

АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ ПРИ РАЗЛИЧНОГО РОДА СЛАБЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Г.Г.Шишкин, И.М.Агеев, С.М.Еськин, Ю.М.Рыбин, А.Г.Шишкин¹

Московский авиационный институт (Государственный технический университет)

¹Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

1. Введение

Целью предлагаемой работы было исследование изменения электропроводных свойств воды под влиянием внешних воздействий естественной и антропогенной природы. Результаты исследований могут быть использованы для понимания природы воды и модификации ее свойств при различных внешних воздействиях. Кроме того, в прикладном плане эти исследования направлены на создание водозлектрических датчиков для регистрации слабых воздействий различной физической природы.

Особенность и уникальность свойств воды обусловлена спецификой водородных связей. Их направленность, бóльшая прочность по сравнению в Ван-дер-Ваальсовой связью, эластичность позволяет, в принципе, создавать ажурные структуры и образовывать различные кластеры. Показано, что модели сеток водородных связей с пустотами, частично заполненными отдельными молекулами, не могут описать все наблюдаемые особенности воды. Поэтому предполагается, что в воде существует, по крайней мере, две структуры, которые различаются типом упаковки, природой теплового движения и взаимодействием молекул в них. Более того, в работе [1] на основании анализа всех доступных автору данных по диэлектрической проницаемости воды показано, что их описание требует введения как минимум трех времен релаксации, что свидетельствует о существовании в воде трех различных структур. Многочисленные теоретические работы показывают также возможность образования в воде кластерных структур с числом молекул от нескольких единиц до десятков тысяч. Прямых экспериментальных доказательств существования сравнительно небольших кластеров в воде пока нет, однако в работе [2] сообщается о наблюдении в воде гигантских (по молекулярным масштабам) структур.

Таким образом, следует констатировать, что, несмотря на значительные усилия исследователей, в настоящее время не существует убедительной модели, описывающей структуру и транспортные характеристики воды. Однако следует подчеркнуть, что в плане настоящей работы важно то обстоятельство, что структурный состав воды может меняться при изменении внешних условий, например, температуры. Отметим также, что, поскольку вода является составной и важнейшей частью живых организмов, ее изменение должно непосредственно отражаться на живых организмах, в частности на реакции к внешним слабым воздействиям.

Ниже приведены результаты измерений электропроводности и температурного коэффициента электропроводности при облучении воды различными источниками тепла, облучении ее слабыми магнитными полями и описывается связь температурного коэффициента электропроводности с солнечной активностью.

2. Техника измерения.

Подробно техника измерения электропроводности изложена в работах [3], [4]. Электрическая проводимость воды измерялась кондуктометрическим методом с использованием кювет (датчиков) из диэлектрического материала с электродами из нержавеющей стали, или платины. На рис.1 показана схема одного из применявшихся датчиков.

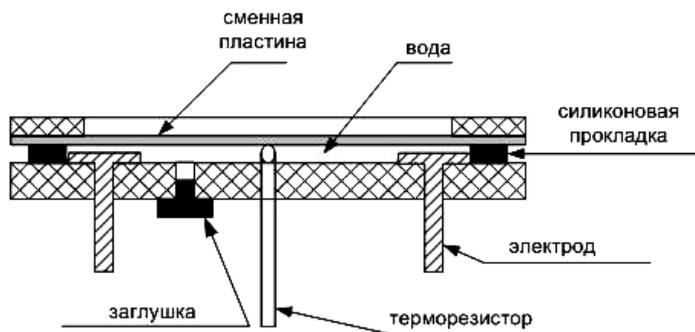


Рис.1. Схема герметичного водозлектрического датчика

На электроды датчика с последовательно включенным сопротивлением подавалось синусоидальное напряжение амплитудой несколько десятых вольта, частотой около 1кГц. Сигнал с сопротивления поступал на пиковый детектор, а затем на аналого-цифровой преобразователь фирм "Advantech", установленный в компьютере.

Температура воды контролировалась терморезистором, сигнал с которого также регистрировался с помощью аналого-цифрового преобразователя. В экспериментах использовалась дистиллированная вода с начальной проводимостью 2 – 4 мкС/см.

3. Изменение электрической проводимости воды при ее облучении.

Воздействие на воду источниками электромагнитного излучения в инфракрасном диапазоне приводит к повышению ее температуры и электропроводности. Как оказалось, связь электропроводности и температуры неоднозначна, а зависит от источника излучения.

На рис.2 представлена зависимость проводимости воды от температуры при облучении ее различными материалами. В качестве излучателя использовался медная черненная пластинка, нагреваемая нихромовой проволокой до температуры около 40°C. На поверхность пластинки укреплялись пленки различных материалов. После прогревания материала в течение примерно 10 минут он размещался над поверхностью воды на расстоянии около 2мм без контакта с корпусом датчика. Процесс нагревания продолжался около 8 минут.

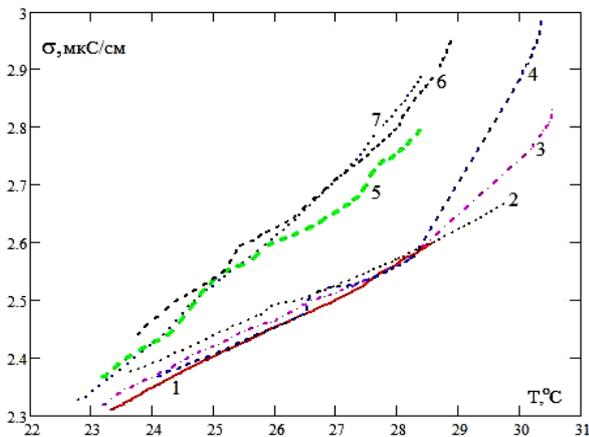


Рис.2. Зависимость удельной электропроводности воды от температуры при облучении ее различными материалами. 1 – медь, 2 – лавсан, 3 – стеклоткань, 4 – триацетат целлюлозы, 5 – свинец, 6 – целлофан, 7 – магний.

Как видно из рисунка кривые образуют две группы. Первую группу составили 1 – медь, 2 – лавсан, 3 – стеклоткань, 4 – триацетат целлюлозы. Начальный наклон кривых соответствует приращению проводимости 2% на градус, что совпадает со справочными данным. Наблюдается резкое изменение скорости нарастания проводимости при достижении температуры около 28 °С в случае нагревания воды через стеклоткань и ацетат целлюлозы.

Вторую группу материалов составили 5 – свинец, 6 – целлофан, 7 – магний. При нагревании воды этими материалами наблюдается более быстрый рост проводимости воды. Поверхность материалов не обрабатывалась механически (окисная пленка на металлах не устранилась), а лишь протирались спиртом и дистиллированной водой.

Различие в наклонах зависимостей невелико (1.5 – 2%), но они проявляются регулярно. Гораздо большие изменения наблюдаются при нагревания воды биологическим объектом (ладонь экспериментатора). Типичный результат измерения приведен на рис.3.

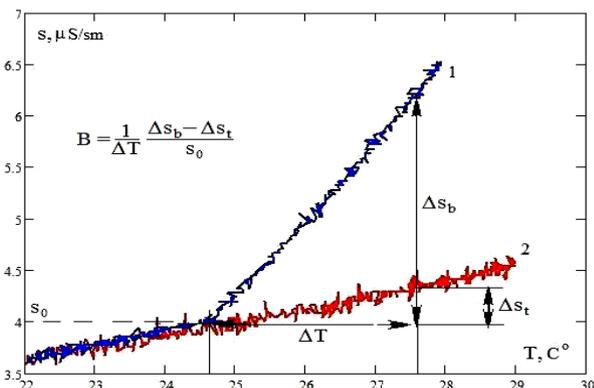


Рис.3. Зависимость удельной электропроводности воды от температуры при ее нагревании электрическим нагревателем (2) и биологическим объектом (начиная с 24.6°C – 1).

На рисунке приведены экспериментальные кривые зависимости проводимости воды от температуры для двух идентичных датчиков, работающих параллельно. При облучении воды в одном из датчиков (1 линия) нагреватель в момент времени, соответствующий температуре воды около 24.6 °С, был заменен рукой экспериментатора. Облучение второго датчика нагревателем продолжалось без изменения условий. Как видно, наблюдается существенное изменение зависимости удельной проводимости воды от температуры.

Получаемые зависимости в используемом нами температурном диапазоне хорошо аппроксимируются линейной функцией, что дает возможность количественной характеристики величины наблюдаемого эффекта с помощью параметра «В», определяемого через углы наклона прямых, или по соответствующим приращениям проводимости по формуле, приведенной на рисунке.

Наблюдаемый эффект прекрасно воспроизводится и, конечно, не может быть отнесен к погрешностям измерения или артефактам. Исследование его в течение ряда лет (первая публикация [3] была в 2001 году) позволило выявить некоторые особенности наблюдаемого явления.

1. Дополнительный прирост проводимости не связан с загрязнением воды в процессе измерения. Это удалось установить с помощью герметичного датчика, схема которого приведена на рис.1. Таким образом, можно говорить о воздействии на воду электромагнитного излучения живого объекта (надтеплого излучения), приводящего к дополнительному росту проводимости по сравнению с ростом, вызванным увеличением температуры.

2. Практически все материалы, использованные нами в качестве сменной пластины (см. рис.1) сильно ослабляют эффект. Исключением является целлофан, слюда и ацетат целлюлозы, которые снижают параметр «В» на 20 – 40%.

3. На рис.4 показана зависимость нормированного на начальное значение параметра «В», от расстояния. В этих экспериментах датчики помещались в металлический (крестики) или диэлектрический (кружочки) волноводы сечением 35x15мм². Подробное описание экспериментов приведено в [5]. На графике также представлена кривая изменения потока энергии, попадающей на датчик, в зависимости от расстояния, рассчитанная в приближении геометрической оптики. Совпадение экспериментальных точек с кривой свидетельствует о том, надтепловое излучение предположительно является электромагнитным с длиной волны много меньше 15мм. Незначительное отличие в данных для металлического и диэлектрического волноводов может быть только при близких значениях коэффициента отражения излучения от стенок волновода.

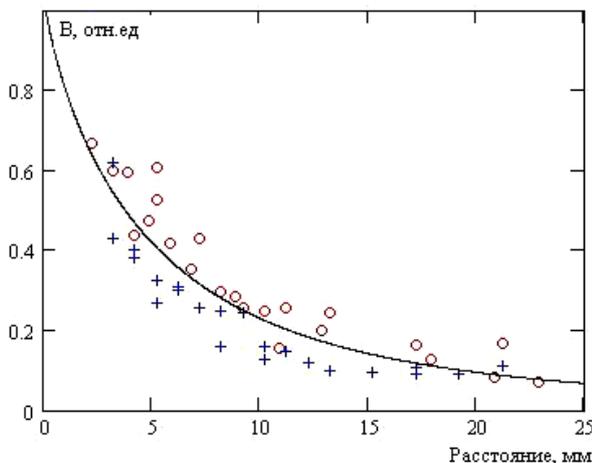


Рис.4. Изменение параметра В при изменении расстояния от руки до датчика. + – датчик помещен в металлический волновод, O – датчик в диэлектрическом волноводе.

4. Величина параметра «В» индивидуальна и характерна для каждого человека. Но это касается только среднего значения параметра. Текущее значение может варьироваться в широких пределах ($\pm 50\%$). Как было выяснено, вариации интенсивности надтеплого излучения в значительной степени определяются психо-эмоциональным состоянием человека.

На рис.5 представлены сглаженные гистограммы отношения значения параметра В1 после эмоционального воздействия на человека к его значению В2 до воздействия. По оси абсцисс отложены значения В1/В2, а по оси ординат количество зарегистрированных случаев N. Измерения проведены на группе из 120 человек. Штриховая линия соответствует состоянию релаксации после сильной умственной нагрузки, а сплошная линия демонстрирует изменение параметра при испуге.

5. Влияние на параметр «В» различного рода эффектов, связанных с градиентами электрофизических параметров воды, практически отсутствует.

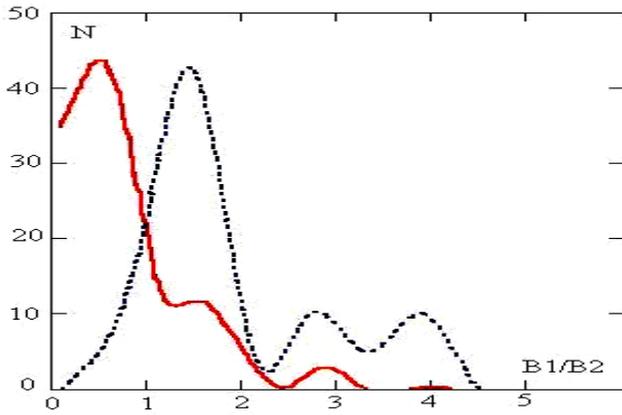


Рис.5. Изменение параметра В при изменении состоянии человека. Сплошная линия – уменьшение параметра при испуге, пунктирная линия – релаксация после умственной нагрузки.

4. Влияние на воду солнечной активности.

Проблема влияния солнечной активности на различные экосистемы на Земле, включая ноосферу, привлекает внимание исследователей многие десятилетия. До сих пор остается невыясненным вопрос о механизме этого влияния. Одной из причин наблюдаемой связи может быть изменение свойств воды при изменении солнечной активности.

В основу исследований по указанной проблеме положены измерения относительного температурного коэффициента электрической проводимости дистиллированной воды – «а». Измерения проводились эпизодически, начиная с 2000 года [6]. Состояние солнечной активности определялось по интенсивности излучения Солнца на длине волны 10.7см (RF) и значениям чисел Вольфа.

Было установлено, что при относительно спокойном Солнце (числа Вольфа менее 100) наблюдается прямая корреляция параметра солнечной активности и параметра «а». На рис.6 представлен график, по оси абсцисс которого отложены значения параметра «а», усредненные по нескольким измерениям в течение дня, а по оси ординат – значения числа Вольфа в день измерения. Многодневное экранирование воды диэлектриками и металлами не устраняет эффект корреляции. При возрастании чисел Вольфа и параметра RF до значений более 110 – 120 зависимость «а» от этих параметров ослабевает, а корреляция часто сменяется на обратную, что также можно наблюдать на рис.6.

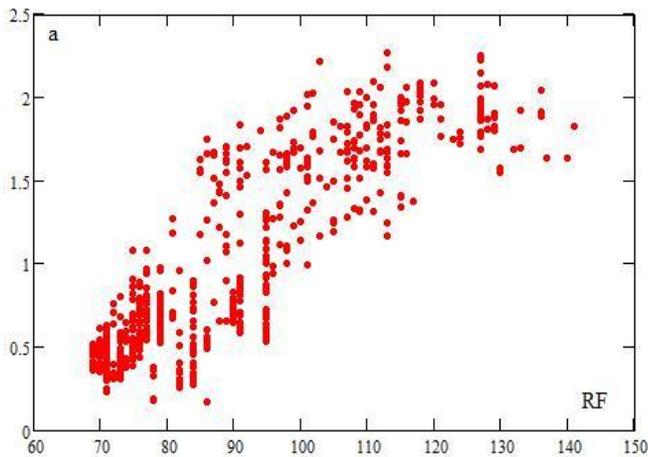


Рис.6. Зависимость параметра «а» (относительный температурный коэффициент проводимости) от интенсивности солнечного излучения на длине волны 10.7 см.

Суточные измерения выявили отчетливый максимум значения «а» в районе 12 – 13 часов по местному времени, минимум в 15 – 18 часов, после которого наблюдается рост параметра, достигающий максимума в 23 – 24 часа (рис.7).

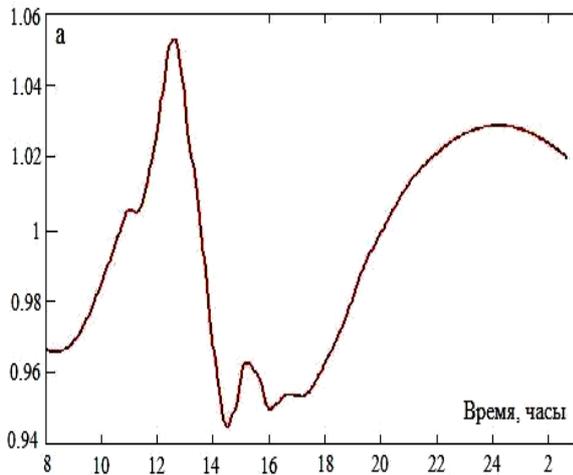


Рис.7. Пример суточной вариации параметра «а».

5. Влияние на воду слабых магнитных полей.

Влияние инфранизкочастотного магнитного поля на электропроводные и другие свойства воды является во многом парадоксальным явлением, поскольку энергия поля на много порядков меньше характерных энергий водородных связей в молекулах воды и гипотетических кластерах. Она также значительно меньше тепловой энергии частиц при комнатной температуре – факторе, который должен разрушать возможное действие поля. До настоящего времени отсутствует общепризнанная теоретическая модель механизма влияния слабого магнитного поля на воду [7, 8]. Все это часто вызывает естественное критическое отношение к самому факту существования такого явления и стремлению объяснить его ошибками эксперимента или артефактами.

При проведении измерений, описываемых в данной работе, один из датчиков располагался в магнитном поле, а второй находился на расстоянии около 1.5м от источника поля, и служил в качестве контрольного.

Магнитная система состояла из низкочастотного генератора и индуктора. Индуктор представляет собой две пары катушек Гельмгольца, расположенные рядом. Одна пара, запитываемая источником постоянного тока создает постоянное магнитное поле с индукцией 0 – 3.5мТл. Вторая пара создает переменное магнитное поле требуемой частоты с индукцией 0 – 6.6мТл. Датчик в индукторе располагался таким образом, что магнитное поле было направлено перпендикулярно протекающему через датчик току.

Методика проведения измерений состояла в следующем. Дистиллированная вода объемом порядка 1 мл заливалась в датчики. На оба датчика помещались одинаковые нагреватели из нихромовой проволоки, позволяющие нагреть воду в датчике на 2 – 3 градуса примерно за 3 минуты. Во время нагревания непрерывно измерялась электрическая проводимость воды.

После нагревания вода в датчиках охлаждалась естественным образом до первоначальной температуры (обычно на это требовалось не более 10 минут). Затем датчик помещали в магнитное поле на 20 минут. В предварительных экспериментах было установлено, что в описываемых условиях наиболее значительные изменения свойств воды происходят в течение первых 15 минут. В дальнейшем эта скорость снижается, и электрические параметры воды выходят на новый стационарный уровень.

После воздействия на воду магнитным полем снова производилось ее нагревание и запись зависимости удельной проводимости от температуры.

Предварительные эксперименты показали, что относительный температурный коэффициент проводимости является более чувствительным параметром, реагирующим на изменение структуры воды, по сравнению с абсолютным значением проводимости. Его измерения часто дают более стабильные результаты, т.к. на них слабо влияют незначительные примеси, которые могут попадать в воду в процессе длительного облучения воды, например, вследствие растворения в ней углекислого газа и др.

На рис.8 представлены результаты измерения температурного коэффициента электропроводности при действии на воду переменного магнитного поля. Постоянное магнитное поле, за исключением поля Земли, при этом отсутствовало.

По оси абсцисс отложена частота переменного магнитного поля, по оси ординат – отношение значения температурного коэффициента электропроводности в датчике, помещенном в магнитное поле к2, к значению к1 в контрольном датчике, расположенном вне поля.

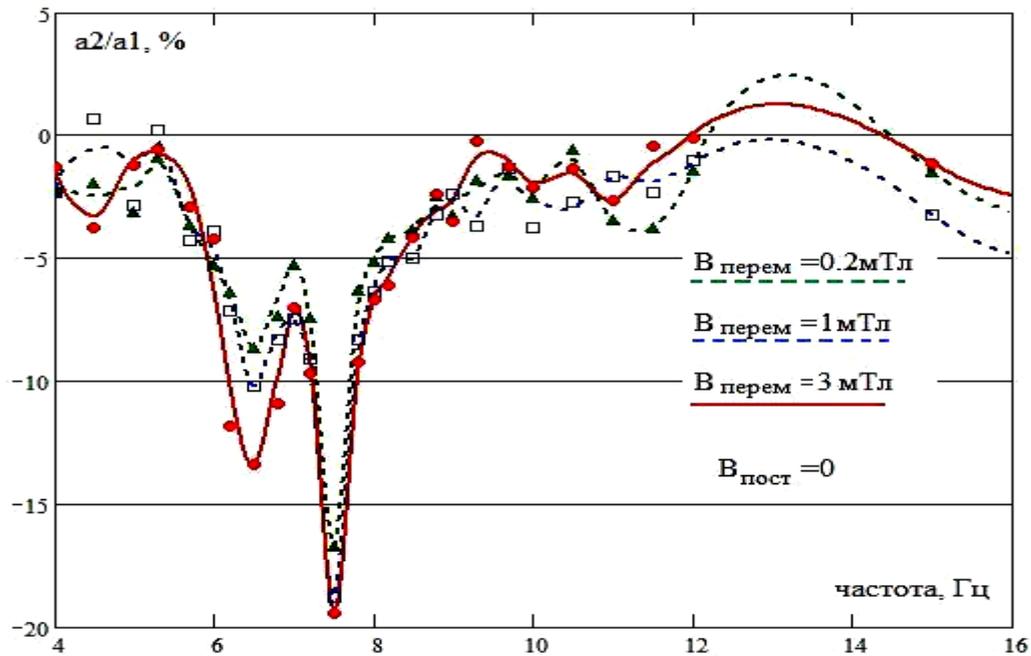


Рис.8. Относительное уменьшение параметра «а» при облучении воды переменным магнитным полем.

При проведении этих экспериментов регулярно производились контрольные измерения температурного коэффициента в обоих датчиках без включения магнитного поля. Измерения показали, что иногда наблюдается случайное изменение коэффициента в каком-либо из датчиков, однако такое изменение никогда не превышало 4%.

Видно, что при частотах магнитного поля около 6.5 Гц и 7.5 Гц наблюдается существенное уменьшение температурного коэффициента электропроводности воды при ее облучении. Измерения проводились на частотах до 50 Гц, однако отклонений параметров, выходящих за рамки возможной случайной ошибки, при других значениях частоты не обнаружено.

Изменение проводимости (около 3%) выражено значительно слабее по сравнению с изменением температурного коэффициента (более 15%). Это оправдывает его применение для диагностики воздействия, хотя использование этого параметра и усложняет методику измерений.

Существующие теоретические модели влияния магнитного поля на воду (см., например, [7], [8]) требуют для проявления эффекта наличие постоянного магнитного поля. Во всех измерениях присутствовало магнитное поле Земли, направленное параллельно переменному магнитному полю, однако его напряженность ($\sim 0.04 \text{ мТл}$) на 1 – 2 порядка меньше напряженности использовавшегося переменного поля. Поэтому были проведены измерения с дополнительным постоянным полем с индукцией в диапазоне от 0.07 мТл до 2 мТл.

Результаты измерений представлены на рис.9. Амплитуда переменного поля во всех этих измерениях составляла 1 мТл. Минимум отношения температурных коэффициентов проводимости воды, превышающий 15% на частоте 7.5 Гц без дополнительного постоянного поля, исчезает при включении дополнительного поля с индукцией около 0.3 мТл, а уменьшение на частоте 6.5 Гц сменяется возрастанием при индукции постоянного поля свыше 0.1 мТл.

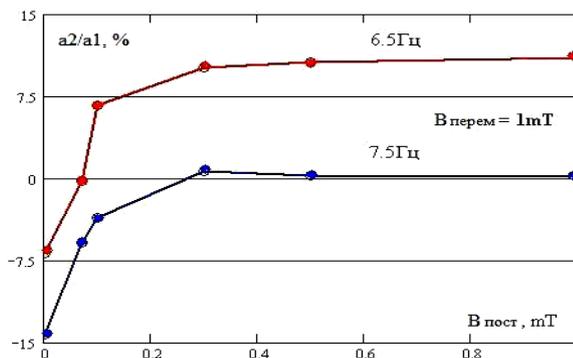


Рис.9. Влияние постоянного магнитного поля на относительное изменение параметра «а».

Полиэкстремальных зависимостей величины эффекта от соотношения напряженности переменной и постоянной составляющих магнитного поля, предсказываемых существующими теориями, пока нами не обнаружено.

6. Заключение.

Проведенные исследования обнаружили новые явления, связанные с изменением транспортных (электропроводных) свойств воды при слабых внешних воздействиях на нее различных физических факторов.

1. Наблюдается зависимость температурного коэффициента электропроводности воды при нагревании ее излучением от материала излучателя. Особенно сильно эффект проявляется при нагревании воды излучением живого объекта. Проведенные к настоящему времени эксперименты не позволяют однозначно определить физическую причину зависимости электропроводности от вида материала, облучающего воду и природу обнаруженного надтеплого излучения человека. В качестве гипотезы можно сделать предположение, что помимо обычного изменения электрической проводимости воды при изменении ее температуры существует механизм, связанный с резонансным поглощением излучения в инфракрасной или субмиллиметровой области спектра. Энергия поглощаемого излучения затрачивается не на повышение температуры, а непосредственно влияет на транспортные свойства воды. (Например, идет на изменение структуры воды или структур гидратных оболочек примесей). Такое излучение может генерироваться за счет люминесценции при одной из многочисленных химических реакций в клетках живого организма. Следует подчеркнуть, что параметры излучения отражают психоэмоциональное состояния человека.

2. Проведенные исследования влияния магнитного поля на электропроводность воды свидетельствуют об изменении свойств воды при частоте переменного магнитного поля 6.5Гц и 7.5Гц. Интересно отметить, что обнаруженная частота, на которых наблюдается максимальное изменение параметров воды в районе 7.5Гц, практически совпадает с частотой первой моды шуманновского резонатора [9]. На других частотах в диапазоне 4Гц – 50Гц изменения лежат в пределах установленного нами максимального доверительного интервала, и для выявления особенностей в поведении параметров воды требуются более детальные и тонкие измерения.

Характер изменения свойств воды существенно зависит от наличия дополнительного постоянного магнитного поля. При неизменном переменном поле 1мТл увеличение индукции постоянного поля в пределах 0 – 0.2мТл приводит к постепенному исчезновению эффекта на частоте 7.5Гц. Одновременно уменьшение температурного коэффициента электропроводности, наблюдавшееся на частоте 6.5Гц (-9%), сменяется его ростом (+10%).

3. Наблюдается корреляция температурного коэффициента электропроводности воды и солнечной активности.

Литература

1. W. J. Ellison, Permittivity of pure water, at standard atmospheric pressure, over the frequency range 0–25 THz and the temperature range 0–100 °C, *J. Phys. Chem. Ref. Data*, **36** (2007) 1-18.
2. Сыроешкин А.В., Смирнов А.Н., Гончарук В.В., Успенская Е.В., Николаев Г.М., Попов П.И., Кармазина Т.В., Самсонов-Тодоров А.О., Лапшин В.Б. Вода как гетерогенная структура. Электронный научный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ», 843 <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/088.pdf>
3. Агеев И.М., Шишкин Г.Г. // Изменение проводимости воды при ее нагревании различными типами источников тепла, включая биообъекты. *Биофизика*. 2002. Т.47. вып. 5. С. 782 – 786.
4. Агеев И.М., Шишкин Г.Г., Рыбин Ю.М., Еськин С.М. Прибор для исследования слабых физических полей и биоизлучения. Электронный журнал "Труды МАИ", №24, 2006. <http://www.mai.ru>
5. Агеев И.М., Шишкин Г.Г., Еськин С.М. Распространение биоизлучения человека в волноводе. Электронный журнал "Труды МАИ", №25, 2006. <http://www.mai.ru>
6. Агеев И.М., Шишкин Г.Г. Корреляция солнечной активности и электропроводных свойств воды. *Биофизика*. №46(5), 829 – 832, 2001.
7. Бинги В.Н. *Магнитобиология: эксперименты и модели*. М., «МИЛТА», 2002. – 592с.
8. Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных постоянных и переменных магнитных полей. *Биофизика*, т.41, №1, 224 – 234, 1996.
9. Balser, M., and C. A. Wagner, On frequency variations of the Earth-ionosphere cavity modes, *J. Geophys. Res.*, т.67, 4081-4083, 1962.