

УДК 546.212;54.061

**ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ХЛОРИДА ЖЕЛЕЗА И ЗОЛЯ  
ГИДРОКСИДА ЖЕЛЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИЭЛЕКТРОМЕТРИИ,  
РЕЗОНАНСНОГО И ИМПЕДАНСНОГО МЕТОДОВ**

**THE STRUCTURE EVALUATION OF IRON CHLORIDE AQUEOUS SOLUTIONS AND  
IRON HYDROXIDE SOL USING DIELECTROMETRY, RESONANCE AND  
IMPEDANCE METHODS**

©**Сидоренко Г. Н.**

канд. биол. наук

ООО *Nove tehnologije*

г. Любляна, Словения, [bornovo@gmail.com](mailto:bornovo@gmail.com)

©**Sidorenko G.**

Ph.D., *Nove tehnologije d.o.o.*

*Ljubljana, Slovenia, bornovo@gmail.com*

©**Лантев Б. И.**

д-р биол. наук

ООО *Nove tehnologije*

г. Любляна, Словения

©**Laptev B.**

Dr. habil., *Nove tehnologije d.o.o.*

*Ljubljana, Slovenia*

©**Горленко Н. П.**

д-р техн. наук

Томский государственный архитектурно-  
строительный университет

г. Томск, Россия, [gorlen52@mail.ru](mailto:gorlen52@mail.ru)

©**Gorlenko N.**

Dr. habil.

*Tomsk State University of Architecture and Building*

*Tomsk, Russia, gorlen52@mail.ru*

©**Антошкин Л. В.**

Институт оптики атмосферы СО РАН

г. Томск, Россия, [lant@iao.ru](mailto:lant@iao.ru)

©**Antoshkin L.**

*Institute of Atmosphere Optics, Siberian Branch of RAS*

*Tomsk, Russia, lant@iao.ru*

*Аннотация.* Структурная организация воды и водных растворов в настоящее время является не до конца изученной. Накопление экспериментальных данных в этой области позволит расширить теоретические представления о структуре жидких сред. В работе методами диэлектromетрии, импеданса показано, что при температуре 20 °С с увеличением частоты реактивного тока от 1 до 3000 кГц электрическая емкость дистиллированной воды многократно снижается, что обусловлено существованием в воде структурных образований — ассоциатов молекул воды, в которых частоты колебаний диполей воды ниже частот внешнего

электрического поля. Многократное увеличение электрической емкости растворов хлорного железа, по сравнению с дистиллированной водой, вероятно, обусловлено процессами частичного разрушения ассоциатов молекул воды в растворах и гидратации ионов. Возрастание электрической емкости, проводимости, добротности колебательного контура зольей гидроксида железа, по сравнению с исходными растворами хлорного железа, очевидно, обусловлено тем, что при образовании мицелл в растворах происходит дальнейшее разрушение ассоциатов молекул воды, частичная ориентация высвобождающихся при этом диполей на поверхности мицелл и увеличение концентрации свободных диполей воды, имеющих максимальную подвижность. Предложенные методы и конструкции измерительных ячеек могут быть использованы для изучения структурных особенностей воды, водных растворов и коллоидных систем.

*Abstract.* The structural organization of water and water solutions is not until the end of studied now. Accumulation of the experimental data in this area will allow to expand theoretical ideas of structure of the liquid environments. In operation by methods of dielectrometry, an impedance it is shown that at a temperature of 20 °C with increase in frequency of reactive current from 1 to 3000 kHz the electrical capacity of the distilled water repeatedly decreases that is caused by existence in water of structural educations – associates of molecules of water in which oscillation frequencies of dipoles of water are lower than frequencies of an outside electric field. Repeated increase in electrical capacity of solutions of chloric iron, in comparison with the distilled water is probably caused by processes of the partial corrupting of associates of molecules of water in solutions and hydration of ions. Increase of electrical capacity, conductivity, good quality of an oscillating circuit of sols of hydroxide of iron, in comparison with the initial solutions of chloric iron, obviously, is caused by the fact that in case of formation of micelles in solutions there is a further corrupting of associates of molecules of water, the partial orientation of the dipoles which are released at the same time to surfaces of micelles and increase in concentration of the free dipoles of water having the maximum mobility. The offered methods and constructions of measuring cells can be used for a study of structural features of water, water solutions and the colloid systems.

*Ключевые слова:* структура воды, коллоидных и водных растворов, золь, электрическая емкость, резонанс, проводимость, гидратация ионов.

*Keywords:* water structure, the structure of aqueous and colloidal solutions, electric capacity, resonance, conduction, hydration of ions.

Известно, что молекула воды, состоящая из атома кислорода и двух атомов водорода, имеет смещение центров положительного и отрицательного зарядов относительно друг друга. Вследствие этого атомы водорода молекулы воды могут образовывать водородные связи с атомами кислорода соседних молекул воды.

Современный взгляд на структуру воды в жидком состоянии заключается в том, что в ней существует лабильная, структурно и динамически неоднородная трехмерная сетка, образованная молекулами воды, соединенными водородными связями [1]. Среднее время жизни водородных связей составляет  $\sim 10^{-12}$  с.

Наличие водородных связей приводит к тому, что в воде и ее растворах происходит непрерывное образование и разрушение ассоциатов молекул воды [2-4]. Ассоциат минимального размера – кластер состоит из 6 молекул воды [5]. Размер кластера в поперечнике - около 1 нм.

С использованием комплекса различных физико-химических методов показано, что водных растворах присутствуют наноразмерные молекулярные ассоциаты с размерами до 400 нм [6], а также кластеры с размерами от 10 мкм до 100 мкм (гигантские гетерофазные кластеры

воды – ГГКВ), оценены их форма, динамика образования и разрушения [2-4]. С учетом малых длительностей жизни водородных связей и при постоянных термодинамических условиях, очевидно, можно говорить и о существовании усредненного структурного состояния воды.

Распределенные в жидкой (континуальной) фазе ГГКВ образуются и разрушаются в течение 1–2 секунд [2, 3], а размеры кластеров зависят от концентрации раствора [7], температуры, воздействия магнитного поля [8], pH [9] и других факторов. Так при обработке воды магнитным полем в ней происходит снижение содержания ГГКВ (в первую очередь крупных размеров) [8].

В ряде работ [10-12] показано, что структура воды играет ключевую роль в химических и биологических процессах, а исследования в этом направлении имеют фундаментальное значение. В ряде других исследований при различных воздействиях на воду наблюдали изменение свойств цементного камня, бетона [13], повышение урожайности растений и изменение их состава [14]. Однако, авторы этих работ наблюдаемые эффекты не оценивали как последствия изменений структуры воды.

В настоящее время известен способ оценки структуры воды и водных растворов [15], позволяющий определять электрическую емкость растворов в диапазоне частот от 100 Гц до 3 МГц. С использованием этого способа после различных воздействий выявлены многократные и воспроизводимые изменения величины реактивного тока через измерительные ячейки, электрической емкости воды и водных растворов, что свидетельствовало об изменениях в их структуре.

Цель работы заключалась в дальнейшем изучении структурных особенностей растворов на примере водного раствора хлорного железа и золя трехвалентного железа.

#### *Материалы и методы*

В опытах использована дистиллированная вода с проводимостью при 20°C от 1,2 до 2 мкСм/см, а также водные растворы хлорида железа в концентрациях  $1 \cdot 10^{-3}$  М и  $1 \cdot 10^{-2}$  М и водный раствор хлорида натрия в концентрации  $1 \cdot 10^{-2}$  М. Золя гидроксида железа получали путем кипячения раствора  $\text{FeCl}_3$  указанных выше концентраций в течение 3 минут до образования жидкости красно-коричневого цвета.

Исследования проведены при температуре жидкостей 20°C.

Первая измерительная ячейка (Рисунок 1А) включает стандартную стеклянную пробирку диаметром 20 мм и длиной 200 мм, в который помещают исследуемые жидкости, а также две обкладки конденсатора из немагнитного материала (площадью 22 см<sup>2</sup> каждая).

Обкладки конденсатора смещены относительно друг друга в параллельных плоскостях и не имеют поверхности, расположенной напротив друг друга. Вторая измерительная ячейка (рис. 1Б) включает цилиндрический стеклянный сосуд емкостью 100 мл, а также два плоских электрода из немагнитной нержавеющей стали (площадью 2 см<sup>2</sup> каждый), находящиеся в жидкости на расстоянии 20 мм.

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.

Величина напряжения генератора синусоидальных колебаний, подводимого к измерительной ячейке А, уменьшается обратно пропорциональна его частоте. Это, во-первых, уменьшает зависимость плотности тока через измерительную ячейку от его частоты, что снижает влияние величины реактивного тока на структуру жидкостей. Во-вторых, такая конструкция измерительной ячейки увеличивают динамический диапазон изменения сигнала при изменении структуры воды и водных растворов.

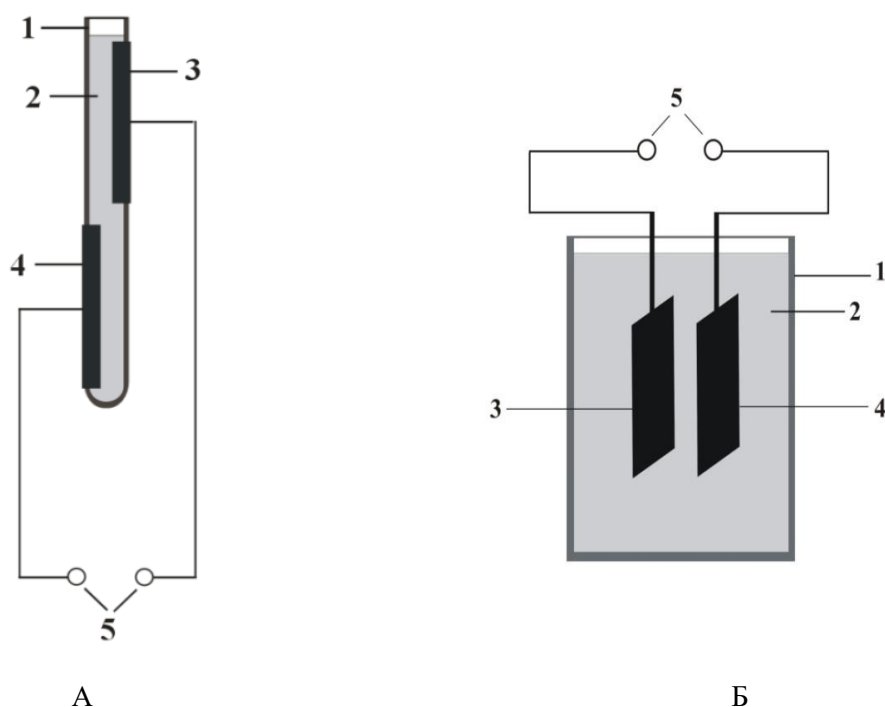


Рисунок 1. Измерительные ячейки. А – обкладки конденсатора на измерительной ячейке смещены относительно друг друга в параллельных плоскостях и не имеют поверхности, расположенной напротив друг друга. Б - два плоских электрода из немагнитной нержавеющей стали размещены в стеклянной емкости. 1 – емкость для жидкости, 2 – исследуемая жидкость, 3 и 4 – обкладки конденсатора; 5 – клеммы для подключения сигнала от генератора синусоидальных колебаний

Плотность тока на обкладках конденсатора при измерении емкости не превышает  $50 \text{ нА/см}^2$ , а частота изменяется от 1 кГц до 3000 кГц. При измерении добротности колебательного контура величины индуктивности устанавливают на уровне, позволяющем получить резонансную частоту 100 кГц. Плотность тока на обкладках конденсатора при этом не превышает  $110 \text{ нА/см}^2$ . Проводимость растворов и зелей хлорного железа измеряли на частоте 1 кГц. Детали методики описаны ранее в работе [15].

#### *Результаты эксперимента и их обсуждение*

При температуре  $20^\circ\text{C}$  с увеличением частоты реактивного тока от 1 до 100 кГц электрическая емкость дистиллированной воды многократно (до 8% от исходного уровня,  $P < 0,001$ ) снижается (Рисунок 2).

При дальнейшем повышении частоты до 3000 кГц электрическая емкость практически не изменяется. Следует отметить, что уже при частоте 3 кГц емкость снижается до 44% по сравнению с частотой 1 кГц ( $P < 0,001$ ).

Электрическая емкость водных растворов  $\text{FeCl}_3$  повышается как по сравнению с дистиллированной водой, так и с увеличением концентрации раствора. Так, при использовании водного раствора  $\text{FeCl}_3$  с концентрацией  $1 \cdot 10^{-3} \text{ М}$  многократное возрастание его электрической емкости (по сравнению с емкостью дистиллированной воды) наблюдается на частотах в диапазоне от 3 кГц до 3000 кГц ( $P < 0,001$  во всех случаях). При повышении же концентрации водного раствора  $\text{FeCl}_3$  от  $1 \cdot 10^{-3} \text{ М}$  до  $1 \cdot 10^{-2} \text{ М}$  происходит возрастание электрической емкости на частотах 300 кГц 1000 кГц и 3000 кГц на 24%, 150% и 300% соответственно ( $P < 0,001$  во всех случаях), повышение добротности колебательного контура на 240% и проводимости раствора более, чем в 2 раза.

Следует отметить, что величины электрической емкости (Рисунок 2) и добротности колебательного контура  $1 \cdot 10^{-2}$  М водного раствора хлорида натрия, по сравнению с  $1 \cdot 10^{-2}$  М водного раствора хлорида железа были значительно меньше. Так, электрическая емкость  $1 \cdot 10^{-2}$  М водного раствора хлорида натрия была меньше на частотах 300 кГц, 1000 кГц и 3000 кГц на 8%, 34% и 58%, а добротность колебательного контура на частоте 100 кГц – на 53% ( $P < 0,001$  во всех случаях).

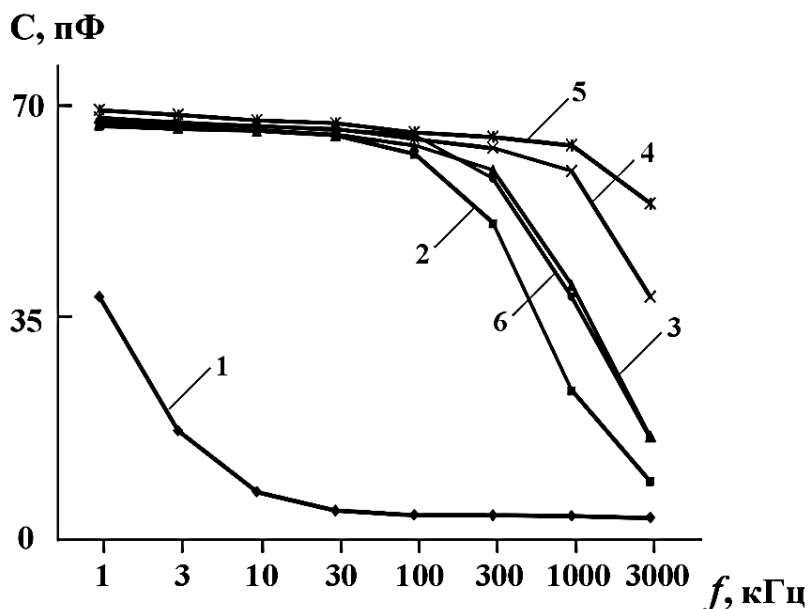


Рисунок 2. Зависимость электрической емкости дистиллированной воды, водных растворов  $\text{FeCl}_3$  и золей гидроксида железа от частоты реактивного тока: 1 – дистиллированная вода; 2 –  $10^{-3}$  М раствор  $\text{FeCl}_3$ ; 3 – золь гидроксида железа, полученный из  $10^{-3}$  М раствора  $\text{FeCl}_3$ ; 4 –  $10^{-2}$  М раствор  $\text{FeCl}_3$ ; 5 – золь гидроксида железа, полученный из  $10^{-2}$  М раствора  $\text{FeCl}_3$ ; 6 –  $10^{-2}$  М раствор  $\text{NaCl}$

Полученные результаты при использовании эквимольных и различных концентраций растворов солей согласуются с данными, полученным ранее [15], и позволяют предположить, что в дистиллированной воде ее молекулы достаточно прочно связаны между собой в различные ассоциаты. Это снижает подвижность диполей воды особенно на высоких частотах. При повышении концентрации растворов  $\text{FeCl}_3$  подвижность диполей воды в них, по сравнению с дистиллированной водой, повышается пропорционально концентрации. Это, очевидно, обусловлено частичным разрушением крупных кластеров воды уже при комнатной температуре в результате процессов гидратации ионов, что проявляется в увеличении электрической емкости растворов, особенно на высоких частотах, а также в повышении добротности колебательного контура на частоте 100 кГц и проводимости растворов. Подобный эффект разрушения кластеров в водных растворах  $\text{NaCl}$  описан в работах других авторов [7, 16].

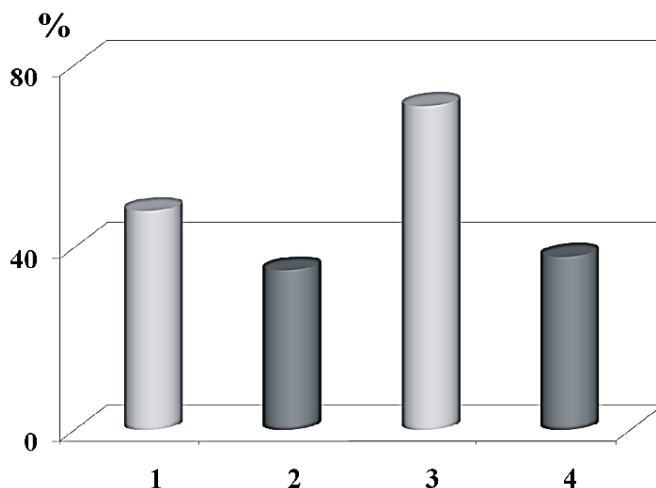


Рисунок 3. Относительное изменение (в %) проводимости при частоте 1 кГц и добротности колебательного контура (Q) при частоте 100 кГц: 1 – повышение проводимости золя гидроксида железа, полученного из  $10^{-3}$  М раствора  $\text{FeCl}_3$  по сравнению с  $10^{-3}$  М раствором  $\text{FeCl}_3$ ; 2 – повышение проводимости золя гидроксида железа, полученного из  $10^{-2}$  М раствора  $\text{FeCl}_3$  по сравнению с  $10^{-2}$  М раствором  $\text{FeCl}_3$ ; 3 – повышение добротности колебательного контура (Q) с золем гидроксида железа, полученного из  $10^{-3}$  М раствора  $\text{FeCl}_3$  по сравнению с  $10^{-3}$  М раствором  $\text{FeCl}_3$ ; 4 – повышение добротности колебательного контура (Q) с золем гидроксида железа, полученного из  $10^{-2}$  М раствора  $\text{FeCl}_3$  по сравнению с  $10^{-2}$  М раствором  $\text{FeCl}_3$

С учетом отмеченных выше изменений структуры растворов значительный интерес представляет оценка структурных особенностей коллоидных систем, имеющих одинаковый качественный и количественный состав с растворами водных солей, но отличающихся структурной организацией системы. На Рисунках 2 и 3 приведены результаты оценки структурных изменений в золях гидроксида железа, полученных после нагревания и последующего остывания раствора  $\text{FeCl}_3$

Оказалось, что электрическая емкость золя гидроксида железа, по сравнению с соответствующим раствором  $\text{FeCl}_3$  в концентрации  $1 \cdot 10^{-3}$  М возрастала на частотах от 300 кГц до 3000 кГц. При этом добротность колебательного контура увеличивалась на 71%, а проводимость – на 48% ( $P < 0,001$  во всех случаях). Аналогичные изменения параметров наблюдались и при исследовании золя гидроксида железа, по сравнению с соответствующим раствором  $\text{FeCl}_3$  в концентрации  $1 \cdot 10^{-2}$  М. В этом случае электрическая емкость золя возрастала на частотах 1000 кГц и 3000 кГц, добротность колебательного контура и проводимость увеличивались на 38% и 35% соответственно ( $P < 0,001$  во всех случаях).

Полученные результаты позволяют предположить, что при образовании золя гидроксида железа наблюдается связывание и ориентация молекул воды в адсорбционном и диффузионном слоях мицеллы. Схематично процесс можно представить уравнением:



При этом совершенно очевидно, что подвижность диполей воды в диффузном слое намного выше, по сравнению с их подвижностью в адсорбционном слое. Способность молекул воды в диффузном слое свободно обмениваться с дисперсной средой приводит к дополнительному разрушению ассоциатов молекул воды (кластеров), что сопровождается повышением подвижности диполей воды и, соответственно, возрастанием значений электрической емкости, проводимости золь по сравнению с исходными водными растворами хлорида железа и увеличением значений добротности колебательного контура.

Таким образом, в проведенном исследовании показано, что при образовании золей гидроксида железа происходят выраженные изменения подвижности диполей воды и, соответственно, ее структурных образований, а метод диэлектротомии, резонансный и импедансный методы могут быть использованы для изучения структурных особенностей в воде, водно-солевых растворах и дисперсных системах.

#### *Выводы*

1. При температуре 20 °С уменьшение электрической емкости дистиллированной воды с увеличением частоты тока от 1 до 100 кГц обусловлено существованием в воде структурных образований – ассоциатов молекул воды, в которых частоты колебаний диполей воды ниже частот внешнего электрического поля.

2. Многократное увеличение электрической емкости растворов хлорного железа, по сравнению с дистиллированной водой, обусловлено процессами частичного разрушения ассоциатов молекул воды в растворах и гидратации ионов.

3. Возрастание электрической емкости, проводимости, добротности колебательного контура золей гидроксида железа, по сравнению с исходными растворами хлорного железа, вероятно, обусловлено тем, что при образовании мицелл в растворах происходит разрушения ассоциатов молекул воды, частичная ориентация высвобождающихся при этом диполей в структуре мицеллы и увеличение концентрации свободных диполей воды, имеющих максимальную подвижность.

#### *Список литературы:*

1. Маленков Г. Г. Структура и динамика жидкой воды // Журнал структурной химии. 2006. Т. 47. (прил.). С. 5-35.
2. Гончарук В. В., Смирнов В. Н., Сыроешкин А. В., Маляренко В. В. Кластеры и гигантские гетерофазные кластеры воды // Химия и технология воды. 2007. Т. 29. №1. С. 3–17.
3. Смирнов А. Н., Сыроешкин А. В. Супранадмолекулярные комплексы воды // Рос. хим. ж. 2004. Т. 48. №2. С. 125-135.
4. Ho M-W. Large Supramolecular Water Clusters Caught on Camera - A Review // Water. 2013. V. 6. P. 1-12.
5. Michaelides A., Morgenstern K. Ice nanoclusters at hydrophobic metal surfaces // Nature Materials. 2007. V. 6. P. 597-601.
6. Коновалов А. И. Образование наноразмерных молекулярных ансамблей в высокоразбавленных водных растворах // Вестник РАН. 2013. Т. 83, №12. С. 1076-1082.
7. Баранов А. В., Петров В. И., Федоров А. В., Черняков Г. М. Влияние микропримесей NaCl на динамику кластерообразования в жидкой воде: спектроскопия низкочастотного комбинационного рассеяния // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1993. Т. 57. №6. С. 356-359.
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. Сыроешкин А. В., Смирнов А. Н., Гончарук В. В., Успенская Е. В., Николаев Г. М., Попов П. И., Карамзина Т. В., Самсонов-Тодоров А. О., Лапшин В. Б. Вода как гетерогенная структура // Исследовано в России. 2006. Т. 9. С. 843-854.
10. Фаращук Н. Ф., Рахманин Ю. А. Вода - структурная основа адаптации. Смоленск: СГМА, 2004. 172 с.
11. Кордонская М. А., Кондаков А. М., Егоров В. В. Влияние структуры воды на скорость химических реакций // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2014. №4. С. 43-45.
12. Рахманин Ю. А., Кондратов В. К. Вода - космическое явление. М.: РАЕН, РАМН; 2002. 427 с.

13. Сафронов В. Н., Кугаевская С. А. Оптимизация свойств цементных композитов при различных технологических приемах подготовки цикловой магнитной активации воды затворения // Вестник ТГАСУ. 2014. №1. С. 85-99.

14. Пасько О. А. Влияние предпосевной стимуляции семян огурца на урожайность // Аграрная наука. 2011. №8. С. 20-22.

15. Сидоренко Г. Н., Лаптев Б. И., Горленко Н. П., Саркисов Ю. С., Антошкин Л. В. Динамика структурной организации воды и водных растворов в диапазоне частот от 100 гц до 3 мпц // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2016. №9 (105). С. 40-45.

16. 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.

#### References:

1. Malenkov, G. G. (2006). *Struktura i dinamika zhidkoi vody. Zhurnal strukturnoi khimii*, 47, (app.), 5-35

2. Goncharuk, V. V., Smirnov, V. N., Syroeshkin, A. V., & Malyarenko, V. V. (2007). *Klasteriy i gigantskie geterofaznye klasteriy vody. Khimiya i tekhnologiya vody*, 29, (1), 3-17

3. Smirnov, A. N., & Syroeshkin, A. V. (2004). *Supranadmolekulyarnye komplekсы vody. Ros. khim. zh.*, 48, (2), 125-135.

4. Ho, M-W. (2013). Large Supramolecular Water Clusters Caught on Camera - A Review. *Water*, 6, 1-12

5. Michaelides, A., & Morgenstern, K. (2007). Ice nanoclusters at hydrophobic metal surfaces. *Nature Materials*, 6, 597-601

6. Konovalov, A. I. (2013). *Obrazovanie nanorazmernykh molekulyarnykh ansamblei v vysokorazbavlennykh vodnykh rastvorakh. Vestnik RAN*, 83, (12), 1076-1082.

7. Baranov, A. V., Petrov, V. I., Fedorov, A. V., & Chernyakov, G. M. (1993). *Vliyanie mikroprimesei NaCl na dinamiku klasteroobrazovaniya v zhidkoi vode: spektroskopiya nizkochastotnogo kombinatsionnogo rasseyaniya. Pisma v ZhETF*, 57, (6), 356-359

8. Goncharuk, V. V., Orekhova, E. A., & Malyarenko, V. V. (2008). *Vliyanie temperatury na klasteriy vody. Khimiya i tekhnologiya vody*, 30, (2), 150-158

9. Syroeshkin, A. V., Smirnov, A. N., Goncharuk, V. V., Uspenskaya, E. V., Nikolaev, G. M., Popov, P. I., Karamzina, T. V., Samsoni-Todorov, A. O., & Lapshin, V. B. (2006) *Voda kak geterogennaya struktura. Issledovano v Rossii*, 9, 843-854.

10. Farashchuk, N. F., & Rakhmanin, Yu. A. (2004). *Voda - strukturnaya osnova adaptatsii. Smolensk, SGMA*, 172

11. Kordonskaya, M. A., Kondakov, A. M., & Egorov, V. V. (2014). *Vliyanie struktury vody na skorost khimicheskikh reaktsii. Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya*, (4), 43-45

12. Rakhmanin, Yu. A., & Kondratov, V. K. (2002). *Voda - kosmicheskoe yavlenie. Moscow, RAEN, RAMN*, 427

13. Safronov, V. N., & Kugaevskaya, S. A. (2014). *Optimizatsiya svoistv tsementnykh kompozitov pri razlichnykh tekhnologicheskikh priemakh podgotovki tsiklovoi magnitnoi aktivatsii vody zatvoreniya. Vestnik TGASU*, 1, 85-99

14. Pasko, O. A. (2011). *Vliyanie predposevnoi stimulyatsii semyan ogurtsa na urozhainost. Agrarnaya nauka*, (8), 20-22

15. Sidorenko, G. N., Laptev, B. I., Gorlenko, N. P., Sarkisov, Yu. S., & Antoshkin, L. V. (2016). *Dinamika strukturnoi organizatsii vody i vodnykh rastvorov v diapazone chastot ot 100 gts do 3 mgts. Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 9, 38-43

16. Uspenskaya, E. V. (2007). *Izuchenie struktury vody na supramolekulyarnom urovne dlya razrabotki novykh metodov standartizatsii i kontrolya kachestva mineralnykh vod i zhidkikh lekarstvennykh form. Avtoref. dis. kand. khim. nauk. Moscow*, 27



Работа поступила  
в редакцию 21.07.2017 г.

Принята к публикации  
24.07.2017 г.

---

*Ссылка для цитирования:*

Сидоренко Г. Н., Лаптев Б. И., Горленко Н. П., Антошкин Л. В. Оценка структуры водных растворов хлорида железа и золя гидроксида железа с использованием диэлектromетрии, резонансного и импедансного методов // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2017. №8 (21). С. 28-36. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/sidorenko> (дата обращения 15.08.2017).

*Cite as (APA):*

Sidorenko, G., Laptev, B., Gorlenko, N., & Antoshkin, L. (2017). The structure evaluation of iron chloride aqueous solutions and iron hydroxide sol using dielectrometry, resonance and impedance methods. *Bulletin of Science and Practice*, (8), 28-36