проб показали, что по мере нарастания тяжести воспалительного процесса в тканях пародонта скорость кровотока в микроциркуляторном русле повышается, а при дистрофических изменениях, явлениях склеротизации скорость микроциркуляции снижается; численно это выглядит следующим образом: при пародонтите скорость гемоциркуляции повышается, а при пародонтозе — уменьшается на 25% по сравнению с нормой (что свидетельствует о различии в характере трансформации микроциркуляторного русла при указанных нозологических формах). При проведении массовых профилактических осмотров определены диагностические диапазоны показателей скорости: наиболее вероятные показатели нормы —  $15 \cdot 10^3$  рад/с, патология — ниже  $12,0$  и выше  $17,0 \cdot 10^3$  рад/с. Эта дифференциация с большой мерой вероятности позволяет проводить предварительную диагностику заболеваний пародонта и фиксировать ход лечебного процесса.

На рис. 4.11–4.13 представлены зависимости скорости микроциркуляции для пациентов I, II, III степени тяжести заболевания соответственно от количества лечебных сеансов. Видно, что примененное лечение менее

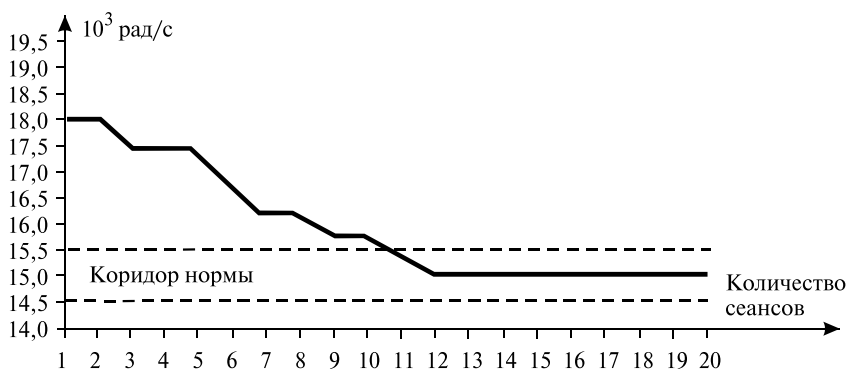


Рис. 4.11. Динамика изменений скорости микроциркуляции для больных I степени тяжести заболевания

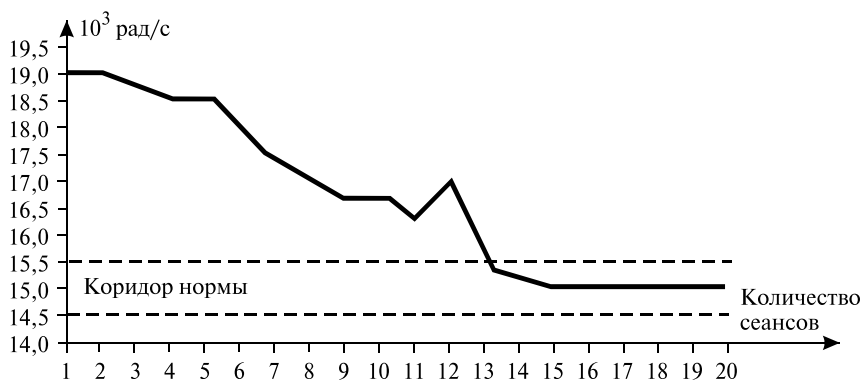


Рис. 4.12. Динамика изменений скорости микроциркуляции для больных II степени тяжести заболевания

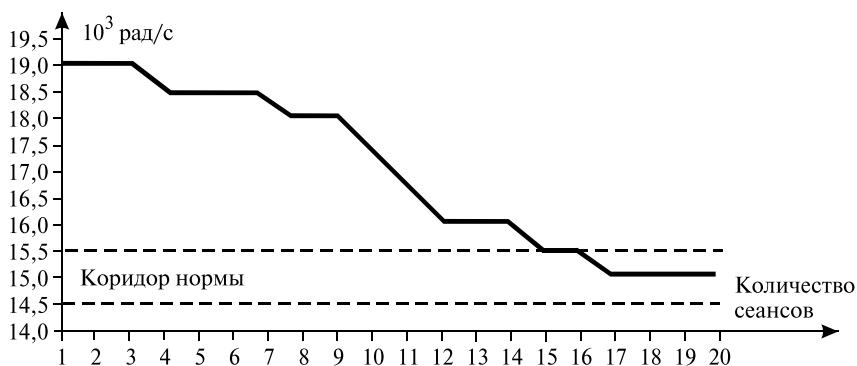


Рис. 4.13. Динамика изменений скорости микроциркуляции для больных III степени тяжести заболевания

чем за 20 сеансов может нормализовать микроциркуляцию даже у пациентов с III степенью тяжести заболевания.

Представляя результаты проведенных медико-биологических исследований с использованием вихревых магнитных полей, со значительной долей уверенности можно констатировать, что в арсенале современной биомедицины и биологии появился новый (с учетом очерченных ранее принципиальных отличий от традиционного аналога) физиотерапевтический фактор, роль которого по коррективке разнообразных нарушений регуляторных функций организма полностью еще не выявлена, но который эту коррективку делает щадящим образом, без видимых побочных явлений, ввиду обеспечения адекватного биологического контакта между физическим фактором и БО.

#### 4.4. ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВОЛНОВОГО ЛЕЧЕНИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Одним из основных показателей эффективности лечения принято считать отдаленные результаты после проведенного лечения, которые дают объективную информацию о наступивших количественных и качественных изменениях клинических и параклинических признаков состояния — в данном случае пародонта, которые позволяют судить о наступившей или отсутствующей клинико-рентгенологической ремиссии.

Используемый в практике традиционный лечебный комплекс оказался по отдаленным результатам недостаточно эффективным. Рецидив заболевания наступил у более чем половины наблюдаемых уже через 6 месяцев после лечебных мероприятий (у 23 из 44 (52,3%) больных); у остальных (21 пациент) с клинической ремиссией через 1–1,5 года рецидив наступил у 62,4%. При объективном исследовании выявлен не только возврат клинической картины к таковой до лечения, но и дальнейшее прогрессирование воспалительно-деструктивных процессов в пародонте. К 18-му месяцу динамических наблюдений клинико-рентгенологическая стабилизация процесса диагностировалась у 9 из 41 (21,9%) обследуемых.

Основную массу больных с неудовлетворительными отдаленными результатами составляли больные с жалобами на самопроизвольную, периодически появляющуюся кровоточивость десен, на наличие подвижности зубов, наличие гноетечения из межзубных промежутков ряда зубов, изредка на некрозный запах изо рта. Большинство из них отмечали усиление этих явлений в течение последнего года после проведения лечения.

При клиническом осмотре у больных с неудовлетворительными результатами лечения выявлялась выраженная застойная гиперемия межзубных сосочков за счет разрастания или отека, изменение их конфигурации, неплотное прилегание к зубам. При надавливании на участки поражения десна легко кровоточит, выделяется серозно-гнойный или гнойный экссудат у подавляющего числа обследуемых (85,5%). У более чем 2/3 больных гиперемия распространяется и на альвеолярную часть десны. С помощью инструментального обследования у исследуемых больных обнаруживались патологические пародонтальные карманы различной глубины (свыше 4 мм и до 7 мм), заполненные грануляционной тканью. Подвижность зубов колебалась в пределах I–II степени и имела прямую зависимость от глубины пародонтального кармана.

На контрольных рентгенограммах, с описанными выше клиническими исходами лечения традиционной комплексной терапией, динамические изменения в структуре межзубных альвеолярных перегородок через 12–18 месяцев после осуществления лечебных мероприятий свидетельствовали о дальнейшем прогрессировании деструктивного процесса (рис. 4.1, 4.2)





Рис. 4.14. Рентгенограмма фронтального участка нижней челюсти больной К., 23 года (до лечения). Высота альвеолярного отростка снижена более чем на 1/3 длины корней зубов, очаги пятнистого остеопороза.  
Д-з: генерализованный пародонтит I—II степени

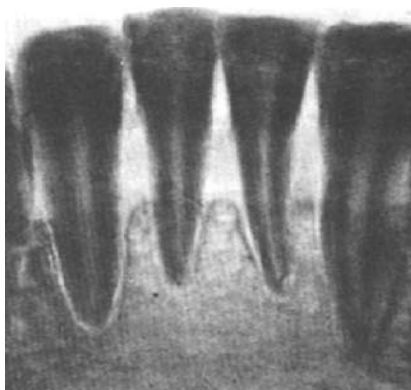


Рис. 4.15. Рентгенограмма фронтального участка нижней челюсти больной К., 23 года (через 18 месяцев после лечения). Очаги пятнистого остеопороза не устранены. Д-з: генерализованный пародонтит I—II степени

Анализ клинического и лабораторного материала показал, что достигнутый различный уровень нормализации процессов микроциркуляции, гуморального и клеточного иммунитета, неспецифической резистентности, перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы оказывает прямое влияние на отдаленные результаты комплексной терапии.

Не устраненные после традиционной комплексной терапии микроциркуляторные, метаболические и иммунологические нарушения играют роль в формировании в отдаленные сроки отрицательных результатов после проведенной традиционной терапии. В момент возникновения рецидивов воспаления в тканях пародонта перечисленные показатели возвращались, как правило, к исходным до лечения величинам.

Основные клинические показатели состояния тканей пародонта у больных генерализованным пародонтитом в отдаленные сроки после завершения лечебных мероприятий, включавших использование ЭМИ КВЧ, свидетельствовали об отсутствии признаков воспаления в более чем 90% случаев:

Частота обострений воспалительного процесса в пародонте								
через 6 месяцев (n = 46)			через 12 месяцев (n = 42)			через 18 месяцев (n = 41)		
не было	1 раз	2 и более раз	не было	1 раз	2 и более раз	не было	1 раз	2 и более раз
42/ 91,3%	4/ 8,7%	—	38/ 90,4%	3/ 7,2%	1/ 2,4%	37/ 90,2%	2/ 4,9%	2/ 4,9%

В отдаленные сроки наблюдений больные генерализованным пародонитом с положительными результатами лечения указывали на отсутствие каких-либо жалоб. Клиническая картина со стороны пародонта характеризовалась следующим: десна была бледно-розового цвета на всем протяжении, плотная, не кровоточила, безболезненная. Выделений экссудата из пародонтальных карманов не наблюдалось. Патологическая подвижность зубов регистрировалась в пределах признаков I степени тяжести.

На контрольных рентгенограммах с описанными выше клиническими исходами выявлялась положительная динамика в структуре межзубных альвеолярных перегородок. Устранялись очаги активного остеопороза, отмечалось склерозирование по периферии альвеолярной кости, уплотнение костных балочек, более четко просматривался рисунок костной ткани (рис. 4.16, 4.17).

Из представленных рентгенограммах видно, что у больных генерализованным пародонитом с клинко-рентгенологической стабилизацией в отдаленные сроки после лечения снижения высоты межзубных альвеолярных перегородок не отмечено. Вертикальные контуры кости уплотнились, с признаками повышенного склерозирования, очаги пятнистого остеопороза ликвидировались (рис. 4.16, 4.17).

Комплексное лечение с применением ЭМИ КВЧ способствовало нормализации клеточных и гуморальных факторов иммунитета у 88,6% больных генерализованным пародонитом.

Потенцирование ЭМИ КВЧ комплексной терапии генерализованного пародонтита происходило за счет усиления нормализующего его воздействия на измененные показатели оксидантно-антиоксидантной системы.

Обращает на себя внимание, что более чем у 50% больных, получавших базисную терапию, уже через 6 месяцев после лечения показатели состояния периферических факторов резистентности возвращались к исходному

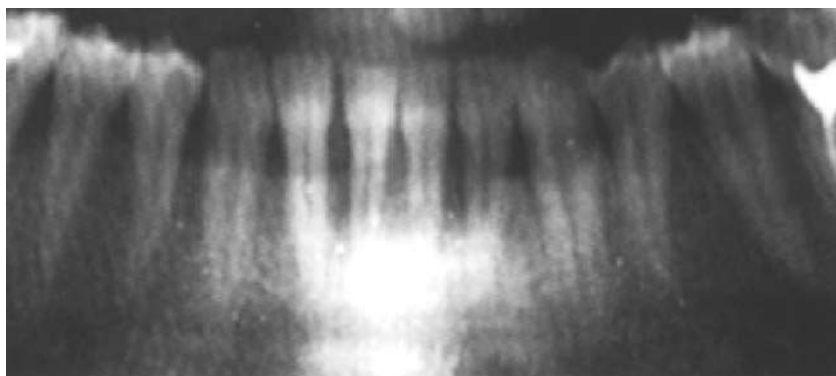


Рис. 4.16. Рентгенограмма фронтального участка нижней челюсти больной К., 34 года (до лечения)

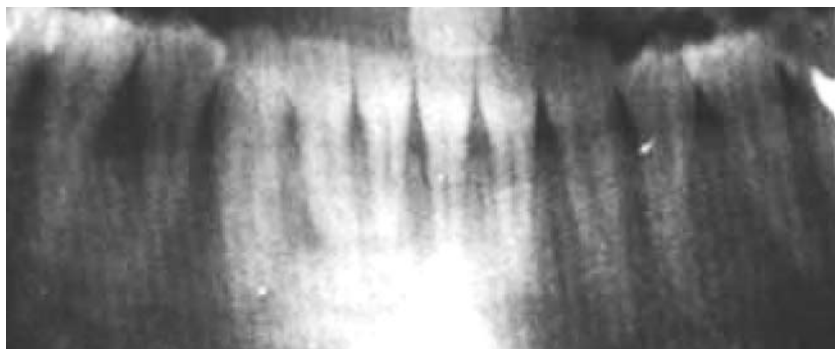


Рис. 4.17. Рентгенограмма фронтального участка нижней челюсти больной К., 34 года (через 18 месяцев после лечения). Д-з: генерализованный пародонтит, средней степени тяжести, клинико-рентгенологическая стабилизация

уровню. Дальнейшее их ухудшение наблюдалось в более поздние сроки у большинства обследуемых.

Был проведен корреляционный анализ между лабораторными показателями в зависимости от вида проводимого лечения. Что касается функционирования антиоксидантной защиты, неспецифических факторов резистентности и состояния микроциркуляторных процессов, то выявлено, что при нарастании степени тяжести деструктивного процесса в пародонте у больных генерализованным пародонтитом отмечается усиление взаимосвязи ( $r = \pm 0,93$ ). При сочетании базисной терапии с КВЧ-терапией наблюдается значительное ослабление взаимосвязи ( $r = + 0,48$ ). После проведения традиционного лечения у больных генерализованным пародонтитом высокая степень корреляции ослабевает незначительно ( $r = + 0,79$ ).

Таким образом, итоговая оценка динамики воспалительного процесса в пародонте у больных генерализованным пародонтитом, с учетом всех использованных методов обследования, в основной группе по большинству параметров опережает динамику процесса в контрольной группе. Выявленные преимущества дополнительного включения в базисную терапию КВЧ-терапии могут служить обоснованием для внедрения этого метода в арсенал комплексной терапии генерализованного пародонтита.

В целом же можно заключить, что генерализованный пародонтит является информационно ценной системной патологией, позволяющей понять норму функционирования всего организма, адекватное представление которой является условием, необходимым для давно ожидаемой больными замены симптоматического лечения коррекцией всего организма, позволяющей успешно лечить и само стоматологическое заболевание. Представляется закономерным по итогам выполненных в настоящей работе исследований, что КВЧ-терапия в значительной мере реализует такую замену.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее комплексное исследование — на примере лечения генерализованного пародонтита — имело две цели в плане методологическом: а) показать еще далеко не исчерпанные возможности волновой медицины даже для лечения заболеваний, не являющихся «признанными приоритетами» в части электромагнитной терапии; б) разработать методологию и техническую базу биоуправляемой волновой терапии, использующей электромагнитные и магнитные поля со специальным подбором характеристик, являющиеся выраженно биотропными.

Насколько авторам удалось реализовать эти цели — судить читателям: как специалистам в области исследования и проектирования соответствующей аппаратуры и систем, так и клиницистам, использующим эти средства немедикаментозного лечения. Однако можно квалифицированно и в достаточной степени аргументированно утверждать, что на рубеже веков волновая терапия уже прочно перешла из медицинской экзотики и объекта преимущественно биологического и биофизического интереса в повседневную клиническую практику, тем самым стимулируя и оптимизируя режимы волнового воздействия на организм с патологией. Именно поэтому на протяжении всего изложения материала в книге основной акцент ставится на получение (синтез) электромагнитных и магнитных полей, на более имманентных молекулярной, клеточной и физиологической структурированности организма человека.

Именно такой подход, на взгляд авторов, позволяет перевести волновую терапию из категории клинических экспериментов на грани риска для здоровья пациентов в мощный инструмент немедикаментозного лечения заболеваний широкой нозологии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Вернадский В.И.* Философские мысли натуралиста. — М.: Наука, 1988. — 520 с.
2. *Казначеев В.П., Спириин Е.А.* Космопланетарный феномен человека: проблемы комплексного излучения. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. — 304 с.
3. *Казначеев В.П.* Учение В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. — 248 с.
4. *Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В.* Особенности медико-биологического применения миллиметровых волн. — М.: Изд-во Ин-та радиотехн. и электрон., 1994. — 164 с.
5. *Ситько С.П., Мкртчян Л.Н.* Введение в квантовую медицину. — Киев: «ПАТТЕРН», 1994. — 145 с.
6. *Лоцилов В.И.* Информационно-волновая медицина и биология. — М.: Аллегро-пресс, 1998. — 256 с.
7. *Biological aspects of low intensity millimeter waves / Ed. N.D. Devyatkov and O.V. Betskii.* — Moscow: Seven Plus, 1994. — 336 p.
8. *Взаимодействие физических полей с живым веществом / Е.И. Нефедов, А.А. Протопопов, А.Н. Семенцов, А.А. Яшин.* Под ред. А.А. Хадарцева. — Тула: Изд-во Тульск. гос. ун-та, 1995. — 179 с.
9. *Кадомцев Б.Б.* Динамика и информация. 2-е изд. — М.: Редколл. журн. «Успехи физических наук», 1999. — 400 с.
10. *Ситько С.П., Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф.* Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины / Под ред. С.П. Ситько. — Киев: ФАДА, ЛТД, 1999. — 199 с.
11. *Миллиметровые волны в биологии и медицине (библиография).* — М.: ЗАО «МТА-КВЧ». Изд-во Ин-та радиотехн. и электрон. РАН, 1996. — 39 с.
12. *Методические рекомендации по применению ММ-терапии при различных нозологических формах.* — М.: ЗАО «МТА-КВЧ». Изд-во Ин-та радиотехн. и электрон. РАН, 1992. — 90 с.
13. *Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.* Прикладная статистика: исследование зависимости: Справочное издание / Под ред. С.А. Айвазяна. — М.: Финансы и статистика, 1985. — 487 с.
14. *Плотникова Л.Н., Яшин А.А., Яшин С.А.* Проблемные вопросы технологии изготовления тонко- и толстоплёночных объёмных многофункциональных модулей СВЧ: Тез. докл. // Электродинамика и техника СВЧ и КВЧ. — 1995. — № 3. — С. 133.
15. *Кандлин В.В., Плотникова Л.Н., Яшин А.А., Яшин С.А.* Оптимизация технологических процессов интегрированной сборки-юстировки многофункциональных модулей ОИС СВЧ: Тез. докл. // Электродинамика и техника СВЧ и КВЧ. — 1995. — № 3. — С. 138.

16. *Федорищев И.А., Яшин С.А.* Конструкторско-технологическая подготовка производства медицинской СВЧ- и КВЧ-аппаратуры с элементно-узловой базой в виде объемных интегральных модулей // Российская науч.-техн. конф. профессорско-препод. и инж.-техн. состава Поволжск. ин-та информатики, радиотехники и связи (ПИИРС): Тез. докл. – Самара: Изд-во ПИИРС, 1996. – С. 54–55.
17. *Афромеев В.И., Нефедов Е.И., Яшин А.А., Яшин С.А.* Реализация автономных нейрокомпьютерных систем и комплексов на элементно-узловой базе объемных электродинамических структур // Нейроинформатика и ее приложения: Тез. докл. V Всеросс. семинара. – Красноярск: Изд-во Красноярск. гос. техн. ун-та, 1997. – С. 12.
18. *Афромеев В.И., Яшин С.А.* Основы фантомного моделирования биообъектов при обработке параметров высокочастотной медицинской аппаратуры // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 1998. – Т. I. – № 4. – С. 58–63.
19. *Чернышев А.А., Константинова Н.В., Яшин С.А.* Новый подход к реализации датчиков фазовых флуктуаций для медицинской диагностики // Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы: Тез. докл. Всеросс. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязань: Изд-во Рязанск. гос. радиотехн. акад., 1997. – С. 26–27.
20. *Яшин С.А.* Фантомное моделирование биоткани организма человека для оптимизации параметров внутритканевых датчиков, зондов и облучателей // Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы: Тез. докл. Всеросс. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязань: Изд-во Рязанск. гос. радиотехн. акад., 1997. – С. 1–2.
21. *Афромеев В.И., Яшин С.А.* Конформные антенные решетки для миниатюризированной медицинской СВЧ- и КВЧ-аппаратуры // Вестник новых медицинских технологий. – 1999. – Т. VI. – № 1. – С. 115–117.
22. *Яшин С.А.* Фантомное моделирование биообъектов для совершенствования процедур СВЧ- и КВЧ-терапии и диагностики: Тез. докл. // Электродинамика и техника СВЧ и КВЧ. – 1999. – Т. 7. – № 3. – С. 184.
23. *Яшин С.А.* Расчет распределенного сопротивления кожи человека в окрестности акупунктурных точек при реализации высокочастотной диагностики состояния организма по отраженным модулированным сигналам: Тез. докл. // Электродинамика и техника СВЧ и КВЧ. – 1999. – Т. 7. – № 3. – С. 185.
24. *Яшин С.А.* Моделирование электромагнитных полей в фантомах биообъектов при обработке аппаратуры и процедур КВЧ-терапии и СВЧ-диагностики: Тез. докл. // Электродинамика и техника СВЧ и КВЧ. – 1999. – Т. 7. – № 3. – С. 189.

25. *Яшин С.А.* К вопросу о математической основе фундаментального информационного кода: Тез. докл. // Вестник новых медицинских технологий. – 1999. – Т. VI. – № 1: Приложение. – С. 34–35.
26. *Яшин С.А.* Математические модели для расчета распределенного сопротивления поверхности кожного покрова при фантомном моделировании биообъектов: Тез. докл. // Вестник новых медицинских технологий. – 1999. – Т. VI. – № 1: Приложение. – С. 36–37.
27. *Яшин М.А., Яшин С.А.* Постановка задачи реализации фантомов биообъектов для биофизического и биомеханического моделирования: Тез. докл. // Российский журнал биомеханики. – 1999. – № 2. – С. 139–140.
28. *Яшин М.А., Яшин С.А.* Фантомное моделирование биоткани для задач биомеханики и биофизики методами наведенных полей: Тез. докл. // Российский журнал биомеханики. – 1999. – № 2. – С. 140.
29. *Яшин М.А., Яшин С.А.* Информационные технологии, инициируемые познанием основ жизнедеятельности // Новые информационные технологии: Тез. докл. 7-й Межд. студенческ. шк.-семинара (Крым). – М.: Изд-во МГИЭМ, 1999. – С. 35.
30. *Яшин С.А.* Электромагнитное моделирование при разработке фантомов биообъектов для отработки процедур КВЧ-терапии: Тез. докл. // Парапсихология и психофизика: Журн. Фонда им. Л.Л. Васильева. – 1999. – № 2. – С. 83–84.
31. *Архипов М.Е., Яшин М.А., Яшин С.А.* Взаимодействие высокочастотных электромагнитных полей с живым веществом как неравновесный процесс на клеточном уровне // Моделирование неравновесных систем: Тез. докл. 2-го Всеросс. семинара. – Красноярск: Изд-во Красноярск. гос. техн. ун-та, 1999. – С. 23.
32. *Архипов М.Е., Новицкий Я.М., Перфильев В.Е., Привалов В.Н., Соколовский И.И., Филиппов Ю.А., Яшин А.А., Яшин С.А.* Тенденции развития и схематехнические решения аппаратуры для КВЧ-терапии // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 1999. – Т. 2. – № 3–4. – С. 56–68.
33. *Крысь В.В., Помойницкий В.Г., Привалов В.Н., Светлова С.Ю., Соколовский С.И., Филиппов Ю.А., Яшин А.А., Яшин С.А.* Биотехническая обратная связь в аппаратуре КВЧ-терапии: методология и конструкторский синтез // Вестник новых медицинских технологий. – 2000. – Т. VII. – № 2. – С. 125–127.
34. *Соколовский С.И., Яшин С.А.* Биофизическое обоснование и клиническая апробация лечения пародонтита вихревыми магнитными полями // Электродинамика и техника СВЧ и КВЧ. – 2000. – Т. 8. – № 1–2. – С. 57–67.
35. *Соколовский С.И., Яшин С.А.* Побочные воздействия на организм человека при лечении стоматологических заболеваний вихревыми маг-

- нитными полями // Электродинамика и техника СВЧ и КВЧ. – 2000. – Т. 8. – № 1–2. – С. 77–87.
36. *Соколовский С.И., Яшин С.А.* Аппаратурное обеспечение магнитотерапии с использованием вихревых полей в стоматологии // Электродинамика и техника СВЧ и КВЧ. – 2000. – Т. 8. – № 1–2. – С. 68–76.
  37. *Яшин С.А.* Информационная доминанта волновых функций в биологических процессах // Физика и техническое приложение волновых процессов: Тез. докл. I Межд. науч.-техн. конф. – Самара: Изд-во Самарск. гос. ун-та, 2001. – Т. 2. – С. 127.
  38. *Соколовский С.И., Яшин С.А.* Биологическая управляемая крайневысокочастотная терапия в лечении стоматологических заболеваний // Физика и техническое приложение волновых процессов: Тез. докл. I Межд. науч.-техн. конф. – Самара: Изд-во Самарск. гос. ун-та, 2001. – Т. 2. – С. 131.
  39. *Яшин С.А.* Биотропность вихревых магнитных полей: аспект киральности в живых средах // Физика и техническое приложение волновых процессов: Тез. докл. I Межд. науч.-техн. конф. – Самара: Изд-во Самарск. гос. ун-та, 2001. – Т. 2. – С. 138.
  40. *Кузнецов Д.А., Субботина Т.И., Яшин С.А., Яшин А.А.* Исследование и разработка аппаратуры совмещенной КВЧ- и вихревой магнитной терапии // Сучасні технології в аерокосмічному комплексі: Мат. V Межд. науч.-практ. конф. – Житомир (Украина): Изд-во Житомирск. инж.-технол. ин-та, 2001. – С. 232.
  41. *Кузнецов Д.А., Субботина Т.И., Яшин С.А., Яшин А.А.* Аппаратура для вихревой магнитотерапии // Вестник новых медицинских технологий. – 2001. – Т. VIII. – № 1. – С. 76–78.
  42. *Воробьев С.А., Божанский С.И., Яшин С.А.* Модели и методы обработки экспериментальных сигналов с повторяющимися участками // Вестник новых медицинских технологий. – 2001. – Т. VIII. – № 1. – С. 25–26.
  43. *Кузнецов Д.А., Соколовский С.И., Яшин С.А., Яшин А.А.* Принципы технической реализации информационной обратной связи с биообъекта в биоуправляемой КВЧ- и магнитотерапии // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2001. – Т. 4. – № 1. – С. 69–73.
  44. *Субботина Т.И., Царегородцев И.А., Яшин С.А., Яшин А.А.* Установка совмещенной магнитокрайневысокочастотной терапии // Труды LVI Науч. сессии, посв. Дню радио. – М.: ИПРЖР, 2001. – Т. 2. – С. 410–411.
  45. *Яшин С.А.* Модели и методы исследования биоритмических составляющих экспериментальных сигналов: Тез. докл. // Современная техника и технологии в медицине и биологии: Мат. Межд. науч.-практ. конф. – Новочеркасск: ЮРГТУ, Изд-во «НАБЛА», 2001. – Ч. 2. – С. 21.
  46. *Воробьев С.А., Яшин С.А.* Методы исследования биоритмических составляющих структурных экспериментальных сигналов: Тез. докл. // Методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и эконо-



мике: Мат. Межд. науч.-практ. конф. – Новочеркасск: ЮРГТУ, Изд-во «НАБЛА», 2001. – Ч. 5. – С. 10.

47. *Борзов Д.А., Кузнецов Д.А., Луценко Ю.А., Субботина Т.И., Царегородцев И.А., Яшин С.А., Яшин А.А.* Синтез биотропных магнитных полей и его техническая реализация в магнитотерапии // Вестник новых медицинских технологий. – 2001. – Т. VIII. – № 2. – С. 75–81.
48. *Соколовский С.И., Яшин С.А.* Отдаленные последствия лечения генерализованного пародонтита с использованием крайневых высокочастотной терапии // XVIII научная сессия, посв. Дню радио: Мат. конф. – Тула: Тульск. гос. ун-т. Изд-во «Тульский полиграфист», 2001. – С. 64.
49. *Соколовский С.И., Яшин С.А.* Методологические вопросы лечения воспалительных заболеваний пародонта с использованием биоуправляемой КВЧ-терапии // Вестник новых медицинских технологий. – 2000. – Т. VII. – № 3–4. – С. 94–95.
50. *Соколовский С.И., Яшин С.А.* Модели биофизических процессов при КВЧ-терапии воспалительных заболеваний пародонта: Тез. докл. // Вестник новых медицинских технологий. – 2000. – Т. VII. – № 3–4. – С. 35.
51. *Максуров Я.И., Помойницкий В.Г., Соколовский С.И., Яшин С.А.* Клинические исследования результатов КВЧ-терапии при лечении заболеваний тканей пародонта: Тез. докл. // Вестник новых медицинских технологий. – 2000. – Т. VII. – № 3–4. – С. 35–36.
52. *Коломойцев В.Ф., Помойницкий В.Г., Привалов В.Н., Соколовский С.И., Яшин С.А.* Аппаратурная реализация и клиническая апробация КВЧ-терапии в лечении стоматологических заболеваний: Тез. докл. // Вестник новых медицинских технологий. – 2000. – Т. VII. – № 3–4. – С. 40.
53. *Крысь В.В., Помойницкий В.Г., Привалов В.Н., Светлова С.Ю., Соколовский С.И., Филиппов Ю.А., Яшин С.А.* Техническая реализация контурной аппаратуры КВЧ-терапии для лечения стоматологических заболеваний с обратными связями по сигналам с электроэнцефалографа: Тез. докл. // Вестник новых медицинских технологий. – 2000. – Т. VII. – № 3–4. – С. 41–42.
54. *Воропаев Е.Г.* Электроврачевание А.Т. Болотова (Из истории медицинских технологий) // Вестник новых медицинских технологий. – 1997. – Т. IV. – № 4. – С. 155–156.
55. *Краткие и на опытности основанные замечания о электрицизме и о способности электрических машин к помоганию от разных болезней с изображением и описанием наипростейшего ряда машин и разных способов, употребляемых при врачевании ими болезней.* Сочинение Андрея Болотова. – СПб.: Издание Императорской Академии Наук, 1803. – 120 с. (Библиография приведена в современной автору орфографии).
56. *Любичев А.А.* О природе наследственных факторов. – Пермь, 1925.
57. *Гурвич А.Г.* Теория биологического поля. – М.: Советская наука, 1944.

58. *Гурвич А.Г.* Избранные труды. — М.: Медицина, 1977. — 351 с.
59. *Гурвич А.А.* Проблема митогенетического излучения как аспект молекулярной биологии. — Л.: Медицина. Ленингр. отд-ие, 1968. — 240 с.
60. *Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В.* Гипотеза о взаимосвязанности воздействия когерентных волн малой мощности КВЧ, ИК, оптического и УФ-диапазонов на функционирование клеток // Миллиметровые волны в медицине: Сб. ст. / Под ред. Н.Д. Девяткова и О.В. Бецкого. — М.: Изд-во Ин-та радиотехн. и электрон. АН СССР, 1991. — Т. 1, 2. — С. 349–362.
61. *Ганеев А.Б.* Особенности действия модулированного электромагнитного излучения крайневысоких частот на клетки животных: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. — Пушкино: Ин-т теорет. и эксперимент. биофизики РАН, 1997. — 21 с.
62. *Ганеев А.Б., Сафронова В.Г., Чемерис Н.К., Фесенко Е.Е.* Модификация активности перитонеальных нейтрофилов мыши при воздействии миллиметровых волн в ближней и дальней зонах излучателя // Биофизика. — 1996. — Т. 41. — № 1. — С. 205–219.
63. *Родитат И.В.* Вопросы объективизации некоторых дискуссионных психофизиологических феноменов, предположительно модулированных КВЧ-воздействием: Препринт № 2 (602) ИРЭ РАН. — М.: Изд-во Ин-та радиотехн. и электрон. РАН, 1995. — 23 с.
64. *Биофизика* полей и излучений и биоинформатика. Ч. I. Физико-биологические основы информационных процессов в живом веществе / Е.И. Нефедов, А.А. Протопопов, А.А. Хадарцев, А.А. Яшин. Под ред. А. А. Яшина. — Тула: Изд-во Тульск. гос. ун-та, 1998. — 333 с.
65. *Афромеев В.И., Хадарцев А.А., Яшин А.А.* Биофизика полей и излучений и биоинформатика. Ч. III. Основы физико-биологической и технической реализации управляющих воздействий высокочастотными электромагнитными полями в медицине / Под ред. А. А. Яшина. — Тула: НИИ НМТ. Изд-во Тульск. гос. ун-та, 1999. — 508 с.
66. *Ситько С.П.* Физика живого — новое направление фундаментального естествознания // Вестник новых медицинских технологий. — 2001. — Т. VIII. — № 1. — С. 5–8.
67. *Fröhlich H.* Theoretical physics and biology // In: Fröhlich H. (ed.) Biological coherence and response to external stimuli. — Springer, Berlin — Heidelberg — New York, 1988. — P. 1–24.
68. *Gründler W., Kaiser F.* Experimental evidence for coherent excitations correlated with cell growth // Nanobiology. — 1992. — V. 1. — P. 163–176.
69. *Furia L., Hill D.W., Gandhi O.P.* Effect of millimeter-wave irradiation on growth of *Saccharomyces cerevisiae* // IEEE Trans. Biomed. Eng. — 1996. — V. BME. — 33. — № 11. — P. 993–999.

70. *Coherent excitation in biological systems* (Eds. by H. Fröhlich and F. Kremer) // Dig. of Papers Springer. – Berlin, 1983.
71. *Adey W.R.* Physiological signaling across cell membranes and cooperative influences of extremely low frequency electromagnetic fields // In: Fröhlich H. (ed.) *Biological coherence and response to external stimuli*. – Springer, Berlin – Heidelberg – New York, 1988. – P. 148 –170.
72. *Smith C.W.* Coherence in living biological systems // *Neural Network World*. – 1994. – V. 3. – P. 379–388.
73. *Heetderks W.J.* RF powering of millimeter- and submillimetre-sized neural prosthetic implants // *IEEE Trans. Biomed. Eng.* – 1988. – V. 35. – № 5. – P. 323–327.
74. *Teppone M.* Extremely high frequency (EHF) therapy in oncology // *Complementary Medicine International*. – 1996. – V. 3. – № 1. – P. 1–20.
75. *Мальшиев И.В., Шнурченко А.А.* Опыт лечения ряда гинекологических заболеваний с использованием миллиметровых волн нетепловой интенсивности // *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. – 1992. – № 1. – С. 62–64.
76. *Дедик Ю.В.* Приборы для КВЧ-терапии // *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. – 1992. – № 1. – С. 65–68.
77. *Жуковский А.П., Резункова О.П., Сорвин С.В. и др.* О биохимическом механизме воздействия миллиметровых излучений на биологические процессы // *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. – 1993. – № 2. – С. 36–42.
78. *Детлав И.Э., Шкирманте Б.К., Домбровска Л.Э. и др.* Изучение биохимических показателей развивающейся грануляционно-фиброзной ткани после воздействия электромагнитного поля крайне высокой частоты // *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. – 1993. – № 2. – С. 43–50.
79. *Коротков Г.К.* Объективизация результатов КВЧ-терапии методом газоразрядной визуализации (эффект Кирлиан) // *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. – 1993. – № 2. – С. 75–78.
80. *Лебедева А.Ю.* Случай лечения стрептококкового импетиго методом миллиметровой спектроскопии // *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. – 1993. – № 2. – С. 93–95.
81. *Попов Б.М.* Оценка эффективности воздействия миллиметровых волн при комплексном лечении больных сахарным диабетом // *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. – 1993. – № 2. – С. 95–98.
82. *Долгорукова Л.Н.* Пример лечения травматического арахноидита с ликвородинамическими нарушениями // *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. – 1993. – № 2. – С. 98–99.

83. *Чернавский Д.С.* Об особенностях теплового микромассажа, вызываемого КВЧ-излучением // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1994. — № 4. — С. 25–27.
84. *Родитат И.В.* Стрессы, конфликты и психологические защиты в контексте миллиметровой терапии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1994. — № 4. — С. 32–43.
85. *Темурьянц Н.А., Туманянц Е.Н., Чуян Е.Н. и др.* Использование ММ-терапии в комплексе санаторно-курортного лечения детей из Чернобыльской зоны // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1994. — № 4. — С. 44–46.
86. *Наумчева Н.Н., Белокопытова М.Н.* Лечение длительно заживающего термического ожога у больных с острым инфарктом миокарда // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1994. — № 4. — С. 48–49.
87. *Катин А.Я.* Миллиметровые волны, биологически активные точки и метод электропунктурной диагностики по Р. Фоллю // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1994. — № 4. — С. 55–56.
88. *Писанко О.И., Хатнюк О.Б., Шляхтиченко И.Н. и др.* Аппарат ММ-терапии «ЭЛЕКТРОНИКА КВЧ-111» // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1994. — № 4. — С. 57–61.
89. *Мегдятов Р.С., Архипов В.В., Кислов В.Я. и др.* Применение лечебно-диагностического комплекса «Шарм» в комплексной терапии невралгии тройничного нерва // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1995. — № 5. — С. 20–24.
90. *Рыжкова Л.В., Кеслер Д.Ф.* Применение миллиметровых волн для лечения нарушений фосфорно-кальциевого обмена при рахите и терминальной почечной недостаточности // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1995. — № 5. — С. 24–28.
91. *Прокопец Б.Г., Сериков А.Г.* Методологические особенности индивидуального применения ММ-терапии в курортологии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1995. — № 5. — С. 37–41.
92. *Шумейко Л.С.* Результаты лечения больных с патологией щитовидной железы ММ-волнами // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1995. — № 5. — С. 55–56.
93. *Адаскевич В.П.* Клиническая эффективность, иммунорегулирующее и нервнотуморальное воздействие миллиметровой и микроволновой терапии при atopическом дерматите // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1995. — № 6. — С. 30–38.
94. *Гоц Н.И., Кольцов Л.С., Аль-Ола А.А.* Применение миллиметровой резонансной терапии для лечения детей, страдающих хроническим тонзиллитом // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1995. — № 6. — С. 44–45.

95. Струсов В.В., Уткин Д.В., Дремучев В.А. Хирургические аспекты применения КВЧ-терапии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1995. — № 6. — С. 48–49.
96. Каменев Ю.Ф., Герасимов А.М., Батпенев Н.Д. и др. Обоснование применения КВЧ-излучения для стабилизации дегенеративно-дистрофических изменений в суставном хряще при деформирующем остеоартрозе (клинико-экспериментальное исследование) // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1996. — № 7. — С. 30–35.
97. Дремучев В.А. Диагностика и лечение парадоксальных состояний удаленного органа // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1996. — № 7. — С. 43–45.
98. Лян Н.В., Воторопин С.Ю. Миллиметровая терапия проекционной боли (фантома) // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1996. — № 7. — С. 48–49.
99. Дровяникова Л.П., Крюков Н.Н., Романчук П.И. и др. Опыт применения ММ-излучения в комплексном лечении больной с циррозом печени // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1996. — № 7. — С. 55–57.
100. Суворов А.П., Петросян В.И., Житенева Э.А. и др. Использование ММ-волн в терапии больных хроническим уретропростатитом и аллергодерматозами // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1996. — № 7. — С. 60–62.
101. Соколов П.Л., Семикина С.С., Никитин С.С. Исследование реакций афферентных проводящих путей при воздействии ММ-волн на больных ДЦП в поздней резидуальной стадии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1996. — № 7. — С. 62–63.
102. Гайдук В.И., Либерман Б.М. Моделирование широкополосных диэлектрических спектров воды и водных растворов электролитов на основе единого представления межмолекулярного потенциала // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1996. — № 8. — С. 29–37.
103. Хургин Ю.И., Кудряшова В.А., Завизион В.А. Влияние характера гидратации глицина на поглощение КВЧ-излучения водой // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1996. — № 8. — С. 45–48.
104. Катин А.Я. Длительность влияния воды, заряженной миллиметровым воздействием, на организм человека // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1996. — № 8. — С. 63–64.
105. Зайковский Я.Г., Дедик Ю.В., Кононова Н.Г. и др. Опыт применения КВЧ-терапии в стоматологической практике // Миллиметровые волны в биологии и медицине. — 1997. — № 9–10. — С. 52–53.
106. Zon J. Electronic plasma in biological membranes. — Lublin: Redakcja Wydawnictw KUL, 1986. — 470 p.

107. *Symposium* of biological effects of EM waves // Symp. of biological effects of FM waves abstr., Helsinki, 1978.
108. *Arya D., Saxena V.P.* Transient heat flow problem in skin and subcutaneous tissues // Proc. Nat. Acad. Sci. – India, 1986. – Sec. A. – V. 56. – № 4. – P. 356–364.
109. *Tuszynski J.A., Paul R., Chatterjee R. et al.* Relationship between Fröhlich and Davydow models of biological order // Phys. Rev. – 1984. – V. 30. – № 5. – P. 2666–2675.
110. *Van Zaudt L.L.* Resonant microwave absorption by dissolved DNA // Phys. Rev. Lett. – 1986. – V. 57. – № 16. – P. 2085–2087.
111. *Shen Z.Y., Birenbaum L., Chu A. et al.* Simple method to measure power density entering a plane biological sample at millimeter wavelength // Bioelectromagnetics. – 1987. – V. 8. – № 1. – P. 91–103.
112. *Steel M.C., Sheppard R.J.* The dielectric properties of rabbit tissue, pure water and various liquids suitable for tissue phantoms at 35 GHz // Phys. Med. and Biol. – 1988. – V. 33. – № 4. – P. 467–471.
113. *Witten A., Genzel L., Kremer F. et al.* Far-infrared spectroscopy on oriented films of dry and hydrated DNA // Phys. Rev. – 1986. – V. A34. – № 1. – P. 493–500.
114. *Brunkard K.M., Pickard W.F.* Q- and K-band irradiation of quant alga cells: the absence of detected bioeffects at 100 W/m<sup>2</sup> // IEEE Trans. Biomedical. Eng. – 1985. – V. 32. – № 8. – P. 617–620.
115. *Аветисов В.А., Гольданский В.И.* Физические аспекты нарушения зеркальной симметрии биоорганического мира // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166. – № 8. – С. 874–891.
116. *Новости физики в сети Internet* // Успехи физических наук. – 2000. – Т. 170. – № 8 ([www.nature.com/](http://www.nature.com/)).
117. *Умов Н.А.* Собрание сочинений. Т. III. – М.: Императ. Моск. Об-во Испытат. Природы, 1916. – 668 с.
118. *Nefyodov Eu.I., Yashin A.A.* Electromagnetic basis in the concept of global informational field of noosphere and problem of ecological monitoring // In: Photonic Systems for Ecological Monitoring: Proc. Int. Conf. (Praha). – Moscow: MNTORES Publ., 1996. – P. 14–16.
119. *Хакен Г.* Синергетика: иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 423 с.
120. *Емельянова В.О., Кривоконь В.И., Титов В.Б.* Биокоррекция. Модели, приборы, системы. – Ставрополь: Изд-во ОАО «Пресса», 1997. – 192 с.
121. *Диагностика, лечение и профилактика стоматологических заболеваний* / В.И. Яковлева, Е.К. Трофимова, Т.П. Давидович и др. – 2-е изд. – Минск: Вышэйшая школа, 1995. – 494 с.
122. *Соколовский С.И.* Использование электромагнитного излучения миллиметрового диапазона для лечения воспалительных заболеваний пародонтия: Дис. ... канд. мед. наук. – Днепропетровск: ДГМА, 2001. – 180 с.

123. *Кодола Н.А.* Болезни пародонта и их профилактика. – Киев: Здоров'я, 1987. – 40 с.
124. *Мащенко И.С., Самойленко А.В.* Дистрофические и воспалительные заболевания пародонта // Актуальные проблемы теоретической и практической медицины. – Днепропетровск: Изд-во Днепропетр. гос. мед. акад., 1996. – С. 315–325.
125. *Данилевский Н.Ф., Колесова Н.А.* Расстройство микроциркуляции в околозубных тканях при пародонтите // Стоматология. – 1977. – № 2. – С. 21–25.
126. *Барабаш Р.Д.* Концепция этиологии и патогенеза заболеваний пародонта // Стоматология. – 1989. – № 1. – С. 81–85.
127. *Мащенко И.С.* О различии в механизмах развития пародонта // Стоматология. – 1990. – Т. 69. – № 7. – С. 29–31.
128. *Боровский Е.В., Леонтьев В.К.* Биология полости рта. – М.: Медицина, 1991. – 289 с.
129. *Жижина Н.А., Прохончуков А.А.* Экспериментальная и клиническая патофизиология полости рта // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 1984. – № 1. – С. 3–10.
130. *Березовский В.А., Колотилев Н.Н.* Биофизические характеристики тканей человека. – Киев: Наукова думка, 1990. – 223 с.
131. *Ефанов О.И., Волков А.Г.* Влияние КВЧ-терапии различных длин волн на клиническое течение пародонтита // Миллиметровые волны в медицине и биологии: Сб. докл. Межд. симпоз. – М.: Изд-во Ин-та радиотехн. и электр. РАН, 1997. – С. 43–44.
132. *Вайсберг В.А.* Атлас по медицинской астрологии. – М.: ИМА-Пресс, 1992. – 32 с.
133. *Афромеев В.И., Соколовский С.И.* Возможности и перспективы использования КВЧ-терапии в практике лечения стоматологических заболеваний // Вестник новых медицинских технологий. – 1997. – Т. IV. – № 3. – С. 103–104.
134. *Быховский М.Л., Вишневецкий А.А.* Кибернетические системы в медицине. – М.: Наука, 1971. – 407 с.
135. *Биологическая и медицинская кибернетика: Справочник / О.П. Минцер, В.Н. Молотков, Б.Н. Угаров и др. Отв. ред. Ю.И. Журавлев.* – Киев: Наукова думка, 1986. – 376 с.
136. *Еськов В.М., Филатова О.Е.* Компьютерная идентификация респираторных нейронных сетей. – Пушкино: ОНТИ Пушкинск. научн. центра РАН, 1994. – 92 с.
137. *Горбань А.Н., Россиев Д.А.* Нейронные сети на персональном компьютере. – Новосибирск: Наука. Сиб. издат. фирма РАН, 1996. – 276 с.
138. *Стратонович Р.Л.* Теория информации. – М.: Советское радио, 1975. – 424 с.

139. *Веселовский В.Н., Субботина Т.И., Яшин А.А.* Информационно-полевая самоорганизация биосистем и вирусная концепция: Уч. пособие / Под ред. А.А. Яшина. – Тула: Изд-во Тульск. гос. ун-та, 2001. – 150 с.
140. *Кузнецов А.П.* Электромагнитные поля живых клеток в КВЧ-диапазоне // *Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ.* – 1991. – № 7. – С. 3–6.
141. *Хорстхемке В., Лефевр Р.* Индуцированные шумом переходы: теория и применение в физике, химии и биологии: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 400 с.
142. *Анищенко В.С., Нейман А.Б., Мосс Ф., Шимановский-Гайер Л.* Стохастический резонанс как индуцируемый шумом эффект увеличения степени порядка // *Успехи физических наук.* – 1999. – Т. 167. – № 1. – С. 7–38.
143. *Гласс Л., Мэки М.* От часов к хаосу: ритмы жизни: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 248 с.
144. *Марри Дж.* Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. Лекции о моделях: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 397 с.
145. *Варакин Л.Е.* Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
146. *Белый М.У., Хохлов В.В., Цикора Т.П., Якунов А.В.* Цифровой шум и перспективы его применения в биологии и медицине // *Physics of the Alive.* – 1998. – V. 6. – № 2. – P. 53–58.
147. *Пресман А.С.* Идеи В.И. Вернадского в современной биологии. – М.: Знание, 1976. – 64 с.
148. *Шубников А.В., Копцик В.А.* Симметрия в науке и искусстве. 2-е изд. – М.: Наука, 1972. – 339 с.
149. *Каценеленбаум Б.З., Коршунова Е.Н., Сивов А.Н., Шатров А.Д.* Киральные электродинамические объекты // *Успехи физических наук.* – 1997. – Т. 167. – № 11. – С. 1201–1212.
150. *Nikawa Y., Kikuchi M., Mori S.* Development and testing of a 2450 MHz lens applicator for localized microwave hyperthermia // *IEEE Trans. Microwave Theory and Techn.* – 1985. – V. MTT-33. – № 11. – P. 1212–1216.
151. *Яшин А.А., Кандлин В.В., Плотникова Л.Н.* Проектирование многофункциональных объемных интегральных модулей СВЧ- и КВЧ-диапазонов / Под ред. Е.И. Нефедова. – М.: НТЦ «Информтехника», 1992. – 324 с.
152. *Воробьев С.А., Яшин А.А.* Математическая обработка результатов исследований в медицине, биологии и экологии / Под ред. А. А. Яшина. – Тула: Изд-во Тульск. гос. ун-та, 1999. – 120 с.
153. *Полупроводники с объемной отрицательной проводимостью в СВЧ-полях: электронные процессы и функциональные возможности / С.А. Костылев, В.В. Гончаров, И.И. Соколовский, А.В. Челядин.* – Киев: Наукова думка, 1987. – 144 с.



154. *Автоматизированное проектирование устройств СВЧ* / В.В. Никольский, В.П. Орлов, В.Г. Феоктистов и др. Под ред. В.В. Никольского. — М.: Радио и связь, 1982. — 272 с.
155. *Гунта К., Гардж Р., Чадха Р.* Машинное проектирование СВЧ-устройств: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1987. — 432 с.
156. *Munson R.E.* Conformal microstrip antennas // *Microwave Journal*. — 1988. — V. 31. — № 3. — P. 91–109.
157. *Антенны эллиптической поляризации. Теория и практика:* Сб. ст.: Пер. с англ. — М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1961. — 340 с.
158. *Бейтмен Г., Эрдейн А.* Высшие трансцендентные функции (Эллиптические и автоморфные функции, функции Ламе и Матье): Пер. с англ. — М.: Наука, 1967. — Т. 1–3. — 326 с.
159. *Нефедов Е.И., Привалов В.Н.* Одночастотные колебания в резонаторах с «нефокусирующими» зеркалами // *Доклады АН СССР*. — 1989. — Т. 307. — № 4. — С. 872–876.
160. *Житник Н.Е., Новицки Я.М., Привалов В.Н. и др.* Вихревые магнитные поля в медицине и биологии // *Вестник новых медицинских технологий*. — 2000. — Т. VII. — № 1. — С. 46–57.
161. *Анохин П.К.* Биология и нейрофизиология условного рефлекса. — М.: Медицина, 1968. — 547 с.
162. *А. с. СССР № 1607827.* Устройство для СВЧ-терапии / Л.В. Ващенко, Н.Е. Житник, А.В. Люлько и др. — БИ № 43. — 1990. — 6 с.
163. *А. с. СССР № 1528442.* Устройство для контроля сердечной деятельности / Л.В. Ващенко, И.В. Куделя, С.И. Соколовский — БИ № 46. — 1989. — 4 с.
164. *А. с. СССР № 1246985.* Устройство для контроля внешнего дыхания / Л.В. Ващенко, В.А. Дрозд, С.И. Соколовский — БИ № 28. — 1986. — 6 с.
165. *Ефанов И.О.* Актуальные вопросы магнитобиологии и магнитотерапии // *Сб. трудов республ. науч.-практ. конф.* — Ижевск, 1981. — С. 105.
166. *Дифференциальное применение магнитных полей при неврологических проявлениях поясничного остеохондроза: Методические рекомендации.* — Минск, 1990. — 35 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список основных сокращений.....	3
Введение .....	5
Глава 1. Информационно-волновая медицина: теория, эксперимент, клиника .....	10
1.1. Современные представления о биофизических механизмах взаимодействия электромагнитных полей низкой интенсивности с живым организмом .....	10
1.2. Системный подход к организации волновой терапии и диагностики по различной нозологии заболеваний, использующий биотехническую контурную реализацию .....	31
1.3. Аппаратурная реализация биоуправляемой волновой терапии: связь системо- и схмотехнических решений с нозологией заболевания .....	37
1.4. Этиология, патогенез и клиника стоматологических заболеваний в аспекте воспалительных процессов.....	40
1.5. Использование волновых и сочетанных методов лечебного воздействия в терапевтической стоматологии.....	46
Глава 2. Системный анализ биотехнических контуров волновой терапии с использованием электромагнитных полей со специальными характеристиками .....	51
2.1. Принципы организации процедур и аппаратуры волновой терапии с биоуправляемой обратной связью.....	51
2.2. Системное проектирование аппаратуры КВЧ-терапии со специальными характеристиками электромагнитного излучения .....	73
2.3. Использование в КВЧ-терапии и магнитотерапии киральных свойств полей .....	83
2.4. Фантомное моделирование биообъектов для оптимизации характеристик аппаратуры волновой терапии .....	85
2.5. Модели и методы математической обработки данных биомедицинского эксперимента с использованием воздействий электромагнитными полями.....	93

Глава 3. Разработка методов схемно-конструкторского проектирования контурной аппаратуры волнового лечения стоматологических заболеваний.....	99
3.1. Схемно-конструкторские решения базовых генераторных модулей для КВЧ-терапии.....	99
3.2. Оптимизация конструкций излучающих систем для КВЧ-терапии.....	113
3.3. Схемно-конструкторское проектирование и разработка контурной аппаратуры КВЧ-терапии.....	124
3.4. Разработка аппаратуры специального, в том числе сочетанного, волнового воздействия .....	137
3.5. Конструкции генераторов вихревого магнитного поля для стоматологической магнитотерапии .....	142
3.6. Автоматизация съема сигналов обратной связи с биообъекта при реализации биотехнических систем КВЧ- и магнитотерапии.....	147
Глава 4. Аппаратурная и клиническая апробация волновых методов терапии в стоматологии.....	156
4.1. Аппаратура, материалы и методология волновой терапии в стоматологии .....	156
4.2. Исследование клинического применения КВЧ-терапии для лечения генерализованного пародонтита.....	170
4.3. Лечение пародонтита различных степеней тяжести вихревыми магнитными полями .....	183
4.4. Отдаленные последствия волнового лечения стоматологических заболеваний.....	192
Заключение .....	196
Литература .....	197

Государственное унитарное предприятие  
«Научно-исследовательский институт  
новых медицинских технологий»

---

---

ООО «Научно-исследовательский центр «Матрикс»

Приложение к журналу  
«Вестник новых медицинских технологий»

**Москвин Сергей Владимирович**  
**Новиков Александр Сергеевич**  
**Соколовский Сергей Иванович**  
**Субботина Татьяна Игоревна**  
**Хадарцев Александр Агубечирович**  
**Яшин Сергей Алексеевич**  
**Яшин Алексей Афанасьевич**

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ТЕРАПИЯ В СТОМАТОЛОГИИ:  
БИОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, АППАРАТУРА  
И КЛИНИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ**

(Серия «Экспериментальная электромагнитобиология», вып. 9)  
Монография

*(Серия монографий под общей редакцией  
заслуженного деятеля науки РФ, д. б. н., д. т. н., проф. А.А. Яшина)*

Научное издание



Редактирование и художественное оформление А.А. Яшин  
Компьютерный набор А.С. Новиков

ООО «Издательство «Триада». ИД № 06059 от 16.10.01 г.  
170034, г. Тверь, пр. Чайковского, 9, оф. 504,  
тел./факс: (4822) 42-90-22, 35-41-30  
E-mail: triada@stels.tver.ru  
<http://www.triada.tver.ru>

Подписано к печати

. Формат бумаги 60 × 84 1/16. Бумага офсетная.  
Тираж 1000 экз. Заказ №

Отпечатано в филиале ОАО «ТОТ» Ржевская типография. г. Ржев, ул. Урицкого, д. 91