

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ И КАЧЕСТВА ВОДЫ

с использованием радиоэлектронного аналитического комплекса

«АКВАФОН/АКВАТОН»

ООО Научно-производственная фирма «ТЕЛЕМАК»

В.И. Петросян

Разработанные методы анализа информационных свойств воды базируются на концепции *резонансно-волнового состояния молекулярной системы воды* [1-3 7, 10]. Резонансно-волновое состояние заключается в кооперативных колебательных процессах на селективных, собственных частотах колебаний молекулярных фрагментов структуры водной среды и генерации ими крайне слабых электромагнитных волн.

На селективных частотах внешние и внутренние низко-интенсивные волны транслируются в объеме водных сред. Это, так называемые, «трансляционные резонансы». Резонансно-волновое состояние чувствительно к различного рода внешним воздействиям, сохраняя при этом «память» о предыстории. Происходит это в результате разнообразия иерархической структурной системы жидкой фазы воды, которая подобно калейдоскопу обладает бесконечным множеством конфигураций и комбинаций спектральных частот.

В целом, вода представляется *«информационной средой»* с возможностями приема, трансляции, генерации, преобразования сигналов и памяти полевых воздействий.

С применением радиоэлектронного комплекса «АКВАФОН»/«АКВАТОН» могут быть использованы три метода анализа информационных свойств и качества воды и водосодержащих сред:

- 1) метод приема собственного СВЧ излучения,
- 2) метод возбуждения СВЧ люминесценции полями,
- 3) метод преобразования резонансных частот КВЧ→СВЧ (ММ→ДМ).

Для интерпретации результатов анализа необходимо исходить из принятой рабочей фрактально кластерной модели молекулярной структуры жидкой фазы

воды, адаптированной к ее резонансно-волновым свойствам – рис. 1

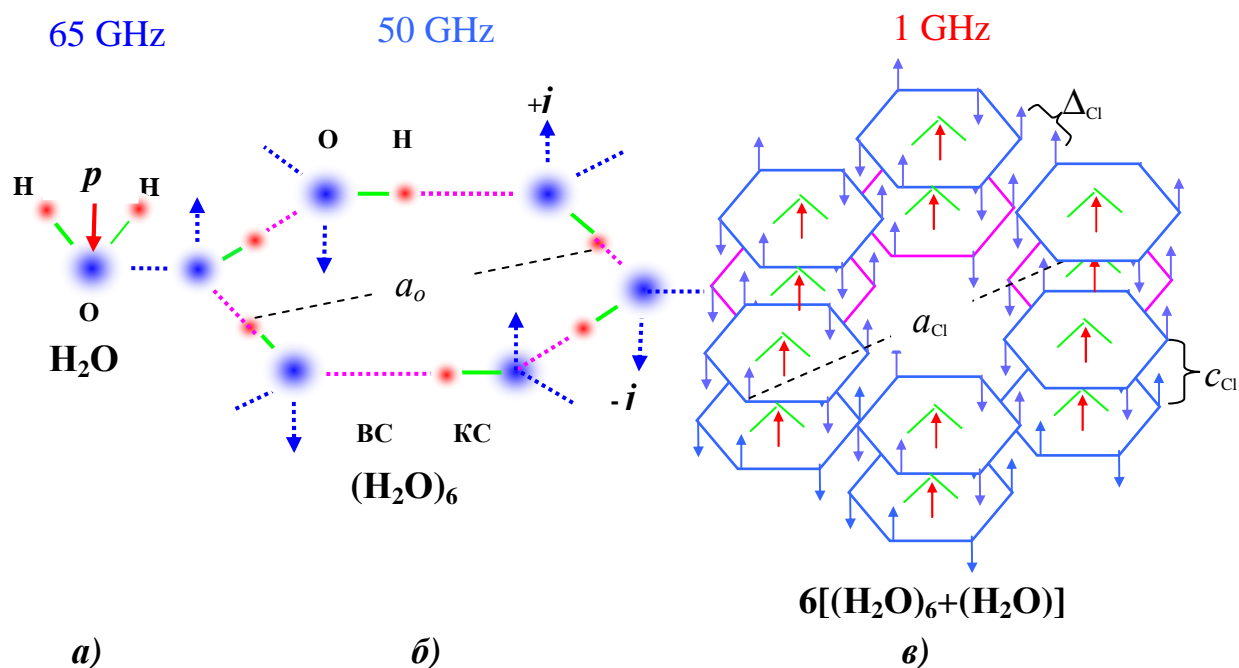


Рис. 1 Фрагменты молекулярных структур жидкой фазы воды: *а)* триада, *б)* гексагон, *в)* фрактальный кластер, показано присутствие в ячейке димера и отсутствие триады, ВС и КС-водородные и ковалентные связи, p -электрический и $\pm j$ -магнитные дипольные моменты, $a_0 \approx 4,5 \text{ \AA}$ -параметр гексагональной кристаллической решетки льда, $a_{Cl} \approx 17 \text{ \AA}$ -размер кластера, $c_{Cl} \approx 3,8 \text{ \AA}$ -расстояние между слоями кластеров, $\Delta_{Cl} \approx 1,8 \text{ \AA}$ -величина щели между гексагонами в кластере.

Принятая модель структуры жидкой фазы воды представляет собой комбинацию базовых молекулярных фрагментов – рис. 1:

- *тетрагональных молекул структуры пара H₂O – триад,
- *фрактальных гексагональных jj -кластеров первого порядка 6(H₂O)₆ и больших порядков,
- *далее ассоциат.

Размеры молекулярных структур [4] – триад $a_{H-H} 1 \text{ \AA}$, $a_{O-H} \approx 1,5 \text{ \AA}$, гексагонов $a_0 \approx 4,5 \text{ \AA}$ – допускают части триад и их кластеров размещаться в полостях гексагонов, где они могут свободно вращаться. Это, с одной стороны, объясняет поляризационные свойства воды и близость вращательных спектров воды и сво-

бодных молекул H_2O [5, 6], а с другой стороны, указывает на механизм уплотнения структуры воды при плавлении льда.

Данные представления о структуре воды обосновываются экспериментальными радиофизическими исследованиями [1-3, 7] и подтверждаются анализом спектров комбинационного рассеяния [8].

Отметим, что резонансные частоты собственных, селективных колебаний молекулярных фрагментов структуры воды находятся в диапазонах КВЧ (ММ) и СВЧ (ДМ): триад 65 GHz, гексагонов 50 GHz, гексагональных кластеров 1 GHz.

Уникальным свойством воды является эффект преобразования резонансных частот КВЧ→СВЧ – то есть, возбуждение резонансными радиоволнами в воде колебаний частотой 65 GHz или 50 GHz возбуждает резонансные колебания на частоте 1 GHz (СПЕ-эффект) [9]:

$$65 \text{ GHz} \rightarrow 1 \text{ GHz}, 50 \text{ GHz} \rightarrow 1 \text{ GHz}.$$

Структурная модель воды эффект преобразования частот объясняет тем, что элементарные молекулярные фрагменты триады и гексагоны составляют связанную структуру кластера, и поэтому возбуждение резонансных колебаний триад или гексагонов возбуждает резонансные колебания кластера в целом [1-3, 10].

Принятая рабочая модель структуры воды адекватно отражает радиофизические резонансно-волновые свойства воды.

Исходя из этой модели, можно оценить ряд новых информативных параметров воды:

***методом регистрации собственного излучения** по интенсивности сигнала - степень неравновесности среды и присутствие примесей, по температурной зависимости интенсивности сигнала - энергию ($\mathcal{E}_{\text{Assoc}}$) дипольной jj -связи кластера в ассоциате воды,

***методом возбуждения «люминесценции» полями** по интенсивности сигнала - способность среды к запоминанию «информации», по температурной зависимости интенсивности «люминесценции» - точку Кюри (**point Curie**) и устойчивость «памяти»,

***методом преобразования частот КВЧ→СВЧ** - энтропию среды, по температурной зависимости интенсивности излучения радиоотклика – энергию дипольной *jj*-связи кластера в агрегате ($\mathcal{E}_{\text{Aggr}}$).

Этих представлений достаточно для понимания происходящих процессов в методах анализа и интерпретации получаемых данных. Перейдем к описанию методов анализа.

В методах используется разработанный ООО Научно-производственной фирмой «ТЕЛЕМАК» аналитический радиоэлектронный комплекс – «АКВАФОН/АКВАТОН» [11].

Состав комплекса «АКВАФОН» -

*сверхчувствительный радиоприемник «Радиометр» -

параметры: центральная частота приема – 1 GHz, полоса приема на уровне 0,5 – 25 MHz, чувствительность – 0.5 K ($\sim 10^{-17}$ W),

шкала измерений сигнала соответствует - $1,4 \times 10^{-14}$ W/V cm²,

приемная СВЧ контактная антенна, настроенная на частоту 1 GHz, согласованная с водой;

*приемно-передающий измерительный контактный модуль -

параметры: частота зондирующих радиоволн 65 GHz, плотность мощности 1 μ W/cm², частота радиоотклика 1 GHz.

Состав комплекса «АКВАТОН» -

*генератор низко-интенсивных ММ радиоволн стабилизированной частотой 1 GHz, выходной мощностью 0,5-1-1,5-2 μ W;

*излучающая дистанционная антенна, настроенная на частоту 1 GHz, согласованная с пространством.

1. Метод регистрации собственного СВЧ излучения воды.

Метод заключается в радиометрическом приеме слабых собственных СВЧ излучений на резонансной частоте 1 ГГц исследуемой среды. Схема опыта приведена на рис. 2.

Исследования проводятся в изолированном помехозащитном боксе с подавлением электромагнитного фона не хуже -30 dB в отсутствие оператора.

Испытуемый образец помещается в пробирку или стакан высотой уровня жидкости 10 см жидкости. На этой высоте укладывается две длины ($\lambda=5$ см) резонансных волн в воде, что обеспечивает минимальное влияние «паразитных» стоячих волн на измерение.

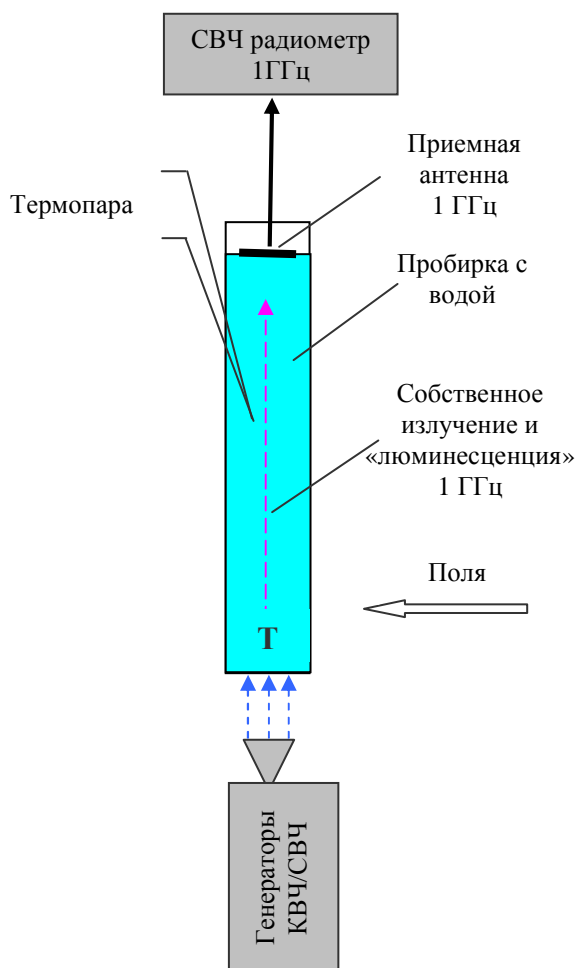


Рис. 2. Схема экспериментов по регистрации собственного СВЧ излучения воды и «люминесценции» воды в радиодиапазоне, активированной действием физических и биополей.

Далее емкость с образцом и приемная антенна закрепляются в штативе, антенна приводится в контакт с поверхностью жидкости, и производится измерение радиосигнала.

Емкость с жидкостью может быть дополнительно локально изолирована от электромагнитного и акустического внешнего фона.

Интерпретация. Источником принимаемого сигнала частотой 1 GHz являются резонансные излучения гексагональных кластеров. Следовательно, интенсивность сигнала пропорциональна концентрации «квазисвободных» кластеров.

Проанализируем получаемую этим методом информацию о свойствах среды. Используем экспериментальные данные Таблицы I.

Сравним показатели нестабилизированного (неравновесного, свежесконденсированного), стабилизированного (равновесного, выдержанного) дистиллята воды и физраствора 1,8%:

стабилизированный дистиллят при 25 °С имеет сигнал $I_1=3$ V,

нестабиллизированный дистиллят при 25 °С имеет сигнал $I_2=10$ V.

физраствор 1,8% при 25 °С имеет сигнал $I_3=1$ V.

Сравнение показывает, что концентрация гексагональных кластеров в нестабилизированном дистилляте значительно превышает их концентрацию в стабилизированном. Это указывает на неравновесность структурного состояния нестабилизированного дистиллята. Низкий уровень сигнала показывает, что присутствие в структуре воды ионов Na^+ и Cl^- оказывает на нее связывающее действие [3, 7].

Сравним показатели стабилизированного дистиллята воды при разных температурах:

стабилизированный дистиллят при $T_1=25$ °С=298 К имеет сигнал $I_1=3$ V,

стабилизированный дистиллят при $T_2=85$ °С=358 К имеет сигнал $I_2=13$ V.

Сравнение показывает, что концентрация гексагональных кластеров в стабилизированном дистилляте с ростом температуры существенно увеличивается.

Отсюда можно оценить энергию связи ($\mathcal{E}_{\text{Assoc}}$) гексагонального кластера в ассоциате воды. Энергия определяется, как обычно в таких случаях, по экспоненциальному закону Больцмана:

$$I_1=I_0\exp(-/k_B\mathcal{E}_{\text{Assoc}}T_1) \text{ и } I_2=I_0\exp(-\mathcal{E}_{\text{Assoc}}/k_B T_2),$$

где $k_B=8,625\cdot 10^{-5}$ eV/K – константа Больцмана, и после преобразований находим энергию связи кластера:

$$\mathcal{E}_{\text{Assoc}}=k_B[T_1T_2/(T_2-T_1)]\ln(I_2/I_1)\approx 0,15\ln(I_2/I_1) \text{ eV.} \quad (1)$$

$$\mathcal{E}_{\text{Assoc}}\approx 0,2 \text{ eV.}$$

Для сравнения, энергии связей ковалентной 5eV и водородной 0,2 eV.

2. Метод возбуждения СВЧ «люминесценции» полями.

Метод заключается в регистрации действия и реакции воды – «люминесценции», как «памяти» о кратковременном воздействии полей: электромагнитных, магнитных, электрических, оптических, тока, акустических, внешнего электромагнитного, биополя.

Схема опыта та же, что и в **1. методе регистрации собственных излучений** - рис. 2. Добавляются источники полей и исследование температурной зависимости интенсивности послесвечения - «люминесценции» и определение точки Кюри (point Curie) «тушения люминесценции».

Воздействие полей проводится с экспозицией 15-30 sec.

Температурная зависимость снимается с помощью водяной бани с шагом $\Delta T=5$ °C вплоть до точки Кюри, причем показания излучения регистрируются после снижения температуры до исходной в каждом цикле.

Интерпретация. По данным Таблицы I значения интенсивности «люминесценции» стабилизированного дистиллята при $T=25$ °C после воздействия полей:

*электромагнитных полей мощностью порядка $1 \mu W$,

КВЧ 65 и 50 GHz. СВЧ 1 GHz, $I_{EM}=30$ V,

*магнитного поля $H=0,1 T/cm$, $I_H=25$ V,

*электрического $E=200$ V/cm, $I_E=25$ V,

*поля электрического тока $J=3$ mA, $I_J=80$ V.

При этом точка Кюри практически достигает температуры кипения воды и продолжительность излучения не ограничена [9]. Это означает, что состояние послесвечения устойчиво и носит незатухающий характер.

Для наглядности на рис. 3 приведена конкретная гистограмма температурной зависимости интенсивности «люминесценции» дистиллята воды, активированной электромагнитными волнами КВЧ 65 GHz.

Что касается объяснения механизма «возбуждения» «люминесценции», то интенсивность активированной полями «люминесценции» СВЧ 1 GHz водных

сред пропорциональна, естественно, концентрации, колебательному состоянию и комбинации фрактальных гексагональных кластеров.



Рис. 3. Гистограмм температурной зависимости «люминесценции» дистиллята воды.

Активация «люминесценции» воды потоками КВЧ и СВЧ резонансными волнами связана с частотно-фазовой синхронизацией и поляризацией собственных колебаний молекулярных структур и их излучений. Это приводит к снятию интерференционного гашения волн и усилению потоков резонансных излучений водной среды, которые далее поддерживаются процессами автосинхронизации.

Полевые (\mathbf{H} , \mathbf{E} , \mathbf{J}) воздействия приводят к ориентационному эффекту, так как молекулярные фрагменты воды имеют дипольные моменты. В электрическом и магнитном поле, в том числе в поле электрического тока, молекулярные фрагменты воды ориентируются, создавая направленные, анизотропные потоки собственных резонансных излучений. Сформировавшаяся упорядоченная молекулярная структура закрепляется диполь-дипольным взаимодействием, благодаря чему

излучение сохраняется. Данное структурное преобразование является термодинамическим фазовым переходом II рода. Переход в состояние синхронизации колебаний также представляется фазовым переходом II рода [6].

Здесь уместно обсудить *особенности* данного вида «люминесценции» воды в СВЧ радиодиапазоне.

Обнаруженное явление послесвечения похоже на люминесценцию, но полностью под понятие люминесценции не подпадает [12]. Хотя по критериям - длительности свечения и превышению над тепловым фоном они совпадают, но по механизмам возбуждения и характере свечения принципиально различаются. Люминесценция происходит в оптическом диапазоне, и, в принципе, вызывается *энергетическими* переходами с испусканием света и ее продолжительность ограничена запасенной энергией. СВЧ послесвечение – это новый вид собственного селективного резонансного излучения среды. *Оно обусловлено преобразованием симметрии молекулярной системы под воздействием электромагнитных, статических магнитных и электрических полей и поля электрического тока, приводящих к увеличению степени анизотропии излучения.* Послесвечение происходит в радиодиапазоне и по времени не ограничено. Все преобразование, как фазовый переход II рода, происходит без существенных энергетических затрат, во всяком случае, не они являются источником излучения – источником по-прежнему остается тепловая энергия. Но плотность мощности синхронизированных направленных потоков собственного излучения при этом многократно возрастает. Если классифицировать эффект преобразования частот и СВЧ послесвечения воды как люминесценцию, то с учетом их специфики данный эффект можно было бы определить как «*энтропийную* люминесценцию».

3. Метод преобразования резонансных частот КВЧ→СВЧ.

Метод заключается в радиометрическом приеме в полосе резонансной частоты 1 GHz радиоотклика воды, возбуждаемого зондирующими радиоволнами на резонансной частоте 65 GHz. Метод реализуется с использованием приемно-излучающего модуля по схеме рис. 4.

Приемно-излучающий модуль состоит из генератора КВЧ 65 GHz мощностью $\sim 1 \mu W$ и контактной аппликаторной СВЧ приемной антенны, настроенной на частоту 1 GHz и согласованной с водой.

Измерительный стакан наполняется испытуемой жидкостью высотой до уровня 10 см, модуль закрепляется в штативе и приводится в контакт с поверхностью воды.

Затем проводятся измерения интенсивности радиоотклика исходного состояния воды и далее радиооткликов после кратковременного воздействия полей

Интерпретация. Проведем сравнение радиооткликов воды, используя данные Таблицы I. Наиболее интересны соотношения интенсивностей радиооткликов и «люминесценции», связанные с пространственно-временным упорядочением резонансно-волнового состояния водной среды после полевых воздействий.

Обращает на себя внимание разнонаправленный характер полевых воздействий на интенсивности «люминесценции» и радиооткликов.

Интенсивность собственных излучений дистиллята воды после воздействия различных полей в состоянии «люминесценции» многократно увеличивается от исходного уровня $I_0=3 V$ до значений $I_{Lum}=25-30-80 V$.

В то же время уровень радиооткликов в несколько раз снижается от исходного значения $I_{R0}=3 V$ до $I_R=2-1,5-0,8 V$. Можно полагать, что под воздействием полей происходит пространственно-временное упорядочение кластерной структуры, и часть гексагональных кластеров агрегирует. В результате радиоотклик падает. Но при этом вызванное полями усиление анизотропных излучений с лихвой компенсирует дефицит кластеров, что и приводит к росту интенсивности «люминесценции».

Оценка энергии связи кластера в агрегате, то есть энергии агрегации (\mathcal{E}_{Aggr}), проводится также по температурной зависимости радиоотклика. По соображениям различий числа связей по периферии кластера в агрегате и ассоциате воды можно прогнозировать уменьшение энергии агрегации в сравнении с ассоциацией.

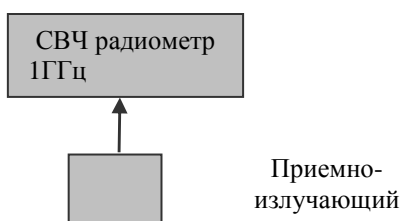


Рис. 4. Схема экспериментов по методу преобразования частот 65 GHz→1 GHz с применением приемно-излучающего модуля и полей.

Радиоотклики стабилизированного дистиллята воды при разных температурах имеют значения (Таблица I):

стабилизированный дистиллят при $T_1=25\text{ }^\circ\text{C}=298\text{ K}$ имеет сигнал $I_1=3\text{ V}$,

стабилизированный дистиллят при $T_2=85\text{ }^\circ\text{C}=358\text{ K}$ имеет сигнал $I_2=8\text{ V}$.

Далее по формуле (1) оценивается энергия агрегации кластера:

$$\mathcal{E}_{\text{Aggr}} \approx 0,15\text{ eV}.$$

Энергия агрегации кластера, действительно, слабее энергии ассоциации.

Отсюда можно было бы найти энергию единичной *jj*-связи и число связей в агрегате, но излишняя детализация «подозрительна».

Наблюдаемое разнонаправленное поведение изменений интенсивностей «люминесценции» и радиоотклика напоминает негэнтропийный принцип информации Лео Бриллюэна [13]: поток информации (ΔI) о состоянии системы увеличивается в результате ее упорядочения и уменьшения энтропии (ΔS):

$$\Delta I = -\Delta S. \quad (2)$$

Следовательно, «люминесценция» водных сред, вызванная «информационно-энтропийным» уровнем полевых воздействий, сама становится эквивалентом потока информации, а радиоотклик – эквивалентом энтропии измененного пространственно-временного состояния водной среды.

Расчетные табличные данные энтропии воды в различных фазовых состояниях интенсивности «люминесценции» соответствуют соотношению (2).

Таким образом, «люминесценция» и энтропия водной среды становятся показателями ее измененного фазового состояния, или, иначе, «*памяти*» о характере внешнего полевого воздействия (см. **Приложение**).

Таблица I

**Интенсивность СВЧ-свечения, радиоотклик и энтропия воды
в различных фазовых состояниях**

Состояние дистиллята воды	Собственное СВЧ-свечение, V	Радиоотклик (СПЕ), V_{exp}	Энтропия, J/mol·K
Стабилизированный при 25 °C	3-4	3	69,79
Стабилизированный при 36,6 °C	7	4,5	74,34
Стабилизированный, нагретый до 85 °C	13	8	85
Нестабилизированный при 25 °C	10	6	79
Физраствор 1,8% при 25 °C	1	3	69,79
Стабилизированный после воздействия транс-резонансного ЭМ поля 65, 50, 1 GHz при 25 °C	30	2	67
Стабилизированный после воздействия электрического поля при 25 °C	25	2	67
Стабилизированный после воздействия магнитного поля при 25 °C	25	0,8	63
Стабилизированный после воздействия поля переменного электрического тока при 25 °C	80	1,5	65
Коридор нормы жизнедеятельности при 36,6 °C	4-12	1,75-2,75	66-69
Оптимальный уровень	6	2	66,76

Приложение.

Расчеты энтропии проведены по опытным значениям интенсивности излучения V_{exp} (Таблица I) и справочным данным - формуле температурной зависимости энтропии $S_T = S^0 + C_p \Delta T / T^0$, стандартной энтропии воды $S^0 = 69,79 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ при $t^0 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, теплоемкости воды при нормальном давлении $C_p = 75,35 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ и опытным данным радиооткликов V_{exp} (Таблица I). Реперными точками для расчета взяты температуры $t^0 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ и $t = 85 \text{ }^\circ\text{C}$ и интенсивности излучений $V_{rep \ 25 \text{ C}} = 3 \text{ V}$ и $V_{rep \ 85 \text{ C}} = 8 \text{ V}$, $\Delta V_{rep} = 5 \text{ V}$, чему соответствуют значения энтропия $S_{25 \text{ C}} = S^0$ и при $T^0 = T_0 + t^0 = 298,16 \text{ K}$, $\Delta T = t - t^0 = 60 \text{ K}$ $S_{85 \text{ C}} = 84,95 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ с приростом энтропии $\Delta S_{rep} = S_{85 \text{ C}} - S^0 = 15,16 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$. Поскольку температурная зависимость энтропии S_T носит линейный характер, то расчетные значения энтропии адекватно сопоставляются с интенсивностью излучения воды в различных фазовых состояниях:

$$S_{exp} = S^0 + (\Delta S_{rep} / \Delta V_{rep}) \Delta V_{exp} = 69,79 + 3,032 (V_{exp} - 3) \text{ J/mol}\cdot\text{K}.$$

- [1] *Петросян В.И., Майбородин А.В., Дубовицкий С.А., Власкин С.В., Благодаолв А.В., Мельников А.Н.* Резонансные свойства и структура воды. //Миллиметровые волны в биологии и медицине. 2005. №1 (37). С. 18-31.
- [2] *Петросян В.И., Майбородин А.В., Дягилев Б.Л., Рытик А.П., Власкин С.В., Дубовицкий С.А.* Резонансы воды в дециметровом диапазоне радиоволн. – Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2006, №12, С. 42-45.
- [3] *Петросян В.И., Гуляев Ю.В., Житенева Э.А., Елкин В.А., Сеницын Н.И.* Взаимодействие физических и биологических объектов с электромагнитным излучением КВЧ-диапазона. - Радиотехника и электроника, 1995, т. 40, вып. 1, С. 127-134.
- [4] *Богородский В.В., Гаврило В.П.* Лед. Физические свойства. Современные методы гляциологии. Л.: Гидрометеиздат. 1980. 383 с..
- [5] *Гайдук В.И.* Вода, излучение, жизнь. – М: Знание, 1991, Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Физика», №7, 70 с.
- [6] *Лященко А.К., Новскова Т.А.* Структурно-кинетические характеристики и высокочастотные свойства жидкостей с диполь-дипольным взаимодействием. – Журнал химической физики, 2003, т. 76, № 11.
- [7] *Петросян В.И., Сеницын Н.И., Елкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В., Бецкий О.В., Лисенкова Л.А., Гуляев А.И.* Роль молекулярно-волновых процессов в природе и их использование для контроля и коррекции состояния экологических систем. //Биомедицинская радиоэлектроника. 2001. №5-6. С. 62-129.
- [8] *Першин С.М., Бункин А.Ф., Лукьянченко В.А.* Обнаружение спектральной компоненты льдоподобных комплексов в ОН полосе воды. Сб. избр. тр. V международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». С.-Пб. «ИНФОРМНАУКА».2009. С. 64-70. (//Нелинейный мир. 2009. Т. 7. №2. С. 79-90).
- V International Congress. Proseedngs. “LOW AND SUPERLOW FIELDS AND RADIATIONS IN BIOLOGY AND MEDICINE”. S.-Pb. 2009.
- [9] *Бецкий О.В.* От редактора выпуска. - Биомедицинская радиоэлектроника, 1998, №1, С. 4.
- [10] *Петросян В.И.* Резонансное излучение воды в радиодиапазоне. // Письма в ЖТФ. 2005. т. 31. в. 23. С. 29-33.
- Petrosyan V.I.* Resonance RF Emission from Water - Technical Physics Letters, Vol. 31, No12, 2005, pp. 1007-1008.
- [11] *Петросян В.И., Громов М.С., Власкин С.В., Благодаров А.В.* Транс-резонансная функциональная топография. Биофизическое обоснование. - Миллиметровые волны в биологии и медицине, 2003, №1 (29), С. 44-50.

- [12] *Петросян В.И., Сеницын Н.И., Елкин В.А.* Люминесцентная трактовка «СПЕ-эффекта». //Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2002. №1. С. 28-38.
- [13] *Бриллюэн Л.* Наука и теория информации. М.: Ф.-М., 1960, 392 с.