

АППАРАТ ДЛЯ КВЧ-ТЕРАПИИ HWB-111

Д.В. ИВАНОВ*, Н.Л. КОРЖУК*, В.А. ХРОМУШИН*, А.А. ХАДАРЦЕВ*, ПЕЙ ДУНГУАН**

**Тулский государственный университет, медицинский институт,
ул. Болдина, 128, Тула, 300012, Россия*

***Salon Maximum, Тяньцзинь, Китай*

Аннотация. Аппараты крайневысокочастотной терапии широко используются в настоящее время в медицине. Одним из методов оценки качества этих аппаратов может быть анализ спектра его излучения для определения содержания гармоник сигнала и шумовой составляющей, что важно для оценки качества прибора и для медицинских исследований. Объектом данного исследования был модифицированный вариант прибора HWB-111 (Китай). Результатами спектральных измерений было установлено: частота излучения первого излучателя составляет 36,005 ГГц, а его мощность – около 1 мВт/см²; частота излучения второго излучателя составляет 36,705 ГГц, а его мощность – около 0,5 мВт/см². Оба излучателя имеют достаточно высокое соотношение сигнал/шум. Побочные колебания отсутствуют. Анализ спектра позволил оценить точные характеристики излучения, которые отличаются от объявленных: частоты излучателей укладываются в указанный диапазон, а плотность мощности – нет.

Ключевые слова: анализ спектра, КВЧ терапия, частота излучения.

MILLIMETER WAVE-THERAPEUTIC INSTRUMENT HWB-111

D.V. IVANOV*, N.L. KORZHUK*, V.A. KHROMUSHIN*, A.A. KHADARTSEV*, PEJ DUNGUAN**

**Tula State University, Medical Institute, Boldin Str., 128, Tula, 300012, Russia*

***Salon Maximum, Tianjin, China*

Abstract. The apparatus of EHF therapy are widely used at present in medicine. One of the methods for assessing the quality of the device of EHF therapy can be the analysis of the spectrum of its radiation to determine the content of harmonics of the signal and the noise component, which is important for assessing the quality of the device and for medical research. The object of this study was a modified version of the device HWB-111 (China). The results of spectral measurements showed that the emission frequency of the first emitter is 36,005 GHz, and its power is about 1 mW/cm²; the radiation frequency of the second emitter is 36,705 GHz, and its power is about 0.5 mW/cm². Both emitters have a sufficiently high signal-to-noise ratio. There are no side fluctuations. Spectrum analysis made it possible to estimate the exact characteristics of the radiation, which differ from the declared ones: the frequency of the emitters fall within the specified range, and the power density does not.

Key words: spectrum analysis, EHF therapy, the radiation frequency.

Введение. Влияние естественных и искусственных *электромагнитных полей* (ЭМП) на живые организмы оценивается магнитобиологией, как междисциплинарной наукой. Важная задача, решаемая при исследованиях – разработка эффективного и достоверного метода определения влияния ЭМП на живые системы, которые относятся к сложным системам, системам третьего типа, (*complexity*). Воздействие высоко- и низкочастотных ЭМП на тест-объекты были изучены в исследованиях [1] с использованием 2 видов ЭМП – низкочастотного и высокочастотного диапазона. Объектами были плодовая мушка дрозофила (*Drosophila melanogaster*), шпорцевая лягушка (*Xenopus leaves*), пресноводная креветка (*Neocaridina denteculata*) и рыба рода тилапии (*Tilapia mossambica*). Все они обитают в различных средах: мушки дрозофилы – в воздушной среде, шпорцевые лягушки – в воздушно-водной среде, рыбы тилапии – в водной среде, креветки относятся к бентическим гидробионтам. Они легко размножаются в лабораторных условиях и дают достаточно многочисленное потомство на протяжении всего периода исследований при соблюдении оптимальных условий их содержания. Были использованы методы моделирования. Сложные системы – это не только совокупность более простых систем, она обладает новыми свойствами, не присущими её составным частям. Сложным является и соотношение эффектов, возникающих на разных уровнях организма, в их взаимосвязи. Важный этап изучения механизма влияния ЭМП – это моделирование. На основе данных о физиологических реакциях организма и знаний о физико-химических механизмах, связанных с реакцией биологического объекта на внешнее воздействие, можно изучить влияние ЭМП вплоть до молекулярного уровня. К источникам низких частот относятся все системы производства, передачи и распределения электроэнергии (линии электропередач – трансформаторные подстанции,

электростанции, системы электропроводки, различные кабельные системы); домашняя и офисная электро- и электронная техника и т. д., транспорт на электроприводе: ж/д транспорт и его инфраструктура, городской – метро, троллейбусный, трамвайный. Высокочастотное ЭМП в 27 ГГц – это радиоволны *сверхвысоких частот* (СВЧ), диапазон волн – сантиметровые микроволны длиной 10^{-1} – 10^{-2} м. Данное излучение применяется в медицинских терапевтических и диагностических установках, бытовом оборудовании (СВЧ-печи), средствах визуального отображения информации на электронно-лучевых трубках (мониторы персональных компьютеров, телевизионные и т.п.). В диапазоне от низких до ультравысоких частот ЭМП в окрестности генераторов рассматриваются как поля индукции, а не как поток излучения радиоволн. Эти поля индукции ослабевают по мере удаления от источника.

Ткани живых организмов по своим электрическим и магнитным свойствам представляют собой растворы электролитов, содержащие белковые молекулы, обладающие слабыми диамагнитными или парамагнитными свойствами и электрической полярностью, характеризующейся дипольным моментом. Под действием электростатического поля в таких средах перемещаются «свободные» электрические заряды (электроны, ионы и другие заряженные частицы), происходит их поляризация, и возникает ориентация молекул, обладающих постоянным дипольным моментом (молекул воды и белковых молекул). Магнитостатическое поле вызывает ориентацию диамагнитных и парамагнитных молекул, а на движущиеся электрические заряды оно действует с силой, определяемой величиной электрического заряда, скоростью его движения, напряженностью магнитного поля. Ткани живых организмов по электрическим свойствам делятся на три группы в соответствии с содержанием в них воды: суспензия клеток и белковых молекул жидкой консистенции (кровь, лимфа); аналогичная суспензия, находящаяся в уплотненном состоянии (мышцы, кожа, печень и т. п.); ткани с малым содержанием воды (жир, кости). Клетки, коллоидные частицы, молекулы белка и другие микрочастицы, будучи взвешены в растворе электролита, приобретают дипольный момент. Электрические заряды в тканях представлены также дипольными молекулами воды и ионами электролитов.

При постоянном напряжении мембрана ведет себя как изолятор, и ток может протекать только во внеклеточной среде. Под действием постоянного напряжения может происходить и явление электрофореза – переноса электрически заряженных частиц (клетки, макромолекулы). Отмечено 2 диапазона дисперсии: α -дисперсия при низких частотах (5 Гц) и диапазон γ -дисперсии при сверхвысоких частотах (27 ГГц).

Таким образом, основным механизмом воздействия ЭМП на живой объект является изменение свойств водных растворов организма. Основными мишенями при воздействии ЭМП на биологические объекты являются: плазматические мембраны клеток, внутри- и межклеточная жидкость. Электромагнитные волны могут увеличивать гидратацию белковых молекул.

В работе [5] – создана экспериментальная установка на базе сверхчувствительных узкополосных радиометров и генераторов ЭМИ, исследованы собственные электромагнитные излучения воды и водных растворов на частотах 61,2 ГГц; 118 ГГц и 150 ГГц, исследованы радиофизические эффекты («радиофизический отклик») воды и водных растворов после их облучения на частотах 61,2; 118 и 150 ГГц, исследованы времена восстановления («время релаксации») исходного уровня электромагнитного излучения (величины собственного излучения) после облучения воды и водных растворов, исследованы поляризационные эффекты «радиофизического отклика» дистиллированной воды, исследованы радиофизические эффекты при внутривещном облучении различных жидкостей на частоте 61,2 ГГц. Проведен сравнительный анализ собственного излучения, «радиофизического отклика» и «времени релаксации» исследованных жидкостей на различных частотах 61,2; 118 и 150 ГГц. В результате обнаружено новое физическое явление – эффект «долгоживущих» низкоинтенсивных электромагнитных колебаний в СВЧ диапазоне длин волн воды и водных растворов; установлено, что после облучения воды и водных растворов на частотах 61,2; 118 и 150 ГГц интенсивность вынужденного излучения достоверно выше, чем собственное излучение каждой жидкости – эффект «переизлучения»; установлено, что «время релаксации» различается у исследованных жидкостей и зависит от продолжительности предварительного облучения; «радиофизический отклик» не связан с тепловым эффектом. Излучение электромагнитных волн исследованных жидкостей определяется межмолекулярными взаимодействиями воды с растворенными в ней веществами.

В настоящее время аппараты *крайневысокочастотной* (КВЧ) терапии широко используются в медицине [2-4, 6-9]. Наряду с известной аппаратурой, используемой в терапии, появляются новые аппараты. Их появление требует изучения их возможностей, технических особенностей и разработки новых методик использования в медицинской практике.

Цель работы – оценка параметров излучаемого сигнала анализируемым аппаратом КВЧ терапии.

Задачами данной работы являются измерение спектра, оценка гармонических составляющих, измерение частоты и плотности мощности.

Материалы и методы исследования. Одним из методов оценки качества аппарата КВЧ терапии может быть анализ спектра его излучения. Измерения в частотной области имеют свои сильные сторо-

ны. Частотная область гораздо удобнее для определения содержания гармоник сигнала и шумовой составляющей, что важно для оценки качества прибора и для медицинских исследований.

Объект данного исследования – модифицированный вариант прибора *HWB-111* (Китай).

Измерения производились анализатором спектра компании *Keysight Technologies, Inc.*: *Keysight Spectrum Analyzer - Swept SA*. [10]. Данный анализатор спектра не является измерителем мощности, хотя он и может использоваться для непосредственного отображения уровней мощности [10]. Внешний вид прибора показан на рис. 1.

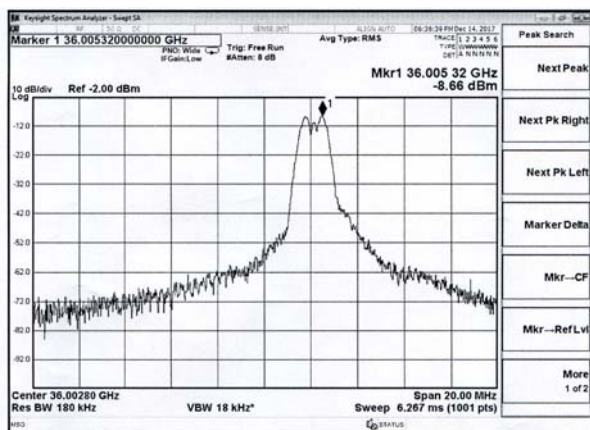


Рис. 1. Внешний вид модифицированного варианта прибора *HWB-111*

Заявленные изготовителем частота равна 30-45 ГГц, плотность мощности составляет 4-9 мВт/см². Прибор имеет два излучателя.

Результаты и их обсуждение. Результаты измерения спектра выходного сигнала каждого излучателя представлены на рис. 2 и 3. Измерения каждого излучателя производили при выключенном другом излучателе.

Необходимо отметить, что спектр выходного сигнала в первые 3 секунды представлен множеством частот, соизмеримых с частотой установившегося режима. Это указывает на время готовности прибора к работе.

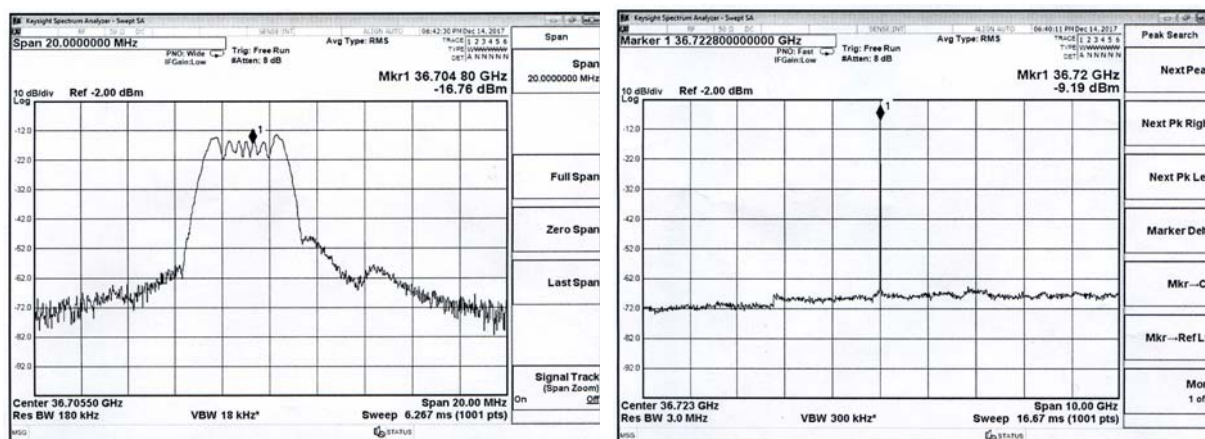


а



б

Рис. 2. Спектр первого излучателя



а

б

Рис. 3. Спектр второго излучателя

В результате измерений было установлено следующее:

1. Частота излучения первого излучателя составляет 36,005 ГГц, а его мощность – около 1 мВт/см². Побочных колебаний не обнаружено. Спектр первого излучателя представлен на рис. 2:
 - с полосой обзора 20 МГц и полосой пропускания 18 кГц (рис. 2а);
 - с полосой обзора 49,99 ГГц и полосой пропускания 300 кГц (рис. 2б).
2. Частота излучения второго излучателя составляет 36,705 ГГц, а его мощность – около 0,5 мВт/см². Побочных колебаний не обнаружено. Спектр второго излучателя представлен на рис. 3:
 - с полосой обзора 20 МГц и полосой пропускания 18 кГц (рис. 3а);
 - с полосой обзора 300 кГц и полосой пропускания 10 ГГц (рис. 3б).

Опыт авторов в использовании аппаратов КВЧ диапазона в исследовательских целях указывает на необходимость анализа спектра излучения. Анализ спектра других давно выпускаемых приборов КВЧ терапии часто демонстрирует наличие достаточно больших побочных колебаний, что вносит значительную неопределенность в результаты проводимых исследований.

Заключение

1. Оба излучателя имеют достаточно высокое соотношение сигнал/шум, что видно из представленных рисунков. Побочные колебания отсутствуют.
2. Анализ спектра позволил оценить точные характеристики излучения, которые отличаются от объявленных: частоты излучателей укладываются в указанный диапазон, а плотность мощности – нет.

Авторы выражают благодарность ЦКБ аппаратостроения за техническую помощь в измерениях спектра

Литература

1. Васильева Е.Г. Механизм влияния электромагнитных полей на живые организмы // Вестник АГТУ. 2008. № 3 (44).
2. Гапеев А.Б., Чемерис Н.К., Алехин А.И., Панова О.С., Гончаров Н.Г. Разработка технологии и аппаратного обеспечения для использования низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высоких частот в физиотерапии воспалительных процессов // Альманах клинической медицины. 2008. № 17-2. С. 170–173.
3. Жукова Г.В., Гаркави Л.Х., Шихлярова А.И., Евстратова О.Ф., Барсукова Л.П., Марьяновская Г.Я., Пшеничная Н.К., Мордань Т.А., Бартенева Т.А., Поушкова С.В., Коробейникова Е.П., Протасова Т.П. Некоторые алгоритмы повышения эффективности КВЧ-терапии как компонента противоопухолевого лечения // Известия ЮФУ. Технические науки. 2004. № 6(41). С. 94–95.
4. Каплан М.А., Никитина Р.Г., Дрожжина В.В., Архилова Л.М. Влияние низкоинтенсивного КВЧ-излучения с шумовым спектром на заживление лучевых язв // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Биология. 2001. № 2. С. 27–30.
5. Козьмин А.С. Низкоинтенсивное электромагнитное излучение миллиметрового диапазона воды и водных растворов: автореф. дисс. канд. физ.-мат. наук. Волгоград, 2011.
6. Корнаухов А.В., Алябина Н.А., Анисимов С.И., Кузнецов В.П., Щипкова Л.Т., Боженкин В.А. Аппарат для терапии низкоинтенсивным ЭМИ КВЧ-диапазона с шумовым спектром «Амфит-0,2/10-01» // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Биология. 2001. № 2. С. 16–21.

7. Субботина Т.И. Морфометрический анализ последствий КВЧ-облучения и его влияния на опухолевую трансформацию *in vivo* // Научный альманах. 2015. № 11-4(13). С. 155–158.
8. Субботина Т.И. Анализ последствий КВЧ-облучения и его влияния на репродуктивную функцию мышей линии C57/B16 // Научный альманах. 2015. № 11-4(13). С. 159–163.
9. Чуюн Е.Н., Бирюкова Е.А., Раваева М.Ю. Изменение показателей функционального состояния человека под воздействием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ // Физика живого. 2008. Т. 16, № 1. С. 91–98.
10. Основы анализа спектра - Рекомендации по применению. Keysight Technologies, 2015. 89 с. URL: <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5952-0292RURU.pdf> (дата доступа 1.12.2017).

References

1. Vasil'eva EG. Mekhanizm vliyaniya ehlektromagnitnyh polej na zhivye organizmy [the Mechanism of the effect of electromagnetic fields on living organisms]. Vestnik AGTU. 2008;3 (44). Russian.
2. Gapeev AB, CHemeris NK, Alekhin AI, Panova OS, Goncharov NG. Razrabotka tekhnologii i apparatnogo obespecheniya dlya ispol'zovaniya nizkointensivnogo ehlektromagnitnogo izlucheniya krajne vysokih chastot v fizioterapii vospalitel'nyh processov [Development of technology and hardware for the use of low-intensity electromagnetic radiation of extremely high frequencies in the physiotherapy of inflammatory processes]. Al'manah klinicheskoy mediciny. 2008;17-2:170-3. Russian.
3. ZHukova GV, Garkavi LH, SHihlyarova AI, Evstratova OF, Barsukova LP, Mar'yanovskaya GYA, Pshenichnaya NK, Mordan' TA, Barteneva TA, Poushkova SV, Korobejnikova EP, Protasova TP. Nekotorye algoritmy povysheniya ehffektivnosti KVCH-terapii kak komponenta protivopuholevogo lecheniya [Some algorithms to improve the efficiency of EHF-therapy as a component of antitumor treatment]. Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. 2004;6(41):94-5. Russian.
4. Kaplan MA, Nikitina RG, Drozhzhina VV, Arhipova LM. Vliyanie nizkointensivnogo KVCH-izlucheniya s shumovym spektrom na zazhivlenie luchevykh yazv [Influence of low-intensity EHF-radiation noise spectrum on the healing of radiation ulcers]. Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. NI. Lobachevskogo. Seriya: Biologiya. 2001;2:27-30. Russian.
5. Koz'min AS. Nizkointensivnoe ehlektromagnitnoe izluchenie millimetrovogo diapazona vody i vodnykh rastvorov [low-Intensity electromagnetic radiation of the millimeter range of water and aqueous solutions] [dissertation]. Volgograd (Volgograd region); 2011. Russian.
6. Kornauhov AV, Alyabina NA, Anisimov SI, Kuznecov VP, SHCHipkova LT, Bozhenkin VA. Apparat dlya terapii nizkointensivnym EHMI KVCH-diapazona s shumovym spektrom «Amfit-0,2/10-01» [Apparatus for the treatment of low-intensity EMR UHF-band noise spectrum "amfita-0.2/10-01"]. Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. NI. Lobachevskogo. Seriya: Biologiya. 2001;2:16-21. Russian.
7. Subbotina TI. Morfometricheskij analiz posledstvij KVCH-oblucheniya i ego vliyaniya na opuholevuyu transformaciyu *in vivo* [Morphometric analysis of the effects of EHF irradiation and its effect on tumor transformation *in vivo*]. Nauchnyj al'manah. 2015;11-4(13):155-8. Russian.
8. Subbotina TI. Analiz posledstvij KVCH-oblucheniya i ego vliyaniya na reproduktivnuyu funkciyu myshей linii S57/B16 [analysis of the effects of EHF irradiation and its effect on the reproductive function of mice line C57/B16]. Nauchnyj al'manah. 2015;11-4(13):159-63. Russian.
9. CHuyan EN, Biryukova EA, Ravaeva MYU. Izmenenie pokazatelej funkcional'nogo sostoyaniya cheloveka pod vozdejstviem nizkointensivnogo EHMI KVCH [Change in indicators of the functional state of a person under the influence of low-intensity EMR]. Fizika zhivogo. 2008;16(1):91-8. Russian.
10. Osnovy analiza spektra - Rekomendacii po primeneniyu [Basics of spectrum analysis-Recommendations for use]. Keysight Technologies; 2015. Russian. Available from: <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5952-0292RURU.pdf>.

Библиографическая ссылка:

Иванов Д.В., Коржук Н.Л., Хромушин В.А., Хадарцев А.А., Дунгуан Пей Аппарат для КВЧ-терапии HWB-111 // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2018. №5. Публикация 3-3. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2018-5/3-3.pdf> (дата обращения: 11.09.2018). DOI: 10.24411/2075-4094-2018-16218.*

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2018-5/e2018-5.pdf>