

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРЫ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ В ПРИСТЕНОЧНЫХ СЛОЯХ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИЭЛЕКТРОМЕТРИИ И РЕЗОНАНСНОГО МЕТОДОВ**

Б.И. ЛАПТЕВ, Г.Н. СИДОРЕНКО, Н.П. ГОРЛЕНКО, Ю.С. САРКИСОВ, Л.В. АНТОШКИН

*Nove tehnologije d.o.o, Pot za Brdom 102, Ljubljana, Slovenia, 1000*  
*Томский государственный архитектурно-строительный университет,*  
*пл.Соляная, 2, г. Томск, Россия, 634003*  
*НИИ оптики атмосферы СО РАН, площадь Академика Зюева, 1, г. Томск, Россия, 634055*

**Аннотация.** В работе проведена оценка изменений структуры водных растворов хлоридов натрия и калия различной концентрации в пристеночном слое на основе диэлектromетрии и резонансного метода.

Максимальное снижение электрической емкости происходит на высоких, затем и более низких частотах. Изменение электрической емкости и коэффициента  $K_s$  в пристеночном слое «полимер-водный раствор» – более выражены, чем в слое «стекло-водный раствор». Динамика параметров в пристеночном слое обусловлена изменением структуры растворов. Методы диэлектromетрии и резонансный – информативны при интерпретации процессов в слое жидкости на границе раздела фаз «твердое тело – водный раствор».

**Ключевые слова:** структура воды, пограничный слой, кластеры, электрическая емкость, резонанс, диэлектromетрия.

**EVALUATION OF CHANGING THE STRUCTURE OF AQUEOUS SOLUTIONS  
IN THE NEAR-WALL LAYERS WITH USING DIELECTROMETRY AND RESONANCE METHOD**

B.I. LAPTEV, G.N. SIDORENKO, N.P. GORLENKO, Y.S. SARKISOV, L.V. ANTOSHKIN

*Nove tehnologije d.o.o, Pot za Brdom 102, Ljubljana, Slovenia, 1000*  
*Tomsk State University of Architecture and Building, pl.Solyanaya, 2, Tomsk, Russia, 634003*  
*Research Institute of Atmospheric Optics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,*  
*Academician Zuev area, 1, Tomsk, Russia, 634055*

**Abstract.** In this work the authors evaluated changes of the structure of aqueous solutions of chlorides of sodium and potassium in various concentrations in the parietal layer by means of the dielectrometry and resonance method. In experiments at 20 ° C, the concentration of sodium and potassium chloride concentration of 0.01 M to 1 M in the near-wall layer "glass - water solutions" height of less than 1000 microns observed multiple reduction of capacitance of solutions, and  $Q$  of an oscillatory circuit and a multiple increase coefficient  $K_S$  which allows to evaluate the structure of the solutions. It is shown that the structure of the solutions in the wall layer depends on the solution concentration, the nature of the solute and the material of surface. Methods of dielectrometry and resonance are informative in the interpretation of the processes in the fluid layer at the interface, "solid – aqueous solution".

**Key words:** water structure, boundary water, water clusters, electric capacity, resonance.

**Введение.** В литературе имеются работы, в которых показано, что слой воды толщиной приблизительно 300 мкм, который находится вблизи твердой поверхности (вода пограничного слоя), отличается по своим свойствам от остальной (объемной) воды [8, 9]. В частности, в пограничном (пристеночном) слое изменяется электропроводность воды, ее теплоемкость и т.д. Отличия физических свойств пограничной и объемной воды нелинейно возрастают при приближении к поверхности и обусловлены, очевидно, влиянием материала поверхности, формирующей пограничный слой. Кроме того, показано, что вода пограничного слоя обладает повышенной биологической активностью [8, 9].

Учитывая это, изучение структурных особенностей и свойств воды пристеночного слоя представляет теоретический и практический интерес.

Для оценки структуры воды и водных растворов предложен ряд методов. Так, авторами [12-15] показано, что в воде и в водных растворах происходит непрерывное образование и разрушение ассоциатов молекул воды (кластеров и *гигантских гетерофазных кластеров воды* (ГТКВ), образующих льдоподобную структуру за счет водородных связей. Время жизни таких ассоциатов от  $10^{-11}$  до 1 секунд и более, а их размеры имеют широкий диапазон ( $10^{-9}$  до  $10^{-4}$  м) и зависят от концентрации раствора, температуры и других факторов.

**Библиографическая ссылка:**

Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Оценка изменений структуры водных растворов в пристеночных слоях с использованием диэлектromетрии и резонансного методов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-9. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5151.pdf> (дата обращения: 12.05.2015). DOI: 10.12737/ 11249

Поскольку вода и водные системы имеют высокую чувствительность к внешним воздействиям, включая информационные воздействия [1, 2, 7], то для их адекватного изучения необходимы неразрушающие методы исследования в широком диапазоне частот – от 1 Гц до  $10^{14}$  Гц. Так, для оценки структуры воды и водных систем используют метод диэлектromетрии [11]. Такой подход позволяет получить данные о молекулярной динамике и структурных превращениях жидких систем при изменении их состава и температуры.

**Цель исследования** – оценка изменений структуры водных растворов хлоридов натрия и калия различной концентрации в пристеночном слое с использованием диэлектromетрии и резонансного методов.

**Объект и методы исследования.** В опытах исследованы водные растворы хлоридов натрия и калия в концентрациях 0,01, 0,15 и 1,0 М при температуре 20 °С. Изучаемую жидкость помещают в измерительные ячейки. В первой измерительной ячейке (рис. 1А) жидкость находится между двумя стеклянными поверхностями. Во второй измерительной ячейке (рис. 1Б) жидкость находится между полимерной и стеклянной поверхностями.

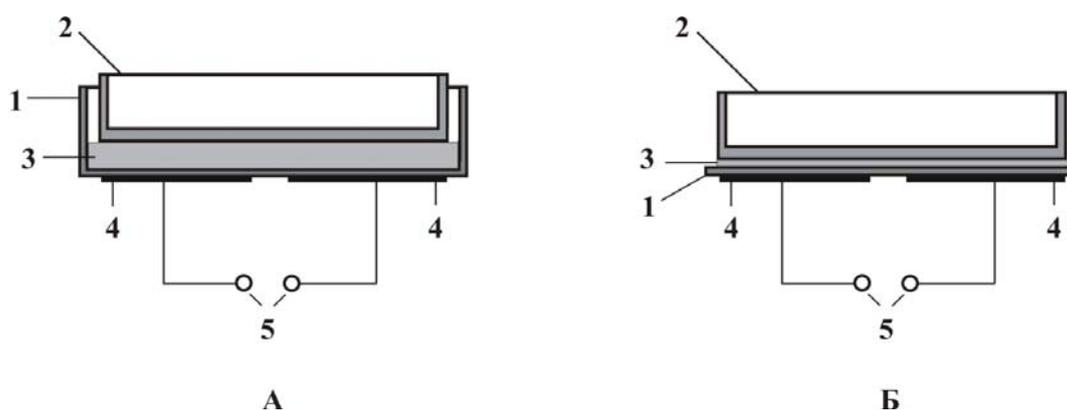


Рис. 1. Схема измерительных ячеек для оценки структуры воды и водных растворов в пристеночном слое. А – ячейка, в которой жидкость находится между двумя стеклянными поверхностями. Б – ячейка, в которой жидкость находится между полимерной и стеклянной поверхностями. 1 – первая стеклянная емкость с плоским дном для исследуемых жидкостей (в ячейке А) или полимерная пластинка (в ячейке Б), 2 – вторая стеклянная емкость с плоским дном, 3 – исследуемая жидкость, 4 – обкладки конденсатора, 5 – клеммы для подключения сигнала от генератора синусоидальных колебаний.

Первая измерительная ячейка (рис. 1А) включает стеклянную емкость с плоским дном (1), а также обкладки конденсатора (4) из немагнитного материала, расположенные под дном емкости. Для создания необходимой высоты слоя жидкости в первую емкость (1) вкладывают вторую стеклянную емкость (2) также с плоским дном, а исследуемая жидкость (3) находится между двумя стеклянными поверхностями емкостей.

Вторая измерительная ячейка (рис. 1Б) включает пластинку из пищевой пластмассы с плоской поверхностью (1), которая имеет толщину близкую к толщине дна первой стеклянной емкости, а также обкладки конденсатора (4) из немагнитного материала, расположенные под пластмассовой пластинкой. Для создания тонкого слоя жидкости на пластмассовую пластину (1) накладывают вторую стеклянную емкость (2) с плоским дном, а исследуемая жидкость (3) находится между полимерной и стеклянной поверхностями.

Такая конструкция измерительных ячеек позволяет увеличить динамический диапазон изменения получаемого с них сигнала и, вследствие этого, получить возможность регистрировать малые изменения структуры воды и водных растворов.

В работе исследованы растворы с высотой слоя 16, 25, 50, 200, 2000 и 10000 мкм. Высоту слоя жидкости до 50 мкм регулируют путем введения строго определенного объема раствора.

Напряжение к измерительным ячейкам подается от генератора синусоидальных колебаний AFG 2025, сигнал с ячеек усиливается инструментальным усилителем на основе микросхемы AD8067 и измеряется на осциллографе PDS5022S. Величину индуктивности измеряют с помощью прибора LCR-9063.

Величина напряжения генератора синусоидальных колебаний, подводимого к измерительной ячейке, уменьшается обратно пропорционально его частоте. Это, во-первых, обеспечивает постоянную (эталонную) величину тока через измерительную ячейку при разных частотах генератора в случае подключения между обкладками конденсатора ячейки эталонного конденсатора. Во-вторых, уменьшается зависимость плотности тока через измерительную ячейку от его частоты, что снижает влияние величины реактивного тока на структуру жидкостей. Детали методики описаны ранее [3-6].

#### Библиографическая ссылка:

Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Оценка изменений структуры водных растворов в пристеночных слоях с использованием диэлектromетрии и резонансного методов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-9. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5151.pdf> (дата обращения: 12.05.2015). DOI: 10.12737/11249

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 над его пластинами. При измерении электрической емкости жидкостей частота тока, подводимого к обкладкам конденсатора, изменяется от 1 до 3000 кГц. При измерении добротности колебательного контура величины индуктивности устанавливают на уровне, позволяющем получить резонансную частоту 30 кГц, 100 кГц и 300 кГц. Плотность тока на обкладках конденсатора при измерении емкости и добротности не превышает 20 и 100 нА/см<sup>2</sup> соответственно.

**Результаты и их обсуждение.** При температуре 20°C и высоте слоя жидкости 10000 мкм с увеличением частоты реактивного тока от 1 до 3000 кГц электрическая емкость 0,01 М раствора хлорида натрия, начиная с частоты 10 кГц, монотонно снижается на 27% от исходного уровня (рис. 2). При уменьшении высоты слоя жидкости наблюдается снижение емкости во всем исследуемом диапазоне частот, но более выражено на высоких частотах. Так, электрическая емкость 0,01 М раствора хлорида натрия при высоте слоя жидкости 16 мкм по сравнению с 10000 мкм на частоте 1 кГц и 100 кГц снижается на 20% и 91% соответственно (рис. 2А).

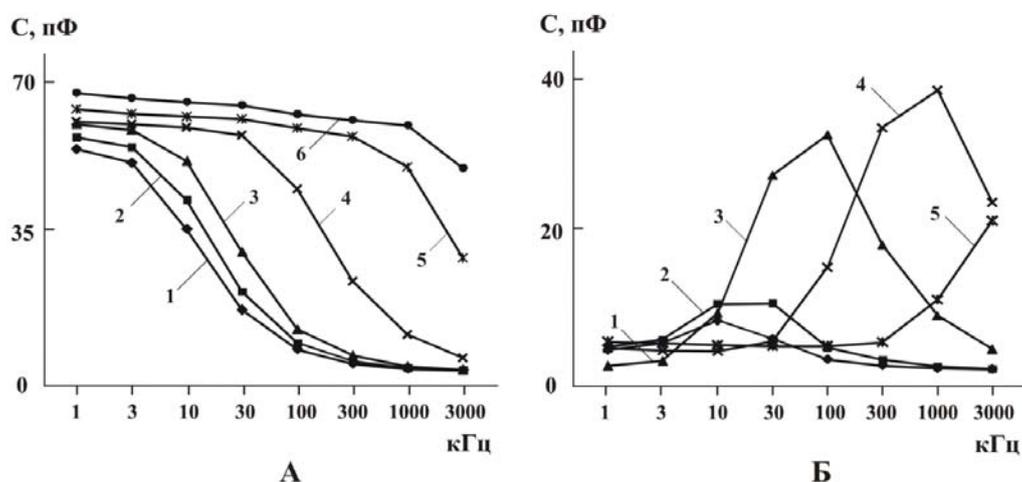


Рис. 2. А – зависимость электрической ёмкости раствора  $1 \cdot 10^{-2}$  М раствора хлорида натрия от частоты реактивного тока при различной высоте слоя раствора. 1 – 16 мкм, 2 – 25 мкм, 3 – 50 мкм, 4 – 200 мкм, 5 – 2000 мкм, 6 – 10000 мкм. Б – зависимость разности между величинами электрической ёмкости 0,01 М раствора хлорида натрия при различных высотах слоя раствора от частоты реактивного тока: 1 – разность между 25 мкм и 16 мкм, 2 – разность между 50 мкм и 25 мкм, 3 – разность между 200 мкм и 50 мкм, 4 – разность между 2000 мкм и 200 мкм, 5 – разность между 10000 мкм и 2000 мкм

Следует отметить особенности изменения электрической емкости раствора хлорида натрия при уменьшении высоты слоя жидкости (рис. 2Б). Так, при высоте слоя 2000 мкм по сравнению с 10000 мкм максимальное снижение его электрической емкости наблюдается на частоте 3000 кГц. При дальнейшем уменьшении высоты слоя раствора до 200 мкм, 50 мкм, 25 мкм и 16 мкм максимальное относительное снижение его электрической емкости наблюдается на частотах 1000 кГц, 100 кГц, 30 кГц, и 10 кГц соответственно.

При использовании больших концентраций растворов хлорида натрия (0,15 и 1,0 М) (рис. 3) и калия (0,15 и 1М) и уменьшении высоты слоя жидкости электрическая емкость растворов также снижается, но в меньшей степени. Так, при высоте слоя жидкости 16 мкм по сравнению с 10000 мкм при частоте 100 кГц величины электрической емкости 0,01 М, 0,15 М и 1,0 М растворов хлорида натрия снижаются от исходного уровня на 91, 40 и 17% соответственно. При этом, также как и в опытах с 0,01 М раствором NaCl, максимальное уменьшение электрической емкости растворов наблюдается сначала на более высоких, а затем – на более низких частотах. Аналогичные результаты получены в проведенных нами ранее исследованиях при изменении концентрации растворов солей и постоянной высоте слоя раствора [3-6].

Приведенные выше результаты свидетельствуют о том, что с уменьшением высоты слоя растворов происходит снижение электрической емкости растворов, которое было более выражено в растворах с меньшей концентрацией. Очевидно, что при приближении к твердой поверхности в растворах, помимо имеющейся кластерной структуры, появляются новые структурные образования, обусловленные влиянием материала поверхности (в данном случае стекла). При этом в растворах с меньшей концентрацией этот эффект более выражен.

**Библиографическая ссылка:**

Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Оценка изменений структуры водных растворов в пристеночных слоях с использованием диэлектротрии и резонансных методов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-9. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5151.pdf> (дата обращения: 12.05.2015). DOI: 10.12737/11249

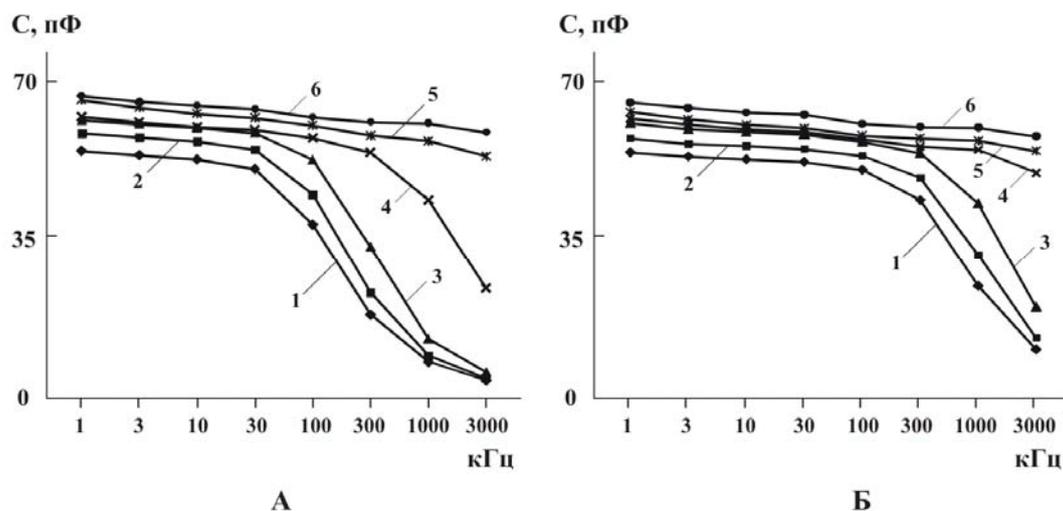


Рис. 3. Зависимость электрической ёмкости 0,15 М раствора хлорида натрия (А) и 1,0 М раствора хлорида натрия (Б) от частоты реактивного тока при различной высоте слоя раствора: 1 – 16 мкм, 2 – 25 мкм, 3 – 50 мкм, 4 – 200 мкм, 5 – 2000 мкм, 6 – 10000 мкм

Ранее было показано, что при оценке структуры жидкостей использование такого показателя как добротность колебательного контура не только дополняет данные, полученные с использованием метода диэлектromетрии, но и является, по сравнению с этим методом, более чувствительным параметром [3-6].

В проведенных исследованиях добротность колебательного контура при изучении 0,15 и 1,0 М растворов NaCl и KCl начинает снижаться при уменьшении высоты слоя жидкости уже от 10000 до 2000 мкм. Так, при использовании 0,15 М раствора NaCl добротность колебательного контура на резонансной частоте 30 кГц снижается на 10%, а электрическая емкость раствора на этой частоте уменьшается всего на 3%.

С учетом этого была проведена сравнительная оценка изменения структуры водных растворов в пристеночном слое с использованием емкости и добротности колебательного контура на частоте 100 кГц (рис. 4).

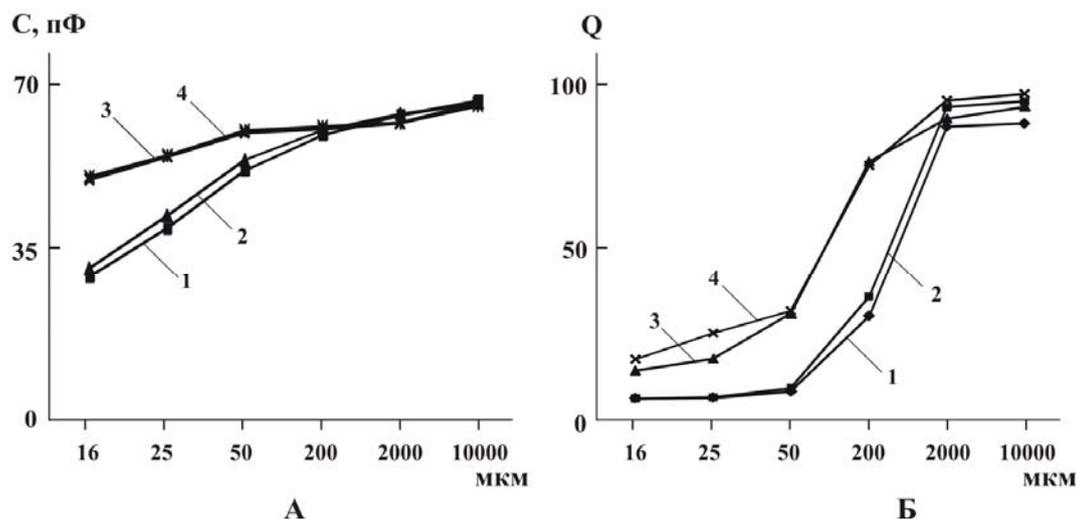


Рис. 4. Зависимость электрической ёмкости (А) и добротности колебательного контура (Б) растворов хлорида натрия и хлорида калия от высоты слоя раствора на частоте 100 кГц. 1 – 0,15 М раствор NaCl, 2 – 0,15 М раствор KCl, 3 – 1М раствор NaCl, 4 – 1,0 М раствор KCl

Оказалось, что на частоте 100 кГц при уменьшении высоты слоя растворов от 10000 до 16 мкм снижение емкости 0,15 М раствора NaCl, 1,0 М раствора NaCl, 0,15 М раствора KCl и 1М раствора KCl наблюдается на 40, 17, 37 и 16% соответственно. На этой частоте снижение добротности колебательного

**Библиографическая ссылка:**

Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Оценка изменений структуры водных растворов в пристеночных слоях с использованием диэлектromетрии и резонансного методов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-9. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5151.pdf> (дата обращения: 12.05.2015). DOI: 10.12737/11249

контура было более выражено (на 94%, 85%, 94% и 82% соответственно). Полученные результаты свидетельствуют также о том, что при использовании больших концентраций (1,0 М) растворов снижение электрической емкости и добротности при уменьшении высоты слоя жидкости были менее выражены.

С учетом полученных данных был предложен коэффициент  $K_g$ , характеризующий градиент изменения добротности колебательного контура, значение которого рассчитывается по формуле:

$$K_g = 100 \left( \frac{Q_i - Q_{i+1}}{H_i - H_{i+1}} \right),$$

где  $K_g$  – коэффициент, определяемый как отношение изменения добротности колебательного контура при изменении высоты слоя жидкости к величине изменения высоты слоя жидкости (отн. ед).  $H_i, H_{i+1}$  – расстояние между двумя высотами слоя жидкости (мкм), а  $Q_i$  и  $Q_{i+1}$  – добротности колебательного контура при этих высотах слоя жидкости.

Оказалось, что при использовании 0,15 М растворов хлорида натрия и калия величина этого коэффициента при резонансной частоте 100 кГц была максимальна в интервале 50-200 мкм (рис.5 А).

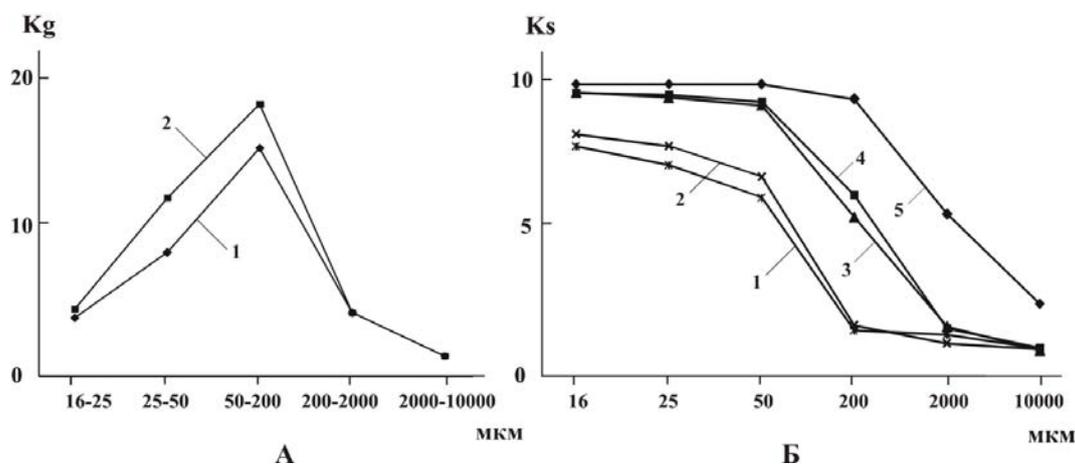


Рис. 5. А– оценка структуры растворов в пограничном (пристеночном) слое с использованием коэффициента  $K_g$ . 1 – 0,15 М раствор NaCl, 2 – 0,15 М раствор KCl. Б – оценка структуры растворов с использованием коэффициента  $K_s$ . 1– 1,0 М раствор KCl, 2– 1,0 М раствор NaCl, 3 – 0,15 М раствор KCl, 4 – 0,15 М раствор NaCl, 5 – 0,01 М раствор NaCl

Это позволяет предположить, что при уменьшении высоты слоя жидкости от 200 до 50 мкм в структуре растворов происходят максимально выраженные изменения, сопровождающиеся снижением подвижности диполей воды в резонансном режиме. В меньшей степени эти изменения сохраняются при уменьшении высоты слоя жидкости до 15 мкм и ее увеличении до 2000 мкм.

Далее, для оценки влияния поверхности на структуру растворов был использован разработанный нами ранее коэффициент  $K_s$  [6] для характеристики структуры питьевых и минеральных вод с той лишь разницей, что в формуле, с учетом конкретных условий эксперимента, использовались частоты 1кГц и 3000 кГц:

$K_s = 10 \left( \frac{C_1 - C_{3000}}{C_1} \right)$ , где  $C_1$  и  $C_{3000}$  – электрическая ёмкость жидкости на частоте 1 и 3000 кГц.

Оказалось, что при уменьшении высоты слоя раствора от 10000 до 16 мкм величина коэффициента  $K_s$  для 0,01 М раствора NaCl повышается от 2,7 до 9,96 (рис. 5Б). Для 0,15 М растворов хлоридов калия и натрия коэффициент  $K_s$  в этих условиях возрастает от 1,25 до 9,66 и от 1,17 до 9,69 соответственно, а для 1,0 М растворов NaCl и KCl  $K_s$  увеличивается от 1,21 до 8,3 и от 1,23 до 7,9 соответственно.

Как и в отмеченных выше примерах, изменение структуры растворов при уменьшении высоты слоя жидкости зависит от их концентрации. Так, повышение структурированности 0,01 М раствора NaCl начинается при уменьшении высоты слоя раствора от 10000 мкм до 2000 мкм. Для 0,15 и 1,0 М растворов хлоридов натрия и калия повышение их структурированности проявляется при уменьшении высоты слоя растворов от 2000 до 200 мкм и от 200 до 50 мкм соответственно.

Следует также отметить, что имеются различия в динамике изучаемых параметров при использовании растворов различных солей. Так, при высоте слоя жидкости 50 мкм электрическая емкость 0,15 М раствора хлористого калия на частоте 3000 кГц и добротность колебательного контура на частоте 30 кГц были на 20 и 32% больше, чем раствора хлористого натрия. Это согласуется с известным положением о

**Библиографическая ссылка:**

Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Оценка изменений структуры водных растворов в пристеночных слоях с использованием диэлектротрии и резонансного методов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-9. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5151.pdf> (дата обращения: 12.05.2015). DOI: 10.12737/ 11249

структуроразрушающем действии иона калия на нативную структуру воды, как иона с отрицательной гидратацией [10].

В проведенном ранее исследовании [5] сделано предположение, что при своем образовании, росте и развитии клетки «используют» уже имеющуюся кластерную, «клеточную» структуру воды как структурную основу. С учетом полученных результатов и данных литературы [8, 9] можно также предположить, что в клетках организмов, с учетом их размеров, большая концентрация внутриклеточного калия позволяет частично снизить избыточный эффект структурирования в пограничном слое и облегчить взаимодействие процессов, происходящих в клетках в резонансном режиме [5]. Относительно большая концентрация внеклеточного натрия, наоборот, позволяет в большей степени стабилизировать наружную сторону клеточной мембраны.

Далее с использованием второй измерительной ячейки была проведена сравнительная оценка влияния материала на структуру воды и водных растворов в пристеночном слое. Оказалось, что при внесении 0,15 М раствора NaCl во вторую ячейку (между полимерной и стеклянной поверхностями) с увеличением частоты реактивного тока от 1 до 3000 кГц электрическая емкость раствора более значимо снижается по сравнению с уменьшением этого показателя при нахождении 0,15 М раствора NaCl в первой ячейке (между стеклянными поверхностями). Так, на частоте 300 кГц (рис. 6) при высоте слоя жидкости 16 мкм электрическая емкость 0,15 М раствора хлорида натрия во второй ячейке снижается по сравнению с исходным уровнем до 34%, а в первой ячейке – лишь до 63%. При этом на частоте 1 кГц различие величин электрической емкости в первой и второй ячейках не превышает 2%. (рис. 6А). При увеличении высоты слоя раствора до 200 мкм указанное различие практически исчезает.

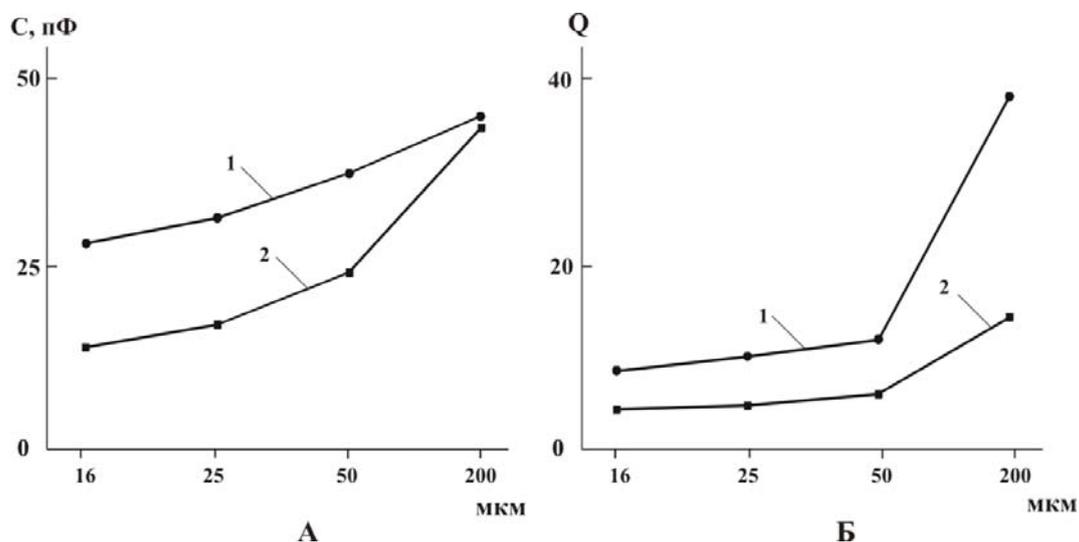


Рис. 6. Зависимость электрической ёмкости на частоте 300 кГц (А) и добротности колебательного контура на частоте 100 кГц (Б) 0,15 М раствора хлорида натрия. 1 – раствор находится между стеклянными поверхностями. 2 – раствор находится между полимерной и стеклянной поверхностями.

Более значимые различия между параметрами 0,15 М раствора хлорида натрия в ячейках были выявлены при использовании добротности колебательного контура (рис. 6Б). Так, на частоте 100 кГц добротность колебательного контура во второй ячейке при высотах слоя жидкости 16 мкм и 200 мкм составила 48 и 37% соответственно по сравнению с величинами этого параметра в 1-ой ячейке ( $P < 0,001$  в обоих случаях). Величина коэффициента  $K_S$  при высоте слоя жидкости 200 мкм во второй ячейке по сравнению с 1-ой ячейкой была больше на 67%.

Таким образом, использование диэлектromетрии и резонансного метода позволяет оценивать изменение структуры водных растворов в пограничном (пристеночном) слое. В условиях проводимых опытов вблизи стеклянной и полимерной поверхностей, очевидно, происходит снижение подвижности диполей воды, что проявляется в снижении электрической емкости растворов, добротности колебательного контура, повышении коэффициента  $K_S$ . Эффект пограничного слоя зависит от концентрации растворов и их состава, материала поверхности и при концентрации растворов от 0,01 М до 1,0 М проявляется на расстоянии менее 1000 мкм.

#### Выводы:

1. При снижении толщины слоя растворов на стеклянной подложке от 1000 мкм и менее электрическая емкость водных растворов хлорида натрия и калия в диапазоне частот реактивного тока от 1 до

#### Библиографическая ссылка:

Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Оценка изменений структуры водных растворов в пристеночных слоях с использованием диэлектromетрии и резонансного методов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-9. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5151.pdf> (дата обращения: 12.05.2015). DOI: 10.12737/11249

3000 кГц снижается, а коэффициент  $K_S$ , характеризующий структуру водных растворов, повышается. Максимально выраженное снижение электрической емкости происходит сначала на более высоких, а затем на более низких частотах. При концентрации растворов NaCl и KCl от 0,01 М до 1,0 происходит многократное изменение этих показателей.

2. При снижении толщины слоя воды на стеклянной подложке от 1000 мкм и менее добротность колебательного контура при резонансных частотах 30 кГц, 100 кГц и 300 кГц многократно уменьшается.

3. Изменение электрической емкости, добротности колебательного контура и коэффициента  $K_S$  в пристеночном (пограничном) слое «полимер-водный раствор» более выражены по сравнению с пристеночным слоем «стекло-водный раствор».

4. Изменение электрической емкости и добротности колебательного контура в пристеночном слое зависит от концентрации растворов, природы растворенного вещества и материала поверхности. При уменьшении концентрации растворов изменение их электрической емкости и добротности колебательного контура более выражены. Указанная выше динамика параметров в пристеночном слое, очевидно, обусловлена изменением имеющейся структуры растворов.

5. Метод диэлектротметрии при расположении в измерительной ячейке пластин конденсатора в одной плоскости и резонансный метод могут быть использованы для оценки изменения структурной организации водных растворов в пристеночном (пограничном) слое и интерпретации процессов, протекающих в слое жидкости на границе раздела фаз «твердое тело - водный раствор».

### Литература

1. Кидалов В.Н., Хадарцев А.А. Тезиография крови и биологических жидкостей / Под ред. А.А. Хадарцева. Тула: Тульский полиграфист, 2009. 244 с.
2. Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Багаутдинов Ш.М., Четкин А.В. Постоянство непостоянного в тезиограммах препаратов крови (к стандартизации исследований кристаллизации биологических жидкостей) // Вестник новых медицинских технологий. 2008. № 4. С. 7–13.
3. Оценка структуры воды и водных растворов хлорида натрия с использованием диэлектротметрии и резонансного метода / Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П. [и др.] // Вестник ТГАСУ. 2013. № 2. С. 235–244.
4. Процессы структурообразования в воде и в водных растворах / Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П. [и др.] // Вода и экология. Проблемы и решения. 2012. № 2/3. С. 26–34.
5. 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.
6. Левицкий Е. Ф., Лаптев Б. И., Сидоренко Г.Н. Использование метода диэлектротметрии для оценки структуры питьевых и минеральных вод // Физиотерапевт. 2013. № 5. С. 3–8.
7. Левицкий Е.Ф., Лаптев Б.И. Сидоренко Г.Н. Электромагнитные поля в курортологии и физиотерапии. Томск, 2000. 127 с.
8. Новые подходы в биомедицинской технологии на основе воды пограничного слоя / Постнов С.Е., Мезенцева М.В., Подчерняева Р.Я. [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. 2009. Т.1. С. 3–15.
9. Необычные свойства воды пограничного слоя / Постнов С.Е., Подчерняева Р.Я., Мезенцева М.В. [и др.] // Вестник российской академии естественных наук. 2009. №3. С. 12–15.
10. Самойлов О.Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. М.: АН СССР, 1957. 182 с.
11. Семихина Л. П. Низкочастотная диэлектротметрия жидкостей в слабых вихревых электрических полях // Автореф. дис. докт. физ.-мат. наук. Тюмень, 2006. 33 с.
12. Смирнов А.Н., Сыроешкин А.В. Супранадмолекулярные комплексы воды // Рос. хим. ж. 2004. Т.48, № 2. С. 125–135.
13. Вода как гетерогенная структура / Сыроешкин А.В., Смирнов А.Н., Гончарук В.В. [и др.] // Электронный журнал «Исследовано в России». 2006. С. 843–854.
14. 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.
15. Michaelides A., Morgenstern K. Ice nanoclusters at hydrophobic metal surfaces // Nature Materials. 2007. V.6. P. 597–601.

### Библиографическая ссылка:

Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Оценка изменений структуры водных растворов в пристеночных слоях с использованием диэлектротметрии и резонансного методов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-9. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5151.pdf> (дата обращения: 12.05.2015). DOI: 10.12737/ 11249

References

1. Kidalov VN, Khadartsev AA. Teziografiya krovi i biologicheskikh zhidkostey / Pod red. A.A. Khadartseva. Tula: Tul'skiy poligrafist; 2009. Russian.
2. Kidalov VN, Khadartsev AA, Bagautdinov ShM, Chechetkin AV. Postoyanstvo nepostoyannogo v teziogrammakh preparatov krovi (k standartizatsii issledovaniy kristallizatsii biologicheskikh zhidkostey). Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;4:7-13. Russian.
3. Laptev BI, Sidorenko GN, Gorlenko NP, et al. Otsenka struktury vody i vodnykh rastvorov khlorida natriya s ispol'zovaniem dielektrometrii i rezonansnogo metoda. Vestnik TGASU. 2013;2:235-44. Russian.
4. Laptev BI, Sidorenko GN, Gorlenko NP, et al. Protsessy strukturoobrazovaniya v vode i v vodnykh rastvorakh. Voda i ekologiya. Problemy i resheniya. 2012;2/3:26-34. Russian.
5. Laptev BI, Sidorenko GN, Gorlenko NP, Sarkisov YuS, Antoshkin LV, Kul'chenko AK. Elektricheskie svoystva vody pri vneshnikh vozdeystviyakh. Vodoochistka, vodopodgotovka, vodosnabzhenie. 2014;9:20-7. Russian.
6. Levitskiy EF, Laptev BI, Sidorenko GN. Ispol'zovanie metoda dielektrometrii dlya otsenki struktury pit'evykh i mineral'nykh vod. Fizioterapevt. 2013;5:3-8. Russian.
7. Levitskiy EF, Laptev BI, Sidorenko GN. Elektromagnitnye polya v kurortologii i fizioterapii. Tomsk; 2000. Russian.
8. Postnov SE, Mezentseva MV, Podchernyaeva RYa, et al. Novye podkhody v biomeditsinskoy tekhnologii na osnove vody pogranichnogo sloya. Biomeditsinskaya radioelektronika. 2009;1:3-15. Russian.
9. Postnov SE, Podchernyaeva RYa, Mezentseva MV, et al. Neobychnye svoystva vody pogranichnogo sloya. Vestnik rossiyskoy akademii estestvennykh nauk. 2009;3:12-5. Russian.
10. Samoylov OYa. Struktura vodnykh rastvorov elektrolitov i gidratatsiya ionov. Moscow: AN SSSR; 1957. Russian.
11. Semikhina LP. Nizkochastotnaya diel'kometriya zhidkostey v slabykh vikhrevykh elektricheskikh polyakh [dissertation]. Tyumen' (Tyumen' region); 2006. Russian.
12. Smirnov AN, Syroeshkin AV. Supranadmolekulyarnye komplekсы vody. Ros. khim. zh. 2004;48(2):125-35. Russian.
13. Syroeshkin AV, Smirnov AN, Goncharuk VV, et al. Voda kak geterogennaya struktura. Elektronnyy zhurnal «Issledovano v Rossii». 2006:843-54. Russian.
14. Uspenskaya EV. Izuchenie struktury vody na supramolekulyarnom urovne dlya razrabotki novykh metodov standartizatsii i kontrolya kachestva mineral'nykh vod i zhidkikh lekarstvennykh form [dissertation]. Moscow (Moscow region); 2007. Russian.
15. Michaelides A, Morgenstern K. Ice nanoclusters at hydrophobic metal surfaces. Nature Materials. 2007;6:597-601.

---

**Библиографическая ссылка:**

Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Антошкин Л.В. Оценка изменений структуры водных растворов в пристеночных слоях с использованием диэлектromетрии и резонансного методов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-9. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5151.pdf> (дата обращения: 12.05.2015). DOI: 10.12737/11249