

Магнетизм водосодержащих сред.

Петросян В.И., Сеницын Н.И., Ёлкин В.А.

Саратовское отделение Института радиотехники и электроники РАН,
ЗАО “Научно – производственный центр физики и новых методов медицины” ,
Филиал Кафедры вычислительной физики и автоматизации научных
исследований Саратовского государственного университета,
Центральная научно исследовательская лаборатория Саратовского государственного меди-
цинского университета.

Аннотация. С использованием разработанного метода трансмиссионно-резонансной КВЧ/СВЧ радиоспектроскопии впервые исследованы аномальные радиофизические свойства воды и биотканей в магнитных полях и обнаружен ряд принципиально важных эффектов.

Magnetism containing water of environments.

V.I. Petrosyan, N.I. Sinitsyn, V.A. Yolkin.

The Saratov branch of Institute of a radio engineering and electronics of RAS
Closed A society “ Scientifically - medical center of physics and new methods of medicine ”
Branch of Faculty of computing physics and automation scientific
Researches of the Saratov state university,
Central scientifically research laboratory of the Saratov state medical university.

The summary. With use of the developed method of a transparent -resonant UHF/MICROWAVE radio spectra abnormal physical properties of water and biofabrics in magnetic fields for the first time are investigated and a number of the essentially important effects is found out.

До сих пор информация о биологической активности «омагниченной» воды воспринимается скептически, потому что изменений свойств самой воды в магнитном поле не обнаружено. Биологическая активность проявляется лишь косвенно, как конечная реакция живых организмов на воздействие «омагниченной» воды. Хотя достаточно убедительны положительные результаты по повышению урожайности сельхоз культур и широкому применению магнитотерапии.

Цель сообщения – представить новые экспериментальные доказательства существования скрытых физических механизмов воздействия магнитного поля на водосодержащие среды и, таким образом, реабилитировать магнитное направление в биологии, медицине и технике. Подходы к решению этой сложной задачи были найдены, исходя из специфических особенностей молекулярного строения воды и разработанного нами метода трансмиссионно-резонансной КВЧ/СВЧ радиоспектроскопии [1-3]. Он заключается в том, что объект подвергается воздействию низкоинтенсивного электромагнитного излучения в ММ диапазоне, а радиоотклик объекта на воздействие регистрируется высокочувствительным радиометрическим приёмником в ДМ диапазоне волн (на частоте 1ГГц) в виде спектров резонансной прозрачности. Механизм переноса из ММ в ДМ диапазон связан с диссипацией проходящего на резонансных частотах ММ излучения в среду, приводящего к появлению добавочного шума к собственному радиотепловому.

В указанных работах уже обсуждался аналог эффекта Зеемана по расщеплению резонансной линии на частоте 50,3 ГГц в магнитном поле. Экспериментальные данные позволили создать физическую картину взаимодействия магнитного поля с водной средой с использованием известной модели молекулярного строения воды, включающего гексагональные кольца (H₂O)₆. По этим представлениям эти гексагональные фрагменты имеют магнитные моменты, ортогональные их плоскостям, которые в свободном состоянии воды расположены хаотически. Магнитное поле ориентирует магнитные моменты равновероятно вдоль и против направления поля, так что суммарная намагниченность воды по-прежнему отсутствует, то есть вода в магнитном поле переходит из диамагнитного в антиферромагнитное состоя-

ние. При этом плоскости гексагональных колец выстраиваются взаимно параллельно. Таким образом, механизм действия магнитного поля на водосодержащие среды сводится к ориентационному эффекту в молекулярной структуре.

Отталкиваясь от этих исходных позиций, были продолжены исследования свойств такой ориентированной, «омагниченной» воды. Для дальнейшего обсуждения понадобятся результаты по резонансно-волновому состоянию водных сред, заключающемуся в том, что гексагональные кольца молекул воды осциллируют на собственных (резонансных) частотах вблизи пар 50,3 и 51,8; 64,5 и 65,5; 95 и 105 ГГц и других гармониках. Данные резонансные пары частот связаны с двумя модами молекулярных колебаний гексагональных фрагментов воды - радиальными (r) и поперечными (h) относительно плоскости колец. Для исследования явления «магнетизма» воды использовалась аппликаторная антенна с кюветой. Эксперимент ставился по схеме рис.1.

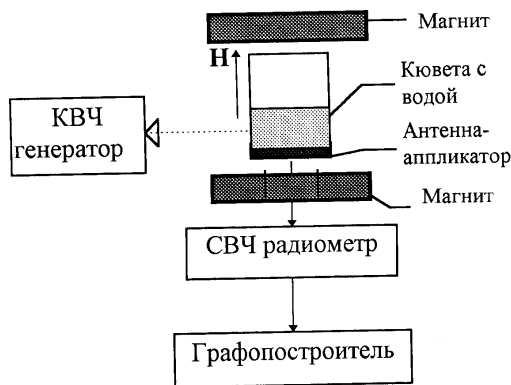


Рис.1 . Функциональная схема эксперимента.

В эксперименте использовались СВЧ радиометр и 2-х петлевые линейно поляризованные приёмные антенны-аппликаторы [4]. Одна из них встроена в цилиндрический контейнер для воды, а другая свободная. Антенны приводились в контакт с водной средой *in vitro* или с тканями организма человека *in vivo*. Магнитное поле, напряжённостью около 100 Э, создавалось постоянными магнитами. КВЧ излучение линейно поляризовано по типу TE_{10} с электрической компонентой, перпендикулярной направлению приложенного магнитного поля.

Использование линейно поляризованных антенн не случайно. Их поляризационные свойства позволяют выявить ориентационные зависимости влияния магнитного поля. Экспериментально показано, что при совпадении направления вектора электрического поля падающего линейно поляризованного резонансного КВЧ излучения с диаметральной элементом 2-х петлевого вибратора антенны, находящейся в контакте с водой, сигнал радиоотклика максимален, а при поперечном минимален в отношении 3:1. Важно, что СВЧ шумовое радиоизлучение сохраняет поляризацию падающего резонансного КВЧ излучения.

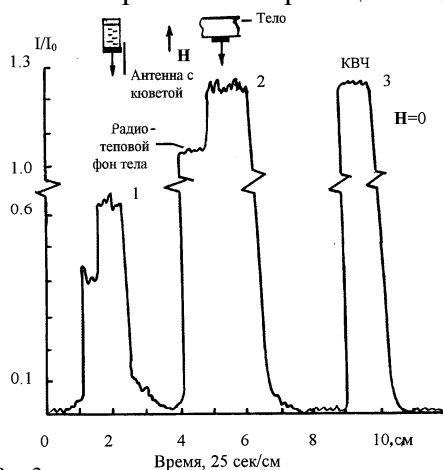


Рис.2.

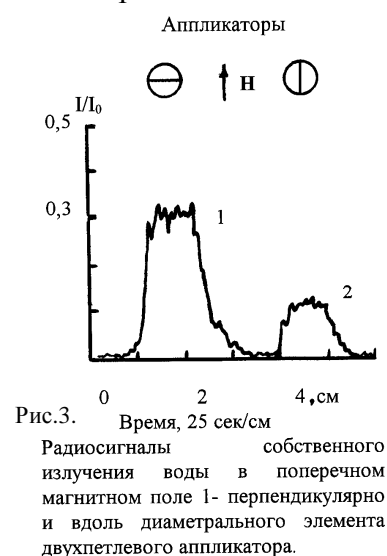
Радиосигналы собственного излучения 1-воды в коаксиальном магнитном поле, 2- биоткани(кисть руки) в поперечном магнитном поле, 3- сравнительный радиоотклик воды на КВЧ облучение на резонансной частоте 50,3 ГГц мощностью 0,1 мкВт/см²

Охарактеризуем условия экспериментов. Кювета со встроенной антенной заполнялась бидистиллятом воды и на неё накладывалось коаксиальное магнитное поле или аппликаторная антенна и магнитное поле накладывались на кисть руки. Сигнал снимали в отсутствие КВЧ облучения. Результаты экспериментов с водой и биотканью представлены кривыми 1,2 на рис.2, там же на кривой 3 для сравнения интенсивностей показан радиоотклик воды на облучение К ВЧ волнами мощностью 0,1 мкВт/см² на резонансной частоте 50,3 ГГц. Возникновение радиосигналов в обоих случаях свидетельствует о том, что магнитное поле возбуждает в воде и биоткани генерацию СВЧ радиоволн в ДМ диапазоне на уровне мощности порядка $10^{-14} - 10^{-15}$ Вт/см². Радиоизлучение воды и биоткани (включая её радиотепловой фон) достигает достаточно большого уровня, сравнимого с уровнем радиоотклика на КВЧ воздействие. Дадим интерпретацию обнаруженному эффекту генерации радиоволн водосодержащими средами. В основе объяснения механизма генерации лежит модель структуры воды. Уже отмечалось, что в конденсированной фазе молекулярная структура воды состоит из гексагональных фрагментов, имеющих магнитные моменты, и что гексагональные кольца осциллируют с частотой в КВЧ диапазоне, излучая при этом ММ радиоволны с переносом в ДМ диапазон. Хаотическая изотропная ориентация кольцевых

Рис.4.

Рис.5.

фрагментов и десинхронизация колебаний не дают превышения над радиотепловым шумом водной среды. Магнитное поле вызывает ориентационную анизотропию, текстуру, ориентируя молекулярные кольцевые фрагменты воды поперёк направления поля так, что на аппликатор проецируется вся плоскость гексагональных фрагментов, и в генерации участвует полная совокупность радиальных колебаний. В результате усиливаются направленные потоки собственных КВЧ радиоволн в водной среде, сопровождаемые повышением регистрируемого шумового СВЧ радиоизлучения. Очевидно, что источником КВЧ излучений в данной ситуации являются именно радиальные колебания молекулярных колец. Таково объяснение возбуждения генерации в магнитном поле КВЧ и СВЧ радиоволн водными и биологическими средами. Дальнейшая детализация в исследованиях свойств магнитостимулированной генерации радиоволн приводит к дополнительной аргументации в пользу принятого механизма генерации. Выше было показано, что стимулированное СВЧ шумовое радиоизлучение сохраняет поляризацию источника КВЧ волн. Поэтому, если магнитостимулированное СВЧ излучение воды будет чувствительно к ориентации магнитного поля, то это будет указывать на его происхождение от определённого типа КВЧ колебаний водных структур.



На рис.3 приведены величины собственных СВЧ радиосигналов воды при двух направлениях поперечного оси аппликаторной антенны магнитного поля : 1- перпендикулярно и 2- вдоль диаметрального элемента вибраторов аппликатора. Из рисунка видно, что в поперечном магнитном поле сигналы ниже, чем сигнал в коаксиальном поле (рис.2), и что сигнал в продольном относительно диаметрального элемента аппликатора поле составляет 1/3 от сигнала в перпендикулярном поле, то есть СВЧ излучение водной среды чувствительно к ориентации магнитного поля. Это соответствует поляризационным свойствам аппликаторной антенны с отношением сигналов в ортогональных направлениях 1:3 и подтверждает происхождение генерации от радиального типа колебаний. Отличие варианта с поперечным полем от случая с коаксиальным полем состоит в том, что на аппликатор проецируются гексагональные кольца в профиль, и поэтому в генерации участвует только часть радиальных колебаний, чем объясняется уменьшение сигнала.

Отсюда следуют важные выводы: во-первых, *источником генерации радиоволн водными и биологическими средами в магнитном поле являются собственные колебания молекулярных структур воды в КВЧ диапазоне* и, во-вторых, *основной вклад в генерацию радиоволн вносят радиальные колебания гексагональных молекулярных структур*.

Коснёмся вопроса о “магнитной” памяти воды. В этой связи были поставлены следующие эксперименты. Пробирки с водой помещались на несколько минут в коаксиальное магнитное поле напряжённостью 100 Э. Затем магнитное поле снималось и периодически исследовалось собственное излучение “омагниченной” воды сразу и после определённой временной выдержки- через одну неделю, месяц, два и более месяцев. На рис.4 изображены сигналы радиоизлучений “омагниченной” воды, исследованной сразу -кривая 1 и через месяц после магнитного воздействия -кривая 2. Результаты показывают, что вода после кратковременного магнитного воздействия даёт дополнительное радиоизлучение к собственному радиотепловому фону и обладает длительной “магнитной” памятью. В то же время, в процессе измерений интенсивность генерации спадает в течение достаточно длительного времени релаксации, что определяется скоростью “размагничивания” (разориентации) воды, обусловленной отбором СВЧ энергии аппликаторной антенной. Это подтверждается наблюдением в конце релаксации “магнитного” охлаждения в пределах градуса. Обращает на себя внимание, что в ряде случаев на уровне фоновой генерации появлялся резкий всплеск радиоизлучения – штриховая линия на кривой 2. Вероятно, он связан со спонтанной самосинхронизацией и дополнительной ориентацией молекулярных осцилляторов воды.

Таким образом, *“омагниченная” вода может находиться в антиферромагнитном со-*

стоянии довольно долго и вода является носителем магнитно-ориентационной памяти.

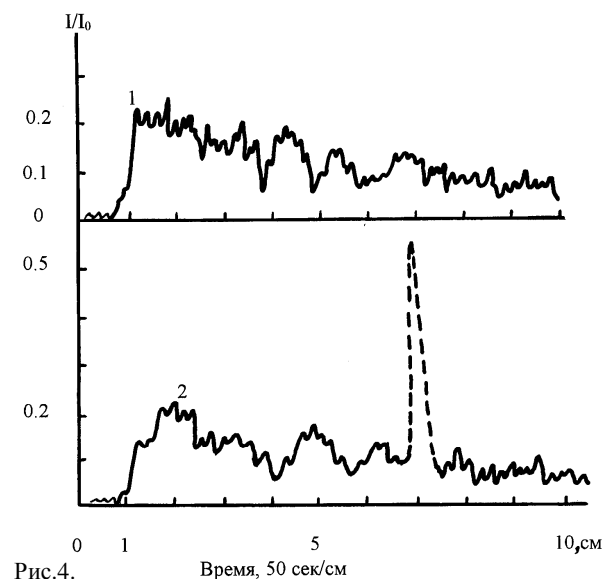


Рис.4. Радиоизлучение “омагниченной” воды 1- сразу, 2- через месяц, штриховая линия - спонтанный всплеск излучения

Если КВЧ резонансное состояние омагниченной” воды реально и служит источником СВЧ излучения, то возникает вопрос, какова длина резонансной ММ волны и величина диэлектрической проницаемости (ДП) в резонансном состоянии. Эта задача была решена с использованием метода стоячих волн (аналог цилиндрического диэлектрического резонатора переменной толщины). Для исследования использовалась двухпетлевая аппликаторная антенна с кюветой.

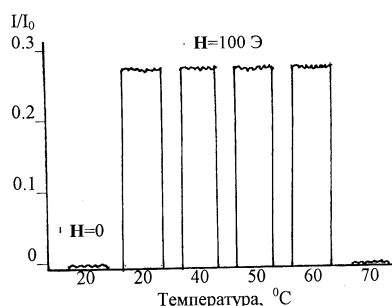


Рис.5. Зависимость магнитостимулированной составляющей радиоотклика воды от температуры

Рис.9

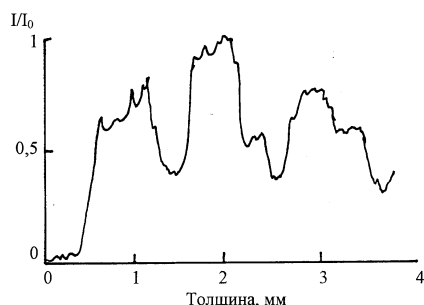


Рис.6. Зависимость приведённого радиоотклика «омагниченной» воды от толщины её слоя.

Вполне логично попытаться определить точку Кюри (Нееля) для воды. Эксперимент ставился следующим образом. Пробирка с “омагниченной” водой ступенчато нагревалась и на каждом шаге охлаждалась до исходной комнатной температуры, при которой и регистрировалось собственное радиоизлучение. Такая процедура позволила разделить нарастающее тепловое излучение и слабые добавочные “магнитные” радиосигналы. Точка Кюри определялась по срыву сигнала радиоизлучения. На рис.5 показан температурный ход радиоизлучения “омагниченной” воды в процессе ступенчатого нагрева. Срыв сигнала наступает при температуре около 70 °С. Эту температуру $\theta \approx 70$ °С и нужно считать точкой Кюри (Нееля) фазового перехода 2-го рода воды из антиферромагнитного состояния в диамагнитное.

Пустая кювета с антенной помещалась в поперечное магнитное поле напряжённостью $H=300$ Э, перпендикулярное диаметальному элементу антенны (что обеспечивало максимальный сигнал от гексагональных осцилляторов воды), и в неё дозированно подавалась вода, так что толщина слоя воды постепенно увеличивалась. При этом сигнал с антенны непрерывно регистрировался радиометром. На рис.6 приведена интерференционная кривая сигнала с радиометра в относительных единицах I/I_0 в зависимости от толщины слоя воды.

На графике отчетливо видны максимумы сигнала, располагающиеся эквидистантно с периодом 1 мм. Это соответствует половине резонансной длины волны. Следовательно, длина волны собственного радиоизлучения водной среды, стимулированного магнитным полем, $\lambda=2$ мм, что ориентировочно должно соответствовать частоте 25 ГГц, на этой частоте без магнитного поля нет радиоотклика на КВЧ воздействие. Надо отметить, что иногда появлялась генерация, соответствующая частоте около 50 ГГц. Это наводит на мысль о возбуждении в магнитном

поле целого ряда гармоник. Однако возникает вопрос, какой конкретно частоте собственной генерации воды соответствует длина волны 2 мм? Поэтому был поставлен эксперимент по поиску собственной резонансной частоты воды в магнитном поле. Для этого кювета с водой, помещённая в то же поперечное магнитное поле, облучалась ММ волнами в диапазоне КВЧ 23-27 ГГц. На рис.7 показан резонансный спектр, подтверждающий наличие стимулирован-

ной магнитным полем генерации водой радиоволн на резонансной частоте вблизи $\nu=25,1$ ГГц.

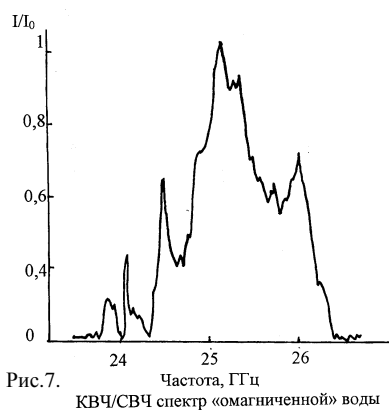


Рис. 7. КВЧ/СВЧ спектр «омагниченной» воды

Примечательно, что этот резонанс наблюдается только в магнитном поле, а в его отсутствие исчезает. Обнаруженный резонанс мы склонны рассматривать как антиферромагнитный резонанс.

Зная частоту и длину волны, можно найти диэлектрическую проницаемость (ДП)- ϵ в условиях резонансного состояния воды. Из простых соотношений получаем $\epsilon = (c_0 / \lambda \nu)^2 = 36$, где c_0 - скорость электромагнитных волн в вакууме. Такое же значение ДП воды в резонансном состоянии без магнитного поля на частоте вблизи 50 ГГц было получено ранее (см. предыдущий номер журнала).

Таким образом, с использованием метода трансмиссионно-резонансной КВЧ/СВЧ радиоспектроскопии получены следующие новые результаты:

1. Обнаружена сверхслабая генерация резонансных КВЧ радиоволн водой и тканями организма человека в магнитных полях на частотах вблизи 25 ГГц. Показано, что вода обладает длительной ориентационно-магнитной памятью. Определена точка Кюри (Нееля) воды $\theta \approx 70^0$ С. Особенности поведения воды в магнитных полях объяснены фазовым переходом 2-го рода из диамагнитного в антиферромагнитное состояние.

2. Можно считать, что биоактивность «омагниченной» воды и эффективность магнитотерапии основаны на механизмах воздействия собственных резонансных КВЧ волн в водных и биологических средах. Это позволяет объяснить особые свойства «омагниченной» воды и биофизику магнитотерапии.

Полученные результаты имеют принципиальное значение в физике воды, радиофизике, биофизике, медицине и сельском хозяйстве.

Работа включена в Федеральную целевую программу «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997 - 2000 годы» по проекту 696.3

Литература.

1. Петросян В.И., Гуляев Ю.В., Житенёва Э.А., Ёлкин В.А., Сеницын Н.И. Взаимодействие физических и биологических объектов с электромагнитным излучением КВЧ диапазона. // Радиотехника и электроника. 1995. Т. 40. В.1. С. 127 -134.

2. Петросян В.И., Житенёва Э.А., Гуляев Ю.В., Девятков Н.Д., Ёлкин В.А., Сеницын Н.И. Физика взаимодействия ММ волн с объектами различной природы. // Радиотехника. 1996. № 9. Журнал в журнале Биомедицинская радиоэлектроника. № 3. С. 20 - 31.

3. Сеницын Н.И., Петросян В.И., Ёлкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В. Особая роль системы «ММ-волны - водная среда» в природе. // Биомедицинская радиоэлектроника. 1998. № 1. С. 4 -27.

4. Сеницын Н.И., Петросян В.И., Ёлкин В.А., Башкатов О.В., Гречкин В.С., Разумник Д.А.

5. Аппликаторные антенны для резонансно-волновой КВЧ/СВЧ радиоспектроскопии природных образований // Биомедицинская радиоэлектроника. 1999. № 8. С. 34 -40.