

## ДИСКУССИЯ

УДК 532.74

DOI: 10.17223/24135542/8/8

Г.Н. Сидоренко<sup>1</sup>, Б.И. Лаптев<sup>1</sup>, Н.П. Горленко<sup>2</sup>,  
Ю.С. Саркисов<sup>2</sup>, Л.В. Антошкин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Nove tehnologije d.o.o. (Ljubljana, Slovenia)*

<sup>2</sup> *Томский государственный архитектурно-строительный университет (г. Томск, Россия)*

<sup>3</sup> *Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН (г. Томск, Россия)*

### Сравнительная оценка структуры воды и водных растворов этанола с использованием электрофизических методов исследования

*Показано, что при температуре 25°C в водно-спиртовых растворах, по сравнению с дистиллированной водой, на частотах в диапазоне частот 0,1–300 кГц происходит пропорциональное повышению концентрации раствора снижение электрической емкости с минимумами на частотах 3–10 кГц, но добротность колебательного контура при резонансных частотах 30, 100 и 300 кГц повышается.*

*При повышении температуры от 10 до 70°C 4 мол.% водно-спиртового раствора и дистиллированной воды наблюдается увеличение их электрической емкости в диапазоне частот от 0,1 до 30 кГц с максимумом на частоте 3 кГц, однако при частотах 100 и 300 кГц электрическая емкость этих жидкостей снижается.*

*Изменения электрической емкости и добротности колебательного контура в водно-спиртовых растворах отражают изменение подвижности диполей, структуры растворов и имеют такую же направленность, как при активации дистиллированной воды магнитным полем, а также как при нагревании до 60°C с последующим охлаждением до исходной температуры 20°C без доступа воздуха или при снижении температуры воды до 10°C.*

*Полученные данные следует учитывать при проведении различных исследований в химии, биологии, медицине и при интерпретации известных эффектов этилового спирта.*

**Ключевые слова:** водно-спиртовые растворы; структурообразование; нагревание; кластеры воды; растворы; электрическая емкость; добротность колебательного контура.

### Введение

По мнению большинства ученых, в воде существует трехмерная сетка, образованная молекулами, соединенными водородными связями [1]. Так, показано, что диполи воды в воде и водных растворах либо слабо связаны

между собой, либо ассоциированы, например, в кластеры (ассоциаты), гидратные образования ионов [2–5]. Размеры кластеров могут быть до  $10^{-4}$  м [2–4], а время их жизни составляет от  $10^{-11}$  до 1 с и более. При комнатной температуре частота колебаний одиночных молекул воды достигает максимальной величины – порядка  $10^{15}$  Гц, а ассоциаты молекул воды (кластеры) характеризуются колебаниями в области частот кило- и мегагерц [6, 7]. Показано, что размеры кластеров воды зависят не только от температуры [8], но и от концентрации растворов [4], присутствия дейтерия [9] и других факторов.

Известно, что этиловый спирт также относится к ассоциированным жидкостям благодаря способности их молекул образовывать водородные связи, энергия которых оценивается примерно в 6 ккал/моль [10]. При этом ассоциаты представляют собой линейные цепочки или плоские кольца.

В последние годы на основе новых конструкций емкостных измерительных ячеек с использованием малых реактивных токов разработаны электрофизические методы исследования (определение электрической емкости, резонансных характеристик водных систем). Это позволяет при частотах от 1 до 3 000 кГц и при различных воздействиях оценивать динамику подвижности диполей воды [7, 11], которая, как известно, зависит от соотношения «свободных» и ассоциированных, например, в кластеры и гидратные образования диполей воды.

Цель работы – изучение динамики процессов структурообразования в водно-спиртовых растворах различной концентрации с использованием электрофизических методов исследования в диапазоне частот от 100 до 300 кГц и обобщение полученных ранее результатов.

### **Экспериментальная часть**

В опытах использовали дистиллированную воду с электрической проводимостью 1,5–2,5 мкС/см,  $1 \cdot 10^{-4}$  М водный раствор хлорида натрия, а также 2, 4, 8 и 16 мол.%, водные растворы этанола (концентрация указана в мольных процентах). Исследования проведены при температуре жидкостей 25 и 70°C.

Измерительная ячейка (рис. 1) включает стандартный стеклянный цилиндр емкостью 100 мл, в который помещают исследуемые жидкости, а также две обкладки конденсатора из немагнитного материала (площадью 75 см<sup>2</sup> каждая), расположенные вокруг пробирки. Обкладки конденсатора смещены друг относительно друга на 20 мм и не имеют поверхности, расположенной друг напротив друга.

Для оценки динамики снижения температуры при охлаждении жидкостей от 70 до 25°C их нагревали до 80°C, а затем наливали в пробирку, где они охлаждались при комнатной температуре. При этом для уменьшения влияния тепловой конвекции жидкости на динамику снижения температуры пробирку наклоняли под углом 45°.

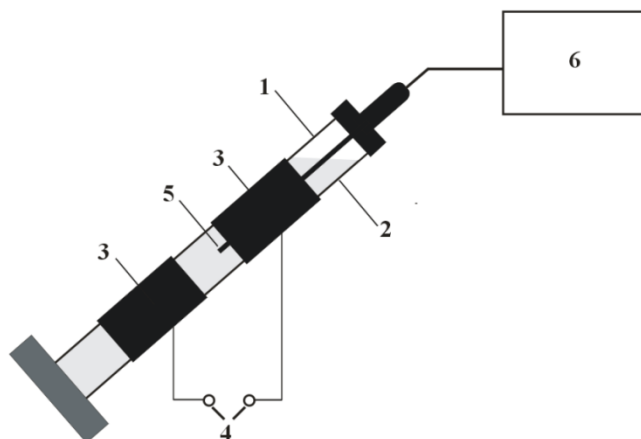


Рис. 1. Схема измерительной ячейки: 1 – стеклянный цилиндр для исследуемой жидкости емкостью 100 мл; 2 – исследуемая жидкость; 3 – обкладки конденсатора из немагнитного материала без непосредственного контакта с изучаемой жидкостью; 4 – клеммы для подключения сигнала от генератора синусоидальных колебаний; 5 – погружной датчик температуры; 6 – цифровой термометр GTN 175/Pt

Установка позволяет измерять электрическую емкость жидкостей (по изменению величины реактивного тока через них и после вычитания из общей емкости конденсатора емкости измерительной ячейки без жидкости), а также определять добротность колебательного контура, образованного переменной индуктивностью и конденсатором при нахождении жидкостей между его изолированными пластинами.

При измерении электрической емкости и проводимости дистиллированной воды и водных растворов частота тока, подводимого к пластинам конденсатора, составляет 0,1, 0,3, 1, 3, 10, 30, 100 и 300 кГц, а плотность тока на обкладках конденсатора ячейки не превышает  $30 \text{ нА/см}^2$ . При этом величина напряжения, подводимого к ячейке, уменьшалась обратно пропорционально его частоте. Это, во-первых, обеспечивало постоянную (эталонную) величину измерительного тока через измерительную ячейку при разных частотах генератора в случае подключения между обкладками конденсатора ячейки эталонного конденсатора. Во-вторых, при изменении частоты генератора плотность тока через измерительную ячейку в этом случае зависела только от свойств жидкости, находящейся в ячейке.

При измерении добротности колебательного контура (с включением ячейки с жидкостями между обкладками конденсатора) величины индуктивности устанавливают на уровне, позволяющем получить резонансную частоту 30, 100 и 300 кГц при плотности тока на пластинах конденсатора не более  $100 \text{ нА/см}^2$ .

Реактивный ток через ячейку с водой пропорционален количеству диполей воды, которые способны ориентироваться относительно силовых линий электрического поля при заданной частоте. Известно, что в зависимости от термодинамических условий диполи воды в воде и водных рас-

творях по-разному распределены между кластерами, гидратными образованиями ионов и пулом слабо связанных между собой диполей и, соответственно, имеют различную подвижность.

Поскольку понятие структуры воды и водных систем в общем случае включает знание закономерностей и принципов взаимодействия их молекул [12], то по изменению реактивного тока через измерительную ячейку при различных воздействиях и на различных частотах можно регистрировать не только изменение подвижности диполей воды, но и оценивать изменения структурной организации воды и водных растворов.

Используемая конструкция ячейки в сочетании с малыми плотностями тока и снижением величины напряжения генератора обратно пропорциональна его частоте и позволяет максимально возможно снизить напряженность электрического поля в воде и водосодержащих средах и, вследствие этого, выявить малые изменения подвижности диполей воды и, соответственно, структуры изучаемых жидкостей.

### **Результаты и их обсуждение**

В проведенных ранее исследованиях [7, 11, 13, 14] было показано, что при температуре 20°C и увеличении частоты реактивного тока от 1 до 3 000 кГц электрическая емкость дистиллированной воды монотонно и многократно снижается. Оказалось, что при температуре 25°C электрическая емкость дистиллированной воды имела максимальное значение при частоте 0,1 кГц. При увеличении частоты реактивного тока электрическая емкость дистиллированной воды монотонно снижается. Это уменьшение отмечается уже при частоте 0,3 кГц ( $P < 0,001$ ), а при частоте 10 кГц электрическая емкость уменьшается многократно (рис. 2) и при более высоких значениях частот стабилизируется.

Таким образом, при использовании более низких частот было установлено, что электрическая емкость дистиллированной воды возрастает при снижении частоты от 10 до 0,1 кГц. Полученные данные, так же как и результаты предыдущих исследований [Там же], на наш взгляд, обусловлены существованием в воде взаимосвязанных между собой ассоциатов ее молекул, что снижает подвижность диполей воды и, соответственно, электрическую емкость дистиллированной воды. При этом, как известно, количество кластеров и их размеры зависят от температуры, концентрации растворов, примесей и других факторов [4, 8, 9]. В частности, показано, что размеры кластеров воды уменьшаются при повышении температуры воды и ее растворов [8, 15].

Электрическая емкость водных растворов солей, по сравнению с дистиллированной водой, повышается. Это свидетельствовало об изменении подвижности диполей воды и, соответственно, об изменении структурированности жидкостей.

Практический и теоретический интерес представляет сравнительная оценка изменений электрофизических параметров воды и водно-спиртовых растворов при более низких частотах, а также при повышении температуры.

Эта информация становится более ценной, если измерения охватывают область частотного диапазона, которая характеризуется активным взаимодействием электромагнитного излучения с жидкостью. Следует отметить, что степень освоенности частотных диапазонов не одинакова при исследовании указанных жидкостей, что преимущественно обусловлено отсутствием широкополосных измерительных устройств, и часто измерения проводятся только на одной частоте. Кроме того, систематические исследования частотных зависимостей электрофизических параметров двух полярных жидкостей при изменении температуры в области низких частот практически не проводились, хотя эти сведения позволят более глубоко интерпретировать процессы структурной организации водно-спиртовых растворов и ее трансформации при изменении внешних условий.

На рис. 2 показаны относительные изменения электрической ёмкости различной концентрации водно-спиртовых растворов при различных частотах реактивного тока в диапазоне 0,1–300 кГц. Оказалось, что при повышении концентрации спирта в водном растворе от 2 до 16 мол.% электрическая ёмкость водно-спиртового раствора по сравнению с электрической ёмкостью дистиллированной воды снижалась с минимумами на частотах 3–10 кГц (достоверность различий варьирует от  $P < 0,05$  до  $P < 0,001$ ).

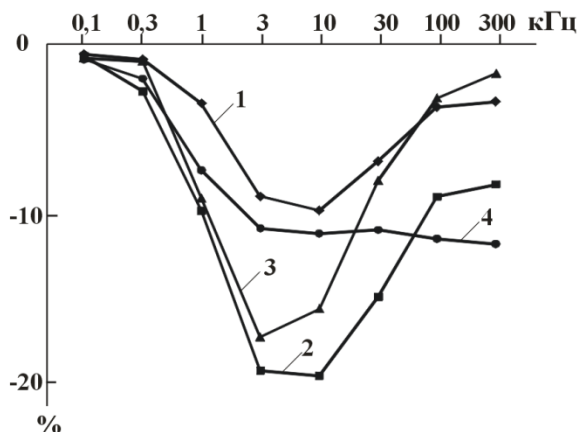


Рис. 2. Относительные изменения (в %) электрической ёмкости различной концентрации водно-спиртовых растворов при различных частотах реактивного тока в диапазоне 0,1–300 кГц: 1 – 2 мол.% водно-спиртовый раствор по сравнению с дистиллированной водой; 2 – 4 мол.% водно-спиртовый раствор по сравнению с 2 мол.% раствором; 3 – 8 мол.% водно-спиртовый раствор по сравнению с 4 мол.% раствором; 4 – 16 мол.% водно-спиртовый раствор по сравнению с 8 мол.% раствором

При возрастании же концентрации спирта в водном растворе до 2 мол.%, а затем от 2 до 4 мол.%, от 4 до 8 мол.% и от 8 до 16 мол.% происходит снижение его электрической ёмкости, которое было максимально выражено на частотах 3 и 10 кГц и составило 9, 18, 16 и 10% соответственно. При использовании 16 мол.% водного раствора этанола, по сравнению с дистиллированной водой, на частотах более 0,3 кГц снижение электриче-

ской емкости раствора было максимально выражено на частотах 3 кГц ( $-77,8\%$ ) и 10 кГц ( $-76,8\%$ ) ( $P < 0,001$  во всех случаях).

На рис. 3 показаны относительные изменения добротности колебательного контура водно-спиртовых растворов при различных резонансных частотах. При повышении концентрации спирта в водном растворе до 2 мол.% добротность колебательного контура на частоте 30 кГц увеличилась на 11% ( $P < 0,001$ ). При больших концентрациях водно-спиртовых растворов (4, 8 и 16 мол.%) добротность колебательного контура возрастала при всех используемых резонансных частотах ( $P < 0,001$  во всех случаях). При 16 мол.% концентрации добротность на частотах 30, 100 и 300 кГц возросла на 63, 48 и 26%.

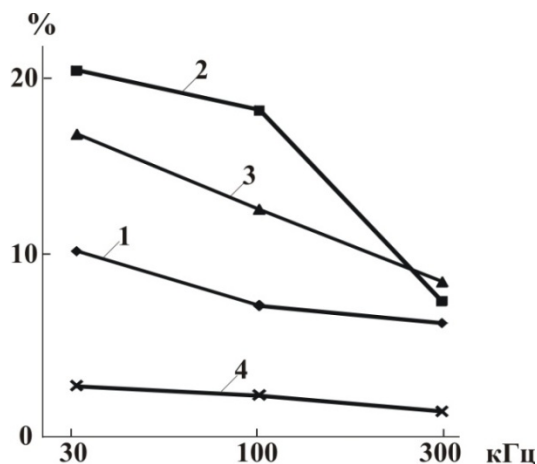


Рис. 3. Относительные изменения (в %) добротности колебательного контура водно-спиртовых растворов при различных резонансных частотах: 1 – 2 мол.% водно-спиртовый раствор по сравнению с дистиллированной водой; 2 – 4 мол.% водно-спиртовый раствор по сравнению с 2 мол.% раствором; 3 – 8 мол.% водно-спиртовый раствор по сравнению с 4 мол.% раствором; 4 – 16 мол.% водно-спиртовый раствор по сравнению с 8 мол.% раствором

Интересно отметить, что указанные выше изменения электрической емкости и добротности колебательного контура в водно-спиртовых растворах, по сравнению с дистиллированной водой, имеют такую же направленность, как полученные в ранее проведенных исследованиях сдвиги электрической емкости и добротности колебательного контура при активации дистиллированной воды магнитным полем, при нагревании до  $60^{\circ}\text{C}$  с последующим охлаждением до исходной температуры  $20^{\circ}\text{C}$  без доступа воздуха, а также при снижении температуры воды до  $10^{\circ}\text{C}$  [11, 16].

В связи с этим особый интерес представляет сравнительная оценка изменений электрической емкости дистиллированной воды и водно-спиртовых растворов при изменении температуры, поскольку показано, что как при нагревании, так и при растворении в воде солей происходит

разрушение водных кластеров [4, 8, 15]. В этих случаях разрушение кластеров воды должно сопровождаться увеличением подвижности диполей воды и, соответственно, увеличением электрической емкости как дистиллированной воды, так и растворов ее солей.

В проведенном ранее исследовании [13] было показано, что при нагревании от 20 до 40°C электрическая емкость дистиллированной воды увеличивается на частотах от 1 до 30 кГц. В этих исследованиях было предположено, что указанные выше изменения электрической емкости дистиллированной воды, возможно, обусловлены разрушением взаимосвязанных между собой ассоциатов [2–4], в которых диполи воды связаны между собой и частоты их собственных колебаний при 20°C ниже частот внешнего электрического поля.

На рис. 4 показаны результаты исследований влияния различных частот реактивного тока в диапазоне 0,1–300 кГц на относительные изменения (пФ) электрической ёмкости дистиллированной воды при 70°C по сравнению с 25°C, электрической ёмкости 4 мол.% водно-спиртового раствора при 25°C по сравнению с электрической ёмкостью дистиллированной воды при 25°C и электрической ёмкости 4 мол.% водно-спиртового раствора при 70°C по сравнению с 25°C.

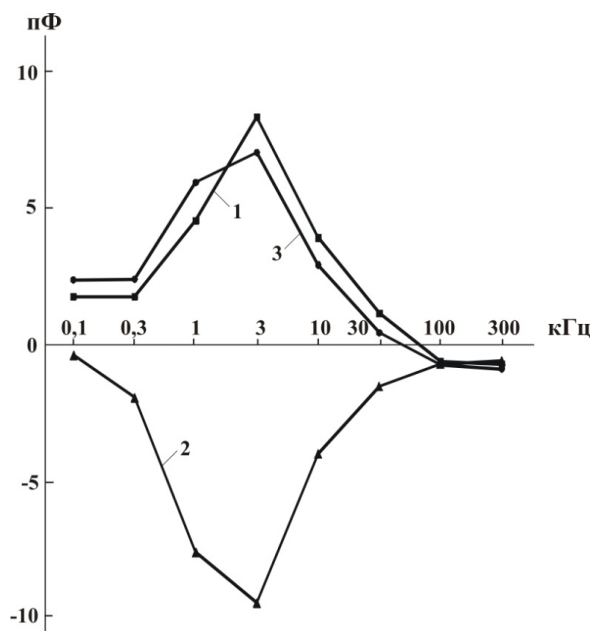


Рис. 4. Влияние различных частот реактивного тока в диапазоне 0,1–300 на относительные изменения (пФ) электрической ёмкости: 1 – электрическая ёмкость дистиллированной воды при 70°C по сравнению с 25°C; 2 – электрическая ёмкость 4 мол.% водно-спиртового раствора по сравнению с электрической ёмкостью дистиллированной воды при 25°C; 3 – электрическая ёмкость 4 мол.% водно-спиртового раствора при 70°C по сравнению с 25°C

Оказалось, что при нагревании дистиллированной воды происходит увеличение ее электрической емкости в диапазоне частот от 0,1 до 30 кГц, которое имеет максимум на частоте 3 кГц (22,5%,  $P < 0,001$ ). Однако при частотах 100 и 300 кГц наблюдалось снижение электрической емкости нагретой дистиллированной воды на 10 и 15% соответственно ( $P < 0,05$  в обоих случаях).

В опытах с 10%-ным водным раствором этанола при температуре 25°C, по сравнению с электрической ёмкостью дистиллированной воды, во всем используемом диапазоне частот происходит уменьшение электрической емкости раствора, которое имеет минимум на частоте 3 кГц (25%,  $P < 0,001$ ). При нагревании от 25 до 70°C электрическая емкость 10%-ного водного раствора этанола возрастала в диапазоне частот от 0,1 до 30 кГц и имело максимум на частоте 3 кГц (24%,  $P < 0,001$ ). Однако при частотах 100 и 300 кГц наблюдалось снижение электрической емкости нагретого водного раствора этанола на 13 и 15% соответственно ( $P < 0,001$  в обоих случаях).

Как отмечалось выше, в воде и ее растворах диполи воды либо слабо связаны между собой, либо ассоциированы, например, в кластеры, гидратные образования ионов [2–5]. При воздействии внешнего переменного электрического поля диполи воды ориентируются относительно его силовых линий, преодолевая силы внутреннего трения (вязкость). Показано также, что размеры кластеров воды уменьшаются при повышении температуры воды и ее растворов [8, 15], а также при повышении концентрации растворов [4] уже от  $10^{-5}$  М [15].

В проведенном нами ранее исследовании [7] на основании расчетов было показано, что при уменьшении размеров ассоциатов диполей воды от  $1,1 \cdot 10^{-6}$  до  $1,3 \cdot 10^{-7}$  м частоты их собственных колебаний возрастают от  $1,0 \cdot 10^3$  до  $5,3 \cdot 10^6$  Гц. Учитывая это, можно предположить, что при нагревании воды уменьшаются как размеры кластеров, так и количество молекул воды, находящихся в ассоциированных образованиях, и, вследствие этого, увеличивается подвижность диполей.

Учитывая это, можно предположить, что возрастание электрической емкости  $1 \cdot 10^{-4}$  М раствора хлорида натрия по сравнению с дистиллированной водой, увеличение при нагревании электрической емкости дистиллированной воды и 10%-ного раствора этанола свидетельствуют о возрастании подвижности диполей воды. Об этом же, очевидно, свидетельствует появление при нагревании на кривых электрической емкости дистиллированной воды и электрической емкости 10%-ного водного раствора этанола локальных максимумов на одной и той же частоте – 3 кГц.

Возрастание подвижности диполей воды, вероятно, является следствием разрушения при повышении температуры относительно крупных кластеров, что и приводит к повышению собственных частот колебаний ассоциатов и, соответственно, к увеличению подвижности диполей воды.

Снижение электрической емкости при нагревании дистиллированной воды на частотах 100 и 300 кГц, возможно, связано с увеличением количе-



ства более мелких кластеров воды, в которых подвижность диполей возрастает на более низких частотах, но еще ограничена на более высоких частотах.

Водно-спиртовые растворы, как известно, представляют собой упорядоченные образования, состоящие из одинаковых (ассоциаты) и разнородных (комплексы) частиц, построенных по типу:  $(\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O})_n$ ,  $(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}-\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_n$  и  $(\text{H}_2\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_n$ . Известно, что в области небольших концентраций (до 3,5 мол.% при температуре 25°C) молекулы спирта внедряются в пустоты ажурной структуры воды [10]. Это приводит к усилению межмолекулярных связей между отдельными диполями за счет гидрофобных свойств алкильных групп этанола, что способствует сближению молекул воды.

При увеличении концентрации спирта (более 3,5 мол.%) процесс упрочнения структур завершается, так как свободные полости оказываются полностью занятыми, и происходит развитие процесса разрушения исходной структурной организации воды в результате снижения прочности трехмерной сетки водородных связей. Данный процесс занимает достаточно большой концентрационный интервал на графических зависимостях многих физических параметров состояния водно-спиртовых смесей, в том числе отражается и на зависимости изменения электрической емкости (рис. 2). При этом с повышением температуры уменьшается количество водородных связей и, следовательно, уменьшается количество свободных пустот. При дальнейшем увеличении концентрации спирта структурное состояние нативной воды полностью разрушается вместе с исчезновением водородных связей между молекулами воды. Образуется ассоциативная структура спирта, полости которой заполняют молекулы воды, уже не способные к формированию крупных образований с прочными водородными связями.

С учетом вышеизложенного снижение электрической емкости водных растворов этанола, по сравнению с дистиллированной водой, очевидно, является результатом развития процессов формирования и разрушения в растворе ассоциатов молекул воды и спирта и их комплексных соединений. Повышение добротности колебательного контура водного раствора этанола, по сравнению с дистиллированной водой, очевидно, свидетельствует о формировании в водном растворе этанола таких структур, которые ограничивают подвижность диполей при воздействии реактивного тока, но повышают подвижность диполей в условиях резонанса на частотах 30, 100 и 300 кГц.

При нагревании водного раствора этанола происходит частичное разрушение ассоциатов молекул воды и спирта, повышение подвижности диполей воды и, соответственно, электрической емкости водного раствора этанола.

В проведенных ранее исследованиях [11, 16] было показано, что при активации дистиллированной воды нагреванием от 20 до 60°C с последующим охлаждением до 20°C без доступа воздуха, при ее магнитной обра-

ботке и при снижении температуры до 10°C происходят уменьшение емкости на низких частотах 1–10 кГц и возрастание добротности при резонансных частотах 30, 100 и 300 кГц. Было предположено, что стимулирующее воздействие активированной воды на живые и неживые системы, вероятно, обусловлено такими изменениями структуры водных систем (в частности, внутри и вне клеток), при которых облегчается взаимодействие между процессами в резонансном режиме, но сохраняется стабильность благодаря ограничению подвижности диполей при воздействии нерезонансных частот.

Поскольку аналогичные сдвиги, по сравнению с дистиллированной водой, наблюдались в водном растворе этанола, то и в водных растворах этанола при определенных условиях может облегчаться взаимодействие между процессами в резонансном режиме, но сохраняться стабильность благодаря ограничению подвижности диполей при воздействии нерезонансных частот.

Таким образом, с использованием электрофизических методов исследования (определение электрической емкости и добротности колебательного контура) можно при различных воздействиях оценивать особенности изменения структурной организации воды и водных растворов этанола, обусловленные изменением соотношения свободных и ассоциированных, например, в кластеры и гидратные образования молекул воды. Полученные данные об особенностях структуры водных растворов этанола следует учитывать при проведении различных исследований в биологии и медицине и интерпретации известных эффектов этилового спирта.

### **Выводы**

1. При температуре 25°C в водно-спиртовых растворах, по сравнению с дистиллированной водой, в диапазоне частот 0,1–300 кГц происходит пропорциональное повышению концентрации раствора снижение электрической емкости с минимумами на частотах 3–10 кГц, но добротность колебательного контура при резонансных частотах 30, 100 и 300 кГц повышается.

2. При повышении температуры от 10 до 70°C 4 мол.% водно-спиртового раствора и дистиллированной воды наблюдается увеличение их электрической емкости в диапазоне частот от 0,1 до 30 кГц с максимумом на частоте 3 кГц, однако при частотах 100 и 300 кГц электрическая емкость этих жидкостей снижается.

3. Изменения электрической емкости и добротности колебательного контура в водно-спиртовых растворах, по сравнению с дистиллированной водой, имеют такую же направленность, как при активации дистиллированной воды магнитным полем, при нагревании до 60°C с последующим охлаждением до исходной температуры 20°C без доступа воздуха, а также при снижении температуры воды до 10°C.

4. Полученные данные следует учитывать при проведении различных исследований в химии, биологии, медицине и при интерпретации известных эффектов этилового спирта.

*Литература*

1. Маленков Г.Г. Структура и динамика жидкой воды // Журнал структурной химии. 2006. Т. 47. Приложение. С. 5–35.
2. Смирнов А.Н., Сыроешкин А.В. Супранадмолекулярные комплексы воды // Российский химический журнал. 2004. Т. 48, № 2. С. 125–135.
3. Сыроешкин А.В., Смирнов А.Н., Гончарук В.В. и др. Вода как гетерогенная структура // Исследовано в России. 2006. С. 843–854. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/088.pdf>.
4. Успенская Е.В. Изучение структуры воды на супрамолекулярном уровне для разработки новых методов стандартизации и контроля качества минеральных вод и жидких лекарственных форм : автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 2007. 27 с.
5. Ho M-W. Large Supramolecular Water Clusters Caught on Camera // Water. 2013. № 6. Р. 1–12.
6. Людвиг В. Вода как носитель информации // Биологическая медицина. 2003. № 2. С. 4–8.
7. Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Процессы структурообразования в воде и водных растворах // Вода и экология. Проблемы и решения. 2012. № 2/3. С. 26–33.
8. Гончарук В.В., Орехова Е.А., Маляренко В.В. Влияние температуры на кластеры воды // Химия и технология воды. 2008. Т. 30, № 2. С. 150–158.
9. Гончарук В.В., Смирнов В.Н., Сыроешкин А.В. и др. Кластеры и гигантские гетерофазные кластеры воды // Химия и технология воды. 2007. Т. 29, № 1. С. 3–17.
10. Алцыбеева А.И., Белоусов В.П., Морачевский А.Г. Термодинамические свойства водных растворов спиртов // Химия и термодинамика растворов. М. : Изд-во Ленинград. гос. ун-та, 1964. С. 145–164.
11. Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В., Кульченко А.К. Современные электрофизические методы исследований структуры воды и водных растворов // Вода и экология. Проблемы и решения. 2014. № 3. С. 21–32.
12. Наберухин Ю.И. Структурные модели жидкостей. Новосибирск : Изд-во Новосиб. гос. ун-та, 1981. 84 с.
13. Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П. и др. Влияние нагревания и концентрации растворов на процессы структурообразования в воде и в водных растворах // Вода и экология. Проблемы и решения. 2012. № 4. С. 43–50.
14. Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Оценка структуры воды и водных растворов при внешних воздействиях // Вестник новых медицинских технологий. 2015. № 2. С. 88–97.
15. Баранов А.В., Петров В.И., Федоров А.В. и др. Влияние микропримесей NaCl на динамику кластерообразования в жидкой воде: спектроскопия низкочастотного комбинационного рассеяния // Письма в ЖЭТФ. 1993. Т. 57, вып. 6. С. 356–359.
16. Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В., Кульченко А.К. Электрические свойства воды при внешних воздействиях // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2014. № 9. С. 20–27.

**Авторский коллектив:**

**Сидоренко Галина Николаевна**, канд. биол. наук, директор научно-исследовательской фирмы Nove tehnologije d.o.o. (Ljubljana, Slovenija). E-mail: [bornovo@gmail.com](mailto:bornovo@gmail.com)

**Лаптев Борис Иннокентьевич**, д-р биол. наук, профессор, руководитель по развитию научно-исследовательской фирмы Nove tehnologije d.o.o. (Ljubljana, Slovenija). E-mail: [bornovo@gmail.com](mailto:bornovo@gmail.com)

**Горленко Николай Петрович**, доктор техн. наук, профессор кафедры химии Томского архитектурно-строительного университета (г. Томск, Россия). E-mail: [gorlen52@mail.ru](mailto:gorlen52@mail.ru)

**Саркисов Юрий Сергеевич**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой химии Томского архитектурно-строительного университета (г. Томск, Россия). E-mail: [yu-s-sarkisov@yandex.ru](mailto:yu-s-sarkisov@yandex.ru)

Антошкин Леонид Владимирович, старший научный сотрудник Института оптики атмосферы имени В.Е. Зуева СО РАН (г. Томск, Россия). E-mail: lant@iao.ru

*Tomsk State University Journal of Chemistry*, 2017, 8, 97-109. DOI: 10.17223/24135542/8/8

---

G.N. Sidorenko<sup>1</sup>, B.I. Laptev<sup>1</sup>, N.P. Gorlenko<sup>2</sup>, Yu.S. Sarkisov<sup>2</sup>, L.V. Antoshkin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Nove Tehnologije d.o.o. (Ljubljana, Slovenija)*

<sup>2</sup>*Tomsk State University of Architecture and Building (Tomsk, Russian Federation)*

<sup>3</sup>*V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics of Academy of Sciences, Siberian Branch (Tomsk, Russian Federation)*

### **Comparative evaluation of the structure of water and aqueous solutions of ethanol using electrophysical methods**

*The modern idea of the structure of water is that in water, there is a complex structural organization, namely, a three-dimensional net formed by molecules that are connected by hydrogen bonds. It is shown that individual water molecules are combined into associates (clusters), which are located in a continuous liquid phase.*

*It is known that ethyl alcohol also is associated with liquids, owing to the ability of their molecules to form hydrogen connections with energy estimated at 6 kcal/mol [10]. These associates are linear chains or flat rings.*

*The work studies the dynamics of the processes of structurization in aqueous–alcoholic solutions of various concentrations using electrophysical methods in a frequency range of 100 Hz to 300 kHz and generalization of the results received.*

*It is shown that at 25°C in water–ethanol solutions, compared with distilled water, at frequencies from 0.1 kHz to 300 kHz a decrease in capacitance occurs that is proportional to the increasing solution concentration with the minima at 3–10 kHz, but the quality factor of the resonant circuit when the resonant frequencies of 30 kHz, 100 kHz, and 300 kHz increases.*

*With increasing temperature of the water–alcohol solution (4 mol %) and distilled water from 10 to 70°C, their electrical capacity is observed to increase in the frequency range from 0.1 kHz to 30 kHz with a maximum at 3 kHz; however at 100 kHz and 300 kHz, the electrical capacity of these fluids is reduced.*

*Changes in the electrical capacitance and q-factor resonant circuit in water–alcohol solutions reflect the change in the mobility of the dipoles and in the structure of solutions and have the same tendency as activated distilled water with a magnetic field, as well as when heated to 60°C with subsequent cooling to the initial temperature 20°C without access to air, or by reducing the water temperature to 10°C.*

*The data obtained should be taken into account when conducting various research in chemistry, biology, and medicine and in the interpretation of the known effects of ethanol.*

**Keywords:** *aqueous–alcohol solutions; structure formation; heating; water cluster electric capacity; Q-factor oscillatory circuit.*

### **References**

1. Malenkov G. Structure and dynamics of liquid water. *Journal structural chemistry*. 2006, 47(app), 5–35.
2. Smirnov A.N., Sirojeshkin A.V. Supramolecular complexes of water. *Rus. chem. journal*. 2004, 48(2), 125–135.

3. Syroeshkin A.V., Smirnov A.N., Goncharuk V.V., etc. Water as heterogeneous structure. 2006, 843–854.
4. Uspenskaja E.V. Studying of structure of water on supramolecular level for development of new methods of standardization and quality assurance of mineral waters and liquid medicinal forms. Abstract. diss. cand. chem. Sci. M. 2007, p.27.
5. Ho M-W. Large Supramolecular Water Clusters Caught on Camera. Water. 2013, 6, 1–12.
6. Ludwig V. Water as a information carrier. Biological medicine. 2003, 2, 4–8.
7. Laptev B.I., Sidorenko G.N., Gorlenko N.P., Sarkisov J.S., Антошкин Л.В. The process of structure formation in water and aqueous solutions. Water and ecology. Problems and decisions. 2012, 2/3, 26–33.
8. Goncharuk V., Smirnov V., Malyarenko V. Influence of temperature on water clusters. Journal of Water Chemistry and Technology. 2008, 30 (2), 150–158.
9. Goncharuk V., Smirnov V., Syroyeshkin A., Malyarenko V. Clusters and gigantic heterophase water clusters. Journal of Water Chemistry and Technology. 2007, 29(1), 3–17.
10. Altsybeeva A.I., Belousov V.P., Morachevsky A.G. Thermodynamic property of aqueous solutions of alcohols. In report. Chemistry and thermodynamics of solutions. Publishing house of the Leningrad state university. 1964, 145–164.
11. Laptev B. ., Sidorenko G.N., Gorlenko N. P., Sarkisov Yu.S., Antoshkin L.V., kulchenko A. K. Modern electro-physical investigation methods of water structure and aqueous solutions. Water and ecology. Problems and solutions. 2014, 3, 21–32.
12. Naberukhin, Y.I. Structural models of liquids. Novosibirsk: Publishing house of Novosibirsk state University. 1981, p. 84.
13. Laptev B.I., Sidorenko G.N., Gorlenko N.P. Sarkisov Yu.S. Effect of heating and solution concentration on the structure formation processes in water and aqueous solutions. Water and ecology. Problems and solutions. 2012, 4, 43–50.
14. Laptev B.I., Sidorenko G.N., Gorlenko N.P., Sarkisov J.S., Антошкин Л.В. Estimation of structure of water and aqueous solutions at external influences. Bulletin of new medical technologies. 2015, 2, 88–97.
15. Baranov A.V., Petrov V.I., Feodors A.B. et al. Influence of micro impurity of NaCl on dynamics of cluster formation in liquid water: a spectroscopy of low-frequency combinational dispersion. Letters in JETF. 57(6), 356–359.
16. Laptev B., Sidorenko G., Gorlenko N. Sarkisov Yu., Antoshkin L., Kulchenko A. Electric properties of water under external actions. Water treatment, purification, water supply. 2014, 9, 20–27.

**Information about authors:**

**Sidorenko Galina N.**, PhD of biology, director of Nove tehnologije d.o.o. (Ljubljana, Slovenija). E-mail: bornovo@gmail.com

**Laptev Boris I.**, DSc of biology, Professor, head of development Nove tehnologije d.o.o. (Ljubljana, Slovenija). E-mail: bornovo@gmail.com

**Gorlenko Nikolay P.**, DSc of technical Science, Professor of chemistry Department of Tomsk State University of Architecture and Building (Tomsk, Russian Federation). E-mail: gorlen52@mail.ru

**Sarkisov Yuriy S.**, DSc of technical Science, Professor, head of the Department of Chemistry of Tomsk State University of Architecture and Building (Tomsk, Russian Federation). E-mail: yu-s-sarkisov@yandex.ru

**Antoshkin Leonid V.**, senior researcher of V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics of Academy of sciences, Siberian Branch (Tomsk, Russian Federation). E-mail: lant@iao.ru