

УДК 538.9; 538.573; 534.1; 577.3; 517.501

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ДЕЙСТВИЯ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН НА ВОДОСОДЕРЖАЩИЕ И ЖИВЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

С. В. Савельев¹, О. В. Бецкий¹, Л. А. Морозова²

¹ФирЭ им. В.А. Котельникова РАН, ²Администрация г. Фрязино

Получена 15 ноября 2012 г.

Аннотация. В работе впервые предложена и экспериментально подтверждена теория действия КВЧ-излучения на водосодержащие среды и живые организмы. Механизм действия КВЧ-излучения основан на том, что непосредственное воздействие оказывает радиоотклик биологических и водосодержащих объектов при облучении миллиметровыми волнами.

Ключевые слова: КВЧ-излучение, водосодержащие и живые биологические объекты, радиоотклик, гомеостаз, частотно-зависимый характер действия КВЧ-излучения, пороговый биологический эффект.

Abstract. In the article the theory of action of MM wave on water containing environments and live organisms for the first time is offered and confirmed experimentally. The mechanism of action of MM wave is based on the direct influence of radio response of biological and water containing objects under the influence of MM waves radiation.

Keywords: MM wave, water containing and natural objects, a radio response, homeostasis, frequency-dependent nature of action MM wave, threshold biological effect.

Введение

Аномально высокая биологическая активность электромагнитных волн (ЭМВ) миллиметрового диапазона (ММ) (или крайне высоких частот – КВЧ) обнаружена ещё в 60-е годы 20-го века. Разработаны методики

терапевтического их воздействия, как в восстановительной медицине, так и при заболеваниях различных органов человека. Особенность действия ММ-волн состоит в том, что биологическая активность на живые организмы проявляется уже при низком нетепловом уровне плотности излучения ЭМВ. Это указывает на новое качество в эффектах взаимодействия ЭМВ с биологическими средами, что стало отправным пунктом в формировании нового понимания роли ММ ЭМВ в живой природе.

До настоящего времени основным рабочим положением для моделирования ММ-волн с живыми объектами являлась гипотеза об информационно-резонансном характере взаимодействия ЭМВ ММ с биосредой.

Однако с этих позиций оказалось трудно объяснить, каким образом информация об облучении передаётся вглубь водосодержащих субстанций и биологических организмов, так как ММ-волны проникают в водосодержащие и биологические среды не более чем на 1 мм. Для объяснения предлагались различные физические и биомедицинские модели [1 - 3], однако ни одна из них не решала вопрос принципиально. Кроме того, с точки зрения гипотезы об информационно-резонансном воздействии ЭМВ ММ на биологические среды оказалась затруднительно объяснить экспериментальные результаты и наблюдаемые эффекты. Исследования взаимодействия ММ-излучения с биообъектами различного уровня организации (молекулярном, клеточном, организменном) показывают необычные свойства такого взаимодействия. Это частотно-зависимые эффекты, зарегистрированные при исследовании процессов клеточного деления микроорганизмов [4], пороговый характер биологических эффектов по КВЧ-мощности, независимость биологического эффекта от интенсивности облучения в широком диапазоне изменения мощности облучения ЭМВ, составляющее во многих случаях несколько порядков, например [5]. Важно отметить и факт, зарегистрированный при клинических исследованиях показывающий, что в зависимости от характера заболевания наибольший терапевтический эффект наблюдается при

воздействии на организм одновременно несколькими различными частотами ММ-диапазона [6]. Однако общепринятой трактовки теоретических основ, определяемых механизмы вышеуказанных эффектов, до сих пор предложено не было.

Новый шаг в развитии представлений о физике взаимодействия ММ ЭМВ с биосредами был сделан в конце 90-х годов, когда был разработан радиофизический метод прямой регистрации процесса взаимодействия ММ-волн с объектами различной природы: биологическими и физическими, в том числе такими, как водные среды и растворы, химические вещества и т.д. [7 - 9]. Достигнуть этого удалось благодаря применению нетрадиционного научно-технического решения. В экспериментах, связанных с исследованием особенностей взаимодействия ЭМВ с объектами впервые был применен принцип многократного междипазонного (на один – два порядка) разнесения частот падающих и принимающих радиоволн. Это означает, что радиоотклик на воздействие ММ ЭМВ можно принимать в метровом и дециметровом диапазонах длин волн.

Открытие радиоотклика живых и водосодержащих сред на ММ ЭМВ позволяет по-новому подойти к проблемам понимания воздействия КВЧ-излучения. Включив в рассмотрение полный спектр радиоотклика, появилась возможность понять действие миллиметровых волн с точки зрения известных физических законов.

В настоящей работе предложена новая теория информационной трансляции воздействия ЭМВ ММ диапазона в глубь биосреды на основе радиоотклика облучаемых объектов. На основе этой теории дано теоретическое объяснение основополагающим биофизическим экспериментальным данным, таким как: проникновение КВЧ-излучения вглубь водосодержащих объектов, частотно-зависимый характер действия КВЧ-излучения, пороговый биологический эффект от мощности облучаемого КВЧ-сигнала.

Основные положения и эксперимент

Разработанные радиофизические методы регистрации отклика процесса взаимодействия ММ-волны с объектами различной природы показывают, что отклик биологических объектов представляет собой сверхширокий спектр электромагнитных колебаний, включающий как минимум ЭМВ от радио до сантиметрового диапазона длин волн [7 - 9]. Спектральный состав отклика в каждом конкретном случае индивидуален и зависит от множества факторов, таких как спектр и мощность ММ волны, параметры облучаемого объекта, в которые входят: его состав, температура, физическое окружение и пр. Регистрация полного спектра отклика связана с непреодолимыми трудностями. Так, к примеру, в [9] отмечается, что при облучении потоком мощности 10 мкВт/см^2 ММ ЭМВ на разрешенных длинах волн, 4,9 мм (60,12 ГГц), 5,6 мм (53,33 ГГц) и 7,1 мм (42,19 ГГц), для регистрации отклика от человека или животного на частотах 0,4 и 1 ГГц при полосе принимаемых частот 50 МГц необходима чувствительность 10^{-16} Вт. Отсюда следует отсутствие возможности полной регистрации отклика объекта на воздействие ММ-волн.

В настоящей работе на основе экспериментальных данных доказывается, что действие ММ ЭМВ на биологические объекты основано на воздействии именно радиоотклика водосодержащих и биологических объектов при облучении миллиметровыми волнами.

Для доказательства заявленного положения авторами приведены экспериментальные данные по воздействию ЭМВ различной длины волны на биологические водосодержащие объекты. Для этого были проведены эксперименты по фиксации воздействия ЭМВ различной длины – от метров до миллиметров - на популяцию простейших микроорганизмов. В экспериментах фиксировалась временная динамика изменения проводимости водной среды с обитающей в ней популяции простейших микроорганизмов. Представлены экспериментальные кривые зависимости проводимости водной среды от времени популяции простейших при облучении ЭМВ миллиметрового и

сантиметрового диапазона. Динамика изменения сопротивления воды в реальном времени позволяет конкретизировать механизм действия ЭМИ на систему «вода – обитающая в воде популяция простейших микроорганизмов» (ВПП) с помощью сравнительного анализа такого действия для различных длин волн облучающих сигналов.

В качестве биологического водосодержащего объекта исследования была выбрана популяция простейших микроорганизмов в водной среде, так как достоверность результата воздействия ЭМИ в данном случае возможно было фиксировать по нескольким параметрам. Популяция простейших представляла собой набор особей микроорганизмов в результате их естественного развития при нормальных условиях в обычной водопроводной воде с концентрацией от 1000 до 4000 шт/литр.

Исследования, проведённые в [10] показали, что действие ММ ЭМВ на систему ВПП при указанной концентрации простейших приводит к биологическому изменению проводимости водной среды. В настоящей работе используется аналогичная методика биологической регистрации действия ЭМИ.

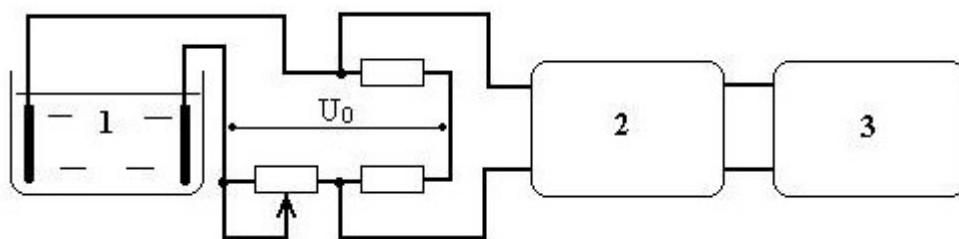


Рис.1. Блок - схема экспериментальной установки по измерению проводимости водной среды системы «вода – обитающая в воде популяция простейших».

Схема экспериментальной установки по измерению проводимости водной среды системы (ВПП) при постоянном внешнем напряжении представлена на рис. 1. Кювета с ВПП 1 используется в качестве плеча мостовой схемы. Напряжение питания $U_0 = 20\text{В}$, что позволяет не учитывать электролитические напряжения вода – контактные электроды. Значения постоянных сопротивлений равнялись 10 кОм, значение переменного сопротивления

составляло 15 кОм. Изменение сопротивления воды в кювете приводит к возникновению напряжения разбаланса мостовой схемы, которое преобразуется усилителем 2 и регистрируется в качестве временной диаграммы на графопостроителе 3, осуществляющего графическую фиксацию изменения напряжения при однократной длительности развертки графопостроителя в течение 70 минут. Значение постоянной времени измерительной цепи составляет 0,5 секунд, что при чувствительности установки $5 \cdot 10^{-2} \text{ \%}/\text{см}$ позволяет регистрировать процессы только большой длительности.

Разработанная методика эксперимента гипотетически базируется на возможности фиксации изменения параметров водной среды в системе ВПП при внешнем воздействии ЭМИ. Действительно, согласно концепции популяционного гомеостаза [11], внутрипопуляционные отношения простейших обязаны обеспечивать единство популяции простейших за счет действия популяции на воду, как среду своего обитания. Тогда воздействие ЭМИ произвольной длины волны на популяцию, в случае восприимчивости биологического объекта к ЭМИ, должно приводить к изменению параметров воды за счет взаимного влияния вода – обитающая в воде популяция простейших.

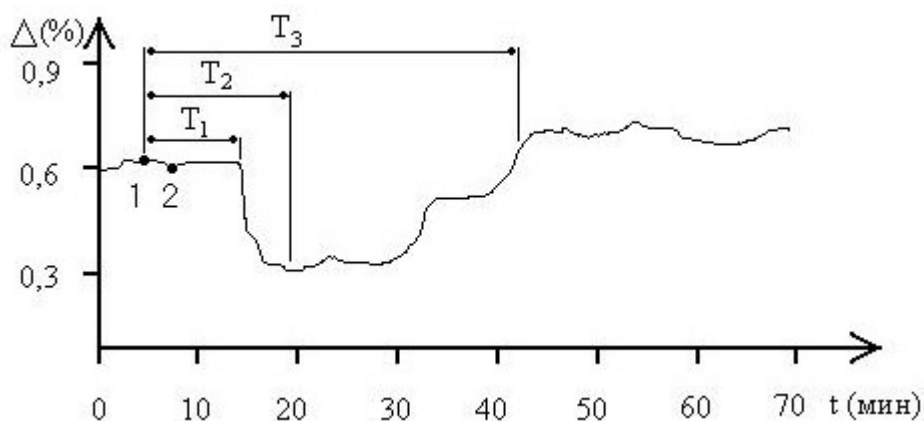


Рис. 2. Зависимость проводимости водной среды от времени в системе ВПП при облучении ЭМИ на частоте 5630 МГц.

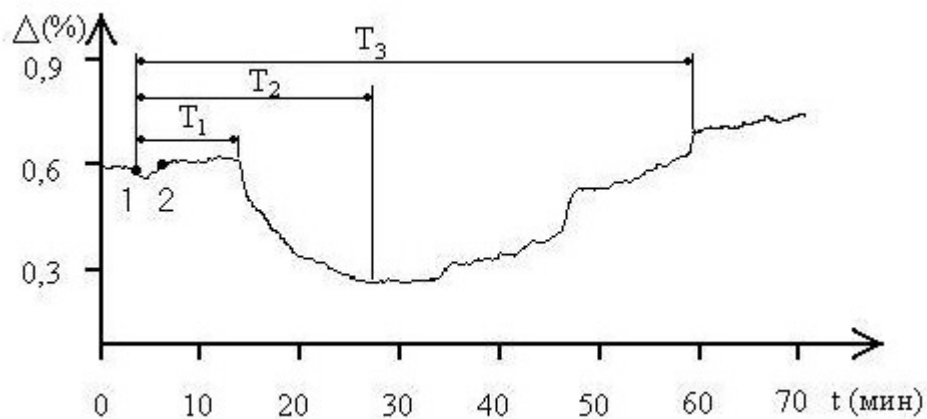


Рис. 3. Зависимость проводимости водной среды от времени в системе ВПП при облучении ЭМИ на частоте 42,25 ГГц.

На рисунках 2 и 3 представлены зависимости проводимости водной среды в системе ВПП от времени при облучении ЭМИ на частотах 5630 МГц (длина волны 5,33 см), рис. 2, и 42,25 ГГц (разрешённая длина волны КВЧ-терапии - 7,1 мм), рис. 3. Плотность потока ЭМИ в обоих случаях составляла 10 мкВт/см^2 . Значения концентраций и температур в исследуемых системах представлены в подписях к соответствующим рисункам.

Ход кривых на рисунках 2 и 3 показывает идентичность протекающих процессов в системе ВПП при облучении ЭМИ с сильно разнесёнными значениями длин волн. Рассмотрим рисунки более подробно. Облучение исследуемой системы ВПП ЭМИ производилось в обоих случаях в интервале между точками 1 и 2, показанных на рисунках, и составляло 1,5 мин. Качественно картины результатов действия ЭМИ повторяют друг друга. Ход приведённых кривых позволяет выделить три характерных временных интервала: T_1 – время от облучения до начала процесса падения проводимости водной среды, T_2 – время достижения минимума проводимости водной среды, T_3 – время восстановления проводимости водной среды в системе ВПП. Наличие времени T_1 равное по порядку величины 10 минутам говорит о биологическом характере фиксируемых в системе ВПП процессов. Различие значений характерных времён в экспериментах объясняется постоянным

изменением концентраций простейших и температур водной среды в исследуемых системах ВПП.

Несовпадение значений характерных времён на рис. 2 и 3 может определяться также различием частот облучаемых сигналов. Действительно, в случае облучения ММ ЭМИ основное действие на систему ВПП производит излучение отклика. В то время как при облучении сантиметровыми волнами значительное воздействие на ВПП производится первичным излучением.

Исходя из результатов полученных в [9, 12], а также из представленных результатов настоящей работы, важным видится факт, что каждое конкретное воздействие ММ ЭМИ на биосреду характеризуется своим радиооткликом. Спектр радиоотклика зависит от типа облучаемого сигнала и от биосреды, что подтверждает значимость факта индивидуальности спектра радиоотклика от исследуемой системы в каждом конкретном случае облучения ЭМИ.

В рамках настоящей работы кроме указанных частот были проведены исследования проводимости водной среды системы ВПП для облучения ЭМИ на частотах 1, 3.3, 12, 53,33, 60,12 ГГц. Полученные кривые динамики проводимости водной среды в исследуемых системах ВПП также качественно аналогичны результатам, представленным на рис. 2 и 3.

Обсуждение полученных результатов

Качественное совпадение результатов полученных в проведённых экспериментах для различных значений частот облучения ЭМИ свидетельствует об идентичности механизма действия внешнего ЭМИ различной длины волны на водосодержащие и живые объекты. Это означает, что в случае облучения биологического объекта ММ ЭМИ основное воздействие на объект производит радиоотклик. Из проведённых исследований и работы [4] можно заключить, что спектр радиоотклика водосодержащего биологического объекта на воздействие ММ ЭМИ могут находиться как

минимум в пределах от метрового до верхнего края сантиметрового диапазона длин волн.

Предложенный в настоящей работе механизм взаимодействия ММ ЭМИ на водосодержащие и биологические объекты позволяет во многом по-новому подойти к объяснению многих ранее полученных экспериментальных материалов. Рассмотрим их.

1. Передача информации об облучении ММ ЭМИ вглубь водосодержащих и биологических сред происходит путём радиоотклика, зависящего как от вида воздействующего сигнала, так и от объекта облучения. Широкий диапазон радиоотклика объясняет проникновение вглубь водосодержащих сред информации о воздействии КВЧ-излучения.

2. Взаимодействие одночастотного КВЧ-излучения с биообъектами обычно носит частотно-зависимый характер [1], или, как принято говорить, зависимость эффекта взаимодействия может иметь резонансную характеристику от частоты облучаемого сигнала. Предложенный в работе механизм воздействия ММ ЭМИ на биообъект, а также результаты работы [4], дают возможность объяснить подобное явление. А именно, КВЧ-частоты на которых воздействие ЭМИ не проявляется, соответствуют близкому к нулю радиоотклику. Или, радиоотклик на таких частотах не соответствует данному биологическому объекту.

3. Рассмотрим пороговый эффект по КВЧ-мощности, проявляющийся в том, что при достижении некоторого уровня мощности облучаемого сигнала значение эффекта остаётся практически постоянным. В этом случае удобно подойти с энергетической точки зрения. Значимым утверждением является то, что энергия радиоотклика в первом приближении прямо пропорциональна количеству молекул воды, попавших под облучение ММ ЭМИ, которое в свою очередь является линейной функцией глубины проникновения энергии облучения. Обычно в экспериментах глубина проникновения ММ ЭМИ не превышает размера исследуемых биообъектов из-за сильного поглощения.

Тогда, исходя из экспоненциального закона поглощения ЭМИ водными средами, простой расчет показывает, что количество молекул воды попавших под облучение при увеличении мощности ММ ЭМИ облучения в 100 раз, его глубина проникновения увеличится в 5,6 раз, при увеличении мощности в 1000 раз глубина проникновения увеличится в 7,9 раза, и т.д. Соответственно настолько же увеличится и количество облучённых молекул воды участвующих в генерации радиоотклика, а значит, как максимум, и его мощность и эффективность его действия. Логарифмический вид функциональной зависимости глубины проникновения ММ ЭМИ от мощности облучаемого сигнала и объясняет наблюдаемый в экспериментах пороговый характер эффективности воздействия по КВЧ-мощности.

Предложенный механизм действия ММ ЭМИ на живые объекты и водосодержащие среды является значимым при объяснении практически всех спорных моментов в современной биофизике. Экспериментальные факты, ранее не имеющие теоретической трактовки, получили объяснение в рамках предложенной теории, что доказывает правомерность выдвинутой в настоящей работе концепции механизма взаимодействия КВЧ-излучения с водосодержащими и биологическими объектами.

Заключение

Анализ результатов, приведённых в работе, позволил предложить новую теорию о взаимодействии ММ ЭМИ водосодержащих сред и живых организмов. Основным положением является утверждение, что влияние ММ ЭМИ основано на действии радиоотклика. Теория подтверждается результатами проведённых в работе экспериментов по облучению биологических водосодержащих систем ВПП ЭМИ с существенно различными длинами волн.

На основе разработанной теории действия ММ ЭМИ на биологические и водосодержащие объекты нашли свое теоретическое объяснение такие

основополагающие экспериментальные факты, как передача информации облучения ММ ЭМИ вглубь водосодержащих сред, частотно-зависимый характер такого взаимодействия, пороговый биологический эффект от мощности облучаемого КВЧ-сигнала.

Литература

1. Девятков Н.Г., Голант М.Б, Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. // М.: Радио и связь,1991.
2. Бецкий О.В. иллиметровые волны в биологии и медицине. // Радиотехника и электроника. 1993. Т. 38. Вып.10.
3. Бецкий О.В., Девятков Н.Г. Электромагнитные миллиметровые волны и живые организмы. // Биомедицинская радиоэлектроника, №3 в ж. Радиотехника. 1996. № 9.
4. Девятков Н.Г., Голант М.Б., Смолянская А.З. и др. Сессия отделения общей физики и астрономии АН СССР, 17 – 18 января 1973. // Успехи физ. Наук, 1973, т. 110, № 3.
5. Бецкий О.В., Девятков Н.Д., Кислов В.В. Миллиметровые волны низкой интенсивности в медицине и биологии. // Биомедицинская радиоэлектроника. 1998. № 4. С. 13 – 29.
6. Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. Миллиметровые волны и живые системы. – М.: САЙН-ПРЕСС, 2004. – 272 с: ил.
7. Петросян В.И., Гуляев Ю.В, Житнёва Э.А. и др. Взаимодействие физических и биологических объектов с электромагнитным излучением КВЧ-диапазона.// РЭ. 1995. Т. 40. Вып. 1.
8. Петросян В.И., Житнёва Э.А, Гуляев Ю.В, и др. Физика взаимодействия миллиметровых волн с объектами различной природы. // Биомедицинская радиоэлектроника, № 3 в ж. Радиотехника, 1996. № 9.

9. Синицын Н.И., Петросян В.И., Ёлкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В., Бецкий О.В. Особая роль системы «миллиметровая волна – водная среда» в природе. // Биомедицинская радиоэлектроника. 1999. № 1. С. 3 – 21.
10. Савельев С.В. Взаимное влияние биологических систем и эффективность воздействия на них электромагнитного поля. // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 2003. № 4. С. 20 – 27.
11. Шилов А.И. Эколого – физиологические основы популяционных отношений у животных. // М. МГУ. 1997, 260 с.
12. Савельев С.В., Морозова Л.А. Механизм действия крайне высоких частот на биологические и водосодержащие объекты. // РНТОРЭС имени А.С. Попова. Научно-технический семинар «Взаимодействия биологических объектов и радиоэлектронных устройств». Россия, Москва, 24 мая 2012года. Материалы семинара. С. 24 – 30.