

Ж. Биомедицинская радиоэлектроника, 2000, №2, С. 18-23.

**ПОДДЕРЖАНИЕ СТРУКТУРЫ ВОДНОГО МАТРИКСА - ВАЖНЕЙШИЙ
МЕХАНИЗМ ГОМЕОСТАТИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯЦИИ В ЖИВЫХ СИСТЕМАХ**

**MAINTENANCE of STRUCTURE WATER MATRIX - MAJOR MECHANISM
GOMEOSTATIC TUNING IN ALIVE SYSTEMS**

(концептуальная модель и ее базовое экспериментальное обоснование)

Conceptual model and her base experimental substantiation

Г.Е. Брилли, В.И. Петросян, Н.И. Синицын, В.В. Елкин

G.E. Brill, V.I. Petrosyan, N.I. Sinitsyn, V.A. Yolkin,

Саратовский филиал 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
 медицинского университета.

The Saratov branch of Institute of a radio engineering and electronics of RAS,
 KAS “ Scientifically - industrial center of physics and new methods of medicine ”,

Branch of Faculty of computing physics and automation scientific

Researches of the Saratov state university,

The central scientifically research laboratory of the Saratov state medical university.

Аннотация. На основе экспериментальных данных полученных методом трансмиссионно-резонансной КВЧ/СВЧ радиоспектроскопии, с позиций резонансно-волновых процессов, происходящих в биосредах, обсуждается фундаментальная роль системы “вода-волна”, как коммуникационно - корректирующей функции в поддержании гомеостаза.

The summary. On the basis of experimental data received the method of a penetrating resonant UHF/MICROWAVE radio spectrum, from positions of resonant-wave processes occurring in bioenvironments, discusses a fundamental role of system “water - wave”, as exchanging - adjusting function in maintenance gomeostatic.

Вода является основным компонентом живых организмов. Органы взрослого человека содержат 70-80% воды, полуторамесячный зародыш - 97%, а новорожденный - 72% воды. На долю молекул воды приходится свыше 90% всей массы клетки. Несомненно, вода в биосистемах играет не только роль универсального растворителя и транспортной среды в процессах метаболизма, а выполняет в процессах жизнедеятельности более глубокую, фундаментальную функцию [1-3].

Жидкая вода имеет сложную квазикристаллическую микроструктуру, унаследованную от кристаллической структуры льда. Молекулярную структуру воды составляет равновесная смесь гексагональных и трёхатомных молекул, ассоциированных посредством подвижных слабых водородных связей в ажурное пространственное образование [1-3,4-6].

Углеводы и газы, взаимодействуя с водой, образуют микрокристаллические комплексы с диаметром порядка нескольких десятков ангстрем - клатратные соединения. Коллоидные частицы в соответствии со своими структурно-химическими свойствами ориентируют вокруг себя молекулы воды, образуя гидратную оболочку. Непосредственно у поверхности частицы навязанная упорядоченность расположения молекул воды будет максимальна и постепенно размывается с расстоянием. Растворённые частицы при этом как бы заключены в своеобразный водный "матрикс", образованный молекулами окружающей воды. Поэтому структура воды в биосреде представляется как смесь всевозможных гидратных структур, которые могут в ней образовываться [5,6].

В цитоплазме клетки вода присутствует в двух вариантах: связанная (прочно удерживаемая гидрофильными коллоидными частицами) и свободная. Молекулы воды, входящие в состав коллоида, образуют весьма упорядоченную структуру. Хотя эта структура не является кристаллической, некоторые ее свойства близки к свойствам льда. При набухании высушенных коллоидов также происходит упорядочивание молекул воды и образование структур, напоминающих ледяные кристаллы. Многие клетки переносят замораживание без повреждений. Можно думать, что вода в этих клетках еще до замораживания находилась в высокоупорядоченном состоянии [7].

В водной среде структуры, образуемые фосфолипидами, ведут себя как анизотропные жидкости, обладающие признаками упорядоченности, т.е. жидкие кристаллы. Таким структурам присущи лиотропный мезоморфизм (зависимость состояния от гидратации) и термотропный мезоморфизм (зависимость структуры от температуры). Фазовые переходы липидов по типу "гель-жидкий кристалл" происходят при температуре, величина которой зависит от содержания воды в системе [8].

Рентгеноструктурный анализ [5] и термодинамические расчеты [1-3] показывают, что в конденсированной фазе чистая вода представляет собой ассоциативную смесь гексагональных фрагментов $(H_2O)_6$ и трехатомных молекул (H_2O) . Гексагональные фрагменты (кольца) в зависимости от условий могут объединяться в кластеры различного размера. Соотношение концентраций и размеров кластеров определяют исходное структурное состояние водного матрикса.

Кластерные структуры находятся в колебательном состоянии и образуют систему осцилляторов. Колебания, самосинхронизируясь в живом организме, создают собственное слабое (низкоинтенсивное) электромагнитное волновое поле. Следовательно, водный матрикс имеет пространственную и временную организацию и может выполнять роль синхронизатора и эталона времени в биосистемах, что позволяет говорить о биоинформационных свойствах водных систем.

В настоящее время структурированность водной фазы в живых объектах не вызывает сомнений. Однако исследование структурных преобразований воды в процессе нормальной жизнедеятельности, а также в условиях патологии встречает серьезные трудности, ввиду отсутствия адекватной методологии и высокочувствительной аппаратуры для проведения подобного рода наблюдений.

Авторами [1-3] разработан и успешно апробирован в Центральной научно-исследовательской лаборатории СГМУ принципиально новый метод исследования структуры различных объектов - резонансно-трансмиссионная КВЧ/СВЧ радиоспектроскопия. Сущность метода заключается в том, что исследуемый биосубстрат подвергается воздействию низкоинтенсивного (1 мкВт/см^2) электромагнитного излучения КВЧ диапазона со ступенчатым изменением частоты в диапазоне от 48 до 54 ГГц с регистрацией радиоотклика объекта на частоте 1 ГГц в полосе частот 50 МГц с помощью высокочувствительного (10^{-17} Вт) СВЧ радиометра. При этом на определенных характеристических частотах происходит взаимодействие внешнего излучения с собственными молекулярными колебаниями водной компоненты биосреды. В момент совпадения частот (резонанс) волны проникают в объем среды. На более высоких мощностях и вне резонанса волны поглощаются поверхностным слоем (до 1 мм), не вызывая радиоотклика. Резонансное взаимодействие проявляется в виде увеличения амплитуды принимаемого сигнала. При этом отклик биообъекта регистрируется в виде частотно-амплитудной зависимости (резонансного спектра). Информационную значимость имеют следующие параметры: амплитуда резонансного сигнала (I_0), резонансные частоты (ν_p) и добротность (Q). Под добротностью среды понимается отношение резонансной частоты к ширине ($\delta_{0,5}$) спектральной линии по уровню $0,5I_0$ $Q = \nu_p/\delta_{0,5}$. Радиоотклик возникает в результате диссипации резонансных КВЧ волн на структурных неоднородностях воды. Поэтому его амплитуда отражает степень структурной неупорядоченности объекта и прямо пропорциональна энтропии системы. Резонансные

частоты зависят от силы и характера межмолекулярных взаимодействий в среде. Добротность определяет степень синхронизации колебаний молекулярных осцилляторов среды.

Чувствительность метода такова, что позволяет улавливать тонкие изменения резонансных характеристик воды при различных ее состояниях (изменение температуры, растворение веществ, воздействие внешних физических полей) в условиях *in vitro* и *in vivo*. Неинвазивность метода позволяет использовать его в диагностике различных патологических состояний у человека.

В здоровом организме (клетке, ткани, органе) существует совершенно определенная, сформировавшаяся в процессе эволюции, динамическая иерархия водных структур и их строго упорядоченное распределение во внутриклеточных компартментах. Эта упорядоченность проявляется в наличии четко очерченных водных резонансных пиков, выявляемых методом резонансно-трансмиссионной КВЧ/СВЧ радиоспектроскопии. Обнаружено, что резонансные частоты бидистиллированной воды и тканей организма человека весьма сходны. В отсутствие повреждения (патологического процесса) регистрируются два типичных водных резонансных пика в области 50 и 52 ГГц (см. рис.1,2). Эти два резонанса соответствуют двум типам "нормальных" колебаний гексагональных колец в водных кластерах - соответственно радиальным и поперечным колебаниям плоскости кольца. Очевидно, в условиях нормального функционирования биосистемы деятельность ее гомеостатических механизмов направлена на поддержание и сохранение пространственно-временной организации водного матрикса. Причем в здоровом организме существует определенный диапазон изменений молекулярной структуры, частоты и синхронизации молекулярных колебаний, в рамках которого сохраняется оптимум функционирования живой системы.

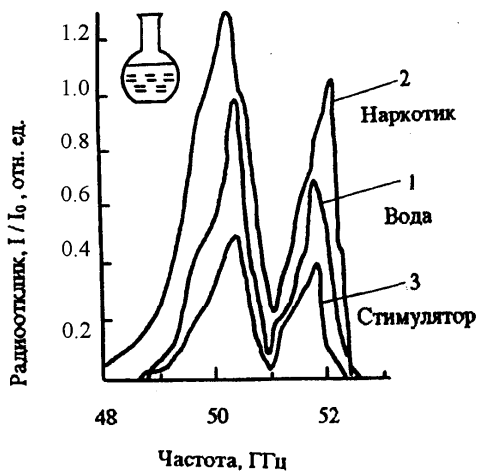
При воздействии различных возмущающих факторов (альтерерирующих агентов), приводящих к изменению биоструктур, нарушению клеточного метаболизма (химического состава клетки) и развитию патологического процесса в ткани (воспаление, ишемия, дистрофия, опухоль и т.п.), изменяется и структура водного матрикса, что проявляется в изменении характера резонансного отклика биосреды (рис.2). При незначительных структурных аномалиях возникают локальные изменения (напряжения) в структуре водного матрикса, которые могут быть ликвидированы в силу воздействия внутренних энтропийно-энергетических резервов. Водный матрикс выступает в этом случае в качестве одного из важнейших ауторегуляторных гомеостатических (саногенетических) факторов, как один из базовых механизмов системы клеточно-тканевой адаптации и репаративной регенерации. При восстановлении структуры водного матрикса создаются оптимальные условия для протекания репаративных процессов на более высоких уровнях структурной организации биосистемы.

При грубых формах альтерации возникают более глубокие изменения, приводящие к нарушению непрерывности структурированного водного ретикулума, которые не могут быть репарированы только за счет использования внутренней энергии матрикса. В этом случае репаративные процессы растягиваются во времени и требуют включения клеточных (органных, системных) регуляторных механизмов.

Важным фактором, оптимизирующим и ускоряющим течение репаративного процесса, могло бы явиться воздействие на биосистему экзогенного фактора. Подобным эффектом воздействия на биосистему обладает низкоинтенсивное резонансное электромагнитное КВЧ излучение, которое нашло широкое применение в клинике (а также лазерное и магнитное воздействие- см. работы авторов в данном журнале).

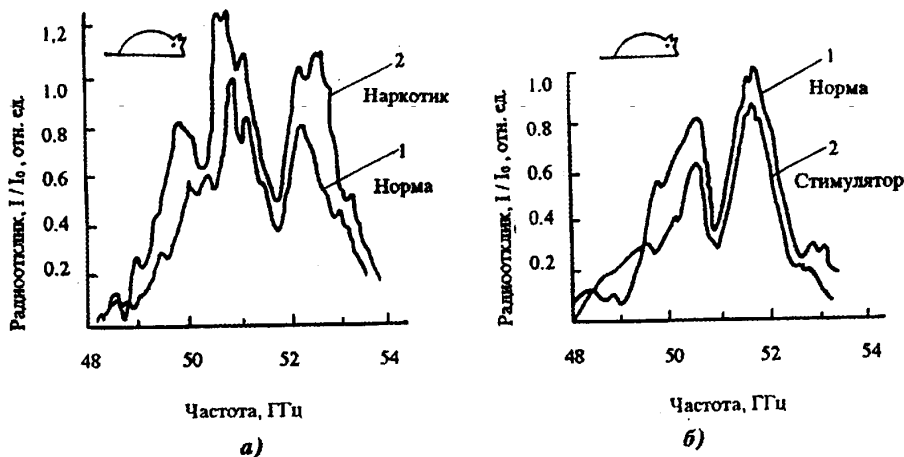
Приведём несколько показательных примеров, демонстрирующих особую роль водного матрикса и волновых процессов в жизнедеятельности. Первые касаются влияния химических препаратов на водно-полевой матрикс, а вторые показывают связь патологий с состоянием водно-полевого матрикса.

Для выяснения характера воздействия лекарственных препаратов на состояние водной компоненты биосреды были выбраны препараты- антагонисты - наркотики и стимуляторы - *in vitro* (в пробирке) и *in vivo* (на белых беспородных мышах). В качестве наркотиков (анестезиков) применялись нембутал, оксибутират, уретан, а в качестве стимуляторов - кофеин и бемегрид. Параллельно контролировалось поведение животных. Исследованы резонансные спектры 1-2% растворов указанных веществ-рис.1,2. Обнаружено, что несмотря на различия в механизмах действия препаратов в каждой из групп, наркотические препараты *in vivo* и *in vitro* приводят к однотипному увеличению примерно в 1,5 раза амплитуды резонансных пиков, в то время как стимуляторы примерно на столько же уменьшают амплитуды пиков. На рис.1 представлены спектры чистой воды - кривая 1, нембутала - кривая 2, кофеина - кривая 3. На рис.2,*а* приведён спектр с тела мыши в норме - кривая 1 и под действием нембутала- кривая 2, а на рис.2,*б* - спектр с тела мыши в норме - кривая 1 и под действием кофеина - кривая 2. Обнаружено также существенное влияние на действие препаратов КВЧ облучения мышей на резонансных частотах (50,3; 51,8 или 65 ГГц).



Влияние наркотиков и стимуляторов на резонансные спектры *in vitro* 1- бидистиллята воды, 2- раствора нембутала, 3- раствора кофеина

После 15 - ти минутного облучения животного до и после инъекции препарата время действия наркотиков в 1,5 - 2 раза уменьшается, а стимуляторов - в 3 - 4 раза увеличивается.



Влияние на резонансные спектры биотканей *in vivo* *а*) наркотиков 1- спектр тела мыши в норме, 2- под воздействием нембутала, *б*) стимуляторов 1- спектр тела мыши в норме, 2- под воздействием кофеина

Исходя из приведённой ранее трактовки величины амплитуды резонансных пиков, наркотики вызывают деструкцию водной компоненты (амплитуда пиков растёт), а стимуляторы структурируют водную компоненту биосреды (амплитуда пиков снижается), соответственно, увеличивая или уменьшая уровень диссипативных потерь при распространении резонансных КВЧ волн. В результате этого в первом случае волновая проводимость среды для резонансных КВЧ волн уменьшается, а во втором случае проводимость увеличивается. Действие же облучения резонансными волнами приводит к компенсации структурных нарушений в водной среде, вызванных присутствием наркотика, и уменьшению наркотического действия. И наоборот, КВЧ излучение, дополнительно структурируя водную среду, усиливает действие стимулятора. Такая трактовка подтверждает теорию Л. Полинга о взаимосвязи между явлением наркоза и кристаллизацией гидратов наркотических веществ, вызывающих перестройку связанной воды (см. [6]).

Таким образом, хорошо просматривается корреляция между волновой проводимостью, определяемой структурой биосреды для резонансных КВЧ волн в теле животных и их физиологической активностью, что указывает на определённую связь собственных резонансных КВЧ волн в организме с его функциональным состоянием.

Состояние организма человека исследовалось с применением спектрально-волновой диагностики. Она основана на регистрации резонансных спектров молекулярных колебаний структур организма в норме и патологии. Причём, резонансные частоты биосред организма в норме близки к водным резонансным частотам (50,3; 51,8 ГГц). Отклонение резонансных спектров, снятых с поражённых систем, органов или тканей организма, от спектров в норме свидетельствует о наличии патологии.

С данных позиций все системы, органы и ткани организма в норме имеют резонансные частоты, близкие к резонансным частотам воды. Присутствие индивидуальных резонансных частот в спектрах свидетельствует о возникновении паталогических изменений в организме.

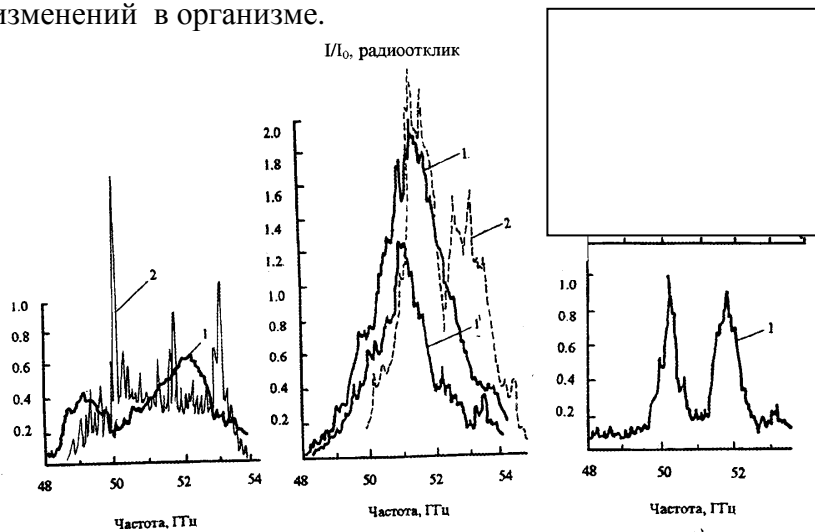


Рис.3. Резонансные спектры тканей организма человека в патологии и норме а) до лечения, б) в процессе лечения, в) в конце курса лечения, кривые 1- относятся к щитовидной железе (диффузный токсический зоб 4-й степени, кривые 2 - относятся к височно-теменной области головного мозга (паранойя), кривые 1, 1' соответствуют началу и концу 10-го сеанса.

(рак)

На рис.3 приведены показательные спектры тканей организма человека в норме и патологии на разных стадиях КВЧ терапии заболеваний щитовидной железы и головного мозга: а) до лечения, б) в середине курса лечения, в) в конце курса лечения (норма). Кривые 1, 1' соответствуют спектрам, снятым в начале и в конце одного (10-го) сеанса.

Наблюдаемое здесь понижение амплитуды резонансных пиков показывает положительную динамику структурных изменений в тканях в процессе лечения. Эволюция спектров демонстрирует тенденцию к

нормализации морфофункционального состояния органов. По данным УЗИ объём щитовидной железы после 20-ти сеансов уменьшился с 43 мл до 23 мл, общее состояние пациентов существенно улучшилось, чему соответствует спектр в норме рис.3,в. Обращает на себя внимание резкое отличие в характере исходных спектров (рис.3,а). Интересно проанализировать радиофизические детали этого различия, имея в виду сравнение таких параметров резонансных спектров, как частота (ν_p), амплитуда сигналов радиоотклика (I_0) и добротность (Q) спектральных линий. В патологии, на начальной стадии (рис.3,а), выделяются два типа отклонений в спектрах от нормы (рис.3,в) - в одном случае амплитуда пиков и добротность спектральных линий малы $I_0 = 0,5$; $Q = 25 - 50$ (рис.3,а, кривая 1), в другом случае высоки $I_0 = 2 - 3$; $Q = 500 - 1000$ (рис.3,а, кривая 2), а в норме $I_0 = 1$; $Q = 100 - 200$ (рис.3,в). При этом в обоих случаях наблюдается значительное отклонение резонансных частот от нормы.

Исходя из интерпретации параметров резонансных спектров, данной выше, амплитуда сигналов и добротность характеризуют, соответственно, структурный порядок и степень синхронизации молекулярных колебаний биосреды. Отсюда следует вывод - существуют определённые интервалы оптимальных параметров структуризации и частотной синхронизации волновых процессов водного матрикса биосреды, отклонение от которых,

как в сторону “заорганизованности”, так и в сторону “дезорганизации” биосреды соответствует патологии.

В свете изложенных фактов и представлений роль структурно-волнового состояния водного матрикса биосреды, как одной из наиболее глубокой и универсальной системы гомеостаза на молекулярно-полевом уровне, кажется не столь уж гипотетичной. К этому подводят следующие экспериментальные результаты:

1. Резонансные частоты молекулярных колебаний воды и биосреды живого организма находятся в КВЧ диапазоне и подобны.

2. Воздействие на организм низкоинтенсивными КВЧ волнами на резонансных частотах оказывает на организм сильное неспецифическое терапевтическое действие, нормализуя его морфофункциональное состояние в целом.

Молекулярные осцилляторы водной компоненты биосреды живого организма, самосинхронизируясь на резонансных частотах, могут представлять естественный внутренний источник и проводник резонансных КВЧ волн. Система этих колебаний задаёт структуре биосреды пространственную и временную организацию. Существующее в организме возбуждённое состояние в виде поля резонансных КВЧ волн автоматически вынуждает аномальные структуры, имеющие свои собственные (“патологические”) резонансные частоты, возвращаться к норме.

В итоге можно считать, что *система “вода - волна” выполняет в организме коммуникационно-корректирующую функцию*. При глубокой патологии, когда возможностей внутренних источников КВЧ волн недостаточно для её коррекции, необходимо внешнее (терапевтическое) ММ воздействие на водных резонансных частотах.

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.
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.
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.
4. Богородский В.В., Гаврило В.П. Лед. Физические свойства. Современные методы гляциологии. - Л.: Гидрометеиздат. 1980.
5. Синюков В.В. Вода известная и неизвестная. - М.: Знание. 1987.
6. Габуда С.П. Связанная вода. Факты и гипотезы. - Новосибирск. Наука. 1982.
7. Иост Х. Физиология клетки. М., Мир, 1975.
8. Болдырев А.А. Введение в биомембранологию. М., Изд-во МГУ, 1990.