

УДК 546.212

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-2-202-214

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 Technologije D. O. O.*,

<sup>2</sup>*Томский государственный архитектурно-строительный университет*,

<sup>3</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН*

## ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В ВОДЕ И ВОДОСОДЕРЖАЩИХ СРЕДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ТЕРМОМЕТРИИ

Разработаны измерительные ячейки, а также неразрушающий и воспроизводимый способ оценки структуры воды, водных растворов, животных и растительных объектов, имеющий для этого достаточно высокую разрешающую способность. Способ основан на измерении электрической емкости и добротности колебательного контура при внесении изучаемых объектов между обкладками конденсатора. Установлено, что при изменении температуры воды и водосодержащих систем, концентрации растворов, их состава, воздействии материала поверхности, магнитного поля наблюдаются значительные изменения электрической емкости и добротности колебательного контура, а на кривых изменения температуры при нагревании и остывании воды обнаружены локальные максимумы и минимумы при температурах 32, 39 и 42 °С. Показано, что с увеличением частоты реактивного тока от 1 до 100 кГц электрическая емкость дистиллированной воды снижается на 34 % от исходного уровня. Выявлено, что при низких концентрациях водного раствора натрия максимальное значение электрической емкости наблюдается на частоте 30 кГц, а с повышением концентрации – на частоте 100 кГц. При этом добротность колебательного контура раствора по сравнению с дистиллированной водой при резонансных частотах 30, 100 и 300 кГц возрастает от 1,5 до 14 раз. Использование электрофизических параметров воды, водосодержащих систем и термометрии позволяет оценивать происходящие в них процессы структурообразования, обусловленные изменением соотношения количества «свободных» диполей воды, диполей воды, находящихся в кластерах и в гидратных образованиях ионов, а также изменением ориентационной поляризации макромолекул, состоянием клеточных и внутриклеточных мембран, изменением содержания компонентов этих сред.

**Ключевые слова:** структура воды; структура водосодержащих систем; кластеры воды; гидратация ионов; изменение температуры; электрическая емкость; резонанс.

**Для цитирования:** Сидоренко Г.Н., Лаптев Б.И., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Оценка процессов структурообразования в воде и водосодержащих средах с использованием электрофизических методов и термометрии // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 2. С. 202–214.  
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-2-202-214

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 Technologije D. O. O.*,

<sup>2</sup>*Tomsk State University of Architecture and Building*,

<sup>3</sup>*V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS*

## ELECTROPHYSICAL AND TEMPERATURE CALCULATIONS OF STRUCTURIZATION IN WATER AND WATER-CONTAINING MEDIA

The paper proposes sample cells and the non-destructive and reproducing calculation of water structure, water solutions, animals and vegetables. This method provides a high resolution capability and is based on measuring the electric capacity and quality of oscillating circuits when placing the studied objects between the condenser plates. It is found that at a temperature change in water and water-containing systems, concentration and structure of solutions, material surface and magnetic field, significant changes are observed in the electric capacity and the quality of the oscillating circuit. Also, local maxima and minima are found at temperatures of 32, 39 and 42 °C on temperature curves, when heating and cooling water. It is shown that with the frequency increase of reactive current from 1 to 100 kHz the electric capacity of distilled water decreases by 34 %. At a low concentration of sodium solution, the maximum value of electric capacity is observed at 30 kHz, while and with the increase in concentration – at 100 kHz. In comparison with distilled water, the quality of the oscillating circuit increases from 1.5 to 14 times at resonance frequencies 30, 100 and 300 kHz. The electrophysical parameters of water, water-containing systems and thermometry method allow evaluating the structurization process caused by the change in the amount of free dipoles of water and those in clusters, hydrated ion formations as well as by the change in the orientation polarization of macromolecules, cellular and intracellular membranes, and components of these media.

**Keywords:** water structure; water-containing systems; water clusters; ion hydration; temperature change; electric capacitance; resonance.

**For citation:** Sidorenko G.N., Laptev B.I., Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S., Antoshkin L.V. Otsenka protsessov strukturoobrazovaniya v vode i vodosoderzhashchikh sredakh s ispol'zovaniem elektrofizicheskikh metodov i termometrii [Electrophysical and temperature calculations of structurization in water and water-containing media]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 2. Pp. 202–214.  
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-2-202-214

### Введение

В настоящее время в науке и обществе повышается интерес к изучению воды, ее физико-химических и биологических свойств, обусловленных наличием в воде и водных системах надмолекулярных структур [1, 2].

Наличие водородных связей, имеющих время жизни  $\sim 10^{-12}$  с, приводит к тому, что в воде и ее растворах происходит непрерывное образование и разрушение ассоциатов молекул воды (кластеров) [3–5]. С учетом малых длительностей жизни водородных связей и при постоянных термодинамических условиях, очевидно, можно говорить о практически непрерывном изменении структурного состояния воды.

В работе [6] показано, что ассоциат минимального размера – кластер – состоит из 6 молекул воды. Однако их размеры могут достигать порядка 100 мкм

со временем релаксации 1–2 с [3, 4, 7]. Кластеры воды могут взаимодействовать между собой и образовывать фрактальные структуры подобно структуре многоклеточных организмов и других биологических сред [4, 8]. В работах [8–11] показано, что размеры кластеров зависят от концентрации раствора, температуры, воздействия магнитного поля, pH среды и других факторов.

Изменение структурной организации воды и водных систем при внешних воздействиях приводит к перераспределению молекул воды между ее ассоциатами, размерами и составом гидратных образований ионов. Рассматриваемые процессы возможных структурных превращений в воде и в водных растворах обуславливают ее реакционную способность к другим взаимодействующим с ней веществам. Это в полной мере касается и цементных систем. Гидравлическая активность цемента, таким образом, зависит не только от вида и природы самого цемента, но и от исходного состояния воды затворения [12]. Это в значительной мере расширяет арсенал методов управления структурой и свойствами цементного камня и других дисперсных систем [13]. В этой связи чрезвычайно актуальным является исследование влияния на структурно-энергетическое состояние воды различных физических, химических, физико-химических и биологических факторов [14–16].

Целью настоящей работы является исследование процессов структурообразования в воде и водосодержащих средах с использованием комплекса электрофизических методов исследования.

#### Методы исследования

Отличительной особенностью методики проведения эксперимента является использование неразрушающего и воспроизводимого способа изменения структурно-энергетического состояния воды и водных растворов неорганических и органических объектов различной природы. Подробно методика изложена в работах [14–16].

На воду и водосодержащие системы воздействовали путем изменения концентрации растворов, их состава, температуры, pH, варьированием природы материала поверхности пристеночного слоя, а также магнитным полем оригинальных магнитных систем по методике, описанной в работе [17].

#### Результаты и их обсуждение

По графику зависимости теплоемкости воды от температуры, по данным [18], с большим разрешением (при изменении температуры с интервалом на 1 градус) установлено, что минимум удельной теплоемкости наблюдается при температуре 35–37 °С (рис. 1).

Как видно из этого рисунка, значения теплоемкости в области температур от 30 до 38 °С не изменяются, что, вероятно, свидетельствует об отсутствии в этом диапазоне температур значительных структурных перестроек в воде.

Авторами работы [16] обнаружены локальные повышения (максимумы) при температуре 32, 39 и 42 °С (рис. 2) на статистически обработанных кривых средних относительных изменений температуры дистиллированной воды  $T_i$  при охлаждении от 46 до 29 °С и при нагревании от 29 до 46 °С. При этом в диапазоне температур от 33 до 38 °С значения этой кривой практически

не изменялись, что частично соответствует динамике зависимости изменения теплоемкости воды от температуры, приведенной на рис. 1.

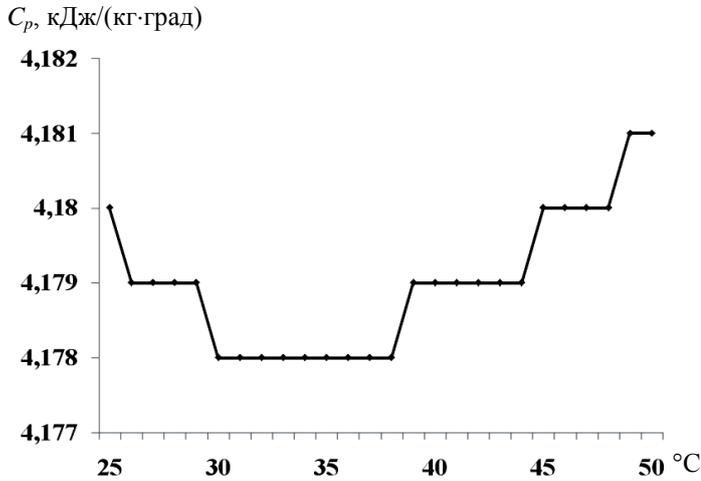


Рис. 1. Зависимость теплоемкости ( $C_p$ ) воды от температуры (при изменении температуры с интервалом на 1 градус) в диапазоне от 25 до 50 °С (цит. по [18])

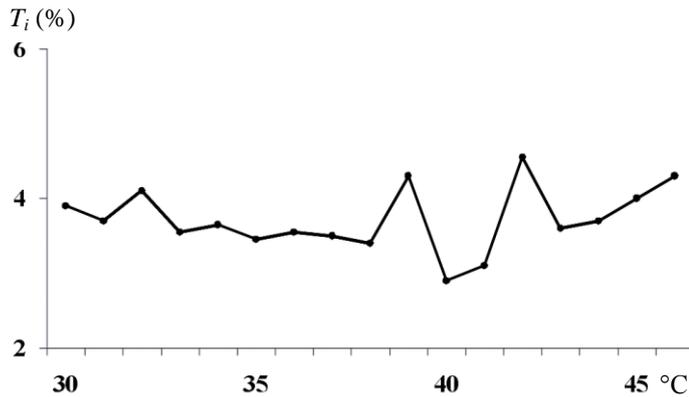


Рис. 2. Динамика средних арифметических значений относительных изменений температуры дистиллированной воды  $T_i$  при охлаждении от 46 до 29 °С и нагревании от 29 до 46 °С

Известно, что при повышении температуры дистиллированной воды и растворов солей до 40 °С в них происходит разрушение кластеров с размерами от 2 до 40 мкм с поглощением энергии [9]. С учетом этого можно предположить, что локальные максимумы на кривых относительного времени снижения или повышения температуры воды при 32, 39 и 42 °С являются следствием изменения скорости процессов охлаждения (или нагревания) воды при этих температурах с дополнительным выделением (или поглощением) энергии, вызванным изменением структуры воды (образованием или разрушением кластеров воды) в указанных температурных интервалах.

Предположение о разрушении кластеров при поглощении энергии и образовании ассоциатов при выделении энергии подтверждается приведенными ниже данными электрофизических методов исследования.

При температуре 20 °С с увеличением частоты реактивного тока от 1 до 100 кГц электрическая емкость дистиллированной воды многократно (до 34 % от исходного уровня,  $P < 0,001$ ) снижается (рис. 3, а) [14]. Следует отметить, что уже при частоте 3 кГц емкость достоверно уменьшается по сравнению с частотой 1 кГц ( $P < 0,001$ ). При дальнейшем повышении частоты от 100 до 3000 кГц электрическая емкость снижается только на 3 %.

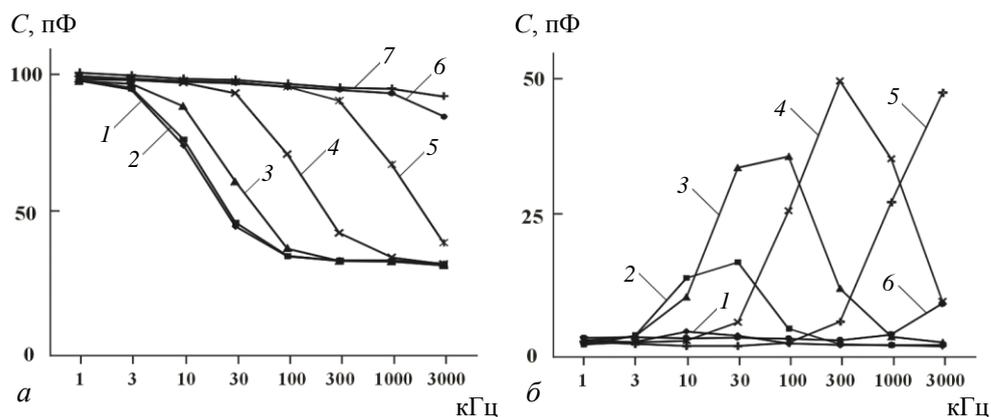


Рис. 3. Зависимость электрической ёмкости дистиллированной воды и водных растворов от частоты реактивного тока (а): 1 – дистиллированная вода; 2–7 – растворы соли хлорида натрия в концентрациях  $1 \cdot 10^{-6}$  М,  $1 \cdot 10^{-5}$  М,  $1 \cdot 10^{-4}$  М,  $1 \cdot 10^{-3}$  М,  $1 \cdot 10^{-2}$  М и  $1,5 \cdot 10^{-1}$  М соответственно; относительное изменение электрической ёмкости при различных частотах реактивного тока и концентрациях раствора NaCl (б): 1 –  $1 \cdot 10^{-6}$  М раствор по сравнению с дистиллированной водой; 2 –  $1 \cdot 10^{-5}$  М раствор по сравнению с  $1 \cdot 10^{-6}$  М раствором; 3 –  $1 \cdot 10^{-4}$  М раствор по сравнению с  $1 \cdot 10^{-5}$  М раствором; 4 –  $1 \cdot 10^{-3}$  М раствор по сравнению с  $1 \cdot 10^{-4}$  М раствором; 5 –  $1 \cdot 10^{-2}$  М раствор по сравнению с  $1 \cdot 10^{-3}$  М раствором; 6 –  $1,5 \cdot 10^{-1}$  М раствор по сравнению с  $1 \cdot 10^{-2}$  М раствором

Электрическая емкость водных растворов NaCl повышается с увеличением концентрации раствора. Так, при концентрации водного раствора NaCl  $1 \cdot 10^{-6}$  М возрастание его электрической емкости (по сравнению с емкостью дистиллированной воды) наблюдается на частотах 10 и 30 кГц с максимумом на частоте 10 кГц (рис. 3, а и б,  $P < 0,05$  в обоих случаях).

При концентрации  $1 \cdot 10^{-5}$  М емкость раствора (по сравнению с  $1 \cdot 10^{-6}$  М раствором NaCl) максимально возрастает на частоте 30 кГц, а при концентрации  $10^{-4}$  М (по сравнению с  $10^{-5}$  М раствором) максимальное увеличение этого параметра наблюдается на частоте 100 кГц ( $P < 0,001$ ). При дальнейшем повышении концентрации раствора до  $1 \cdot 10^{-3}$  М,  $1 \cdot 10^{-2}$  М и до  $1,5 \cdot 10^{-1}$  М максимальное относительное возрастание емкости происходит на частотах 300 и 3000 кГц ( $P < 0,001$  во всех случаях). При максимальной же концентрации раствора NaCl ( $1,5 \cdot 10^{-1}$  М) снижение емкости дистиллированной воды при повышении частоты от 1 до 3000 кГц составляет всего 8,7 %.

Таким образом, при повышении концентрации растворов солей происходит последовательное увеличение их емкости сначала на низких, а затем и на более высоких частотах, что свидетельствует о повышении подвижности диполей при возрастании концентрации раствора хлорида натрия. Аналогичные результаты наблюдались в проведенных нами ранее исследованиях [10].

При нахождении дистиллированной воды между обкладками конденсатора добротность колебательного контура на резонансных частотах 30, 100 и 300 кГц (рис. 4) составляет соответственно  $6,0 \pm 0,2$ ;  $13,6 \pm 0,5$  и  $34,9 \pm 0,9$ , т. е. увеличивается с повышением резонансной частоты ( $P < 0,001$  во всех случаях).

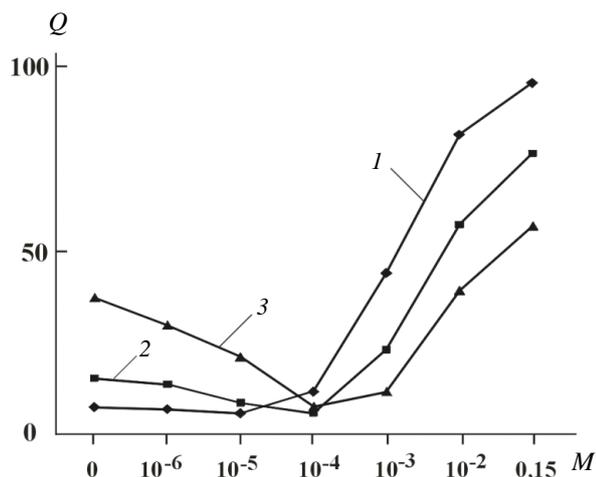


Рис. 4. Изменение добротности ( $Q$ ) колебательного контура с увеличением концентрации раствора NaCl при резонансной частоте 30 кГц (1), 100 кГц (2) и 300 кГц (3)

В экспериментах с растворами NaCl при увеличении их концентрации более  $10^{-5}$  М происходит снижение величины индуктивности, необходимой для достижения резонанса на указанных частотах ( $P < 0,001$ ). Это свидетельствует о том, что по сравнению с дистиллированной водой в растворах соли происходит изменение структуры, приводящее к увеличению количества диполей, совершающих колебательные движения при резонансных частотах 30, 100 и 300 кГц. Однако добротность колебательного контура по сравнению с дистиллированной водой при использовании  $10^{-5}$  М раствора NaCl снижается при частоте 30 кГц на 27 %, при частоте 100 кГц – на 47 % и при частоте 300 кГц – на 44 %.

При больших концентрациях раствора NaCl добротность начинает возрастать сначала при резонансной частоте 30 кГц, а затем при более высоких резонансных частотах – 100 и 300 кГц (рис. 4). Так, при максимальной концентрации раствора NaCl ( $1,5 \cdot 10^{-1}$  М) добротность колебательного контура при резонансных частотах 30, 100, и 300 кГц составляет соответственно  $91,6 \pm 0,6$ ;  $73,0 \pm 0,5$  и  $53,8 \pm 0,4$ , т. е., в отличие от дистиллированной воды, добротность снижается с повышением резонансной частоты ( $P < 0,001$  во всех случаях). При этом по сравнению с дистиллированной водой добротность при 30, 100 и 300 кГц возрастает в 14 раз, 4 раза и в 1,5 раза соответственно.

Следует отметить, что возрастание добротности наблюдается лишь после начала повышения емкости на соответствующей частоте и при такой концентрации раствора, когда значение емкости достигнет величины, близкой к таковой при максимальной концентрации раствора.

Снижение добротности колебательного контура при повышении концентрации водных растворов до  $10^{-5}$ – $10^{-4}$  М (рис. 4) могло быть обусловлено «конкуренцией» кластеров воды и гидратных образований ионов за молекулы воды (включая несвязанные между собой молекулы), приводящей к уменьшению размеров кластеров, увеличению количества молекул воды, находящихся в гидратных образованиях. Эти изменения могут приводить к повышению неоднородности структуры растворов и к снижению подвижности диполей воды в резонансном режиме.

При дальнейшем возрастании концентрации растворов размеры кластеров воды и количество молекул воды, находящихся в них, продолжают уменьшаться, но возрастает количество молекул воды, находящихся в области дальней гидратации ионов, где они меньше связаны между собой, чем в кластерах или в области ближней гидратации. Это приводит к относительному возрастанию подвижности диполей воды в резонансном режиме и, соответственно, к увеличению добротности колебательного контура (преимущественно на низкой резонансной частоте), а также к дальнейшему увеличению электрической емкости воды.

Вероятно, что наблюдаемое в исследовании с дистиллированной водой возрастание добротности колебательного контура с повышением резонансной частоты от 30 до 300 кГц и снижение этого показателя с повышением резонансной частоты от 30 до 300 кГц в растворах NaCl с концентрацией выше  $10^{-4}$  М также подтверждают сделанное выше предположение. Величина электрической емкости воды, водных растворов солей и добротности колебательного контура при нахождении этих жидкостей между обкладками конденсатора зависит не только от концентрации растворов, но и от природы растворенной соли [19], от материала поверхности, с которым контактирует вода, и расстояния до материала поверхности [20], воздействия магнитного поля [21] и других факторов.

При этом при использовании растворов различных солей было установлено, что снижение электрической емкости на частоте 3 мГц коррелировало с уменьшением молекулярной массы используемых солей ( $r = 0,992$ ;  $P < 0,001$ ).

Выраженные различия влияния материала поверхности наблюдались при оценке динамики добротности колебательного контура. Так, на частоте 100 кГц добротность колебательного контура в ячейке с полимерной поверхностью при высотах слоя жидкости 16 и 200 мкм составила 48 и 37 % соответственно по сравнению с величинами этого параметра в ячейке со стеклянной поверхностью ( $P < 0,001$  в обоих случаях).

Существенные изменения электрофизических параметров воды были выявлены при воздействии магнитного поля. В работе [18] было также показано, что после омагничивания дистиллированной воды величина её электрической емкости при частотах реактивного тока 3–30 кГц снижается (рис. 5, а) на 5–8 % ( $P < 0,001$ ). Однако величина добротности колебательного контура

(при помещении воды между изолированными обкладками конденсатора) на резонансных частотах 30, 100 и 300 кГц возрастала (рис. 5, б) на 11, 13 и 10 % соответственно ( $P < 0,001$  во всех случаях).

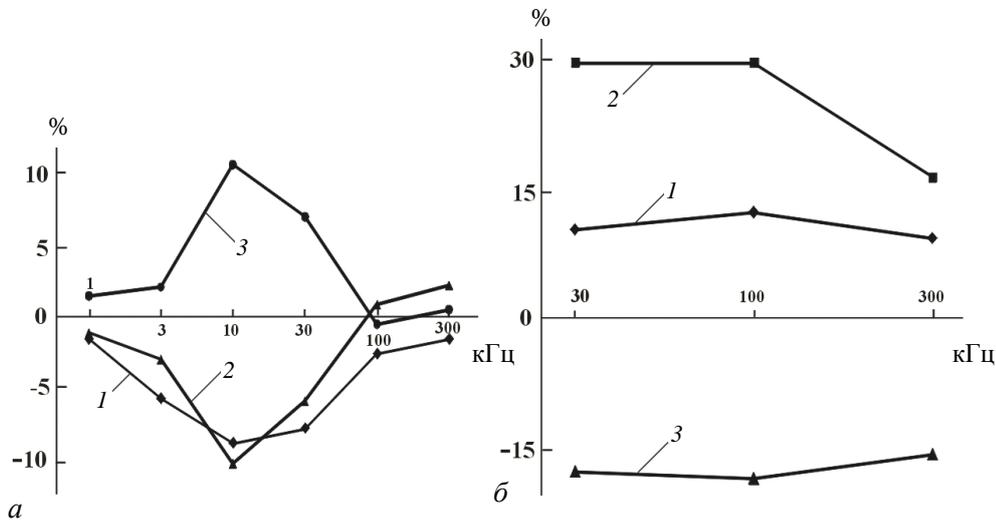


Рис. 5. Относительные изменения (в %) электрической емкости дистиллированной воды (а) и добротности (б) колебательного контура (при нахождении дистиллированной воды между обкладками конденсатора) после различных воздействий и при различных частотах реактивного тока: 1 – после омагничивания; 2 – после охлаждения до 10 °С; 3 – после нагревания до 30 °С

Изменения электрической емкости дистиллированной воды и добротности колебательного контура после воздействия магнитным полем свидетельствуют об изменении ее структуры. Это подтверждается также возрастанием значения рН от  $5,27 \pm 0,02$  до  $5,43 \pm 0,02$ .

Для оценки возможных механизмов изменения структуры воды, активированной магнитным полем, были измерены электрические параметры дистиллированной воды после ее охлаждения до 10 °С (2-я серия опытов) и при нагревании (3-я серия опытов) до 30 °С (рис. 5).

Электрическая емкость дистиллированной воды после охлаждения до 10 °С снижается на 5–9 % при частотах 10 и 30 кГц ( $P < 0,001$ ), а добротность колебательного контура на всех изученных частотах повышается на 17–30 % ( $P < 0,001$ ).

Динамика изменения изучаемых параметров дистиллированной воды при ее нагреве до 30 °С (4-я серия опытов) имеет противоположную направленность. Так, электрическая емкость на частотах 10 и 30 кГц возрастает на 6–7 % ( $P < 0,001$ ), а добротность колебательного контура на всех изученных частотах снижается на 14–17 % ( $P < 0,001$ ).

При использовании метода лазерной микроскопии [8] показано, что омагничивание, а также повышение температуры дистиллированной воды и растворов солей от 20 до 40 °С вызывает снижение концентрации крупных кластеров с размерами от 2 до 40 мкм, а при температуре 30 °С и выше кла-

стеры размером 30 мкм исчезают. Приведенные выше данные литературы и полученные результаты, включая изменение электрофизических параметров и повышение рН, позволяют предположить, что наблюдаемые изменения электрофизических параметров при охлаждении дистиллированной воды до 10 °С и воздействии магнитным полем обусловлены повышением ее структурированности. При нагревании же дистиллированной воды происходит снижение ее структурированности, разрушение крупных кластеров и относительное увеличение количества более мелких кластеров воды, что сопровождается увеличением электрической емкости воды, но снижением добротности колебательного контура.

Для более детальной оценки воздействия температуры на электрическую емкость воды и водных растворов хлорида натрия проведены исследования, в которых дистиллированную воду и растворы хлорида натрия, нагретые до 70 °С, медленно охлаждали до 29 °С.

Оказалось, что при температуре 46 °С по сравнению с 29 °С электрическая емкость жидкостей возрастает. При этом частота, при которой наблюдается максимальное повышение этого показателя, увеличивается пропорционально возрастанию концентрации растворов. Однако при частоте реактивного тока 1 мГц электрическая емкость дистиллированной воды,  $1 \cdot 10^{-5}$  и  $3 \cdot 10^{-5}$  М растворов NaCl снижается на 2–3 % ( $P < 0,001$ ). По мере увеличения концентрации нагреваемых растворов наблюдается последовательное возрастание их емкости сначала на низких, а затем и на более высоких частотах.

Исходя из вышеизложенного увеличение электрической емкости при повышении концентрации водных растворов и возрастании температуры могло быть обусловлено «конкуренцией» кластеров воды и гидратных образований ионов за молекулы воды (включая несвязанные между собой молекулы). Это приводит к уменьшению размеров кластеров, увеличению количества молекул воды, находящихся в гидратных образованиях. При этом относительное снижение электрической емкости дистиллированной воды,  $1 \cdot 10^{-5}$  и  $3 \cdot 10^{-5}$  М растворов NaCl могло быть следствием увеличения при большей температуре количества более мелких кластеров, в которых снижается подвижность диполей воды [20].

Полученные результаты подтверждают ранее высказанное предположение [22] о том, что механизм изменения структурного состояния дистиллированной воды и водного раствора NaCl при нагревании может быть аналогичен механизму изменений структурных превращений в воде при возрастании концентрации раствора этой соли. В основе этих явлений лежат процессы разрушения и уменьшения ассоциатов молекул воды с увеличением доли мономерных диполей.

На основе проведенных исследований авторами предложены критерии оценки изменения структурных превращений в воде и водосодержащих системах путем измерения электрофизических параметров. Например, критерий  $K_S$  рассчитывали по следующей формуле:

$$K_S = \frac{C_1^2}{C_{10} \cdot C_{3000}},$$

где  $C_1$ ,  $C_{10}$  и  $C_{3000}$  – ёмкость жидкости на частоте 1, 10 и 3000 кГц.

При увеличении концентрации растворов NaCl до  $10^{-1}$  М величина коэффициента  $K_S$  монотонно снижается от 34,8 до 1,16. Например, при оценке структуры используемых питьевых и минеральных вод оказалось, что с увеличением их минерализации величины коэффициента  $K_S$  снижались и составляли для дистиллированной воды  $4,44 + 0,03$  и  $2,76 + 0,01$ ; для водопроводной воды –  $2,64 + 0,01$ ;  $2,58 + 0,01$  и  $1,16 + 0,01$  [23].

Следует отметить, что изменение критерия  $K_S$  коррелирует с изменением логарифма концентрации раствора NaCl ( $r = -0,959$ ;  $P < 0,01$ ).

Повышение (снижение) электрической емкости в диапазоне частот от 1 до 3000 кГц в водосодержащих средах, растительных и животных тест-объектах [14] при различных воздействиях свидетельствует об уменьшении (увеличении) структурированности этих сред.

Таким образом, направленное изменение структурно-энергетического состояния воды и водно-солевых растворов позволяет регулировать ее реакционную способность по отношению к объектам различной природы, в том числе по отношению к вяжущим веществам различного технического назначения [24]. Это позволяет существенно повысить не только прочность цементного камня и строительных материалов на его основе, но и значительно улучшить их эксплуатационные свойства.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маленков Г.Г. Структура и динамика жидкой воды // Журнал структурной химии. 2006. Т. 47. (прил.). С. 5–35.
2. Улащик В. С. Элементы молекулярной физиотерапии. Минск : Беларуская наука, 2014. 257 с.
3. 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.
4. Смирнов А.Н., Сыроешкин А.В. Супранадмолекулярные комплексы воды // Российский химический журнал. 2004. Т. 48. № 2. С. 125–135.
5. Ho M-W. Large Supramolecular Water Clusters Caught on Camera – A Review // Water. 2013. Т. 6. Р. 1–12.
6. Michaelides A., Morgenstern K. Ice nanoclusters at hydrophobic metal surfaces // Nature Materials. 2007. Т. 6. Р. 597–601.
7. Коновалов А.И. Образование наноразмерных молекулярных ансамблей в высокоразбавленных водных растворах // Вестник РАН. 2013. Т. 83. № 12. С. 1076–1082.
8. Гончарук В.В., Орехова Е.А., Малярченко В.В. Влияние температуры на кластеры воды // Химия и технология воды. 2008. Т. 30. № 2. С. 150–158.
9. 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.
10. Сыроешкин А.В., Смирнов А.Н., Гончарук В.В. и др. Вода как гетерогенная структура // Исследовано в России: электронный журнал. 2006. С. 843–854. Условия доступа : <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/088.pdf>
11. Фарацук Н.Ф., Теленкова О.Г., Михайлова Р.И. Восстановление структуры воды после кипячения // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2008. № 6. С. 20–21.
12. Горленко Н.П., Саркисов Ю.С. Низкоэнергетическая активация дисперсных систем. Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та, 2011. 264 с.
13. Саркисов Ю.С. Управление процессами структурообразования дисперсных систем // Изв. вузов. 1993. № 2. С. 106–110.
14. Сидоренко Г.Н., Лаптев Б.И., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Возможности электрофизических методов исследования и термометрии для оценки структуры водосодер-

- жащих сред (растворов, растительных и животных объектов) // Вестник новых медицинских технологий. 2016. № 2. Публикация 7-3. Условия доступа : <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-2/7-3.pdf>. DOI:10.12737/20078
15. Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П. и др. Современные электрофизические методы исследований структуры воды и водных растворов // Вода и экология. Проблемы и решения. 2014. № 3. С. 21–32.
  16. Левицкий Е.Ф., Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н. Электромагнитные поля в курортологии и физиотерапии. Томск, 2000. 113 с.
  17. *TehTab.ru*. URL: <http://tehtab.ru/Guide/GuideMedias/GuideWater/GuideWater1bar0to100deg/>
  18. Сидоренко Г.Н., Лаптев Б.И., Горленко Н.П., Антошкин Л.В. Использование низкоэнергетических воздействий для улучшения свойств воды // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2018. № 4. С. 18–21.
  19. 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.
  20. 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.
  21. 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.
  22. Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Антошкин Л.В. Оценка структуры воды с использованием термометрии и электрофизических методов исследования // Вестник новых медицинских технологий. 2016. № 1. С. 151–157.
  23. Сидоренко Г.Н., Лаптев Б.И., Горленко Н.П., Антошкин Л.В. Оценка структуры питьевых и минеральных вод с использованием метода диэлектротометрии // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2018. № 10. С. 64–68.
  24. Горленко Н.П., Лаптев Б.И., Саркисов Ю.С., Сидоренко Г.Н., Кульченко А.К. Влияние электромагнитных полей на свойства жидкости затворения цементных систем // Перспективные материалы в строительстве и технике : материалы Международной научной конференции молодых ученых, 15–17 октября 2014 года. Томск, 2014. С. 137–145.

## REFERENCES

1. Malenkov G.G. Struktura i dinamika zhidkoj vody [Structure and dynamics of liquid water]. *Zhurnal strukturnoj himii*. 2006. V. 47. Pp. 5–35. (rus)
2. Ulashchik V.S. Ehlementy molekulyarnoj fizioterapii [Elements of molecular physiotherapy]. Minsk: Belaruskaya nauka, 2014. 257 p. (rus)
3. Goncharuk V.V., Smirnov, V.N., Syroeshkin, A.V., et al. Klasteri i gigantskie geterofaznye klasteri vody [Clusters and giant heterophase water clusters]. *Himiya i tekhnologiya vody*. 2007. V. 29. No. 1. Pp.3–17. (rus)
4. Smirnov A.N., Syroeshkin A.V. Supranadmolekulyarnye komplekсы vody [Supranadmolecular water complexes]. *Rossiiskii khimicheskii zhurnal*. 2004. V. 48. No. 2. Pp. 125–135. (rus)
5. Ho M-W. Large supramolecular water clusters caught on camera. A review. *Water*. 2013. V. 6. Pp. 1–12.
6. Michaelides A., Morgenstern K. Ice nanoclusters at hydrophobic metal surfaces. *Nature Materials*. 2007. V. 6. Pp. 597–601.
7. Konovalov A.I. Obrazovanie nanorazmernih molekulyarnyh ansamblej v vysokorazbavlennyh vodnyh rastvorah [Formation of nanoscale molecular ensembles in highly dilute aqueous solutions]. *Vestnik RAN*. 2013. V. 83. No. 12. Pp. 1076–1082. (rus)
8. Goncharuk V.V., Orekhova E.A., Malyarenko V.V. Vliyanie temperatury na klasteri vody [The effect of temperature on water clusters]. *Himiya i tekhnologiya vody*. 2008. V.30. No. 2. Pp. 150–158. (rus)
9. Baranov A.V., Petrov V.I., Fedorov A.V., et al. Vliyanie mikroprimesej NaCl na dinamiku klasteroobrazovaniya v zhidkoj vode: spektroskopiya nizkochastotnogo kombinacionnogo rassseyaniya [NaCl trace elements effect on cluster formation dynamics in liquid water: low-frequency Raman spectroscopy]. *Pis'ma v ZHEHTF*. 1993. V. 57. No. 6. Pp. 356–359. (rus)

10. Syroeshkin A.V., Smirnov A.N., Goncharuk V.V., et al. Voda kak geterogennaya struktura [Water as a heterogeneous structure]. *Issledovano v Rossii*. 2006. Pp. 843–854. Available: <http://zhurnal.apelarn.ru/articles/2006/088.pdf>. (rus)
11. Farashchuk N.F., Telenkova O.G., Mihajlova R.I. Vosstanovlenie struktury vody posle kipyacheniya [Restoring the structure of water after boiling]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*. 2008. No. 6. Pp. 20–21. (rus)
12. Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S. Nizkoenergeticheskaya aktivaciya dispersnyh system [Low-energy activation of dispersed systems]. Tomsk: TSUAB, 2011. 264 p. (rus)
13. Sarkisov Yu.S. Upravlenie processam strukturoobrazovaniy adispersnyh system [Control for dispersed system formation]. *Izv. vuzov*. 1993. No. 2. Pp. 106–110. (rus)
14. Sidorenko G.N., Laptev B.I., Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S., Antoshkin L.V. Vozmozhnosti ehlektrofizicheskikh metodov issledovaniya I termometrii dlya ocenki struktury vodosoderzhashchih sred (rastvorov, rastitel'nyh I zhivotnyh ob"ektov) [Electrophysical research methods and thermometry for assessing structure of water-containing media (solutions, plant and animal objects)]. *Vestnik novykh medicinskih tekhnologij*. 2016. No. 2. Available: [www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-2/7-3.pdf](http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-2/7-3.pdf) DOI:10.12737/20078. (rus)
15. Laptev B.I., Sidorenko G. N., Gorlenko N.P., et al. Sovremennyye ehlektrofizicheskie metody issledovaniy struktury vody I vodnyh rastvorov [Modern electrophysical methods for studying water and aqueous solution structure]. *Voda i ehkologiya. Problemy i resheniya*. 2014. No. 3. Pp. 21–32. (rus)
16. Levickij E.F., Laptev B.I., Sidorenko G.N. Ehlektromagnitnye polya v kurortologii I fizioterapii [Electromagnetic fields in balneology and physiotherapy]. Tomsk, 2000. 113 p. (rus)
17. *TehTab.ru*. Available: <http://tehtab.ru/Guide/GuideMedias/GuideWater/GuideWater1bar0to100deg/>
18. Sidorenko G.N., Laptev B.I., Gorlenko N.P., Antoshkin L.V. Ispol'zovanie nizkoenergeticheskikh vozdeystvij dly auluchsheniya svojstv vody [Low-energy effects on water properties]. *Vodoochistka, vodopodgotovka, vodosnabzhenie*. 2018. No. 4. Pp. 18–21. (rus)
19. Laptev B.I., Sidorenko G.N., Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S., Antoshkin L.V., Kul'chenko A.K. Ehlektricheskie svojstva vody pri vneshnih vozdeystviyah [Electrical properties of water under external influences]. *Vodoochistka, vodopodgotovka, vodosnabzhenie*. 2014. No. 9. Pp. 20–27. (rus)
20. Laptev B.I., Sidorenko G.N., Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S., Antoshkin L.V. Processy strukturoobrazovaniya v vode i vodnyh rastvorah [Structure formation in water and aqueous solutions]. *Voda i ehkologiya. Problemy i resheniya*. 2012. No. 2/3. Pp. 26–33. (rus)
21. Laptev B.I., Sidorenko G.N., Gorlenko N.P., et al. Vliyanie nagrevaniya I koncentracii rastvorov na process strukturoobrazovaniya v vode i v vodnyh rastvorah [Influence of heating and concentration of solutions on structure formation in water and aqueous solutions]. *Voda i ehkologiya. Problemy i resheniya*. 2012. No. 4. Pp. 43–50. (rus)
22. Laptev B.I., Sidorenko G.N., Gorlenko N.P., Antoshkin L.V. Ocenka struktury vody s ispol'zovaniem termometrii i ehlektrofizicheskikh metodov issledovaniya [Evaluation of water structure with thermometry and electrophysical methods]. *Vestnik novykh medicinskih tekhnologij*. 2016. No. 1. Pp. 151–157. (rus)
23. Sidorenko G.N., Laptev B.I., Gorlenko N.P., Antoshkin L.V. Ocenka struktury pit'evykh i mineral'nykh vod s ispol'zovaniem metoda diehlektrometrii [Structure of drinking and mineral water with dielectrometry method]. *Vodoochistka, vodopodgotovka, vodosnabzhenie*. 2018. No. 10. Pp. 64–68. (rus)
24. Gorlenko N.P., Laptev B.I., Sarkisov YU.S., Sidorenko G.N., Kul'chenko A.K. Vliyanie ehlektromagnitnykh polej na svojstva zhidkosti zatvoreniya cementnykh sistem [Influence of electromagnetic fields on mixing fluid properties of cement systems]. *Perspektivnye materialy v stroitel'stve i tekhnike. Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii molodykh uchenykh (Proc. Int. Sci. Conf. of Young Scientists 'Advanced Materials in Construction and Engineering')*. Tomsk, 2014. Pp. 137–145.23. (rus)

#### Сведения об авторах

Сидоренко Галина Николаевна, канд. биол. наук, доцент, Nove Technologije D. O. O., Словения, г. Любляна, Легатова, 2, 1000. bornovo@gmail.com

*Лаптев Борис Иннокентьевич*, докт. биол. наук, профессор, Nove Technologije D. O. O., Словения, г. Любляна, Легатова, 2, 1000. bornovo@gmail.com

*Горленко Николай Петрович*, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2. gorlen52@mail.ru

*Саркисов Юрий Сергеевич*, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2. yu-s-sarkisov@yandex.ru

*Антошкин Леонид Владимирович*, ст. научный сотрудник, Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, 634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1. lant@iao.ru

#### **Authors Details**

*Galina N. Sidorenko*, PhD, A/Professor, Nove Technologije D. O. O., 2, 1000, Legatova, Ljubljana, Slovenia, bornovo@gmail.com

*Boris L. Laptev*, DSc, Professor, Nove Technologije D. O. O., 2, 1000, Legatova, Ljubljana, Slovenia, bornovo@gmail.com

*Nikolay P. Gorlenko*, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, gorlen52@mail.ru

*Yury S. Sarkisov*, DSc, Professor Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, yu-s-sarkisov@yandex.ru

*Leonid V. Antoshkin*, Senior Scientist, V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 1, Akademik Zuev Sq., 634021, Tomsk, Russia, lant@iao.ru