АППАРАТЫ КВЧ-ТЕРАПИИ С ШУМОВЫМ СПЕКТРОМ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 25-110 ГГц И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

А. В. Корнаухов, Г. А. Максимов, С. И. Анисимов, М. Л. Гуревич

Нижегородский госуниверситет

В работе приводится обоснование применения широкополосных источников КВЧ ЭМИ со спектром типа "белый шум" в экспресс-методах гармонизации состояния пациента при КВЧ-воздействиях. Предполагается, что расширение спектра воздействия шумовым ЭМИ от 53-78 ГГц до 26-110 ГГц обеспечит повышение эффективности лечения тяжелых и сложных заболеваний. Приводится описание нового подхода для метода электропунктурной диагностики и портативного прибора для экспресс-диагностики, в том числе и в процессе проведения КВЧ-терапии, отличающегося более высокой степенью повторяемости результатов, компактностью и технической простотой, а также предварительные результаты его испытаний, подтверждающие перспективность разработки новых приборов биологической обратной связи.

Способы лечения, основанные на использовании воздействия на организм электромагнитным излучением (ЭМИ) низкой интенсивности, доказали свою состоятельность и в настоящее время формируются в достаточно мощное направление современной биологии и медицины. Установлено, что такое излучение оказывает гармонизирующее воздействие на организм, заметно повышает эффективность лечебных и профилактических медицинских технологий, практически не оказывает побочного воздействия [1].

Известно, что эффективность взаимодействия ЭМИ КВЧ с биологическими объектами имеет острорезонансную зависимость от частоты несущей в КВЧ-диапазоне [1,2]. При этом резонансные частоты организма соответствуют частотам минимального отражения КВЧ-сигнала и обеспечивают максимальный терапевтический эффект [3]. В работе [4] замечено, что эффект зависит от дозы облучения, а также от частоты и глубины амплитудной модуляции КВЧ-сигнала, при этом зависимость от частоты имеет резонансный характер в диапазоне частот от 10 МГц до 5 ГГц. Предполагается [4], что указанные резонансы определяются характерными частотными свойствами различных клеточных структур. Так, для однодневной культуры *Staphilococcus aureus* 600 в указанной работе набор основных резонансных частот модуляции составлял 10 МГц, 50 МГц, 350 МГц и 5 ГГц. Замечено, что одновременная модуляция сигнала на двух частотах приводит к примерно в 2 раза более сильному эффекту, чем последовательная модуляция сначала на одной, а потом на другой резонансных частотах. Указанные результаты, наличие достаточно большого числа терапевтически значимых частот в КВЧ-диапазоне (частота несущей), а также отсутствие критерия выбора оптимальной частоты воздействия дают основание считать использование КВЧ-сигнала типа широкополосный "белый шум" оптимальным способом управления биологическими процессами в изучаемом частотном диапазоне.

Естественно, что понимание полученного в этом случае эффекта, построение более или менее адекватной модели, описывающей наблюдаемое явление, требует детальных спектральных исследований. Применение КВЧ ЭМИ типа "белый шум" обеспечивает возможность ограничения указанных специальных исследований частотными диапазонами, соответствующими требуемым реакциям биообъектов.

Несмотря на очевидную перспективность методов исследований биообъектов, основанных на их реакции на КВЧ ЭМИ типа "белый шум", научные работы в области изучения поведения живых клеток или фрагментов органов при таком воздействии до последнего времени практически отсутствовали. Сдерживающим фактором являлось отсутствие как в России, так и за рубежом приспособленных для таких исследований источников ЭМИ с указанным спектром. Хорошо известные твердотельные аппараты типа "Порог" и их аналоги характеризовались площадью облучения около 1 мм^2 и в основном использовались в технологиях КВЧ-пунктуры, а кроме того, отличались недостаточной однородностью спектра шума. Источники "белого шума" на основе газоразрядных ламп в связи с недостаточной мощностью генерации, высоким напряжением питания и рядом других обстоятельств в основном используются для калибровки радиотехнической аппаратуры.

В наибольшей степени на сегодняшний день условию адекватности задачам изучения реакции биообъектов на КВЧ-излучение с шумовым спектром соответствует разработанный на новой твердотельной элементной базе и серийно выпускаемый с 1998 г. аппарат КВЧ-терапии шумовым излучением "АМФИТ-0,2/10-01" [5]. Цикл работ [5-10] по исследованию влияния ЭМИ типа "белый шум" на реакцию биообъектов различного уровня продемонстрировал возможность эффективного управления биологическими процессами в живых клетках, органах и организме в целом с помощью КВЧ ЭМИ с шумовым спектром в диапазоне частот 53-78 ГГц. Несмотря на существенно более низкий уровень КВЧ-сигнала аппарата "АМФИТ-0,2/10-01", по сравнению с используемыми в одночастотных КВЧ-приборах (отличие составляет более 10 порядков по мощности в полосе 1 Гц и более 4 порядков по интегральной мощности в полосе генерации), клиническая эффективность применяемых аппаратов с шумовым спектром оказалась выше для ряда заболеваний при использовании одинаковых лечебных методик. С другой стороны, очевидный факт зависимости результатов облучения от состояния изучаемого объекта и типа патологии предполагает перспективность исследований реакции биообъектов на шумовое ЭМИ других частотных диапазонов. Особую значимость приобретает эта задача для КВЧ-терапии практически не поддающихся лечению на сегодняшний день заболеваний.

Для изучения возможности решения таких задач нами разработан и изготовлен параметрический ряд источников ЭМИ с достаточно однородно распределенным по частоте шумовым спектром на следующие диапазоны частот: 26-40 ГГц, 33-50 ГГц, 50-75 ГГц, 75-110 ГГц и 45-90 ГГц. Величина спектральной плотности мощности шума у источников составляет около $10^{-17} \text{ Вт}/(\text{см}^2 \cdot \text{Гц})$. Конструкция источников аналогична используемой в аппарате "АМФИТ". Планируется рассмотреть влияние на состояние организма воздействия приборов с шумовым спектром, отличающихся диапазоном частот, определить роль мощности ЭМИ, рассмотреть особенности многоканального (т.е. на несколько биологически активных точек) воздействия приборами одного или нескольких частотных диапазонов. Естественно, что эти эксперименты будут выполняться первоначально на животных и репрезентативных фрагментах их органов, а также "in vitro" на клеточных культурах.

Для оптимизации воздействия ЭМИ низкой интенсивности мы попытались решить задачу оперативного контроля состояния пациента, в том числе и при проведении сеанса КВЧ-терапии. В качестве исходного был выбран метод электропунктурной диагностики. Его преимущество — простота аппаратуры, достаточно хорошая отработанность методик, основанная на большом статистическом материале. Недостатки определяются конкретными диагностическими приборами, а также используемыми методиками диагностики и обработки результатов. Из анализа литературы и опыта общения с практикующими врачами установлено, что одним из наиболее существенных недостатков известных приборов электропунктурной диагностики является зависимость результатов диагностики от искусства владения оператором способами установки и удержания контактных зондов. В результате этого показания приборов, являющиеся основой для постановки диагноза, существенным образом могут меняться в зависимости от силы прижима зонда к биологически активной точке (БАТ), длительности процедуры и т.д. При этом во время измерений возможно изменение состояния БАТ из-за эффекта акупрессуры. Для ускорения процесса измерения в ряде работ предлагается переход от диагностики на постоянном токе к импульсным измерениям. Примером такого технического решения является серия приборов типа "ГЕБА". С их помощью выполняется анализ асимметрии вольт-амперной характеристики БАТ. О величине асимметрии, корреспондирующей с отклонениями от гомеостаза, судят по величине отклонения от нулевого значения постоянной составляющей тока через прибор при воздействии на БАТ переменным напряжением. Однако величина этого тока будет в большей степени зависеть от степени прижима зонда к коже, т.е. от электросопротивления контакта между зондом и кожей пациента. Таким образом, для использования этой методики тоже требуется высококвалифицированный оператор. Сейчас нами осуществляются попытки решения задачи оперативности и повторяемости результатов электропунктурной диагностики с помощью нового прибора. Его отличительные особенности следующие: воздействие осуществляется стабилизированным по амплитуде импульсным током типа "меандр". Для минимизации воздействия аппарата на пациента выбрана достаточно малая амплитуда тока — 2,5 мкА, что в несколько раз ниже используемой в приборах на постоянном токе, например в приборе "Луч", тестере А. И. Нечушкина или в приборах Фолля [11,12]. Поскольку при измерениях на переменном токе существенную роль может играть величина электроёмкости кожи и фактически измеряется электрокожный импеданс, возникает вопрос о выборе частоты повторения импульсов и её влиянии на корректность диагностики. Для изучения вопросов достоверности и повторяемости результатов нами изготовлено несколько приборов, отличающихся частотой повторения импульсов. Длительность импульсов в этих приборах прокалибрована на среднее время зарядки электроёмкости кожи, которое по литературным оценкам примерно равно 1 мс. В наших приборах длительность импульса установлена приблизительно от 1 до 10 мс. Измерения электрокожного импеданса выполняются за время в десятки раз меньше 1 секунды, причём в один и тот же момент времени от начала импульса. Степень асимметрии определяется из отношения электрокожных сопротивлений для соседних положительного и отрицательного импульсов. Для снижения влияния прижима на показания прибора наконечник зонда изготовлен в виде пористой диэлектрической подушечки, смачиваемой в физрастворе. Мы считаем, и экспериментально это подтверждено, что усилие прижима за время измерений изменяется несущественно.

Наши первые опыты, выполненные самими разработчиками прибора, продемонстрировали возможность его использования для диагностических целей, а также оперативность получения и повторяемость результатов. Ожидается, что он может применяться для диагностики изменения состояния пациента даже в процессе проведения лечебных процедур (может быть, даже самим пациентом). В настоящее время приборы проходят медицинскую апробацию с целью оптимизации их параметров, выбора и доработки методик диагностики.

ВЫВОДЫ

1. В силу эффекта резонансного взаимодействия биологических объектов с низкоинтенсивным КВЧ ЭМИ воздействие КВЧ-сигналом с однородно распределенным в широком диапазоне частот шумовым спектром представляется оптимальным способом изучения КВЧ-воздействия в исследуемой частотной области.

2. Для изучения природы эффекта КВЧ-воздействия и разработки соответствующих ему моделей необходимы детальные спектроскопические исследования, включающие изучение влияния КВЧ- и НЧ-составляющих спектра.

3. Использование аппарата КВЧ-терапии "АМФИТ-0,2/10-01", генерирующего КВЧ ЭМИ со спектральной плотностью мощности шума порядка 10^{-17} Вт/(см²·Гц), достаточно равномерно распределенной в диапазоне частот 53–78 ГГц, обеспечивает возможность получения высокого терапевтического эффекта при значениях плотности мощности в $10^3 - 10^4$ раз меньших, чем с применением узкополосного ЭМИ. Терапевтический эффект при столь низкой интенсивности ЭМИ обеспечивается автоматически — выполнением условий одновременного резонанса на всех терапевтических частотах, содержащихся в спектре шумового сигнала.

4. Способ коррекции состояния биообъекта путем одновременного воздействия на организм шумовым ЭМИ КВЧ различных частотных диапазонов — 25-40 ГГц, 33-50 ГГц, 50-75 ГГц, 75-110 ГГц — может послужить основой для исследований возможности решения задачи повышения эффективности лечения сложных и тяжелых заболеваний с помощью ЭМИ.

5. Предложено новое техническое решение способа электропунктурной диагностики, характеризующееся более высокой степенью повторяемости результатов при пониженной по сравнению с аналогами амплитуде тестирующего сигнала, а также меньшей степенью зависимости результатов диагностики от искусства оператора. Предполагается использование разработанного устройства для экспресс-диагностики пациента и определения корректности выбора лечебных процедур, в том числе и непосредственно при проведении КВЧ-терапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Девятков Н. Д., Голант М. Б., Бецкий О. В.* Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. М.: Радио и связь. 1991.

2. *Гуляев А. И. и др.* Перспективы применения спектрально-волновой диагностики и молекулярно-волновой терапии в саночетрической медицине и практике физической культуры и спорта // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 1999. № 2 (14). С. 3-17.

3. *Возгралик М. В., Ткаченко Ю. А., Кривский М. А., Глуховский Г. И., Зинина Е. С., Рапина Е. В., Гордеева Н. А.* Новые возможности микроволновой ре-

зонансной терапии на основе прибора нового поколения "ПОРТ-1" (Инструкция по лечебному применению). Н. Новгород: Изд-во "Елень", 1984.

4. **Грязнов М. И., Кольцов К. В., Королев В. И., Черногубов А. В.** Воздействие модулированного по амплитуде излучения инъекционного лазера на биологические объекты. //Вестник ВВО Академии технологических наук РФ. Сер. Высокие технологии в радиоэлектронике. 1995. № 1. С. 130-133.

5. **Корнаухов А. В.** Состояние и перспективы физиотерапии электромагнитным излучением нетепловой интенсивности // Материалы III Международной научно-технической конференции "Физика и радиоэлектроника в медицине и биотехнологии. ФРЭМБ 98". Владимир, 1998. С. 29-30.

6. **Полякова А. Г., Буйлова Т. В., Алейник Д. Я., Колесов С. Н., Корнаухов А. В., Прилучный М. А., Капустина Н. Б.** Комплексное изучение КВЧ-воздействия в эксперименте и в реабилитации больных с дегенеративно-дистрофической патологией крупных суставов // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 1999. № 1(13). С. 22-27.

7. **Балчугов В. А., Ефимов Е. И., Корнаухов А. В., Анисимов С. И.** КВЧ-профилактика инфекционных заболеваний в организованных коллективах // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 1999. № 1(13). С. 34-37.

8. **Курников Г. Ю., Корнаухов А. В., Никулин Н. К., Клеменова И. А., Жариков В. И., Лизунова А. А.** КВЧ-терапия в лечении кожных заболеваний // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 1999. № 1(13). С. 38-39.

9. **Заславская М. И., Корнаухов А. В.** Влияние КВЧ-излучения миллиметрового диапазона на рецептор-зависимую адгезию нейтрофилов крови человека в норме и при ожоговой болезни // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 1999. № 1(13). С. 40-41.

10. **Азов Н. А., Корнаухов А. В., Разживин А. П., Мазина Е. И., Азов С. Н.** КВЧ-терапия аппаратом "АМФИТ" в педиатрии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 1999. № 2 (14). С. 45-48.

11. **Аттаев Д. И.** Электропунктурная рефлексотерапия. Практическое руководство к аппарату "ЛУЧ-1". Н. Новгород: Завод им. М. В. Фрунзе, 1992.

12. Комплекс индикатор-2МТ. Блок тестирования БПТ ТЕСТ. Инструкция по эксплуатации. Инструкция по применению. ПО "Ижевский радиозавод", 1991.