

**Стародубцев Павел Анатольевич**

Starodubtsev Paul Anatoljevich

Тихоокеанский военно-морской институт имени С.О. Макарова, Владивосток

Pacific naval institute of a name of S.O.Makarova, Vladivostok

Профессор кафедры

The professor of faculty

Доктор технических наук/профессор

E-Mail: spa1958@mail.ru

**Стародубцев Евгений Павлович**

Starodubtsev Eugeny Pavlovich

Тихоокеанский военно-морской институт имени С.О. Макарова, Владивосток

Pacific naval institute of a name of S.O.Makarova, Vladivostok

Преподаватель кафедры

The teacher of faculty

E-Mail: spa1958@mail.ru

**Димидов Виталий Евгеньевич**

Dimidov Vitaly Evgenjevich

Военный учебно-научный центр Военно-Морского флота

«Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г.Кузнецова»

(филиал Владивосток)

Military educational centre of science of Navy fleet

«the Naval academy of a name of Admiral of Fleet of Soviet Union of N.G. Kuznetsova»

(branch Vladivostok)

Преподаватель кафедры

The teacher of faculty

E-Mail: spa1958@mail.ru

05.11.06 - акустические приборы и системы

**Кратко о некоторых объяснениях сущности процесса передачи  
звуковых волн и формирования слабой интенсивности  
электромагнитного излучения водной средой**

Briefly about some explanations of essence of process of transfer of sound waves and  
formations of weak intensity of electromagnetic radiation  
by the water environment

**Аннотация:** В статье кратко представлены теоретические основы создания терагерцовых лазеров, которые используются в натуральных исследованиях для «подсветки» контролируемых рубежей на поверхности водной среды и глубинного анализа состава ее верхнего слоя. Дан анализ некоторым гипотетическим предположения процессу генерирования водой малой интенсивности электромагнитного излучения. Обоснованы возможности применения электромагнитного излучения для дистанционной диагностики структуры водной среды, обнаружения биологических объектов и физических явлений. Предоставлены новые объяснения процесса передачи звуковой энергии в рамках теории быстрого звука.

**The Abstract:** In clause theoretical bases of creation tera Hertz lasers which are used in natural researches for «illumination» of controllable boundaries on a surface of the water environment and the deep analysis of structure of its top layer are briefly submitted. The analysis is given to some hypothetical assumptions of process of generating by water of small intensity of electromagnetic radiation. Opportunities of application of electromagnetic radiation for remote diagnostics of structure of the water environment, detection of biological objects and the physical phenomena are proved. New explanations of process of transfer of sound energy are given within the framework of the theory of a fast sound.

**Ключевые слова:** Терагерцовый диапазон, кластер, витрит, быстрый звук, биофизические свойства.

**Keywords:** Tera Hertz a range, cluster, vitrite, fast sound, biophysical properties.

\*\*\*

**Введение.** Электромагнитным излучением (ЭМИ) [1] пронизано все окружающее нас пространство. При этом источниками слабой интенсивности ЭМИ являются предметы, различные среды и объекты, находящиеся в них.

В связи с развитием современных методов дистанционной диагностики структурного состава сред, объектов искусственного и естественного происхождения, излучаемых или переизлучаемых ими электромагнитных полей, в последние десятилетия, крайне возрос интерес к одному из диапазонов слабой интенсивности ЭМИ, а именно к терагерцовому (ТГц) диапазону. Причина в том, что данный диапазон ЭМИ способен, формируясь средой, как нести в себе информацию о ее физико-химическом наполнении, так и проникать в водную среду для дистанционной диагностики ее содержания.

В природе ТГц - излучение ( $10^{12}$  Гц) [2] представляет собой особый вид слабого ЭМИ, спектр частот которого расположен между инфракрасным излучением и ультракороткими радиоволнами. Границы между этими видами излучения в научной литературе определяются по-разному. Максимальный допустимый диапазон ТГц частот, который встречается в ней,  $10^{11}$ - $10^{13}$  Гц, а длин волн 3-0,03 мм соответственно. Такие волны также могут называться субмиллиметровыми, если длина волны попадает в диапазон 1-0,1 мм.

ТГц диапазон и результаты анализа его обнаружения стали привлекательны после того, как ученые из университета штата «Нью-Йорк» (США) впервые использовали титан - сапфировый лазер, перестраиваемый в ближнем инфракрасном диапазоне длин волн, в качестве ТГц излучателя. На основании данного факта в 2000 г. Европейским Сообществом была открыта трехлетняя программа «Teravision» (2,5 млн. Евро), в рамках которой были разработаны основные концепции и принципы ТГц когерентной системы получения изображения для различных технологий диагностики твердых предметов и жидких сред.

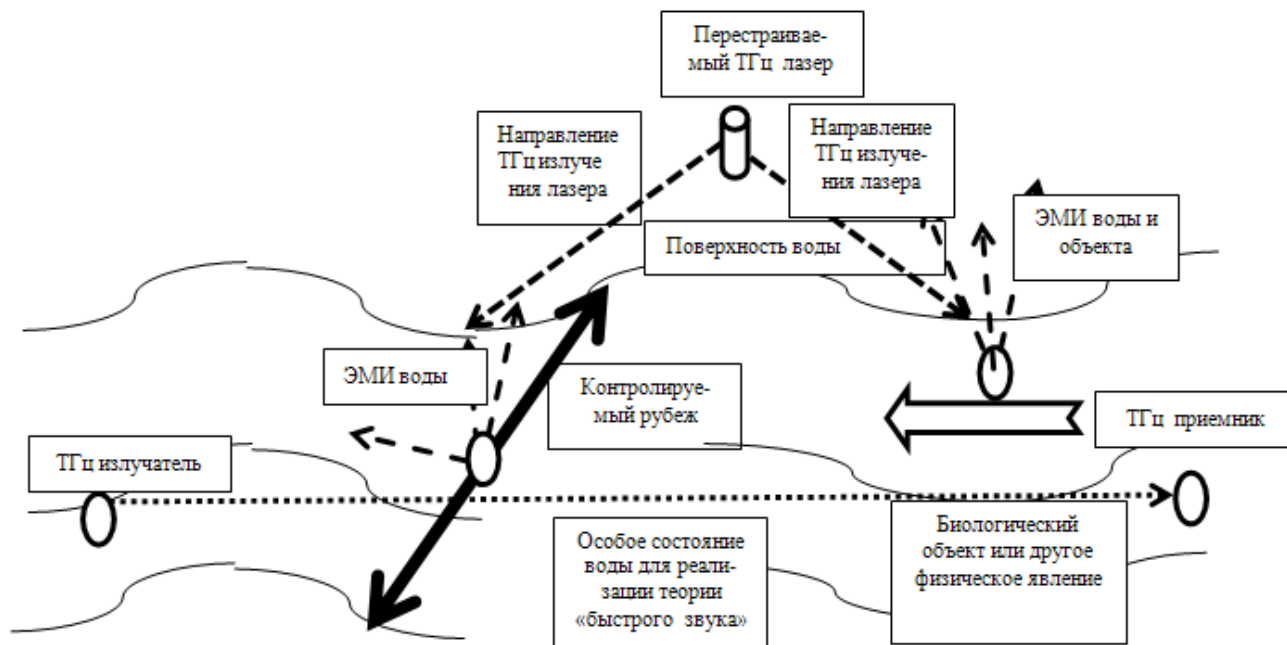
Дополнительно интерес силовых ведомств США, Англии и Японии к современным технологиям безопасности и дистанционной диагностики различных сред открыл большие возможности для коммерческого успеха ТГц техники и в других областях.

Исходя из приведенного анализа процесса становления ТГц технологий, авторы статьи планируют произвести ряд публикаций по интересующей их области исследований, под общей тематикой «Некоторые теоретические объяснения сущности процесса генерации волн ТГц диапазона водной средой», продолжая параллельно формирование теории быстрого звука, рассмотренной ранее в [3].

Поэтому первой в серии предполагаемых публикаций является данная обзорно-аналитическая статья, в которой представлены отдельные гипотетические рассуждения авторов:

-кратко об истории создания ТГц лазеров, которые будут использоваться в дальнейших натуральных исследованиях для «подсветки» контролируемых рубежей на поверхности водной среды и глубинного анализа состава ее верхнего слоя с целью дистанционной диагностики структуры слабого ЭМИ, генерируемого ею, и возможного получения информации об объектах и явлениях, находящихся в верхнем слое (рис.1);

-некоторые гипотетические пояснения сущности процесса передачи и излучения звуковых и электромагнитных волн кластерной (витритной) структурой воды.



**Рис.1.** Модель гипотетического объяснения процесса передачи звуковых волн и генерации малой интенсивности ЭМИ водной средой в ТГц диапазоне

**Основная часть.** Чтобы получить излучение ТГц диапазона, необходим «очень малый» энергетический зазор между уровнями различных возбуждённых состояний молекул или атомов активной среды. При проведении учеными многочисленных исследований в природе на текущее время не обнаружено материала, пригодного для создания на таких переходах эффективно работающего ТГц генератора. Поэтому для реализации данного процесса учеными были разработаны искусственные многослойные «гетероструктуры» или «сверхрешетки» [4,5].

Но до начала 2002 г. эта проблема создания эффективно работающего ТГц генератора так и не была решена. Многослойный кристалл, который излучал ТГц диапазон волн, его же и поглощал. И только сравнительно недавно Александро Тредикуччи [6] (National Centre for Nanoscience and Nanotechnology) вместе с коллегами предложили модель отвода излучения. Они внедрили в многослойный кристалл большое количество волноводов, которые выводят ТГц излучение из него. Им удалось создать ТГц лазер, работающий на частоте 4.4 ТГц. В дальнейших разработках они смогли даже увеличить диапазон излучения лазера до 20 ТГц, которое было ограничено температурными колебаниями всех параметров активной среды.

Не так давно разработаны и первые образцы [перестраиваемых лазеров](#), позволяющих излучать колебания в диапазоне от 1 ТГц до 60 ТГц. Работа таких лазеров на свободных электронах (Free Electron Laser - FEL) основана совсем на другом принципе. Под действием электромагнитного поля «серии магнитов» пучок релятивистских электронов испускает синхротронное излучение. Длина его волны может управляться энергией электронов в пучке и напряженностью магнитного поля.

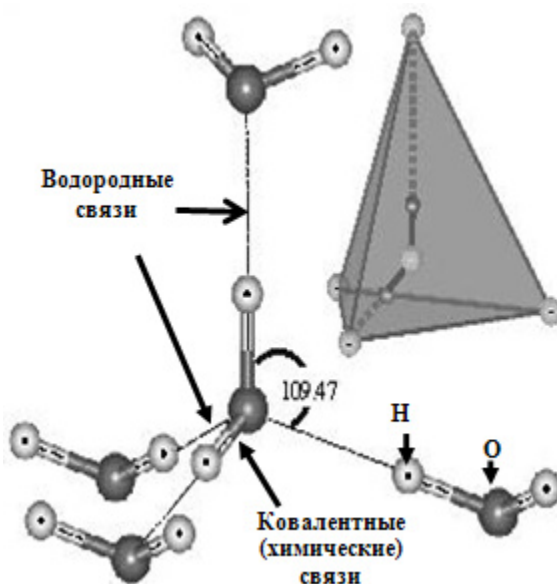
Появление данных лазеров позволило авторам научно обосновать и с помощью современной компьютерной техники проверить некоторые гипотезы возможных направлений развития технических средств ТГц диапазона с целью дистанционной диагностики сред по излучаемым полям и дать новые объяснения теории быстрого звука в водной среде. Все это будет предметом дальнейших рассуждений в следующих научных публикациях.

Как интерпретирует современная наука, процесс передачи звуковой энергии в водной среде связан с изменением ее структуры: сжатием или растяжением. Это говорит о том, что в такте сжатия при волновом движении имеют место молекулярные превращения водной среды, ведущие к поглощению энергии, и если колебания достаточно медленные, то в такте расширения происходят обратные превращения, успевающие вернуть всю поглощенную энергию. Но, если период колебаний оказывается величиной того же порядка, что и постоянная времени молекулярного превращения (время релаксации), то обе стадии превращения оказываются несимметричными, и энергия, поглощенная на одной из них, будет больше энергии, возвращенной на следующей стадии.

Продолжая рассуждения необходимо отметить следующее: структура отдельной молекулы, как основы водной среды, а также взаимосвязь между молекулами в ней изучены современной наукой достаточно подробно.

При этом, обычная вода представляет собой достаточно сложное вещество («кластеры») [7], основной структурной единицей которого является молекула  $H_2O$ , состоящая из двух атомов водорода (H) и одного атома кислорода (O). Схем возможного взаимного расположения атомов (H) и (O) в молекуле  $H_2O$  за весь период ее изучения было предложено множество. При этом химическая формула  $H_2O$  соответствует лишь ее парообразному состоянию.

В жидкой форме молекулы  $H_2O$  посредством водородной связи объединяются в группы  $(H_2O)_x$ , где  $x$  - количество молекул в группе. Наиболее энергетически выгодное, по мнению многих ученых, объединение из пяти молекул  $H_2O$  ( $x = 5$ ) с четырьмя водородными связями (рис.2). Молекулы  $H_2O$  стремятся объединиться так, чтобы угол между водородными связями был равновесным, тетраэдральным и равным  $109,47^\circ$  [8].



**Рис. 2.** Тетраэдральный угол, соединяющий центр правильного тетраэдра и две его вершины, равный  $109,47^\circ$  (с сайта [lsbu.ac.uk](http://lsbu.ac.uk)) [8]

Но тепловые колебания отдельных молекул  $H_2O$  и их взаимодействие с другими молекулами, не входящими в «кластер», не дают им этого сделать, отклоняя величину угла

водородной связи от равновесного значения  $109,47^{\circ}$ . Приняв за истину кластерную структуру  $H_2O$ , остается выяснить степень влияния углового искажения водородных связей ( $109,47^{\circ}$ ) на процесс передачи (излучения) волн различного диапазона (в том числе и ЭМИ диапазона  $10^{11}$ - $10^{13}$  Гц). Но как показала практика многочисленных теоретических и натуральных исследований это достаточно сложно поддается объяснению.

Чтобы как-то качественно охарактеризовать процесс угловой деформации водородной связи от равновесного значения, знаменитый японский исследователь Масакадзу Мацумото (Masakazu Matsumoto) из Центра материаловедения Нагойского университета с коллегами выдвинули гипотезу о существовании в ней трехмерных микроструктур, напоминающих выпуклые полые многогранники.

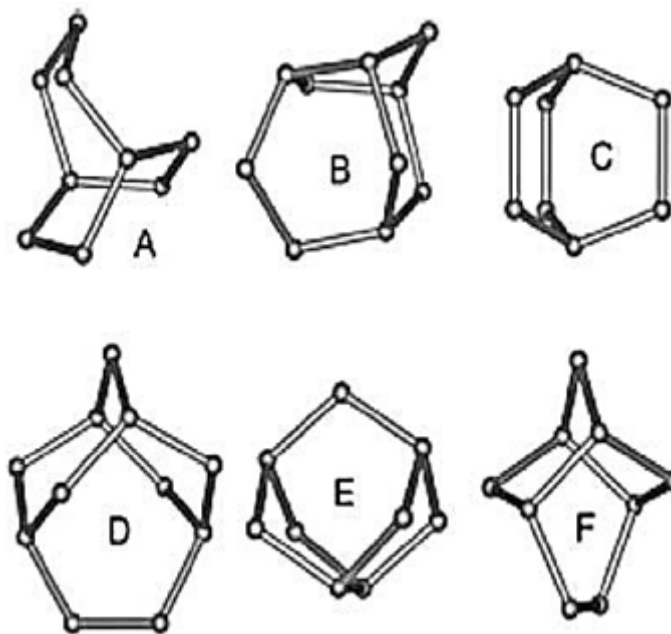
Позднее, в следующих публикациях, такие микроструктуры им, в отличие от ранее используемого понятия «кластер», были названы «витриты» (рис. 3). «Витриты» это выпуклые многогранники, в которых вершинами являются молекулы  $H_2O$ , роль ребер играют водородные связи, а угол между водородными связями есть угол между ребрами в «витрите».

На рис.3 элементы «витрита» в виде «шариков» соответствуют молекулам  $H_2O$ , а осветленные (двойные) отрезки между шариками обозначают водородные связи. Геометрия их построения удовлетворяет известной теореме Эйлера для многогранников, устанавливающая связь между числом вершин, ребер и граней для многогранников, топологически эквивалентных [сфере](#). Она определяет, что суммарное количество вершин и граней минус количество ребер многогранника для «витритной» структуры воды всегда равно «2» (формула 1).

$$V - P + G = 2, \quad (1)$$

где  $V$  - число вершин выпуклого многогранника,  $P$  - число его ребер и  $G$  - число граней.

Согласно теории Масакадзу Мацумото, существует огромное разнообразие форм «витритов» (рис.3), которые, как мозаичные элементы, составляют большую часть структуры воды и при этом равномерно заполняют весь ее объем (A,B,C,D,E,F).



**Рис. 3.** Шесть типичных форм витритов, образующих внутреннюю структуру воды (из статьи Masakazu Matsumoto, Akinori Baba, and Iwao Ohminea *Network Motif of Water*, опубликованной в журнале *AIP Conf. Proc*) [9]

Как отмечает Масакадзу Мацумото, молекулы  $H_2O$  стремятся создать в «витритах» тетраэдральные углы, поскольку они в априори должны обладать минимально возможной энергией. Однако из-за тепловых движений и локальных взаимодействий с другими «витритами» некоторые микроструктуры не обладают геометрией с тетраэдральными углами или углами, близкими к этому значению. Они принимают такие структурно неравновесные конфигурации, позволяющие всему семейству «витритов» в целом получить наименьшее значение энергии среди возможных состояний.

Такие «витриты» называются фрустрированными [9]. Если у нефрустрированных «витритов» объем полости максимален при данной температуре, то фрустрированные «витриты», напротив, обладают минимально возможным объемом. Компьютерное моделирование, проведенное Масакадзу Мацумото, показало, что средний объем полостей «витритов» с ростом температуры линейным образом уменьшается. При этом фрустрированные «витриты» значительно уменьшают свой объем, тогда как объем полости нефрустрированных «витритов» почти не меняется. В этом суждении и заключается качественная характеристика процесса угловой деформации водородной связи от равновесного значения.

Дополнительно, гипотетически можно предположить, что передача звуковой энергии на молекулярном уровне  $H_2O$  будет связана с разрывом водородных связей и переходом отдельных молекул в полости, имеемые в «кластерах» (рис.4).

При этом, энергия звуковой волны будет расходоваться на разрыв водородных связей. Для развития содержания данного гипотетического предположения можно использовать результаты наблюдения за процессом дальнего распространения низкочастотных звуковых волн в глубинных слоях океана, где главным моментом его определяющим, является гидростатическое давление и, по-видимому, «малая подвижность» отдельных молекул воды в кластерных образованиях. Это сохраняет уровень энергии звуковой волны в океане при распространении ее на большие расстояния.



*Рис. 4. Формирование отдельного кластера воды, как результат компьютерного моделирования [10]*

Есть еще одно очень интересное пояснение процессам передачи (генерирования) волн, происходящих в воде [11], особенно для объяснения теории быстрого звука в воде. Если жидкую  $H_2O$  рассматривать как квази-полимер [11] (лат. «quasi», рус. «мнимый»), то в ней могут происходить очень любопытные явления. Для разрыва ковалентной связи (темные отрезки на рис.3) между двумя атомами в молекуле  $H_2O$ , как квази-полимера, необходимо приложить энергию, эквивалентную энергии «кванта» или, по меньшей мере, видимого света [11].

Но такая же связь в квази-полимере может разорваться при воздействии на него «механических колебаний». Значит, молекула квази-полимера ( $H_2O$ ) может выступать в роли своеобразного трансформатора энергии «низкой плотности» в энергию «высокой плотности» [11]. Таким образом, водная среда представляет собой иерархически организованный «жидкий кристалл». Изменение положения одного структурного элемента в этом «жидком кристалле» под действием любого внешнего фактора или изменение ориентации окружающих элементов под влиянием добавляемых веществ обеспечивает, согласно «гипотезе» российского исследователя  $H_2O$ , предложившего ее тетраэдрическую модель, С.В. Зенина, высокую чувствительность информационной системы  $H_2O$  [12].

Если степень возмущения структурных элементов недостаточна для перестройки всей структуры  $H_2O$  в данном объеме, то после снятия возмущения система через 30-40 мин возвращается в исходное состояние. Если же перекодирование, то есть переход к другому взаимному расположению структурных элементов  $H_2O$  оказывается энергетически выгодным, то в новом состоянии отражается кодирующее действие вызвавшего эту перестройку вещества. Такая модель позволила С.В. Зенину дать объяснение такому понятию как «информационные свойства»  $H_2O$  [12].

Опираясь на подобные представления о структуре воды, были обнаружены интересные подробности. Недавно, российские исследователи В.И. Высоцкий и А.А. Корнилова, развивая идеи Ю.И. Наберухина [13], провели расчет энергетических характеристик, необходимых для перехода свободных молекул  $H_2O$  из несвязанного состояния в полость «кластера» и обратно. С помощью этих расчетов они показали, что структурой  $H_2O$ , а именно количеством свободных молекул воды в полостях «кластеров» и вне их, можно управлять с помощью давления (механических колебаний), изменения температуры, магнитного поля и т. д.

Все это во многом объясняет содержание процесса распространения звуковых волн, когда при передаче энергии волны участвует все вещество, где главным ее показателем является изменение состояния структуры самой воды и водородных связей между молекулами в ней.

Такие упрощенные модели движения энергии вполне могут быть приемлемыми для звуковой волны, если она распространяется в рамках молекулярной структуры водной среды. Но данный подход оставляет без пояснений основную часть рассматриваемого гипотетически в статье процесса: генерацию слабого ЭМИ (волны ТГц диапазона,  $10^{11}$ - $10^{13}$  Гц) в «витритной» (кластерной) структуре воды, когда его энергия формируется и распространяется (изменяется) в рамках понятия «поле».

С точки зрения авторов, объяснение процессу генерации слабого ЭМИ в воде можно найти на атомарном уровне, который в основном характеризуется состоянием ковалентных (химических) связей между атомами (H) и (O) в молекуле  $H_2O$ .

Как было отмечено в [14], при комнатной температуре молекулы  $H_2O$  в «витритах» не находятся в состоянии покоя, а постоянно создают и генерируют сложные комплексные колебания, которые обнаруживаются с помощью метода «электромагнитной спектроскопии» [15]. С помощью этого же метода они могут разделяться и на простые составляющие. Даже на

уровне отдельных молекул  $H_2O$  имеет место явление генерации широкого спектра колебаний, сходного с работой антенны современного передатчика. Атомное ядро, состоящее из протонов и нейтронов, генерирует колебания в микроволновой части спектра волн. Электронная оболочка атома излучает низкочастотные колебания, относящиеся к области величин, измеряемых в Гц и кГц.

Ковалентная (химическая) связь (O) с (H) характеризуется излучением инфракрасной части спектра частот. Угол, образуемый между связями обоих атомов (H) с атомом (O), характеризует генерацию колебаний в инфракрасной и микроволновой области. И наконец, за счет воздействия дневного света происходит постоянное возбуждение электронов, расположенных на «валентной» оболочке [15].

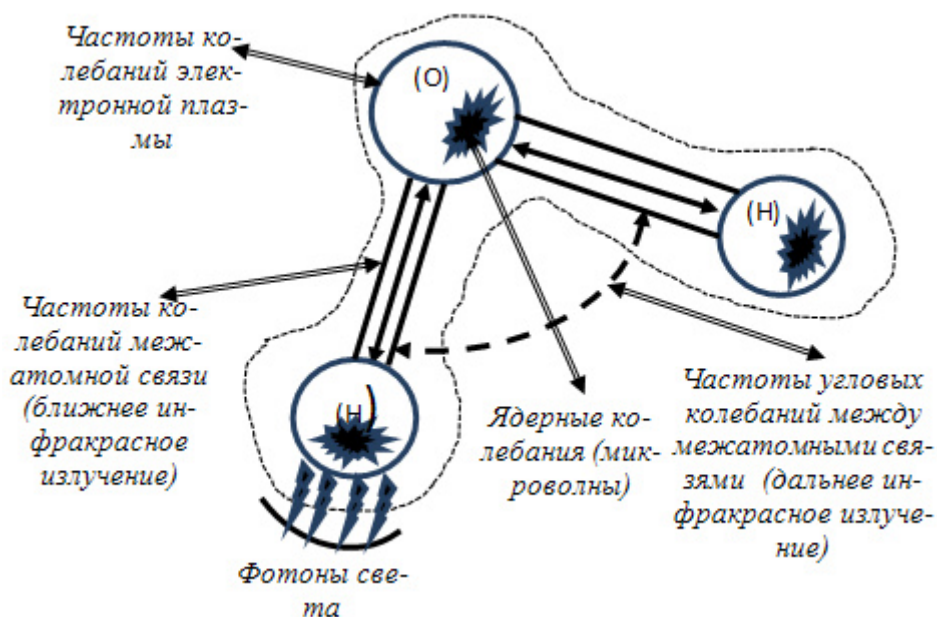
В течение одной десятиллионной доли секунды электроны отрываются от нее и спонтанно возвращаются обратно с высвобождением светового кванта (фотона) или ЭМИ. При этом частота колебаний молекул  $H_2O$  достигает максимальной величины, порядка 1015 Гц [15]. Как видно из приведенных величин, спектр частотных колебаний молекул  $H_2O$  и ее структурных элементов очень широк.

Еще более обширным спектром характеризуются «витриты» в целом (рис. 5) [15]. Вокруг водородных связей, задающих структуру псевдополимерной цепи, вращаются молекулы  $H_2O$  [15]. Излучаемые при этом колебания характеризуются частотами инфракрасного спектра. «Витриты» же в целом характеризуются колебаниями в области кГц и мГц.

Ковалентные (химические) связи в молекуле  $H_2O$  являются полярными по причине того, что (O) гораздо «электро отрицательнее» (H) и подтягивает к себе электронные облака, образующие химические связи. Вблизи атома (O) скапливается избыточный отрицательный заряд, а у атомов (H) избыточный положительный заряд. Поэтому и вся молекула  $H_2O$  попадает в отряд «химических полярников», или веществ, молекулы которых представляют собой электрические диполи.

Дополнительно в  $H_2O$ , аналогично понятию «стенка Ф. Блоха», существуют разделяющие «перегородки» между электрическими диполями, которые называются в математике петлями или узлами (англ.: kinks) [15]. Внутри «блоховской» доменной границы происходит поворот вектора намагниченности  $M$  от его направления в одном домене к направлению в соседнем домене.





**Рис. 5.** Связи, задающие структуру псевдополимерной цепи и вращения молекул  $H_2O$  [15]

В молекуле  $H_2O$  в вопросах формирования и ковалентных (химических) и водородных связей главенствующую роль играет атом кислорода (O).

Если, как это показано на рис. 5 [15], диполи двух соседних «витритов» (которые могли бы быть связаны) поляризованы противоположно по отношению друг к другу, то имеет место их разворот по отношению друг к другу на  $180^\circ$  или  $\pi$ . Отсюда происходит и название представленного на рис. 6 узла - « $\pi$ -kink» [15].

Эти узлы, подобно электронам, генерируют колебания в очень низком частотном спектре. Таким образом, используя оба понятия «кластерная» вода или «витритная» вода можно отметить, что она обладает достаточно большим количеством резонансных частот, чем единичные молекулы  $H_2O$ .

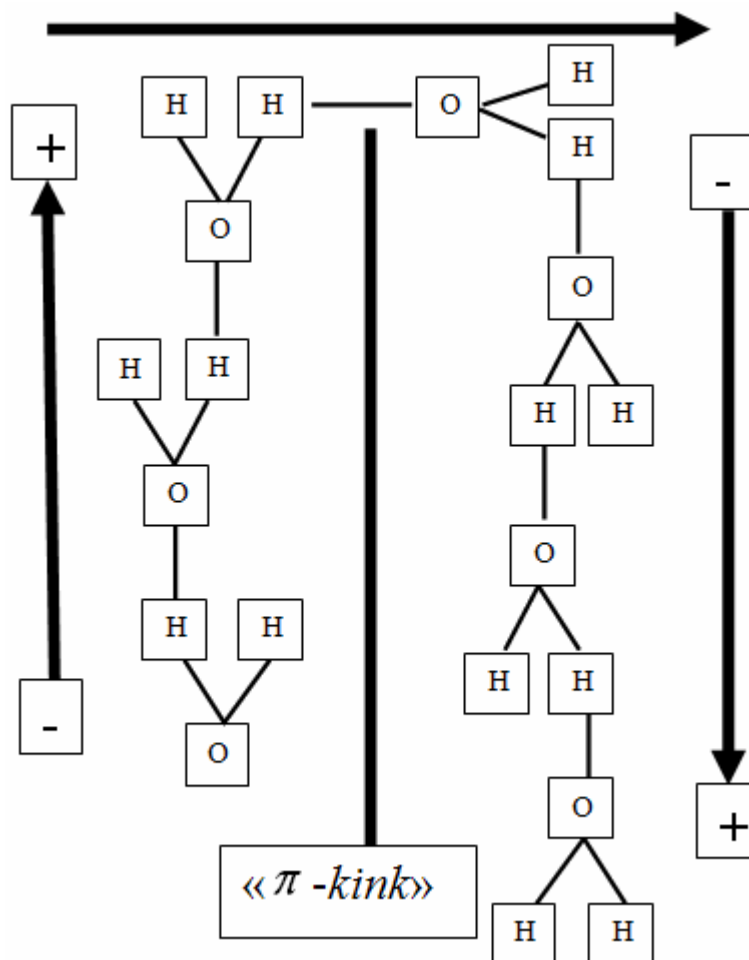


Рис. 6. Вид узла « $\pi$ -kink» [15]

Из всего вышеизложенного материала, можно отметить, что процесс генерации широкого диапазона волн, в том числе и ЭМИ кластерной (витритной) структурой  $H_2O$  производится, но ни на атомарном уровне, ни на молекулярном уровне слабого ЭМИ ТГц диапазона не излучается. Как было отмечено ранее, весь излучаемый диапазон волн представляет собой особый вид ЭМИ, спектр частот которого расположен в инфракрасном и сверхвысокочастотном диапазонах.

Поэтому и остается для авторов, на данный момент, пока открытым вопрос теоретического обоснования и практического применения ТГц диапазона волн для определения наличия и измерения концентрации различных веществ, информационных признаков биологических и физических объектов в воде за счет более глубокого его проникновения в ее толщу.

Как было отмечено в [16], для решения проблемы генерирования ТГц диапазона частот ( $10^{11}$ - $10^{13}$  Гц) необходимо внешнее воздействие на структуру водной среды. Так как экспериментальные исследования в этой области отсутствуют или представлены в [17] для решения конкретных задач, то ниже рассмотрим процесс воздействия на воду энергии источника постоянного электрического тока [18] и, по аналогии с ним, будем гипотетически считать, что так на нее будет воздействовать и перестраиваемый ТГц лазер.

При воздействии энергии источника электрического тока, все диполи атомов  $H_2O$  (как проводника) должны поворачиваться, ориентируясь своими одноименными полюсами в одном направлении. Если молекулы  $H_2O$  до появления внешнего электрического поля

создавали «кластерную» или «витритную» (взаимно ориентированную) структуру, то для ориентации во внешнем электрическом поле потребуется минимальное количество энергии источника электрического тока [18]. Если же структура была не организованной (как у дистиллированной H<sub>2</sub>O), то потребуется большое количество энергии. «Кластеры» H<sub>2</sub>O на границах раздела фаз (жидкость-воздух) выстраиваются в определенном порядке, при этом все кластеры колеблются с одинаковой частотой, приобретая одну общую частоту. При таком движении кластеров, учитывая, что входящие в кластер молекулы H<sub>2</sub>O (как было отмечено ранее) являются полярными, то есть, имеют большой дипольный момент, следует ожидать появления электромагнитного излучения [18].

Это излучение сильно отличается по диапазону частот от излучения свободных диполей, так как диполи являются связанными и колеблются совместно в кластерной структуре [18].

Частота ( $f$ ) колебаний кластеров H<sub>2</sub>O и соответственно, круговая частота ЭМИ может быть определена по формуле 2 [18]:

$$\omega = 2\pi f = \sqrt{\alpha/M}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  - поверхностное натяжение воды при заданной температуре;  $M$  - масса «кластера» (формула 3).

$$M = \rho V, \quad (3)$$

где  $\rho$  - плотность воды,  $V$  - объем «кластера».

Объем «кластера» определяется с учетом размеров фрактально-замкнутой структуры «кластера» или по аналогии с размерами домена белка. Для примера: при комнатной температуре 18°C частота колебаний «кластера» под воздействием электрического тока  $f = 6,79 \cdot 10^9$  Гц, длина волны в свободном пространстве  $\lambda = 14,18$  мм при максимально допустимом диапазоне ТГц  $f = 10^{11} - 10^{13}$  Гц и  $\lambda = 3 - 0,03$  мм соответственно [18].

Если рассуждать гипотетически, то, наверное, изменяя поверхностное натяжение H<sub>2</sub>O, массу кластера или его объем можно найти пределы их взаимных комбинаций, которые позволят сгенерировать на уровне «кластерной» структуры воды ТГц излучение. Это направление в дальнейшем и будет исследоваться авторами. Поскольку H<sub>2</sub>O является самоорганизованной структурой и содержит как упорядоченные в «кластеры» элементы, так и свободные молекулы, то при воздействии внешнего электромагнитного излучения, как изложено в [18] будет происходить следующее.

При сближении молекул H<sub>2</sub>O (расстояние изменяется от R<sub>0</sub> до R<sub>1</sub>) энергия взаимодействия изменяется на большую величину, чем при их взаимном удалении (расстояние изменяется от R<sub>0</sub> до R<sub>2</sub>).

Но, поскольку молекулы H<sub>2</sub>O имеют большой дипольный момент, то в случае внешнего электромагнитного поля, они будут совершать колебательные движения (например, от R<sub>1</sub> до R<sub>2</sub>). При этом в силу приведенной зависимости приложенное электромагнитное поле будет больше способствовать притяжению молекул и тем самым организованности системы в целом с образованием «гексагональной структуры», когда пары тетраэдров, имеющих общее основание и вершины, будут направлены в противоположные стороны.

Само организованная система  $H_2O$  при воздействии электромагнитного излучения не будет перемещаться как единое целое, но каждый элемент гексагональной, а в случае примесей локально и другого вида, структуры будет смещаться, т.е. будет происходить искажение геометрии структуры и возникновению напряжения. Такое свойство  $H_2O$  очень напоминает, как неоднократно отмечалось, полимеры. Но полимерные структуры обладают большими временами релаксации, которые составляют не  $10^{-11}$ – $10^{-12}$  с, а минуты и больше [18].

Поэтому энергия квантов ЭМИ, переходя во внутреннюю энергию организованной водной структуры в результате её искажений, будет накапливаться ею, пока не достигнет энергии водородной связи, которая в 500-1000 раз больше энергии электромагнитного поля. При достижении этой величины происходит разрыв водородной связи, и структура разрушается [19].

В случае с  $H_2O$  происходит разрыв не только слабой связи между «кластерами», но и более сильных связей - в строении молекул  $H_2O$ . В результате этого разрыва могут образовываться  $H^+$ ,  $OH^-$  и гидратированный электрон  $e^-$ . Голубой цвет чистой  $H_2O$  обязан наличию именно этих электронов, а не только рассеянию естественного света [19]. Таким образом, при воздействии ЭМИ на  $H_2O$  происходит накопление энергии в её «кластерной» структуре до некоторого критического значения. Затем происходит разрыв водородных связей во всей кластерной структуре  $H_2O$  и лавинообразное освобождение накопленной энергии, которая может затем трансформироваться в другие типы. Здесь можно гипотетически предположить, что при определенных сочетаниях и состояниях структуры  $H_2O$  будет присутствовать излучение и волн ТГц диапазона [19].

Дополнительно к этим гипотетическим рассуждениям авторов в [17, 20] выявлено и доказано, что:

- увеличение интенсивности ЭМИ (эффект «переизлучения») у многих жидкостей наблюдается на частотах 61,2; 118 и 150 ГГц после облучения их на тех же частотах;
- эффект «переизлучения» не связан с тепловым эффектом, как ранее авторы отмечали в [3];
- наблюдается различное «время релаксации» у различных жидкостей на частотах 61,2; 118 и 150 ГГц;
- отражение ЭМИ от поверхности различных жидкостей на частоте 61,2 ГГц составляет 5-10%;
- облученные жидкости «переизлучают»: наблюдается эффект вынужденного излучения исследованных жидкостей – «радиофизический отклик» на частоте облучения (61,2; 118 и 150 ГГц);
- интенсивность «переизлучения» достоверно выше собственного излучения;
- «радиофизический отклик» разных жидкостей достоверно отличается и зависит от состава жидкости, частоты и времени предварительного облучения;
- «радиофизический отклик» достоверно возрастает при увеличении продолжительности облучения.

**Заключение.** По результатам представленных в данной статье теоретических исследований и анализа авторами проведенных другими учеными экспериментов можно сформировать следующие концептуальные выводы для гипотетических пояснений сущности процесса передачи и излучения звуковых и электромагнитных волн кластерной (витритной) структурой водной среды:

1. Процесс распространения звуковой энергии связан с изменением состояния кластерной структуры воды и все его элементы объединены поведенческими функциями, происходящими в ее молекулах.
2. Генерация электромагнитных волн различного диапазона кластерной структурой воды происходит, но ни на атомарном уровне, ни на молекулярном уровне, ТГц диапазон волн ею не излучается. Весь излучаемый диапазон волн кластерной структурой воды представляет собой особый вид ЭМИ, спектр частот которого расположен в инфракрасном и сверхвысокочастотном диапазонах.
3. Структура воды, представленная как квази-полимер, может выступать в роли своеобразного трансформатора энергии низкой плотности в энергию высокой плотности.
4. При облучении поверхности воды электромагнитным полем возникает излучение, сильно отличающееся по диапазону частот от излучения свободных диполей.
5. Процессами, протекающими в воде, а именно количеством свободных молекул воды в полостях «кластеров» и вне их, диапазоном частот ЭМИ можно управлять с помощью давления, изменения ее температуры, применения магнитного и электрического полей.

Дополнительно, для дистанционной диагностики структурного состава сред, биологических объектов искусственного и естественного происхождения, излучаемых или переизлучаемых ими электромагнитных полей, выявления информации об их физико-химическом наполнении, можно отметить следующее [17,20,21]:

1. Биофизические свойства волн ТГц диапазона проявляются при взаимодействии с физическими и биологическими средами. Биологические объекты в воде обладают способностью генерировать собственное коротко волновое излучение (КВИ) и сами реагируют на внешнее КВИ и ТГц облучение. Различные вещества (твердые тела; погруженные на небольшие глубины в воду биологические объекты) имеют информативные и спектральные характеристики в ТГц-диапазоне.
2. Располагая базой данных по характерным спектрам веществ, жидкостей и «биологических объектов в воде» с помощью ТГц подсветки (перестраиваемых ТГц лазеров) можно определять их физико-химический состав, обнаруживать его информационные изменения или нарушения, находить инородные включения в них. Это означает, что с помощью ТГц прибора можно отличить одно вещество от другого, определить наличие и измерить концентрацию различных веществ, найти информационные признаки биологических объектов в воде.
3. Приборы, работающие в ТГц диапазоне волн, обладают значительными дистанционными диагностическими преимуществами перед другими устройствами, такими как томографы или рентгеновские аппараты. С помощью ТГц устройств можно строить объемное изображение исследуемых структур, мягких тканей биологических объектов (в том числе и погруженных в воду на небольшие глубины), чего нельзя сделать в других диапазонах волн. Это позволяет решать технологические и технические вопросы разработки ТГц приборов двойного назначения, а также практического применения ТГц диапазона волн для определения наличия и измерения концентрации различных веществ, информационных признаков биологических объектов в воде за счет более глубокого его проникновения в толщу исследуемого объекта.

4. Обоснование новых методов генерации и усиления колебаний в ТГц диапазоне длин волн представляет важную и актуальную задачу для широкого использования этого излучения в различных областях науки и техники, в частности, для дистанционных биофизических исследований, в том числе и водной среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Большой энциклопедический словарь. Физика / под ред. А. М. Прохорова. - Изд.4-е. - М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. - С. 874-876.
2. Братман, В.Л. Освоение терагерцового диапазона: источники и приложения / В.Л. Братман, А.Г. Литвак, Е.В. Суворов // УФН.-2011. -№ 2. -С.867-874.
3. Стародубцев, П.А. Современные методы передачи звуковой энергии в водной среде и их теоретическое развитие/ П.А.Стародубцев, С.В.Гуторова, Р.Н. Алифанов// Журнал Сибирского Федерального университета. Серия «Физика и математика». -2009.- Т.2. -№ 2. - С.230-237.
4. Атомная структура полупроводниковых систем/ отв. ред. А.Л. Асеев.-Новосибирск: Издательство СО РАН, 2006. - 292 с.
5. Леденцов, Н.Н. Гетероструктуры с квантовыми точками: получение, свойства, лазеры / Н.Н. Леденцов, В.М. Устинов, В.А. Щукин, П.С. Копьев, Ж.И. Алферов, Д. Бимберг// Обзор ФТП.- 1998.-Т. 32.- № 4. -С.385 - 410.
6. Вестник нанотехнологий [Электронный ресурс] / Нанофильтрационные системы очистки и розлива воды «ЭНЕРГО» в номинации «Водоподготовка и очистка сред». – 2011.- № 2.-М.: Федеральный центр науки и высоких технологий, 2008.-Режим доступа: <http://www.runtech.ru/node/1450> .-Загл.с экрана.
- 7.Саргаева, Н.П. Кластеры - суть структуры жидкого состояния воды/ Н.П. Саргаева, П.М.Саргаев // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена.-2007.-Т.7.-№ 26.-С.67-78.
8. Matsumoto, M. Why Does Water Expand When It Cools?/ М.Мatsumoto// Phys. Rev. Lett.-2009.-Vol.103,№017801.- P. 30-46.
9. Matsumoto, M. Network Motif of Water/ М.Мatsumoto, А.Вaba, I. Ohminea// AIP Conf. Proc.-2007.-Vol.11,№12.- P. 56-69.
10. Гончарук, В.В. Кластеры и гигантские гетерофазные кластеры воды/ В.В. Гончарук, В.Н. Смирнов, А.В. Сыроежкин, В.В. Маляренко// Химия и технологии воды.-2007.-Т.29.-№ 1.-С.89-99.
11. Kaarianen, A. Hierarchic concept of matter and field/ А.Каarianen// N.Y. -1995. -Vol.2, № 3.- P. 111-123.
12. Водная среда как информационная матрица биологических процессов / С.В. Зенин // Тезисы докладов международного симпозиума «Фундаментальные науки и альтернативная медицина». - Пушино, 1997. – С. 12.
13. Мосин, О. В. Современная модель воды [Электронный ресурс] / О.В. Мосин // Опубликовано в «o8ode.ru». – 2007. - . - Режим доступа: o8ode.ru, свободный. – Загл. с экрана.
14. Мудера, Джагадеш. Молекулярная память работает при комнатной температуре [Электронный ресурс] / Д.Мудера // Опубликовано в «ssu-filippov». - 2013. – М.: Сайт ОАО «РОСНАНО», 2013 - . - Режим доступа: [chemport.ru](http://chemport.ru) , свободный. – Загл. с экрана.

15. Лихачев, В. А. О свойствах воды (для специалистов) [Электронный ресурс] / В. А. Лихачев // НТО «Биоинфоресурс». - 2005. - М. : Компания «Маджерик», 2005 - . - Режим доступа : <http://bim.bewell.ru>, свободный. - Загл. с экрана.

16. Орботронные многопучковые генераторы миллиметровых и субмиллиметровых волн / В.Д. Еремка, А.А. Кураев, А.К. Синицын // Труды 14-й международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (Крым и Ко -2004).- Севастополь, 2004. - С. 199-202.

17. Козьмин, А. С. Низкоинтенсивное электромагнитное излучение миллиметрового диапазона воды и водных растворов: автореф. дис. ...к-та техн. наук: 03.01.02 / А. С. Козьмин; Волгоградский государственный технический ун-т. - Волгоград, 2011. - 18 с.

18. Строение молекул воды, их связи и свойства. Влияние внешних физических воздействий на молекулы воды? [Электронный ресурс]. - М.: Научно-практическое пособие по электронике «Ячейка Мэйера», 1993 - . - Режим доступа: [www.meanders.ru](http://www.meanders.ru), свободный. - Загл. с экрана.

19. Смирнов, И. Активация воды по технологии MRET [Электронный ресурс] / И. Смирнов // Опубликовано в «o8ode.ru». – 2009. - . - Режим доступа: <http://www.o8ode.ru/article/answer/clea...i-mret.htm>, <http://patft.uspto.gov>, свободный. - Загл. с экрана.

20. Козьмин, А.С. Исследования процессов «переизлучения» водой и водными растворами низкоинтенсивного миллиметрового излучения/ А.С. Козьмин // Нелинейный мир.- 2008. - Т.6.- № 4.- С. 243-245.

21. Терагерцовые волны и их применение / О.В. Бецкий, В.В. Кислов, А.С. Козьмин, Ю.Г. Яременко и др. // Труды 17-й международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (Крым и Ко -2007).- Севастополь, 2007. - Т.2. -С. 771-773.

**Рецензент:** Мироненко Михаил Владимирович, ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (СКБ САМИ ДВО РАН), Южно-Сахалинск