

Аннотация. Рассматриваются результаты исследования особенностей взаимодействия электромагнитных волн миллиметрового (ММ) диапазона с водными и биологическими средами и перспективы их использования. Описывается ряд неизвестных ранее эффектов.

The summary. The results of research of features of interaction of electromagnetic Mm waves of a range with water and biological environments and prospect of their use are considered. A number unknown before effects is described.

Метод исследований. Взаимодействие ММ волн с водосодержащими средами наиболее остро поставило проблему соотношения эффектов поглощения и прозрачности водосодержащих сред для электромагнитных излучений. С одной стороны, водные среды практически полностью поглощают ММ излучение в поверхностном слое и, в то же время, экспериментально обнаруживают активное объёмное взаимодействие с ним. Устоявшееся представление о воде, как сильнейшем поглотителе ММ волн, мешало пониманию глубинных процессов взаимодействия ММ волн с водосодержащими средами и направляло экспериментаторов по ложному пути повышения мощности падающего излучения при попытках глубинного зондирования, которые и не дали положительного результата. Авторам удалось сделать ряд практических шагов в разрешении этой проблемы, складывающейся в новое самостоятельное научное направление.

Разрешение этой противоречивой ситуации было найдено в парадоксальном подходе – уменьшении мощности падающего излучения в условиях сильного поглощения. Объёмное взаимодействие действительно оказалось пороговым эффектом малого уровня мощности (≤ 10 мкВт/см²). В сущности, в данной постановке представлены принципы малосигнальной просвечивающей радиоспектроскопии, на основе которых разработан принципиально новый метод радиоспектроскопии – трансмиссионно-резонансной КВЧ/СВЧ радиоспектроскопии и созданы новые методы медицинской диагностики и терапии.

Разработанный метод спектроскопии основан на обнаруженном авторами явлении возбуждения длинноволнового излучения при воздействии на водосодержащие среды радиоволнами ММ диапазона. Он состоит в воздействии на объект ММ излучением низкой интенсивности

и регистрации радиоотклика на воздействие слабого излучения в длинноволновой части СВЧ диапазона. В экспериментах применялись свипирующие генераторы ММ волн и радиометрические приёмники ДМ диапазона с аппликаторными антеннами в качестве сенсоров – рис.1. В отличие от известных видов радиоспектроскопии – абсорбционной и эмиссионной (например, ЭПР, ЯМР), использующих резонансное поглощение или испускание квантов, данная спектроскопия основана на резонансной прозрачности сред.

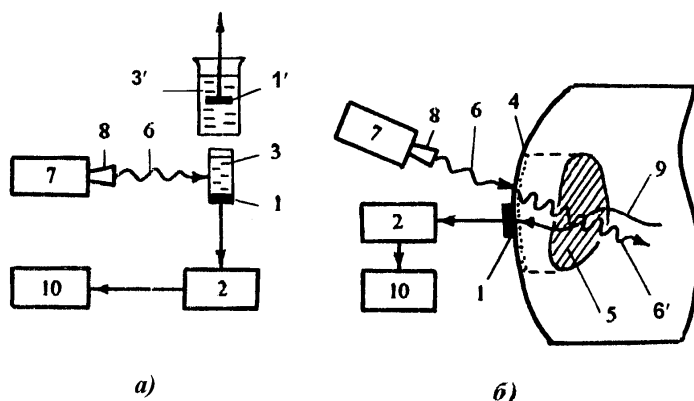


Рис.1. Схема эксперимента по исследованию методом трансмиссионно-резонансной КВЧ/СВЧ-радиоспектроскопии а) физических объектов, б) биотканей организма человека, где 1,1' – антенна-аппликатор, 2 – СВЧ-радиометр, 3,3' – контейнер и стакан с водой, 4 – кожная проекция органа, 5 – внутренний орган, 6,6' – резонансные ММ волны в воздухе и в организме, 7 – свип-генератор КВЧ, 8 – рупорная антенна, 9 – шумовое ДМ излучение организма, 10 – регистрирующий графопостроитель.

Эффект переноса ММ излучения в ДМ диапазон [1,2], вошедший в литературу как “СПЕ-эффект” [3,4], обусловлен наложением на собственное тепловое радиоизлучение объекта резонансного спектра излучения молекулярных осцилляторов среды, возбуждаемых ММ волнами на резонансных частотах. Суммарный сигнал регистрируется в ДМ диапазоне – рис.2.

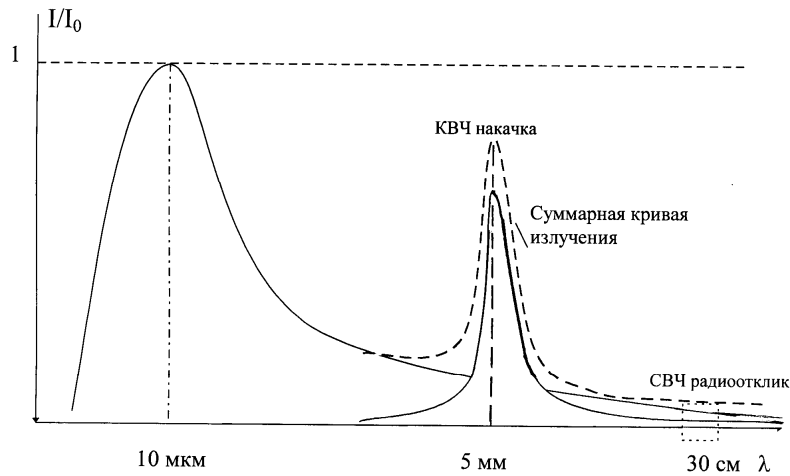


Рис.2. Схема распределение спектральной плотности теплового излучения при температуре 300 К и стимулированного КВЧ накачкой излучения на резонансной частоте молекулярных осцилляторов среды.

не даёт. Существенным ограничением его является отсутствие такого информативного канала, как коэффициент переноса, отражающий характер взаимодействия ММ волн с молекулярно-кластерной архитектурой среды, чрезвычайно чувствительной к любым слабым воздействиям.

Рассматриваемые ниже результаты на примере ряда новых эффектов демонстрируют возможности КВЧ/СВЧ – радиоспектроскопии в применении к живой и неживой природе.

Резонансы воды и тканей организма человека. Первым результатом применения метода было обнаружение резонансных спектров прозрачности водосодержащих сред на характеристических частотах, соответствующих собственным частотам колебаний молекулярных осцилляторов [5] – рис.3.

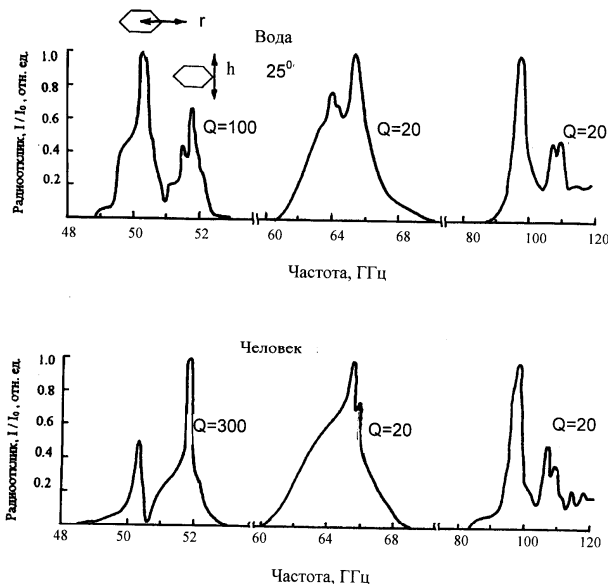


Рис.3. Резонансные спектры бидистиллированной воды и тканей организма человека в норме, здесь Q – добротность, вставки соответствуют двум модам колебаний гексагональных молекулярных фрагментов (H₂O)₆ воды г – радиальным на резонансной частоте 50,3 ГГц и h – поперечным на резонансной частоте 51,8 ГГц.

модель молекулярной структуры воды в жидком состоянии представляет собой смесь двух компонент: льдоподобных гексагональных молекул и газоподобных трёхатомных молекул – рис.4.

Принципиальное значение и отличительная особенность метода междиапазонного переноса состоит в том, что коэффициент переноса несёт в себе информацию о процессах и состоянии среды, связанных со скрытыми тонкими молекулярными перестройками. Резонансная прозрачность водных сред подтверждена нами так же методом прямого радиопросвечивания в ММ диапазоне [4]. Но он требует более сложной техники, менее универсален и принципиальных преимуществ

не даёт. Существенным ограничением его является отсутствие такого информативного канала, как коэффициент переноса, отражающий характер взаимодействия ММ волн с молекулярно-кластерной архитектурой среды, чрезвычайно чувствительной к любым слабым воздействиям.

Рассматриваемые ниже результаты на примере ряда новых эффектов демонстрируют возможности КВЧ/СВЧ – радиоспектроскопии в применении к живой и неживой природе.

Резонансы воды и тканей организма человека. Первым результатом применения метода было обнаружение резонансных спектров прозрачности водосодержащих сред на характеристических частотах, соответствующих собственным частотам колебаний молекулярных осцилляторов [5] – рис.3.

Из сравнения резонансных спектров следуют фундаментальные выводы: существуют резонансные частоты прозрачности воды и биотканей в ММ диапазоне,

по своим молекулярным резонансным свойствам обе субстанции практически идентичны.

Факты сходства резонансных характеристик биоткани и воды указывают на единую природу происходящих в них резонансных процессов. Для понимания этого и последующих результатов необходимо привлечь модельные представления о молекулярном строении конденсированной фазы воды.

Упрощённая, но достаточная для объяснения экспериментов модель молекулярной структуры воды в жидком состоянии представляет собой смесь двух компонент: льдоподобных гексагональных молекул и газоподобных трёхатомных молекул – рис.4.

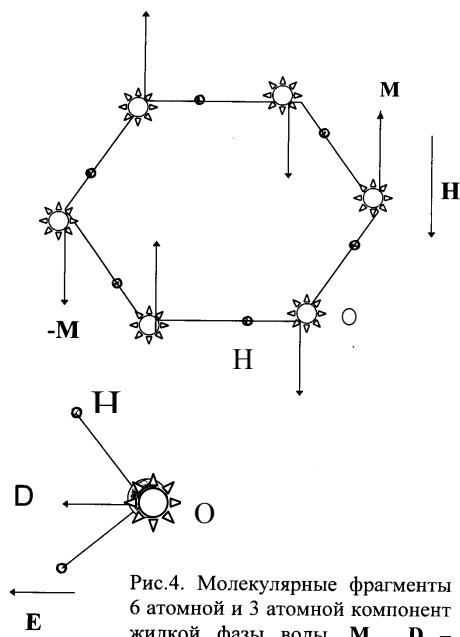


Рис.4. Молекулярные фрагменты 6 атомной и 3 атомной компонент жидкой фазы воды, **M**, **D** – магнитный и электрический дипольные моменты

Фрагменты отличаются тем, что гексагональные 6 атомные структуры имеют только антипараллельные магнитные моменты **M**, а 3 атомные – только электрические дипольные моменты **D**.

Обращает на себя внимание наличие дублетов в полосах резонансных частот (рис.3), которые, как показали тестовые эксперименты, связаны с радиальными (r) и поперечными колебаниями атомов кислорода в кольцевых фрагментах.

Ниже 50 ГГц были обнаружены по два дублета резонансных частот воды – один вблизи 25_H ГГц, существующий только в магнитном поле, и другой вблизи $32,5_E$ ГГц, существующий только в электрическом поле. Они связаны, соответственно, с резонансными колебаниями ориентированных в статических полях магнитных и электрических дипольных моментов молекул воды. Выше 100 ГГц обнаружены дублеты резонансных частот вблизи 130 и 150 ГГц. Итак, определены резонансные частоты прозрачности водосодержащих сред вблизи $(25)_H$; $(32,5)_E$; 50; 65; 100; 130; 150 ГГц. Ряд ограничен возможностями имеющейся исследовательской аппаратуры.

Спектры резонансных частот можно представить двумя сериями. Резонансные линии вблизи 50 и 65 ГГц

нужно считать базисными, а остальные частоты в сериях – гармониками, связанными с колебаниями магнитных и электрических дипольных моментов, соответственно, гексагональных и трёхатомных молекулярных фрагментов воды. Обнаруженные спектры резонансных частот в упрощённом виде, без учёта деталей, приведены на рис.5 (в скобках даны предсказываемые частоты).

Резонансные спектры можно сопоставить с квантовыми уровнями линейного гармонического осциллятора $\epsilon_n = h\nu_0(1/2+n)$, где $n=0,1,2,3 \dots$. Придав формуле вид $\epsilon_n/h = \nu_0/2+n \cdot \nu_0$ и выделив нулевые колебания, как специфические, находим спектр резонансных частот $\epsilon_n/h = \nu_0/2, \nu_0, 2\nu_0, 3\nu_0 \dots$. Подставляя в качестве базисных частот $\nu_{0H} = 50$ ГГц и $\nu_{0E} = 65$ ГГц, получаем спектральные линии воды и соответствующие энергетические уровни осциллятора, приведённые на рис.5. Это свидетельствует о квантовой природе

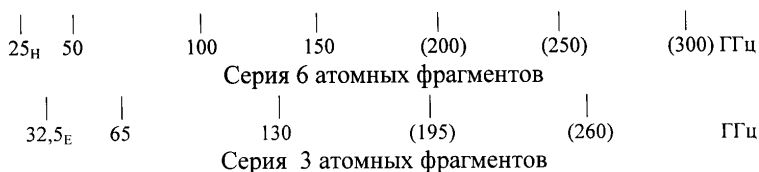
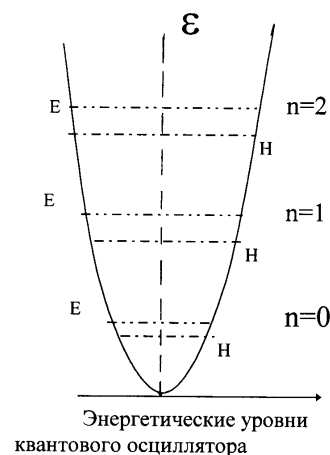


Рис.5. Спектральные серии резонансной прозрачности водосодержащих сред.



резонансных частот прозрачности воды и даёт основание полагать, что вода представляет собой квантовую жидкость.

Обнаруженные спектры резонансной прозрачности конденсированной фазы воды являются фундаментальными по аналогии со спектральными сериями атомов и молекул. По-видимому, в данном случае получены первые спектры атомно-молекулярных структур, ассоциированных в конденсированную фазу. Это представляет собой качественно новый уровень спектральных характеристик состояния вещества.

Взаимодействие водосодержащих сред с магнитными полями. Исследование механизмов взаимодействия магнитного поля с водными и биологическими средами, вызываю-

ших качественные изменения их свойств, является принципиальным вопросом. До сих пор информация о биологической активности “омагниченной воды” воспринимается скептически, потому что изменений свойств самой воды в магнитном поле не обнаружено.

Покажем существование скрытых физических механизмов воздействия магнитного поля на водосодержащие среды и, таким образом, реабилитируем магнитное направление в биологии, медицине и технике. Подходы к решению этой сложной задачи удалось найти, исходя из специфических особенностей молекулярного строения воды и разработанного метода радиоспектроскопии [2,3,5].

Влияние магнитного поля на воду сводится к появлению трех пиков: пик на частоте 51,8 ГГц сохраняется, а пик с частотой 50,3 ГГц расщепляется на два с частотами 49,7 ГГц и 50,8 ГГц, располагающихся симметрично относительно центральной частоты со смещением $\Delta \nu_{pr} \approx \pm 0,55 \text{ ГГц}$ – рис.6.

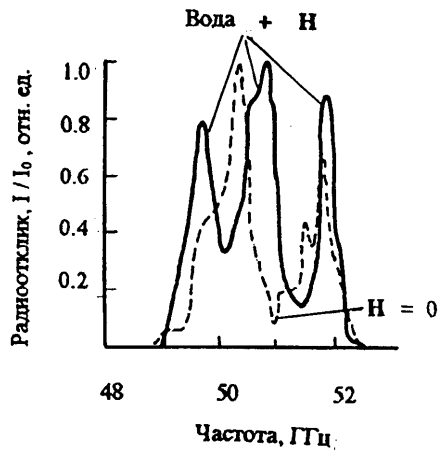


Рис.6. Расщепление резонансного спектр бидистиллята воды в магнитном поле, для сравнения штриховой линией показан спектр воды без магнитного поля.

Естественно полагать, что полученный дублет является результатом снятия ориентационного вырождения магнитных моментов и расщепления резонансного пика в магнитном поле, то есть проявлением аналога эффекта Зеемана для жидкой фазы воды в ММ диапазоне электромагнитных волн. Следовательно, хотя вода макроскопически является очень слабым диамагнетиком, на микроуровне она имеет ненулевые магнитные моменты. Для объяснения эффекта расщепления резонансного пика в магнитном поле обратимся к структуре воды – рис.4.

Из полученных экспериментальных результатов следует, что гексагональные фрагменты воды обладают элементарными магнитными моментами (M), ортогональными их плоскостям, которые взаимно скомпенсированы, так что суммарный магнитный момент равен нулю ($\sum M=0$). Вне магнитного поля гексагональные фрагменты расположены хаотически. Магнитное поле, упорядочивая структуру, снимает ориентационное вырождение антипараллельных магнитных моментов. Поэтому при их ориентации вдоль и против направления магнитного поля энергия только радиальных колебаний (γ) гексагональных молекулярных осцилляторов, совершаемых поперёк магнитного поля, расщепляется на два подуровня - $h\nu_{pr} \Rightarrow h\nu_{pr} \pm h|\Delta\nu_{pr}|$. Продольные по отношению к полю колебания (h) колец во взаимодействии с магнитным полем участия не принимают, и поэтому их энергия $h\nu_{ph}$ не изменяется. Следовательно, магнитное поле изменяет колебательную энергию поперечных колебаний на величину $\Delta\varepsilon^H = h|\Delta\nu_{pr}| = MH$, где $h=6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка. Отсюда в нашем случае для напряжённости магнитного поля $H = 5 \cdot 10^{-3}$ Тл и расщепления $|\Delta\nu_{pr}| \approx 0,55 \cdot 10^9$ Гц получаем значение магнитного момента $M \approx 10^{-23}$ Дж/Тл. Эта величина, как и следовало ожидать, имеет порядок величины магнетона Бора $M=\mu_B$ – магнитного момента электрона. Данный результат позволяет сделать вывод, что в процессах магнитного взаимодействия конденсированной фазы воды участвуют магнитные моменты электронов (но не ядер, так как ядерный магнетон на 3 порядка меньше), а вода переходит в антиферромагнитное состояние. Важно и то, что магнетон Бора $\mu_B = \hbar e / 4\pi m_e$ является мировой константой, связывающей между собой три другие фундаментальные мировые константы: постоянную Планка- h , элементарный заряд - e , массу покоя электрона - m_e .

Имеется ограниченное число методов измерения величин мировых констант. Поэтому появление нового метода можно считать ценным вкладом в метрологию.

Описанный эффект расщепления спектральной линии в магнитном поле представляет собой ни что иное, как аналог эффекта Зеемана. Именно аналог, так как сам эффект наблюдается в оптическом диапазоне на квантовых уровнях резонансного поглощения свободных молекул. В данном же случае эффект проявляется в области резонансной прозрачности кон-

денсированной фазы воды в радиоволновом ММ диапазоне и подтверждает квантовую природу воды.

Медицинский аспект. Состояние органов человека исследовалось с применением спектрально-волновой диагностики, или КВЧ/СВЧ-радиоспектроскопия в применении к человеку. Диагностика заключается в регистрации резонансных спектров молекулярных колебаний структур организма в норме и патологии. Причём, как отмечалось выше, 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.7.

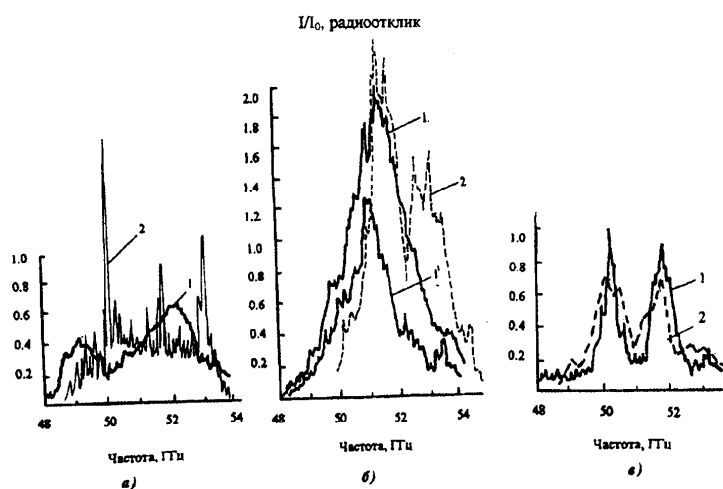


Рис.7. Резонансные спектры тканей организма человека в патологии и норме а) до лечения, б) в процессе лечения, в) в конце курса лечения, кривые 1- относятся к щитовидной железе (диффузный токсический зоб 4-й степени), кривые 2 - относятся к височно-теменной области головного мозга (паранойя), кривые 1, 1' соответствуют началу и концу 10-го сеанса.

физические детали этого различия, имея в виду сравнение таких параметров резонансных спектров, как частота (ν_p), амплитуда сигналов радиоотклика (I_0) и определяемая по ширине спектральных линий добротность (Q). В патологии, на начальной стадии (рис.7,а), выделяются два типа отклонений в спектрах от нормы (рис.7,б) - в одном случае амплитуда пиков и добротность малы $I_0 = 0,5$; $Q = 25 - 50$ (рис.7,а, кривая 1), в другом случае высоки $I_0 = 2 - 3$; $Q = 500 - 1000$ (рис.7,а, кривая 2), а в норме $I_0 \approx 1$; $Q = 100 - 200$ (рис.7,в). При этом в обоих случаях наблюдается значительное отклонение резонансных частот от нормы.

Исходя из данных выше определений параметров резонансных спектров, амплитуда сигналов и добротность характеризуют структурный порядок, степень синхронизации и монохроматичность молекулярных колебаний биосреды. Отсюда следует вывод - существуют определённые интервалы оптимальных параметров структуризации, фазовой синхронизации и частотной монохроматичности волновых процессов водного матрицы 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 водной матрицы биосреды, как одной из наиболее глубокой и универсальной системы гомеостаза на молекулярно-полевом уровне, кажется не столь гипотетичной.

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. Последняя выступает в роли высоко-

Наблюдаемое в спектрах 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. Обращает на себя внимание резкое отличие в характере исходных спектров. Интересно проанализировать радио-

точных биологических часов. Существующее в организме возбуждённое состояние в виде электромагнитного 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.

Литература.

1. Петросян В.И., Гуляев Ю.В., Житенёва Э.А., Елкин В.А., Сеницын Н.И. Взаимодействие физических и биологических объектов с электромагнитным излучением КВЧ-диапазона. – Радиотехника и электроника. 1995, №1.
2. Сеницын Н.И., Петросян В.И., Елкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В. Особая роль системы “мм-волны – водная среда” в природе. – Биомедицинская радиоэлектроника. 1998, № 1.
3. Бецкий О.В. От редактора выпуска. – Биомедицинская радиоэлектроника. 1998, №1.
4. Сеницын Н.И., Петросян В.И., Елкин В.А. “СПЕ-эффект”. – Радиотехника. 2000, №8.
5. Петросян В.И., Сеницын Н.И., Ёлкин В.А., Майбородин А.В., Тупикин В.Д., Надёжкин Ю.М. Проблемы косвенного и прямого наблюдения резонансной прозрачности водных сред в ММ диапазоне. – Биомедицинская радиоэлектроника. 2000, №1.
6. Петросян В.И., Сеницын Н.И., Ёлкин В.А., Башкатов О.В. Взаимодействие водосодержащих сред с магнитными полями. – Биомедицинская радиоэлектроника. 2000, №2.