

Памяти наших учителей, выдающихся учёных XX века в области сверхвысокочастотной электроники, академика Н.Д. Десяткова, профессоров М.Б. Голанта и В.Н. Шевчика посвящают эту работу авторы

ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ВОДОСОДЕРЖАЩЕЙ СРЕДЫ ЖИВЫХ ТКАНЕЙ В БИМЕДИЦИНСКИХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ НАНОТЕХНОЛОГИЯХ МИЛЛИМЕТРОВОГО И ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНОВ

Н. И. Сеницын, В. А. Ёлкин, О. В. Бецкий

Статья содержит краткий обзор основных результатов по исследованию роли структуризации водосодержащей среды в живых тканях, являющихся объектами исследования в биомедицинских радиоэлектронных нанотехнологиях крайне высокочастотного и терагерцового диапазонов. Описаны экспериментальная установка и методика исследований структуризации водосодержащей среды под действием электромагнитного излучения. Приведены результаты экспериментальных исследований. Обсуждаются перспективы сочетанного воздействия на организм крайне высокочастотных и терагерцовых излучений со структурирующим эффектом природных минералов и искусственных материалов. Оцениваются перспективы диагностики и терапии с помощью предлагаемых технологий. Выдвигаются новые положения, относящиеся к объяснению природы механизма биосовместимости живых и неживых элементов. Делается один из первых шагов научного объяснения механизма кристаллотерапии.

Ключевые слова: Структуризация водосодержащей среды, невозмущающие радиоэлектронные методы, биомедицинские радиоэлектронные нанотехнологии, нанонеоднородные поверхности, биосовместимость, миллиметровые и терагерцовые излучения, ИК излучения.

Предисловие

В выпусках журнала «Прикладная нелинейная динамика», посвящённых 60-летию кафедры электроники, колебаний и волн, помещены в основном статьи тех исследователей и преподавателей, которые на протяжении многих лет сотрудничали с этой замечательной кафедрой или работали на ней. Всех авторов представляемой

статьи также связывают тесные многолетние научные и дружеские контакты с кафедрой. Н.И. Сеницын окончил эту кафедру вместе с нынешним заведующим кафедрой членом-корреспондентом РАН Д.И. Трубецковым и ныне академиком Беларуси А.А. Кураевым. Вместе они поступили в очную аспирантуру кафедры. Их научным руководителем был В.Н. Шевчик. Вместе они защитили кандидатские диссертации, вместе работали на кафедре многие годы. В.А. Ёлкин, активно способствующий развитию новых направлений на кафедре, также выпускник этой кафедры. О.В. Бецкий на протяжении более пяти десятков лет, хотя и работал в Москве и Фрязино, поддерживал плодотворные научные контакты с кафедрой. И, наконец, следует отметить, что некоторые из основополагающих вопросов, отражённых в представленной статье, относящихся к новому научному направлению современного естествознания, связанному с развитием биомедицинских радиоэлектронных нанотехнологий, впервые в мировой литературе докладывались на проводимых кафедрой знаменитых научных школах ещё в 1970-х годах одним из наших учителей профессором М.Б. Голантом. И уже в те годы многие из развиваемых идей, несмотря на сложность анализируемых вопросов, получили одобрение исследователей, присутствовавших на этих научных школах.

Введение

К одним из наиболее важных и перспективных направлений современного естествознания относится изучение особенностей взаимодействия электромагнитных волн с живыми системами и возможностей их практического использования в биологии и медицине. В этом направлении большой интерес представляют электромагнитные волны крайне высокочастотного (КВЧ) и терагерцового частотного (ТГЧ) диапазонов. КВЧ и ТГЧ электромагнитные излучения (ЭМИ) низкой интенсивности, занимающие особое место в шкале электромагнитных волн, благодаря ряду совершенно необычных и уникальных особенностей их взаимодействия с биологическими объектами, уже широко используются в настоящее время в медицине и биологии. Основоположниками данного направления, впервые в мире рождённого в нашей стране, явились академик Н.Д. Девятков, профессора М.Б. Голант и О.В. Бецкий [1–3]. Но, хотя КВЧ-медицина уже состоялась и продолжает развиваться, полной ясности в понимании природы её механизмов воздействия на биологические объекты нет вплоть до настоящего времени.

Среди открытых вопросов одним из особенно важных, основополагающих и принципиальных (как удалось в последние годы обнаружить авторам), является вопрос об особой роли структуризации водосодержащей среды в биосистемах, являющихся объектами исследования в современных биомедицинских радиоэлектронных технологиях. Как это ни парадоксально, вплоть до последнего времени данный вопрос, несмотря на всю его принципиальную значимость, не ставился на повестку дня. Мысль о том, структурирована или не структурирована водная среда в живых тканях организма при воздействии на них ЭМИ, просто не возникала, хотя исследования в этом плане в какой-то степени уже имели место. Например, в работах авторов [4] исследовались особенности поведения спектральных характеристик водной среды в различных физических и биологических объектах. Структуризация воды в живой клетке была исследована позже в работах Г. Линга [5], однако, без учёта воздействия на клетку ЭМИ. К сожалению, основные положения физической тео-

рии живой клетки, выдвинутые Г. Лингом и связанные со структурой воды в живой клетке, не принимались научной общественностью. Это и понятно, так как для исследования влияния структуризации водной среды в живых системах на её взаимодействие с ЭМИ, прежде всего, должны были быть разработаны специальные, невозмущающие, радиоэлектронные методы анализа состояния структуры водной среды и создана соответствующая высокочувствительная радиоэлектронная аппаратура. Эта задача, уже сама по себе, являлась самостоятельной и достаточно сложной проблемой в радиофизике как в научном, так и в техническом плане.

В ходе проведения исследований электродинамических характеристик тонких слоев воды, ограниченных нерастворимыми материалами (пластины из Ge, Si и из других полупроводниковых и химически устойчивых проводящих материалов), было сделано важное открытие явления генерации электрической энергии тонким водосодержащим слоем [6]. Этот эффект связан с образованием в водной среде цепных конструкций из молекул воды от контакта водной среды с нанонеоднородностями на поверхности внешнего нерастворимого в воде материала.

В процессе построения физической модели этого эффекта и в последующих экспериментах было обнаружено явление структуризации водосодержащей среды, в том числе и в биосистемах. Важно отметить, что при воздействии ЭМИ на эти предварительно структурированные среды обнаруживается усиление эффекта структуризации. Подчеркнем, что структуризация водной среды возникает при её контакте с нанонеоднородной поверхностью нерастворимых в воде внешних материалов [7–10].

Таким образом, в результате экспериментов обнаружена определяющая роль структуризации водной среды в появлении особенностей при взаимодействии ЭМИ с водной средой. В частности, увеличивается глубина проникновения излучения КВЧ и ТГЧ диапазонов в биоткани. Обнаруженные особенности лежат в основе развития и совершенствования современных биомедицинских радиоэлектронных технологий, обеспечении их высокой эффективности и надёжности.

Далее установлено, что именно структуризация водосодержащих слоёв, которая происходит за счёт построения цепных конструкций из молекул воды и которая начинается от границы контакта водных слоёв с нанонеоднородной поверхностью минералов или искусственных материалов, лежит в основе используемых с древних времён методов кристаллотерапии или, как часто её сейчас называют, литотерапии.

По результатам первых лабораторных экспериментов, проведённых в клинических условиях, намечены реальные пути повышения эффективности биомедицинских радиоэлектронных технологий КВЧ и ТГЧ диапазонов за счёт их совместного использования с подходами кристаллотерапии.

Выдвигаются принципиально новые положения в объяснении механизма био-совместимости живых и неживых элементов.

1. Приборы и техника экспериментов

В ходе экспериментов были впервые получены результаты фундаментального плана, свидетельствующие об особой роли системы «миллиметровые волны – водная среда» в природе [4]. Было обнаружено явление резонансного взаимодействия ЭМИ с водой, водосодержащими средами и биологическими объектами. Впервые явления, связанные со структуризацией водосодержащей среды в живых структурах и особой

ролью структуризации водной среды при её взаимодействии с низкоинтенсивными излучениями КВЧ и ТГЧ диапазонов, были обнаружены и стали исследоваться авторами в 2003 году. С этого момента началось изучение авторами особенностей структуризации водосодержащих сред в физических и живых объектах, в том числе и в зависимости от контакта водных сред в исследуемых структурах с внешними факторами. Диагностика структуризации водосодержащей среды и многие особенности такой структуризации экспериментально исследовались с использованием разработанной оригинальной методики на созданном аппаратном радиоэлектронном комплексе по измерению прозрачности водосодержащей среды в ИК диапазоне [7,8]. И только затем, с учётом обнаруженного и измеренного уровня структуризации водосодержащей среды, проводилось дальнейшее изучение особенностей взаимодействия водосодержащих сред и живых структур с ЭМИ. При этом использовались разработанные в [8–10] методика измерений и аппаратура. Естественно, что наряду с рассмотрением вопросов фундаментального характера исследования проводились и с целью выявления возможностей создания новой высокоэффективной КВЧ терапевтической и диагностической аппаратуры. В значительной степени данные выполненных экспериментов изложены в работах [7–12] и других работах авторов.

Исследования привели к неожиданным и принципиально новым результатам. Впервые экспериментально было установлено, что особенности взаимодействия водосодержащей среды с ЭМИ, в отличие только от её теплового нагрева, проявляются лишь при структуризации водной среды в исследуемых системах внешними факторами и на определённых частотах, зависящих от строения конкретного внешнего материала, структурирующего водную среду. Поэтому ниже речь пойдет о некоторых из полученных в этом направлении результатах, а также выводах и рекомендациях, которые можно из них сделать.

Разработанная методика измерений и созданная экспериментальная установка позволяют получать информацию о степени структуризации водосодержащего слоя от контакта с различными материалами путём приёма и обработки проходящего через водный слой ИК излучения малой интенсивности, при котором отсутствует нагревание исследуемого водосодержащего слоя.

Наиболее важными рабочими блоками установки (рис. 1) являются: *широкополосный ИК излучатель; высокочувствительное приёмное устройство, включающее ИК оптический блок и блок обработки и управления ИК радиометром, КВЧ генератор и чашку контейнера для размещения в ней исследуемого слоя воды и структурирующих материалов. Важно подчеркнуть, что широкополосный ИК излучатель имеет трёхслойную теплоизоляцию, исключаящую его теплообмен с исследуемым водосодержащим слоем.*

При проведении всех экспериментов строго выполнялись следующие условия:

- использовались слои воды толщиной $h = 1$ мм,
- мощность ИК луча составляла 25 мВт в полосе пропускания фильтра 1.5...23 мкн, выполненного из пластины кремния толщиной 0.5 мм,
- квазиоптические модули позволяли работать в диапазоне 32...650 ГГц,
- падающая мощность КВЧ излучения лежала в пределах 5...10 мВт,
- флуктуационная чувствительность достигала 0.005 К,
- диаметр ИК луча в области исследуемого слоя воды составлял 17 мм,
- постоянная времени накопления ИК радиометра не превышала 5 с,

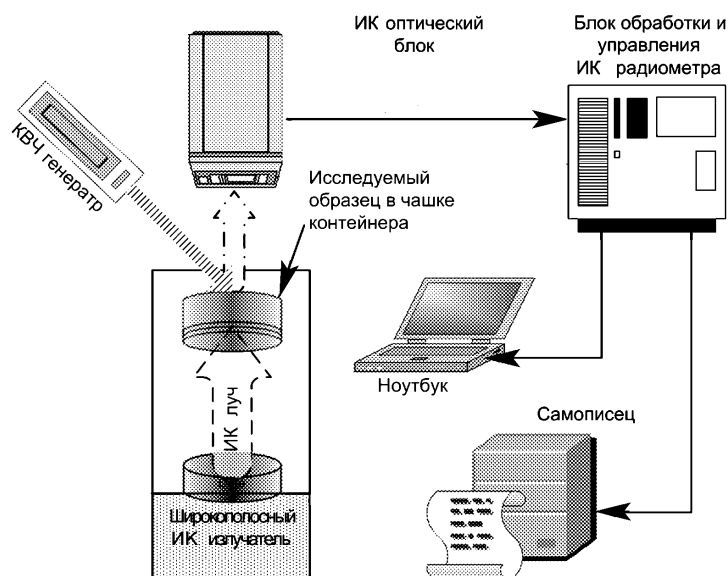


Рис. 1. Блок-схема установки для исследования ИК прозрачности водосодержащих сред в зависимости от контакта с различными материалами и КВЧ воздействия

- шаг времени при переходе с одной частоты КВЧ излучения на другую составлял 5 мин,
- шаг перестройки частоты КВЧ излучателя равнялся 1 ГГц,
- общая площадь поверхности воды в контейнере достигала 19 см^2 ,
- измерения проводились при температуре окружающей среды 22°C .

2. Методика измерений и результаты экспериментов

Развитый метод экспериментальных исследований структуризации водной среды и особенностей её взаимодействия с ЭМИ основывается на том, что структура водосодержащей среды чувствительна к физическим полям контактирующих с ней материалов, к различным воздействиям и откликается на них рождением и распадом разнообразных форм ассоциатов. В данном случае за счёт процессов формирования связей водосодержащей среды с элементами нанонеоднородных поверхностей материалов, контактирующих с водой, происходит структуризация водного слоя, а следовательно, и изменение его прозрачности в ИК диапазоне [7–10]. То есть, увеличение прозрачности слоя воды в ИК диапазоне при контакте водного слоя с внешним материалом свидетельствует о росте степени структуризации водного слоя [8–10]. Это изменение структуры водной среды от её контакта с различными материалами и от воздействия КВЧ излучения обнаруживается на созданной установке.

Проведённые эксперименты по исследованию структуризации тонких слоёв воды и влияния структуризации тонких слоёв воды на особенности их взаимодействия с ЭМИ выполнялись по следующей схеме.

До начала воздействия ЭМИ на водные слои использовались гарантированно неструктурированные слои воды. При этом полезно обратить внимание на такой момент. Казалось бы, что до контакта воды с тем или иным используемым в эксперименте материалом вода и является неструктурированной. Но, как показали проведённые исследования [8], этот вопрос уже сам по себе не такой простой. Воду может

структурировать материал сосуда, в котором она находится до или во время эксперимента. Однако было показано, что стекло приводит к незначительной структуризации воды, поэтому в эксперименте исследовался слой бидистиллированной воды, помещенной в чашке контейнера, выполненной из стекла. Затем на установке ИК радиометром измерялись интенсивность $I_{\text{соб}}$ (уровень собственного ИК излучения водного слоя) и интенсивность излучения $I_{\text{нач}}$ (уровень ИК излучения, прошедшего через неструктурированный в чашке контейнера водный слой), которая полагалась начальным уровнем прозрачности неструктурированного водного слоя. После этого обеспечивался контакт тонкого слоя воды (толщиной порядка 1 мм) с нанонеоднородной поверхностью внешнего структурирующего воду материала. Начиналась структуризация водного слоя, приводящая к увеличению его прозрачности. По завершении процесса структуризации водного слоя ИК радиометром фиксировалась интенсивность излучения I_0 (уровень ИК излучения, прошедшего структурированный водный слой).

Наряду с дистиллированной водой подобные исследования проводились также и с различными водосодержащими средами. Но многие водосодержащие среды уже и без их контакта с внешними материалами оказывались структурированными за счёт присутствия в их объёме нанонеоднородных структурирующих включений [12]. Поэтому у них уровень излучения $I_{\text{нач}}$ характеризует уже структурированную водосодержащую среду, а уровень излучения I_0 характеризует уровень её структуризации под действием внешних структуризаторов. В дальнейшем, когда на подобные водные слои или водосодержащие среды подавалось ЭМИ, исследовалось влияние уровня структуризации воды и различных водосодержащих сред на особенности их взаимодействия с ЭМИ.

В качестве внешних факторов структуризации воды для эксперимента отбирались некоторые наиболее интересные и распространённые минералы и синтетические материалы – слюда, яшма, янтарь, гранат, хризопраз, шунгит, кварц, полиэтиленовые, фторопластовые и целлофановые плёнки, кремний, углеродные нанотрубки и ряд других материалов [8–12].

Экспериментально установлено, что многие из исследованных материалов приводят к значительной структуризации тонкого водного слоя. Причём для некоторых материалов коэффициент структуризации $k = (I_0 - I_{\text{соб}})/(I_{\text{нач}} - I_{\text{соб}})$, связанный с увеличением прозрачности слоя воды в ИК диапазоне, достигает 5...7 [8]. Этот факт, уже сам по себе, является не только неожиданным, но и практически чрезвычайно важным.

Эксперименты, проведённые с неструктурированными слоями воды, показали, что при взаимодействии тонких неструктурированных слоёв воды с ЭМИ никаких особенностей в этом взаимодействии не наблюдается. При воздействии ЭМИ на водный неструктурированный слой не происходит изменения прозрачности слоя воды в ИК диапазоне. Сделанное наблюдение представляется особенно важным и принципиальным для биомедицинских радиоэлектронных технологий КВЧ и ТГЧ диапазонов. Из него следует, что при изучении особенностей взаимодействия водосодержащих сред с ЭМИ и практическом использовании этого взаимодействия величина уровня структуризации водосодержащей среды внешними или внутренними факторами представляется исключительно важной и её надо учитывать.

В дальнейшем при исследовании особенностей взаимодействия уже структурированных водных слоёв с ЭМИ эти ранее неструктурированные водные слои перед

проведением данных экспериментов структурировались. Для структуризации водного слоя поверхность исследуемого водного слоя приводилась в контакт с исследуемым нерастворимым в воде материалом и выдерживалась в таком состоянии некоторое время, необходимое для полного завершения процесса структуризации воды с использованием методики, развитой в [8]. Обычно оно не превышало 60 мин. Затем ИК радиометром измерялась интенсивность I_0 проходящего через структурированный водный слой ИК излучения без КВЧ воздействия на слой. Затем измерялась I интенсивность ИК излучения, проходящего через этот водный слой, но при КВЧ воздействии на слой. Частота КВЧ воздействия изменялась в диапазоне 35...250 ГГц и не превышала 1 мВт/см². Значения I и I_0 регистрировались в моменты времени, когда структуризация водного слоя от его контакта с исследуемым материалом полностью завершалась. На рис. 2 для примера представлена зависимость интенсивности проходящего ИК луча через водный слой, структурированный поверхностью пластины граната тёмно-коричневого (толщиной 0.8 мм), от падающего на водный слой КВЧ излучения в диапазоне частот 53...78 ГГц [10]. Шкала и нормировка выбраны на рис. 2 таким образом, что при отсутствии КВЧ воздействия или отсутствии каких-либо последствий его взаимодействия с водным слоем (то есть $I = I_0$) относительная интенсивность будет равна 50 от. ед. Из рисунка следует, что КВЧ воздействие приводит к заметному увеличению прозрачности, а потому и дополнительной структуризации водного слоя во многих, но на вполне определённых участках диапазона частот 53...78 ГГц. Наиболее заметным оно оказывается вблизи частот 58...61, 63, 65, 67, 72, 76 ГГц.

На рис. 3 представлена аналогичная зависимость интенсивности проходящего ИК луча через водный слой, но, в отличие от рис. 2, структурированный поверхностью кремния (толщиной 1 мм) [10]. Из рисунка видно, что КВЧ воздействие приво-

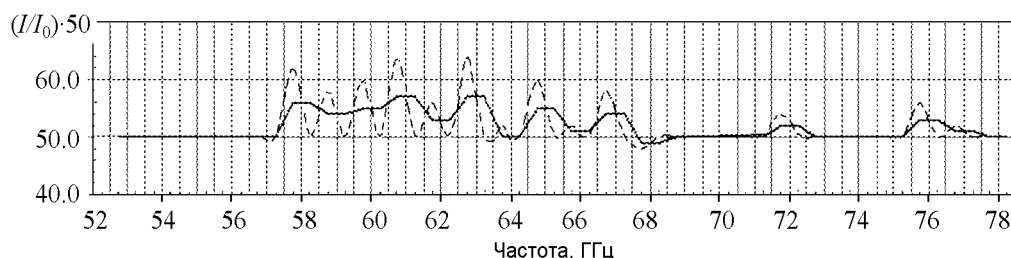


Рис. 2. Зависимость интенсивности проходящего структурированный водный слой ИК луча от падающего КВЧ излучения в диапазоне частот 53...78 ГГц. Верхняя граница слоя – кристаллы граната тёмно-коричневого. Окружающая температура 19°C

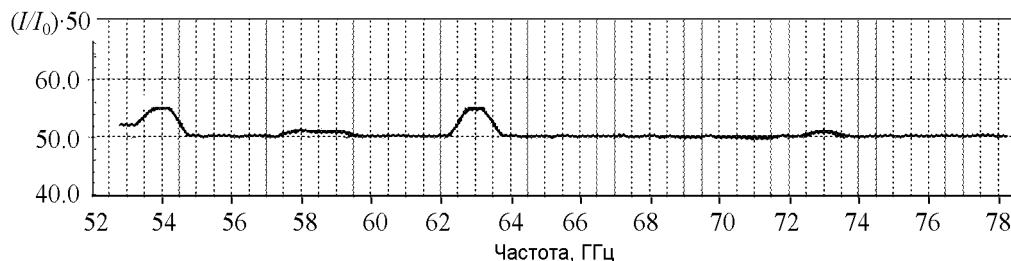


Рис. 3. Зависимость интенсивности проходящего структурированный водный слой ИК луча от падающего КВЧ излучения в диапазоне частот 53...78 ГГц. Верхняя граница слоя – пластина кремния. Окружающая температура 19°C

дит к увеличению прозрачности и дополнительной структуризации водного слоя от действия кремня, но уже на других участках диапазона частот 53...78 ГГц в отличие от действия граната тёмно-коричневого. Интересно отметить, что кремень широко используется в народной медицине Востока.

Как уже выше отмечалось в работе [8] экспериментально установлено, что увеличение интенсивности проходящего через водный слой ИК излучения свидетельствует о возрастании степени структуризации водного слоя. Поэтому полученные результаты показывают, что воздействие ЭМИ на структурированный водный слой приводит к его дополнительной структуризации на некоторых вполне определённых участках исследуемого диапазона частот. И эти участки определяются наноструктурой поверхности материала, контактирующего с водным слоем и структурирующего его [8–10].

Проведённые в диапазоне частот 35...250 ГГц эксперименты со слоями воды, структурированными названными выше и другими минералами и синтетическими материалами, показали, что многие из исследованных материалов приводят к значительной структуризации тонкого водного слоя. А при взаимодействии этого уже структурированного водного слоя с ЭМИ уровень его структуризации заметно возрастает лишь только на вполне определённых для каждого минерала или материала участках частот. Причём для каждого структурирующего материала характерна своя степень увеличения структуризации водного слоя при его взаимодействии с ЭМИ. То есть каждый минерал или искусственный материал имеет свою «индивидуальную» частотную и амплитудную картину взаимодействия структурированного им водного слоя с ЭМИ. Следует отметить стопроцентную повторяемость результатов экспериментов и то, что эта «индивидуальность» полностью определяется структурой минерала и поэтому оказывается одинаковой для одних и тех же минералов, взятых даже из разных месторождений. Так, к примеру, экспериментально полученная картина структуризации и взаимодействия с ЭМИ структурированного водного слоя образцами янтаря коричневого (рис. 4, а) и янтаря белого (рис. 4, б) взятыми

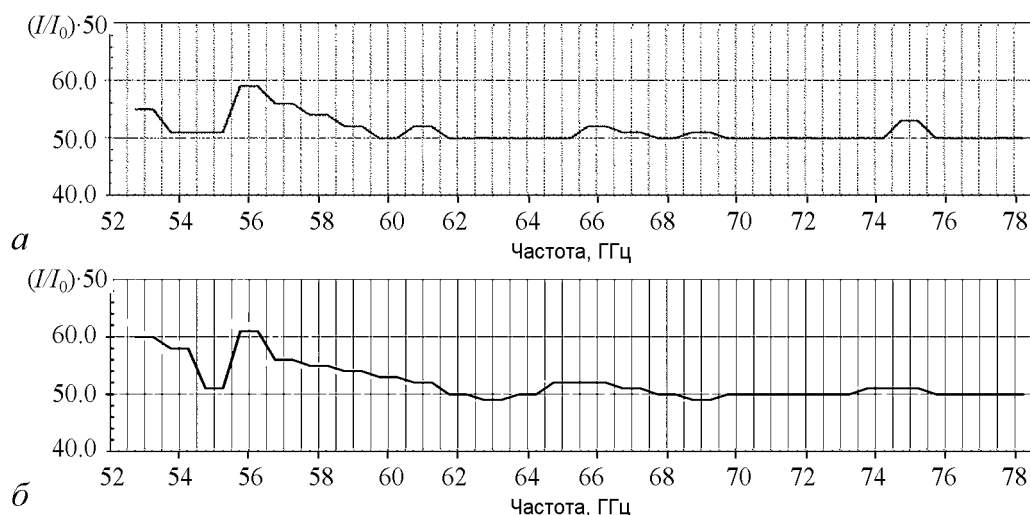


Рис. 4. Зависимость интенсивности проходящего структурированный водный слой ИК луча от падающего КВЧ излучения в диапазоне частот 53...78 ГГц. Верхняя граница слоя – пластины янтаря коричневого (а) и янтаря белого (б) имели толщину 0.5 мм. Окружающая температура составляла 20°С

из месторождений, расположенных на противоположных сторонах нашей планеты (из месторождений Прибалтики и Бразилии), практически не отличаются одна от другой [10].

Аналогичные исследования проведены авторами для целого ряда искусственно созданных материалов [10–12]. Как и для натуральных минералов, также была обнаружена «индивидуальность» амплитудно-частотной картины по структуризации тонких слоёв воды и взаимодействию их с ЭМИ для искусственных синтетических материалов, созданных по довольно близким технологиям. Некоторые отклонения в их действии на структуризацию водной среды и её взаимодействие с ЭМИ, экспериментально обнаруженные и отмеченные авторами, связаны с отклонениями в технологиях их производства на различных предприятиях [10,12].

Наряду со сказанным следует особо подчеркнуть следующее. Как показывают результаты многолетних работ в области кристаллотерапии, каждый из исследованных минералов (см. рис. 2–4) при использовании в лечебных целях позволяет способствовать лечению только вполне определённого круга конкретных заболеваний [13,14].

Авторами впервые был также предсказан и экспериментально обнаружен эффект структуризации воды α -аминокислотами разных классов, являющимися наноструктурными субстратами синтеза белков [15,16]. Полученные результаты имеют принципиальное значение как в научном, так и в практическом плане. Процесс структуризации водного слоя состоит в том, что молекулы аминокислоты фенилаланина D-Фен, используемые в эксперименте, у поверхности водного слоя выстраиваются в чёткую упорядоченную структуру. Каждая молекула является электрическим диполем, отрицательный полюс которого в структуре направлен вглубь водного слоя, а ароматическое кольцо D-Фен находится у поверхности раздела вода–воздух. Нити и грозди из молекул воды направлены преимущественно ортогонально границе раздела вода–воздух [15,16]. Интенсивность прямого прохождения ИК луча сквозь таким образом структурированный молекулами D-Фен слой воды зависит от степени структуризации этого слоя.

На рис. 5 приведены результаты эксперимента с водными растворами D-Фен различной концентрации, начиная от минимальной концентрации в точке 1 и завершая максимальной концентрацией в точке 5 с постоянным шагом 0.11 моль/л. Через слой воды толщиной в 1 мм проходит при вертикальном падении ИК луч с плотностью мощности 1 мВт/см². Прошедшее слой воды излучение принимается радиометром. В точке 1 в слой дистиллированной воды помещается капля раствора D-Фен. С этого момента начинается процесс структуризации, проявляющийся ростом прозрачности слоя воды и достижением насыщения через 20 мин. В точке 2 снова добавляется капля раствора D-Фен того же объёма. Сразу же начинается второй цикл структуризации, отражённый на графике ростом прозрачности слоя до насыщения через 15 мин. Таких циклов на

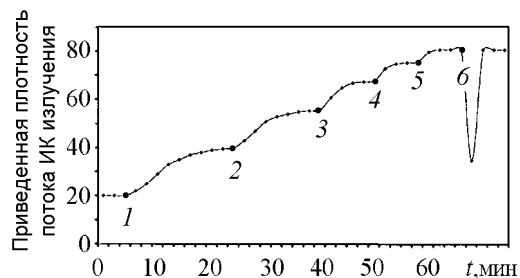


Рис. 5. Временная зависимость ИК прозрачности слоя воды (толщиной 1 мм) от воздействия аминокислотой D-Фен при ступенчато нарастающей концентрации

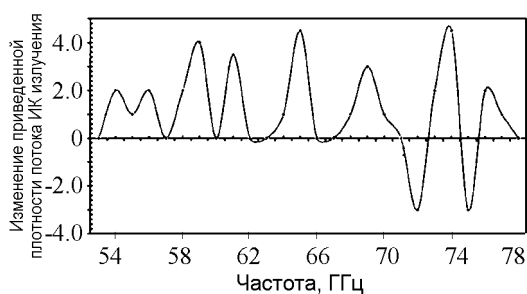


Рис. 6. Наиболее характерный ИК/КВЧ спектр водного слоя, структурированного молекулами D-Фен

выполненные по методу, описанному в [8]. Именно по этому методу проводились приведённые выше оценки коэффициента структуризации водного слоя различными минералами и материалами.

В точке 6 в слой опускается капля чистой воды. Это сразу приводит к разрушению поверхностного структурированного слоя воды и резкому падению прозрачности слоя, но кратковременному. Степень структуризации слоя, а следовательно, и прозрачность, полностью восстанавливается всего за 2 мин.

Изменение прозрачности плёнки водного раствора аминокислоты D-Фен с концентрацией 0.11 моль/л в зависимости от частоты падающего КВЧ излучения с постоянной плотностью мощности 1 мВт/см² приведено на рис. 6. Как показали многочисленные аналогичные измерения, кривая демонстрирует характерные существенные изменения ИК/КВЧ спектра водного слоя [15,16]. Результаты позволяют подойти к построению моделей структуризации воды органическими соединениями, определить величину, скорость структуризации и время жизни структурированных водных слоёв от действия разных аминокислот. А также определить, и это, видимо, один из принципиально и наиболее важных моментов в развиваемых авторами исследованиях, на каких вполне определённых участках КВЧ и ТГЧ диапазонов заметно возрастает структуризация водного слоя, а следовательно, и эффективность его взаимодействия с ЭМИ от действия разных аминокислот. Поэтому полученные результаты с учётом изложенного выше позволяют подойти к объяснению механизмов биохимических процессов в живых структурах. Намечаются пути к построению принципиально новых высокоэффективных методов диагностики и терапии КВЧ и ТГЧ медицины.

К сказанному можно добавить следующее. Во всех рассмотренных экспериментальных исследованиях речь шла о структуризации водных слоёв от их контакта с нерастворимыми в воде материалами, когда в водном слое отсутствовали молекулы структурирующего воду материала. Что же касается действия на водные слои растворимых в воде аминокислот, то в этом случае молекулы за счёт межмолекулярных взаимодействий могут образовывать новые структуры со своей архитектурой. Поэтому эти вопросы, в определённой степени, входят в область нового научного направления – супрамолекулярная химия, широко развиваемого в настоящее время в России, Франции, США, Нидерландах, Испании, Италии, Японии. В России эти работы казанских химиков, получивших широкое международное признание, возглавляются академиком А.И. Коноваловым. В наших работах, как было отмечено, действие аминокислот на водную среду оценивается с позиции приобретения водной

графике 5 шт. Последний цикл заканчивается насыщением на 64 мин. наблюдения. При дальнейшем увеличении концентрации раствора D-Фен процессы образования мицелл из молекул D-Фен с гидрофобным ядром начинают препятствовать дальнейшему структурированию воды. Коэффициент структуризации k , связанный с увеличением прозрачности слоя воды, достигает величины 1.7 как показывают расчёты,

средой принципиально новых, ранее не обнаруженных частотных свойств, прежде всего в КВЧ и ТГЧ диапазонах. Естественно, что оба эти направления (развиваемое в работах авторов и супрамолекулярная химия) близки и могут способствовать развитию друг друга.

Эксперименты аналогичного плана впервые были выполнены также и для водосодержащих сред в живых структурах: свободных и находящихся в контакте с различными минералами [12] или материалами. В качестве живых структур в эксперименте использовались лоскуты живой кожи человека. На рис. 7 приведены полученные зависимости интенсивности ИК луча, проходящего слой живой кожи человека толщиной 100 мкм, смоченной физиологическим раствором. Результаты, приведенные на рис. 7, а, относятся к слою кожи, не находящемуся в контакте с внешними материалами; результаты, приведенные на рис. 7, б, в, относятся к этому же слою живой кожи, но находящемуся в контакте со смоченными физиологическим раствором фторопластовой плёнкой или пластиной слюды, соответственно.

Следует особо отметить, что водосодержащий слой в живой коже уже структурирован от контакта с наноструктурными неоднородностями самих живых тканей. Поэтому при взаимодействии его с ЭМИ изменение интенсивности ИК луча, проходящего этот слой живой кожи, наблюдается (см. рис. 7, а) на вполне определённых частотах. При контакте живой кожи с фторопластовой плёнкой (см. рис. 7, б) или пластиной слюды (см. рис. 7, в) структуризация водного слоя кожи происходит уже на других частотах, нежели для живой кожи, не находящейся в контакте с внешним структурирующим воду материалом, а именно: на частотах, характерных для суммарного действия собственных резонансных частот кожи, не находящейся в контакте с внешним материалом, и кожи, находящейся под действием внешнего структуризатора – фторопластовой плёнки или слюды.

В биологических объектах водосодержащие слои могут структурироваться и распространяться в каналах самых различных размеров, поэтому вопрос о скорости структуризации тонких водосодержащих слоёв в зависимости от их толщины требует исследования. Впервые он был рассмотрен в работах авторов [17,18], где представлены результаты исследования скорости структуризации тонких водных слоёв от контакта с нанонеоднородной поверхностью окружающего материала

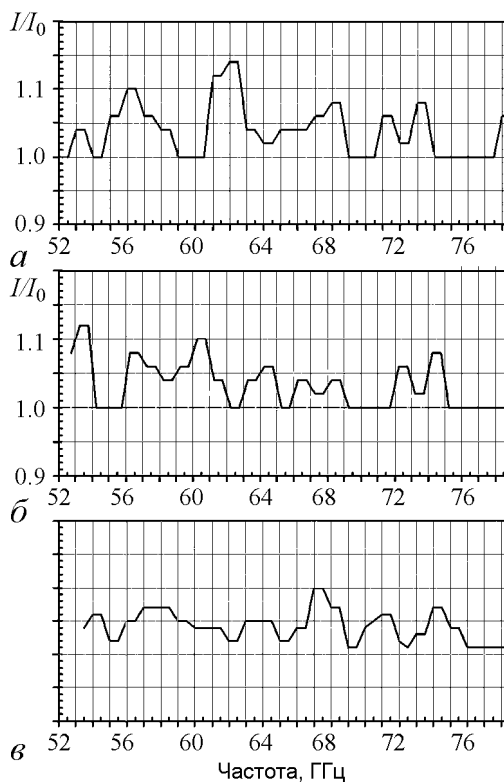


Рис. 7. Зависимости интенсивности ИК луча от частоты падающего КВЧ излучения. ИК луч проходит слой: а – живой кожи (толщиной 100 мкм); б – кожи, контактирующей с фторопластовой плёнкой (50 мкм); в – кожи, контактирующей со слюдяной пластиной (50 мкм). Мощность ИК излучения 20 мВт; окружающая температура 21°С

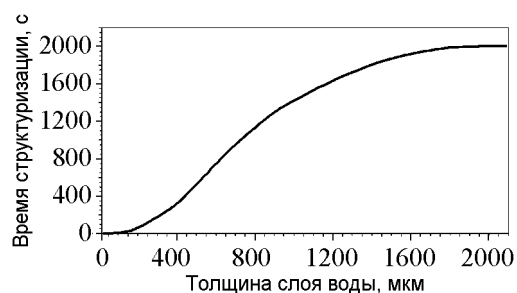


Рис. 8. Зависимость времени структуризации слоя воды от его толщины при контакте с поверхностью кремния

капилляра выполнялась из пластины кварцевого стекла, а верхняя плоская поверхность – из пластины кремния и обе поверхности находились в контакте со слоем воды. Толщина структурируемого водного слоя определялась расстоянием между параллельно ориентированными друг относительно друга стеклянной и кремниевой пластинами.

Результаты эксперимента показали, что время структуризации тонких водных слоёв при контакте с наноструктурной, нанонеоднородной поверхностью окружающего материала может оказаться очень малым. Так, для толщин водных слоёв порядка десятков микрон оно не превышает единиц секунд [17, 18]. А при значительном увеличении времени структуризации может быть достигнута структуризация водных слоёв, толщина которых несколько превышает 2 мм.

Что же касается скорости и времени деструктуризации слоёв воды после нарушения контакта водного слоя с поверхностью структурирующего воду материала, то это самостоятельный и важный вопрос. Частично он уже поднимался в работах авторов [8–12]. Экспериментально было установлено, что время деструктуризации слоёв воды толщиной более 1 мм при комнатной температуре близко ко времени структуризации, хотя и в 1.2...1.3 раза превышает его. Приблизительное равенство времени структуризации и деструктуризации сохранялось и для более толстых слоёв воды до 2 мм и более, причём оно мало зависело от увеличения толщины водного слоя [8]. А при толщине водного слоя меньше 300 мкм время деструктуризации водного слоя начинало всё заметнее превышать время структуризации. И эта разница становилась всё более значительной с уменьшением толщины водного слоя.

Полученные результаты важны при их использовании в медицине и биологии. Они показывают, что при движении тонких водосодержащих слоёв в живых структурах возможна эффективная структуризация этих слоёв при контакте с наноструктурной поверхностью граничной среды из натуральных минералов или искусственных материалов [8,9]. В таком случае с этими структурированными на определённых резонансных частотах водосодержащими средами [10] возможно эффективное взаимодействие низкоинтенсивного излучения КВЧ и ТГЧ диапазонов [10–12], а потому возможен перенос воздействия этого излучения на большие глубины в живых организмах [10,12].

Итак, экспериментально удалось обнаружить, что использование контакта живой кожи с выбранными минералами позволяет: во-первых, увеличить уровень струк-

в зависимости от толщины водных слоёв. В качестве исследуемых материалов для определённости использовалась чистая дистиллированная вода и монокристаллический кремний. Зависимость времени структуризации слоя воды от его толщины при контакте с поверхностью кремния приведена на рис. 8. В эксперименте использовался плоский капилляр, который полностью заполнялся водой. Нижняя плоская поверхность

туризации водосодержащей среды в клетках живой кожи (и в других клетках организма); во-вторых, обеспечить высокий уровень структуризации на вполне определённых частотах. На данных частотах за счёт высокого уровня структуризации водосодержащей среды обеспечивается высокая эффективность взаимодействия клеток с ЭМИ. Если эти частоты совпадают с характерными резонансными частотами здоровых клеток, то именно на этих частотах будет обеспечиваться эффективное взаимодействие клеток организма с ЭМИ. Таким образом, перестройкой резонансных частот клеток организма с патологическими отклонениями на резонансные частоты здоровых клеток решается одна из задач биомедицинской радиоэлектронной терапии – повышение её эффективности. Далее, при использовании внешних структурирующих факторов перестройка резонансной частоты клеток с патологическими отклонениями на резонансные частоты здоровых клеток может осуществляться и на значительной глубине в организме, следовательно, обеспечивается возможность восстановления эффективного взаимодействия между клетками, характерного для взаимодействующих между собой клеток здорового организма.

В настоящее время применение методов КВЧ терапии в сочетании с использованием некоторых природных минералов в ряде клиник Саратовского государственного медицинского университета позволило приостановить резкое облысение больных, обеспечить лечение острых форм псориаза, заболеваний щитовидной железы и ряда онкологических заболеваний кожи [19–22].

Обсуждение результатов и выводы

Представленные выше результаты свидетельствуют об особой роли структуризации водосодержащей среды в живых и физических объектах при её взаимодействии с ЭМИ. Без структуризации водной среды никаких особенностей в поведении водной среды при её взаимодействии с ЭМИ не наблюдается и происходит только тепловой нагрев среды. Структуризация может достигаться за счёт действия различных внешних факторов.

На основе сделанного вывода одним из перспективных направлений дальнейшего развития и совершенствования биомедицинских радиоэлектронных технологий, по мнению авторов, следует считать развитие методов структуризации водосодержащих сред в живых системах при их взаимодействии с ЭМИ. Результаты экспериментов показали, что к значительной структуризации водных сред может приводить использование многих нерастворимых в воде минералов и синтетических материалов. К тому же, как экспериментально установлено, к существенной структуризации водного слоя при контакте с нерастворимыми в воде материалами могут приводить не только проводники и диэлектрики, но также аминокислоты и живые структуры. Именно вблизи микро-, наноразмерных и параметрических неоднородностей этих структур начинают развиваться процессы структуризации водосодержащих сред [8,9]. Обнаруженные явления могут с успехом использоваться в биомедицинских радиоэлектронных технологиях. Причём значительная роль в них будет принадлежать именно нанотехнологиям, позволяющим обеспечить требуемый уровень структуризации водосодержащих сред (включая биосреды), при использо-

вании внешних структурирующих факторов на наноразмерном уровне и на нужных частотах. Естественно, что сказанное относится также и к биотехнологиям и биомедицинским технологиям в сельском хозяйстве, использующим ЭМИ.

Результаты приведённых экспериментов показывают, что один из реальных путей повышения эффективности биомедицинских радиоэлектронных технологий состоит в совместном их использовании с подходами кристаллотерапии [13,14,23]. Но данный вопрос требует специального рассмотрения. Это объясняется практически полным отсутствием в литературе научного объяснения механизмов кристаллотерапии, хотя она используется в народной медицине с древнейших времён вплоть до настоящего времени. В этой связи авторами, как они считают, сделан один из первых шагов в плане научного понимания механизмов кристаллотерапии, ключевую роль в которых играет структуризация водосодержащих сред в живых тканях при их непосредственном контакте с различными натуральными минералами и, как экспериментально установлено, с некоторыми искусственными материалами. Начаты экспериментальные исследования возможности сочетанного использования методов КВЧ терапии и кристаллотерапии. Полученные результаты в ряде случаев демонстрируют большую эффективность, чем при КВЧ монотерапии [19–22].

В рассматриваемых радиоэлектронных технологиях по исследованию спектральных характеристик водосодержащей среды в тканях открывается возможность построения на новых принципах сверхвысокочувствительной, неинвазивной, ранней диагностики заболеваний (в том числе и онкологических), выявления признаков новообразований кожи, определяются пути развития соответствующих терапевтических нанотехнологий. За счёт возможности достижения высокого уровня структуризации водосодержащей среды в областях патологий при использовании ряда натуральных кристаллов или искусственных материалов открывается возможность повышения эффективности КВЧ и ТГЧ нанотехнологий в диагностике и в терапии [19–22,24,25]. К примеру, авторами впервые при лечении больных очаговым облысением было предложено использовать низкоинтенсивное электромагнитное излучение КВЧ диапазона на резонансных частотах наноструктур биологического объекта, контактирующего с нанонеоднородной поверхностью внешнего материала [20], что позволило получить положительные результаты.

Ещё раз обратим внимание на наиболее важные результаты проведённой работы.

1. Обнаружено явление структуризации воды при контакте ее с нерастворимыми в воде внешними материалами, имеющими в поверхности контакта с водой нанонеоднородные включения [6–10].
2. Обнаружены резонансы на определённых частотах структурированной воды при воздействии на нее КВЧ или ТГЧ излучением, свипируемом в широком диапазоне. Резонансные отклики зависят от структуры материала, параметрических и геометрических характеристик нанонеоднородных включений в поверхности, контактирующей с водой [10–12]. Установлено, что частота ЭМИ и эффективность его взаимодействия с биотканями зависят от структуры нанонеоднородной поверхности материала, структурирующего водосодержащую среду. Такими материалами, наряду с живыми структурами, могут быть природные натуральные минералы или искусственные материалы, а также нано-

структурные объекты, доставляемые в живые органы в виде живых наноструктур, нанокапсул и наноконтейнеров с лечебными препаратами.

3. Обнаружено, что живая и гипоксированной ткань (кожа, мышечная ткань и др.) также обладают структурирующими свойствами – клеточная структура ткани сама по себе является микро- и нанонеоднородной средой, которая инициирует построение диполей воды в виде протяженных ветвей, что и является собой структурированное состояние биожидкостей [12].
4. Обнаружено, что структуризация слоёв чистой воды происходит и в присутствии в ней наноструктурных молекулярных образований в виде аминокислот [15,16]. То есть выяснилось, что при наличии аминокислот начинали образовываться слои, создаваться и вырастать цепные конструкции из связанных друг с другом диполей воды [9–12,15,16].

Подчеркнем, эффекты обнаруженные в п. 3 и 4 оказались общими как для неживых, так и для живых структур.

5. Впервые экспериментально было обнаружено, что в КВЧ диапазоне резонансные полосы собственных излучений водосодержащей среды живых структур также имеют вполне определённые значения, которые зависят от структуры живых элементов [10–12]. Появляется возможность создания биосовместимого стабильного интерфейса живой клетки и соответствующего неживого элемента. В основе такого механизма биосовместимости живого и неживого элементов лежат два явления: во-первых, это явление структуризации воды в живой клетке от её контакта с нерастворимым в воде внешним искусственным материалом (водоэлектрический эффект [6–9]); во-вторых, это формирование определённого спектра излучений в структурированной водосодержащей среде живых клеток от действия на неё нанонеоднородных включений внешнего материала и внешнего КВЧ или ТГЧ излучения. Критерием биосовместимости может быть вид ИК/КВЧ спектра, совпадающий по присутствующим в нем резонансным полосам с собственным спектром ткани в КВЧ диапазоне*.

Авторы считают, что сделанный вывод является достаточно смелым и, бесспорно, требует в дальнейшем проверки при проведении соответствующих теоретических и экспериментальных исследований. Поэтому в настоящее время авторы обсуждают высказанную мысль в порядке дискуссии.

Авторы выражают благодарность Ю.В. Гуляеву за внимание и многолетний интерес, проявленный к нашим работам, Ю.П. Чуковой за полезные консультации по термодинамике исследуемых процессов, В.Н. Баграташвили за поддержку развиваемых направлений и Г.Е. Бриллиу за ранние совместные работы и помощь в постановке уникальных экспериментов.

Работа поддержана грантом № 08-02-00987 РФФИ.

*При этом речь идёт не о полном совпадении спектров этих двух сред. Полного их совпадения вряд ли можно ожидать. Видимо, достаточно совпадения лишь на вполне определенных, наиболее характерных и ярко выраженных в энергетическом плане резонансных частотах. Для удобства и краткости их можно назвать опорными резонансными частотами. То есть, по мнению авторов, будет ли такая система биосовместимой зависит от того, совпадёт ли спектр структурированной водосодержащей среды от неживого элемента с собственным спектром водосодержащей среды в самом живом элементе.

Библиографический список

1. *Бецкий О.В., Голант М.Б., Девятков Н.Д.* Миллиметровые волны в биологии. М.: Знание, 1988. 64 с.
2. *Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В.* Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. М.: Радио и связь, 1991. 168 с.
3. *Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н.* Миллиметровые волны и живые системы. М.: Сайнс-пресс, 2004. 272 с.
4. *Синицын Н.И., Петросян В.И., Ёлкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В., Бецкий О.В.* Особая роль системы «миллиметровые волны – водная среда» в природе // Биомедицинская радиоэлектроника. 1998. № 1. С. 5; От редактора выпуска // Биомедицинская радиоэлектроника. 1999. № 1. С. 3.
5. *Линг Г.* Физическая теория живой клетки. Незамеченная революция. СПб.: Наука, 2008. 492 с.
6. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А.* Диплом № 329 на открытие. Выдан 29 мая 2007 г. Международной академией авторов научных открытий и изобретений на основании результатов научной экспертизы заявки на открытие.
7. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А.* Явление генерации электрической энергии тонким водосодержащим слоем. Часть I. Экспериментально наблюдаемые электрические характеристики водоелектрического эффекта // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2006. № 1–2. С. 35–53.
8. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А.* Явление генерации электрической энергии тонким водосодержащим слоем. Часть II. Экспериментальное исследование структуризации тонких водосодержащих слоёв при их контакте с различными материалами // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2006. № 5–6. С. 34.
9. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А.* Явление генерации электрической энергии тонким водосодержащим слоем. Часть III. Модель механизма водоелектрического эффекта и структуризации тонкого водосодержащего слоя. Горизонты этих явлений в природе // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2007. № 1. С. 24.
10. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А.* Особая роль структуризации водосодержащей среды в современных биомедицинских радиоэлектронных технологиях и нанотехнологиях будущего // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2007. № 2–4. С.31. Юбилейный выпуск к 100-летию со дня рождения Н.Д.Девяткова.
11. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А., Бецкий О.В.* Миллиметровая наноструктурная медицина – нанотехнология будущего в биомедицинских радиоэлектронных технологиях // Альманах клинической медицины. Т. XVII, ч. II, Москва, 2008, III Троицкая конференция «Медицинская физика и инновации в медицине». С. 354–357.
12. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А., Бецкий О.В., Кислов В.В.* Миллиметровые волны и наноструктуры – будущее медицины и биоэлектроники // Биомедицинская радиоэлектроника. 2009. № 3. С. 21.
13. *Стоун Дж.* Все о лечебных и магических минералах. СПб.: ООО «СЗКЭО “Кристалл”», 2006. 176 с.
14. *Стюарт Дж.С.* Кристаллотерапия. М.: ООО «Изд. АСТ», ООО «Изд. Астрель», 2004. 109 с.

15. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А., Синицына Р.В., Бецкий О.В.* Структуризация воды аминокислотами – наноструктурными субстратами синтеза белков. Часть I. Экспериментальное исследование структуризации воды аминокислотами с неполярным гидрофобным боковым радикалом // Биомедицинская радиоэлектроника. 2010. № 12. С. 45.
16. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А., Синицына Р.В., Бецкий О.В.* Структуризация воды аминокислотами – наноструктурными субстратами синтеза белков. Часть II. Экспериментальное исследование структуризации воды аминокислотами разных классов с гидрофильным боковым радикалом // Биомедицинская радиоэлектроника. 2011. № 3. С. 25.
17. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А.* Влияние поверхности с наноструктурной неоднородностью на скорость структуризации воды при её контакте с этой поверхностью // 15 Российский симпозиум с международным участием «Миллиметровые волны в медицине и биологии»: Сборник трудов. Москва, 25–27 мая 2009. М.: Изд-во «МТА-КВЧ», 2009. С. 189–195.
18. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А.* Исследование скорости структуризации тонких водосодержащих слоёв – одного из важнейших факторов биомедицинских радиоэлектронных нанотехнологий будущего // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 2009. Т. 55, № 3. С. 29.
19. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А., Бецкий О.В., Суворов А.П., Суворов С.А., Гуляев А.И., Лисенкова Л.А.* О перспективе использования электромагнитного излучения миллиметрового диапазона при онкологических заболеваниях//Oncology.ru. Конференция с международным участием «Нанотехнологии в онкологии». Москва, 9–10 октября 2009. М.: Изд-во «Инфомедиа Паблицерз», 2009. С. 38–39.
20. *Суворов А.П., Синицын Н.И., Ёлкин В.А., Суворов С.А.* Способ лечения больных очаговым облысением. Патент на изобретение № 2364427. Зарегистрирован в Гос. реестре изобретений РФ 20 августа 2009.
21. *Гуляев А.И., Лисенкова Л.А., Синицын Н.И., Ёлкин В.А.* Применение миллиметровой терапии при узловом зобе щитовидной железы // Онкохирургия. 2009. № 2. С. 88–89. III Конгресс с международным участием «Опухоли головы и шеи». Сочи, май 2009. М.: Изд-во «Инфомедиа Паблицерз», 2009. 115 с.
22. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А., Бецкий О.В., Молочков В.А., Суворов А.П., Суворов С.А., Гуревич Г.И.* Новые принципы диагностики онкологических заболеваний кожи // Материалы Третьей Всероссийской научной конференции с международным участием «Нанотехнологии в онкологии 2010». Москва, 30 октября 2010. М.: Изд-во Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А. Герцена. С. 111–114.
23. *Баумен К.* Исцеляющий кристалл. СПб.: Будущее земли, 2002. 224 с.
24. *Суворов А.П., Суворов С.А., Синицын Н.И., Ёлкин В.А.* Биомедицинские радиоэлектронные технологии миллиметрового и терагерцового диапазонов в терапии больных дерматозами // 2 Конгресс ЕААД (Евро-Азиатская ассоциация дерматовенерологов). Москва, 21–23 марта 2012. www.eaad2012.ru/tezis/show/39
25. *Синицын Н.И., Ёлкин В.А., Бецкий О.В., Суворов А.П., Суворов С.А.,*

Гуревич Г.И. Новые принципы биомедицинских радиоэлектронных нанотехнологий миллиметрового и терагерцового диапазонов в диагностике и терапии онкологических заболеваний кожи // 2 Конгресс ЕААД (Евро-Азиатская ассоциация дерматовенерологов). Москва, 21–23 марта 2012.
www.eaad2012.ru/tezis/show/38

СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН

Поступила в редакцию 9.01.2013

DETERMINING THE VALUE OF THE STRUCTURE WATER-CONTAINING ENVIRONMENT OF LIVING TISSUE IN BIOMEDICAL RADIO-ELECTRONIC NANOTECHNOLOGIES MILLIMETRIC AND TERAHERTZ RANGES

N. I. Sinitsyn, V. A. Elkin, O. V. Betskii

The article contains the short review of the main results on research of a role of structuration of the water-containing environment in the living tissues. These tissues are used as the objects of research in biomedical radio-electronic nanotechnologies of the extremely high-frequency and terahertz ranges. The experimental devices and technique of researches of the water containing environment structuration under the influence of electromagnetic radiation are described. The results of pilot studies are given. Prospects of the combined impact on an organism of the extremely high-frequency and terahertz radiations with structuring effect of natural minerals and artificial materials are discussed. Diagnostics and therapy prospects by means of offered technologies are estimated. New principals are proposed relating to an explanation of the nature mechanism of live and lifeless elements biocompatibility. One of the first steps of a scientific explanation of the mechanism of a crystaltherapy is fomulated.

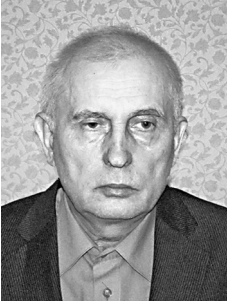
Keywords: Structuring a water-containing environment, perturbing radio-electronic techniques, biomedical radio-electronic nanotechnology, nanoinhomogeneities surface, biocompatibility, millimeter and terahertz radiation, infrared radiation.



Синицын Николай Иванович – родился в 1937 году в Саратове, окончил Саратовский государственный университет (1960). После окончания СГУ работал на физическом факультете СГУ. Защитил кандидатскую диссертацию (1964, СГУ) и докторскую диссертацию (1980, СГУ). С 1981 г. работает в Саратовском филиале Института радиотехники и электроники АН СССР (ныне-Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН). Область научных интересов: СВЧ вакуумная микроэлектроника, СВЧ твердотельная акустоэлектроника, исследование воздействия низкоинтенсивных миллиметровых и терагерцовых излучений на биологические структуры. Заместитель директора по научной работе Саратовского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН. Академик РАЕН, Заслуженный деятель науки РФ, доктор физико-математических наук, профессор. Автор одной монографии, более 400 научных публикаций, более 60 авторских свидетельств и патентов. Лауреат Государственной премии РФ. Член редакционной коллегии журнала «Биомедицинская радиоэлектроника».

410019 Саратов, ул. Зелёная, 38
Саратовский филиал Института радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова РАН
E-mail: info@soire.renet.ru

Ёлкин Владимир Александрович – родился в 1948 году на ст. Брятинская Калужской области, окончил Саратовский государственный университет, физический факультет в 1971 году. Работал в ОКБ Саратовского радиоприборного завода, в Центральном НИИ измерительной аппаратуры, в НИИ механики и физики при СГУ. С 1981 г. работает в Саратовском филиале Института радиотехники и электроники АН СССР (ныне-Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН). Защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук в Саратовском государственном техническом университете (2000 г.) по специальности антенны, СВЧ устройства и их технологии. Ст.н.с. Доцент. Область научных интересов: радиофизические методы исследования природных образований, исследование воздействия низкоинтенсивных миллиметровых и терагерцовых излучений на биологические структуры. Автор 185 научных публикаций, в том числе 35 авторских свидетельств и патентов.



410019 Саратов, ул. Зелёная, 38
Саратовский филиал Института радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова РАН
E-mail: info@soire.renet.ru; vlaelkin@gmail.com; zet2004@mail.ru

Бецкий Олег Владимирович – родился в 1938 году в г. Куба республики Азербайджан, окончил Московский энергетический институт (1963). После окончания института работал в институте радиотехники и электроники АН СССР (ныне – Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН). Защитил кандидатскую диссертацию (1980, ИРЭ АН СССР). Область научных интересов: электроника СВЧ и КВЧ биофизические механизмы воздействия низкоинтенсивных излучений миллиметрового и терагерцового диапазонов на биологические структуры. Академик Российской академии естественных наук. Заведующий лабораторией «Биологические эффекты миллиметровых излучений». Генеральный директор Медико-технической ассоциации «КВЧ». Доктор физико-математических наук, профессор. Автор 6 монографий, более 200 научных публикаций, в том числе 30 авторских свидетельств и патентов. Лауреат Государственной премии РФ. Заместитель главного редактора журнала «Биомедицинская радиоэлектроника».



125009 Москва, Моховая 11, стр.7
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН
E-mail: ehf@cplire.ru