

DOI: 10.15593/2224-9400/2018.2.08

УДК 532.74

Г.Н. Сидоренко, Б.И. Лаптев

Фирма «Новые технологии», Любляна, Словения

Н.П. ГорленкоТомский государственный архитектурно-строительный
университет, Томск, Россия**Л.В. Антошкин**Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,
Томск, Россия

ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ВОДЫ И ВОДОСОДЕРЖАЩИХ СИСТЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В настоящее время установлено, что жидкая вода и водосодержащие системы имеют лабильную и неоднородную структуру, которая зависит от соотношения свободных и ассоциированных, например, в кластеры, гидратные и другие структурные образования молекул воды. Структура воды играет ключевую роль в химических и биологических процессах, а исследования в этом направлении имеют фундаментальное значение. Структура воды изменяется при различных воздействиях, включающих в себя энергетические (изменение температуры) и низкоэнергетические воздействия (действие различных видов магнитного поля, электрического поля, влияние материалов пристеночного слоя), а также изменения концентрации растворов, их состава, pH и т.д.

В данной работе обобщены результаты проведенных ранее исследований и приведены данные об изменении структуры, свойств воды и водосодержащих систем при использовании низкоэнергетических воздействий. Показано, что вблизи твердой поверхности происходит зависящее от материала поверхности снижение добротности колебательного контура, электрической емкости растворов и их отношения. При омагничивании воды наблюдается увеличение добротности колебательного контура, уменьшение электрической емкости растворов, возрастание их отношения, увеличение pH и изменение оптической плотности.

При использовании воды, обработанной магнитным или электрическим полем, в качестве жидкости затворения строительных смесей прочность цементного камня и бетона значительно увеличивается. При магнитной обработке воды повышается урожайность растений и улучшается их состав. При приеме обработанной магнитным полем минеральной воды и при одновременном воздействии магнитного поля и лечебной грязи улучшаются восстановительные процессы в организме.

Дальнейшие исследования влияния различных факторов на структуру воды и обусловленные этим изменения свойств неживых систем и состояния организмов являются актуальными в строительстве, сельском хозяйстве, биологии, медицине

и других областях науки и техники. Сфера применения модификации структуры воды и водосодержащих систем для создания новых технологий в разных областях постоянно расширяется.

Ключевые слова: структура воды, свойства воды, водосодержащие системы, низкоэнергетические воздействия, электрическая емкость, резонанс, магнитное и электрическое поле, цементные системы, минеральная вода, организм.

G.N. Sidorenko, B.I. Laptev

Nove tehnologije d.o.o., Ljubljana, Slovenia

N.P. Gorlenko

Tomsk State University of Architecture and Building,
Tomsk, Russian Federation

L.V. Antoshkin

Senior researcher of V.E. Zuev Institute
of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russian Federation

It has now been established that liquid water and water-containing systems have a labile and heterogeneous structure that depends on the ratio of free and associated, for example, in clusters, hydrate and other structural formations of water molecules. The structure of water plays a key role in chemical and biological processes, and studies in this direction are of fundamental importance. The structure of the water varies with various impacts, including energy impacts (temperature changes), low-energy effects (the effect of various kinds of magnetic field, electric field, the influence of a material of a surface in boundary layer), changes in solution concentrations, their composition, pH, etc.

In this paper, using the generalization of the results of previous studies, data are presented on the changes in the structure, properties of water and water-containing systems using low-energy effects. It is shown that near the solid surface the Q -factor of the oscillatory circuit, the electrical capacity of the solutions, and their ratio depend on the material of the surface. When the water is magnetized, the Q -factor of the oscillatory circuit increases, the electrical capacitance of the solutions decreases, their ratio increases, the pH increases, the optical density changes.

When using water treated with a magnetic or electric field as a liquid for mixing mortar mixes, the strength of cement stone and concrete significantly increases. With magnetic treatment of water, the yield of plants increases and their composition improves. When using mineral water treated by a magnetic field or with simultaneous exposure to a magnetic field and curative mud, the recovery processes in the body are improved.

Further studies of the influence of various factors on the water structure and as a result of this the changes in the properties of non-living systems and the state of organisms are relevant in construction, agriculture, biology, medicine and other areas of science and technology. The scope of the modification of the structure of water and water-containing systems for the creation of new technologies in various fields is constantly expanding.

Keywords: structure of water, property of water, water-containing systems, low-energy influences, electric capacity, Q -factor oscillatory circuit, magnetic and electric field, cement systems, mineral water, an organism.

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. Среднее время жизни водородных связей составляет $\sim 10^{-12}$ с [1]. 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].

Показано, что в высокоразбавленных водных растворах присутствуют наноразмерные молекулярные ассоциаты с размерами до 400 нм, названные наноассоциатами [6]. С использованием метода лазерной интерференции в ряде исследований обнаружены также кластеры с размерами от 10 до 100 мкм (гигантские гетерофазные кластеры воды – ГГКВ) [2–4]. Наличие больших кластеров не противоречит ранее полученным данным о существовании в воде нанометровых кластеров со временем релаксации 10^{-11} – 10^{-12} с [2]. Распределенные в жидкой (континуальной) фазе ГГКВ образуются и разрушаются в течение 1–2 с [2, 3], а размеры кластеров и, следовательно, структура воды зависят от различных факторов [7]. С учетом малых длительностей жизни водородных связей и при постоянных термодинамических условиях, очевидно, можно говорить о существовании усредненного структурного состояния воды и водных систем.

Влияние энергетических факторов (температуры, механических воздействий) на структуру, свойства воды и водных систем относительно хорошо изучены [8, 9 и др.], тогда как влияние низкоэнергетических воздействий менее изучено. Имеются отдельные работы, в которых показано, что величина кластеров воды зависит от концентрации раствора [7], воздействия магнитного поля [8], pH [10] и других факторов.

В последние годы появились 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 воды («объемной» воды) [11, 12]. 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.

Изменение структурного состояния воды и водных систем (размеров ассоциатов молекул воды, их количества, перераспределение молекул воды между ее ассоциатами, гидратными образованиями ионов и пулом несвязанных между собой молекул воды) может приводить к изменению подвижности диполей воды и, следовательно, к сдвигам электрических параметров жидкостей и к изменению свойств воды и водных систем.

В ряде исследований было показано, что при различных энергетических и низкоэнергетических воздействиях происходят значительные сдвиги рН, электрической емкости и резонансных параметров воды и водных систем, сопровождающиеся изменением протекания процессов в неживых системах и в организмах [13, 14].

Цель работы – путем обобщения результатов проведенных ранее исследований оценить изменения свойств воды и водосодержащих систем при использовании низкоэнергетических воздействий.

Экспериментальная часть. В опытах использовали дистиллированную воду проводимостью 2–2,5 мкС/см, водные растворы NaCl в концентрациях от 10^{-6} до 0,15 М.

Поскольку вода и водные системы имеют высокую чувствительность к внешним воздействиям, включая низкоэнергетические (информационные) воздействия [15], то для их изучения необходимы неразрушающие методы исследования. Для этого были разработаны измерительные ячейки и способ оценки структуры воды и водных растворов [16]. Использование особой конструкции измерительных ячеек (рис. 1) и сверхмалых плотностей токов (10–100 нА/см²) в широком диапазоне частот от 100 Гц до 3 МГц позволило существенно снизить возможное влияние условий опытов на структуру воды.

Напряжение к измерительным ячейкам подавалось от генератора синусоидальных колебаний AFG 2025, сигнал с ячейки усиливался инструментальным усилителем на основе микросхемы AD8067 и измерялся на осциллографе PDS5022S.

Установка позволяет измерять электрическую емкость жидкостей на частотах 0,1–3000 кГц (по изменению величины реактивного тока через них, но после вычитания из общей емкости конденсатора емкости измерительной ячейки без жидкости), а также добротность колебательного контура на частотах 30, 100 и 300 кГц с включением в него исследуемой жидкости. При этом величина напряжения генератора, подводимого к пластинам конденсатора при измерении емкости, уменьшается обратно пропорционально его частоте. Детали методики описаны ранее [16].

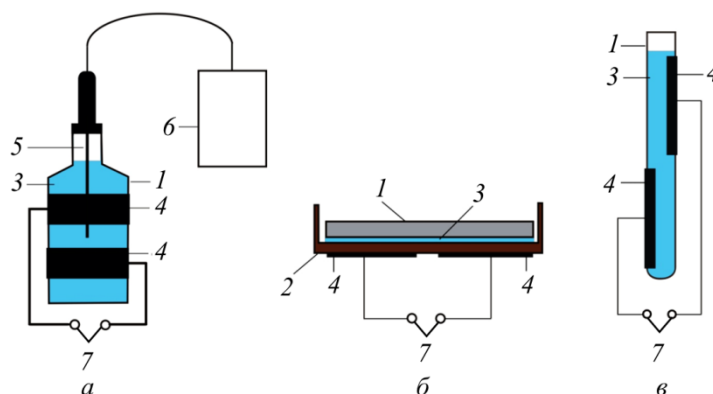


Рис. 1. Схемы измерительных ячеек для оценки структуры воды и водных систем: *а* – исследуемая жидкость находится между обкладками конденсатора, которые расположены вокруг сосуда; *б* – обкладки конденсатора располагают в одной плоскости, а жидкость находится над обкладками конденсатора; *в* – обкладки конденсатора смещены относительно друг друга в параллельных плоскостях: 1 – емкость для жидкости (стеклянная пластина для б), 2 – исследуемый материал, 3 – исследуемая жидкость, 4 – обкладки конденсатора из немагнитного материала без непосредственного контакта с исследуемой жидкостью, 5 – погружной датчик температуры, 6 – цифровой термометр GTN 175/Pt, 7 – клеммы для подключения сигнала от генератора синусоидальных колебаний

Температуру жидкостей измеряли с использованием цифрового термометра GTN 175/Pt с разрешением 0,1 °C. Время изменения температуры на 1 °C составляло не менее 40 с.

Изменения структуры, свойств воды и водных систем оценивали при использовании различных концентраций растворов, энергетических (охлаждение до 10 °C, нагревание до 40 °C), низкоэнергетических воздействий (материалов поверхности, электрического и магнитного поля).

Результаты и их обсуждение.

Оценка изменений структуры воды и водных систем с использованием температурных и электрических параметров. Поскольку в воде и ее растворах имеется лабильная, структурно и динамически неоднородная структура [1], проявляющаяся в зависящем от температуры непрерывном образовании и разрушении ассоциатов молекул воды [2–4, 8], то это может влиять на динамику охлаждения и нагревания воды. Действительно, на кривой средних арифметических значений кривых относительного времени охлаждения и нагре-

вания температуры обнаружены локальные повышения (максимумы) при температуре 32, 39 и 42 °С. При этом в диапазоне температур от 33 до 38 °С значения этой кривой практически не изменялись [12]. Поскольку образование и разрушение ассоциатов сопровождается выделением или поглощением энергии [8], то локальные максимумы на кривых относительного времени снижения или повышения температуры воды отражают замедление процессов охлаждения либо нагревания воды при температурах 32, 39 и 42 °С, связанные с зависимой от температуры динамикой кластерной структуры воды.

Аналогичные результаты приведены в работе [17], где показано, что при повышении температуры структура воды в 4 температурных точках (15, 30, 45 и 60 °С) быстро изменяется за счет изменения соотношения между компонентами «коллоида воды». В других условиях экспериментов быстрые изменения свойств воды отмечены при 15; 32; 45 и 61 °С [17], а также при 75,4; 62,3 и 45,4 °С [18]. По мнению авторов [17], область температур между 30 и 45 °С – это область относительно стабильного состояния структуры воды, которая важна для нормального протекания физиологических процессов в организме человека и теплокровных животных.

Вероятно, структурированность водных систем организма и, следовательно, стабильность структур организма при температурах от 32 до 39 °С достаточно велика, но при этом сохраняется выраженная лабильность процессов, необходимая для развития адаптационных реакций при различных изменениях окружающей и внутренней среды организма.

С учетом приведенных выше данных оценка структуры воды и водных систем проводилась при температурах вне быстрого изменения их структуры (10, 20 и 40 °С).

Ниже приведены результаты оценки влияния низкоэнергетических воздействий – материалов поверхности на электрические параметры водных растворов в сравнении с результатами влияния на эти параметры изменения концентрации растворов.

С использованием измерительной ячейки, показанной на рис. 1, а, при температуре 20 °С с увеличением частоты реактивного тока от 1 до 3000 кГц электрическая емкость дистиллированной воды многократно (до 31 % от исходного уровня, $P < 0,001$) снижается (рис. 2). При повышении концентрации растворов NaCl происходит последовательное увеличение их емкости сначала на низких, а затем

и на более высоких частотах. При максимальной концентрации раствора NaCl (0,15 М) электрическая емкость на частоте 30 кГц увеличилась в 2 раза.

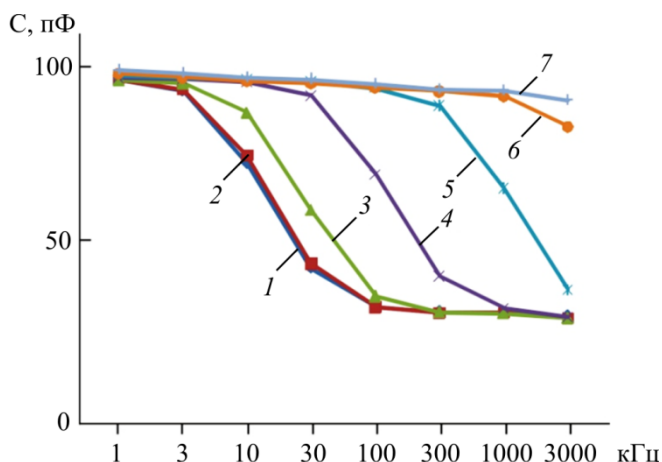


Рис. 2. Изменение электрической емкости (C , пФ) дистиллированной воды и водных растворов NaCl при различных частотах реактивного тока и концентрациях раствора: 1 – дистиллированная вода; 2, 3, 4, 5, 6 и 7 – растворы соли хлорида натрия в концентрациях $1 \cdot 10^{-6}$, $1 \cdot 10^{-5}$, $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-2}$ и 0,15 М соответственно

Добротность же колебательного контура при увеличении концентрации раствора хлорида натрия от $1,10^{-6}$ до $1,10^{-4}$ М снижается на частотах 30, 100 и 300 кГц. При дальнейшем повышении концентрации раствора NaCl до 0,15 М добротность многократно возрастает сначала на частоте 30 кГц, а затем на частотах 100 и 300 кГц. При максимальной концентрации раствора NaCl (0,15 М) на частоте 30 кГц добротность колебательного контура по сравнению с ее величиной при использовании дистиллированной воды возросла в большей степени, чем электрическая емкость – в 15 раз (рис. 3).

На частоте 30 кГц отношение величины добротности колебательного контура к электрической емкости (C/Q) при повышении концентрации раствора NaCl от $1,10^{-6}$ до $1,10^{-4}$ М снижается, а при дальнейшем повышении концентрации раствора хлорида натрия до 0,15 М возрастает в 6,8 раза (см. рис. 3).

Далее были проведены исследования влияния материала поверхности на электрические параметры водных растворов по методике (см. рис. 1, б), описанной ранее [19].

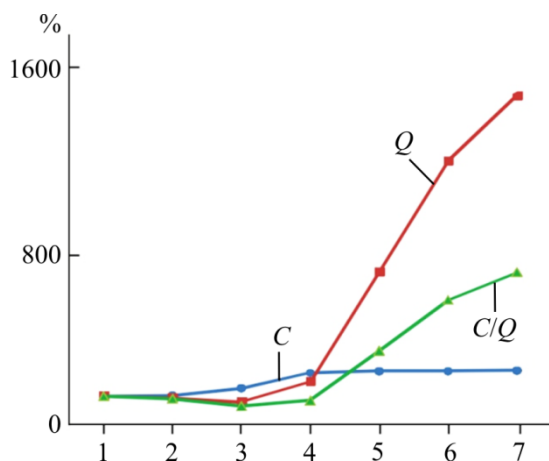


Рис. 3. Зависимость концентрации растворов NaCl от электрической емкости (C), добротности (Q) колебательного контура (в % к их значениям для дистиллированной воды), водных растворов хлорида натрия и отношения добротности колебательного контура к электрической емкости жидкостей (C/Q в %) при частоте реактивного тока 30 кГц; 1 – дистиллированная вода; 2, 3, 4, 5, 6 и 7 – растворы соли хлорида натрия в концентрациях $1 \cdot 10^{-6}$, $1 \cdot 10^{-5}$, $1 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-2}$ и 0,15 М

Оказалось, что при высоте слоя в 16 мкм с увеличением частоты реактивного тока от 1 до 3000 кГц электрическая емкость 0,15 М раствора NaCl многократно снижается (до 4 % от исходного уровня, $P < 0,001$) (рис. 4). При возрастании высоты слоя раствора до 10 000 мкм происходит увеличение электрической емкости во всем исследуемом диапазоне частот, но более выражено на высоких частотах. При максимальной высоте слоя раствора электрическая емкость на частоте 30 кГц увеличилась в 1,27 раза.

Добротность же колебательного контура при увеличении высоты слоя раствора хлорида натрия от 16 до 50 мкм снижается лишь на частоте 300 кГц. При дальнейшем повышении концентрации раствора NaCl до 0,15 М добротность многократно возрастает на всех резонансных частотах. При максимальной высоте слоя раствора (10 000 мкм) на частоте 30 кГц добротность колебательного контура по сравнению с ее величиной при высоте слоя раствора 16 мкм возросла в большей степени, чем электрическая емкость – в 6 раз (рис. 5).

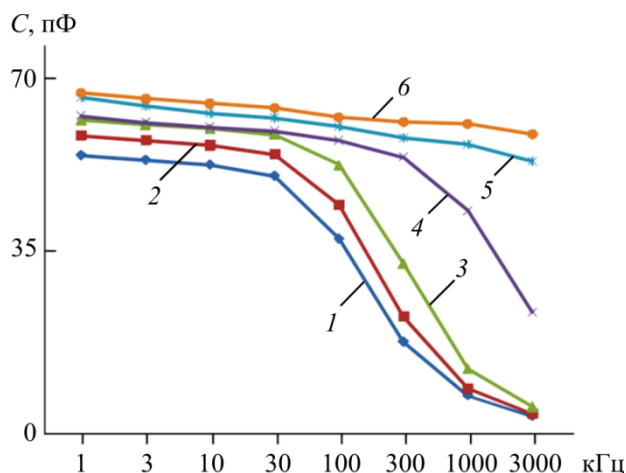


Рис. 4. Зависимость электрической емкости (C , пФ) 0,15 М раствора хлорида натрия при различных частотах реактивного тока от высоты слоя раствора: 1 – 16 мкм; 2 – 25 мкм; 3 – 50 мкм; 4 – 200 мкм; 5 – 2000 мкм; 6 – 10000 мкм

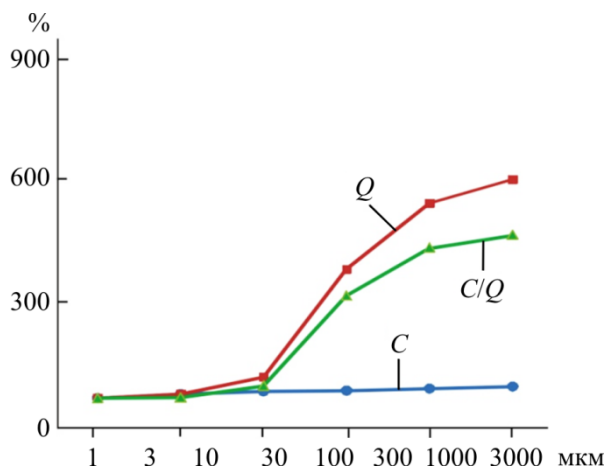


Рис. 5. Зависимость высоты слоя (мкм) 0,15 М раствора NaCl от электрической емкости (C), добротности (Q) колебательного контура (в % к их значениям при в 16 мкм) и отношения добротности колебательного контура к электрической емкости жидкостей (C/Q в %) при частоте реактивного тока 30 кГц

На частоте 30 кГц отношение величины добротности колебательного контура к электрической емкости (C/Q) при повышении высоты слоя раствора от 16 мкм до 10 000 увеличилась в 4,7 раза (см. рис. 5).

Полученные результаты об изменении электрических параметров воды и водных растворов свидетельствуют о том, что при удалении от

твёрдой поверхности подвижность диполей в растворах возрастает подобно тому, как возрастает подвижность диполей в растворе хлорида натрия при возрастании его концентрации. Очевидно, что вблизи твёрдой поверхности помимо имеющейся кластерной структуры и гидратных образований появляются новые структурные образования, обусловленные влиянием материала поверхности (в данном случае стекла). При этом в растворах с меньшей концентрацией этот эффект более выражен [19].

При проведении сравнительной оценки влияния материала твёрдой поверхности на структуру воды и водных растворов оказалось, что при нахождении 0,15 М раствора NaCl между пластмассовой поверхностью (пищевая пластмасса) и стеклянной поверхностью с увеличением частоты реактивного тока от 1 до 3000 кГц электрическая ёмкость раствора более выражено снижается по сравнению с уменьшением этого показателя при нахождении 0,15 М раствора NaCl между стеклянными поверхностями. Так, на частоте 300 кГц (рис. 6, а) при высоте слоя жидкости 16 мкм электрическая ёмкость 0,15 М раствора хлорида натрия между пластмассовой поверхностью и стеклянной поверхностью снижалась по сравнению с исходным уровнем до 34 %, а между стеклянными поверхностями – лишь до 63 %. При этом на частоте 1 кГц различие величин электрической ёмкости в первой и во второй ячейках не превышало 2 %. При увеличении высоты слоя раствора до 200 мкм указанное различие практически исчезало.

Более значительные различия между влиянием материалов поверхностей на электрические параметры 0,15 М раствора хлорида натрия были выявлены при оценке изменений добротности колебательного контура (рис. 6, б). Так, на частоте 100 кГц добротность колебательного контура при нахождении раствора между пластмассовой и стеклянной поверхностью и при высотах слоя жидкости 16 и 200 мкм составила 48 и 37 % соответственно по сравнению с величинами этого параметра при нахождении раствора между стеклянными поверхностями ($P < 0,001$ в обоих случаях).

Важно отметить, что на частоте 30 кГц отношение величины добротности колебательного контура к электрической ёмкости (C/Q) при нахождении раствора между полимерной и стеклянной поверхностями и при высотах слоя жидкости 16 и 200 мкм, по сравнению с величинами этого параметра при нахождении раствора между стеклянными поверхностями, снижалось на 55 и 37 % соответственно.

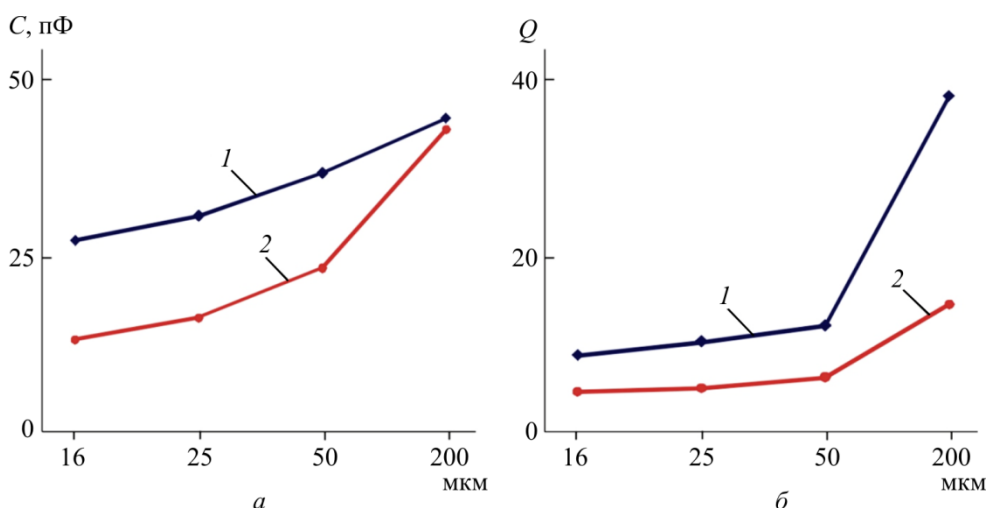


Рис. 6. Зависимость электрической емкости C , пФ (а) 0,15 М раствора хлорида натрия на частоте 300 кГц и зависимости добротности Q (б) колебательного контура с включением 0,15 М раствора хлорида натрия на частоте 100 кГц от высоты слоя раствора. 1 – раствор находится между стеклянными поверхностями; 2 – раствор находится между пластмассовой и стеклянной поверхностью

В условиях проведения опытов более выраженное снижение электрической емкости растворов и добротности колебательного контура вблизи пластмассовой поверхности, по сравнению со стеклянной поверхностью, очевидно, свидетельствует о более выраженном снижении подвижности диполей воды вблизи поверхности полимера.

Эффект пограничного слоя зависит от концентрации растворов и их состава, материала поверхности и проявляется на расстоянии менее 1000 мкм при концентрации растворов от 0,01 до 1 М [19]. Поскольку вода пограничного слоя обладает повышенной биологической активностью [18, 19], то изучение структурных особенностей и свойств воды пристеночного слоя представляет теоретический и практический интерес.

Таким образом, использование электрических параметров водных растворов позволяет оценивать изменение их структуры при изменении концентрации растворов, а также в пристеночном (пограничном) слое. При этом повышение (снижение) отношения величины добротности колебательного контура к электрической емкости (C/Q) свидетельствует о возможной относительной активации (деактивации) процессов, происходящих в резонансном режиме.

На рис. 7 приведены результаты оценки влияния низкоэнергетического воздействия – магнитного поля на электрические параметры дистиллированной воды. В работе [20] показано, что после обработки магнитным полем дистиллированной воды величина ее электрической емкости при частотах реактивного тока 1–30 кГц снижается на 5–8 % ($P < 0,001$). Однако величина добротности колебательного контура на резонансных частотах 30, 100 и 300 кГц возрастает на 11, 13 и 10 % соответственно ($P < 0,001$ во всех случаях). Величина же отношения добротности колебательного контура к электрической емкости (C/Q) после омагничивания на частоте 30 кГц увеличилась в 1,2 раза.

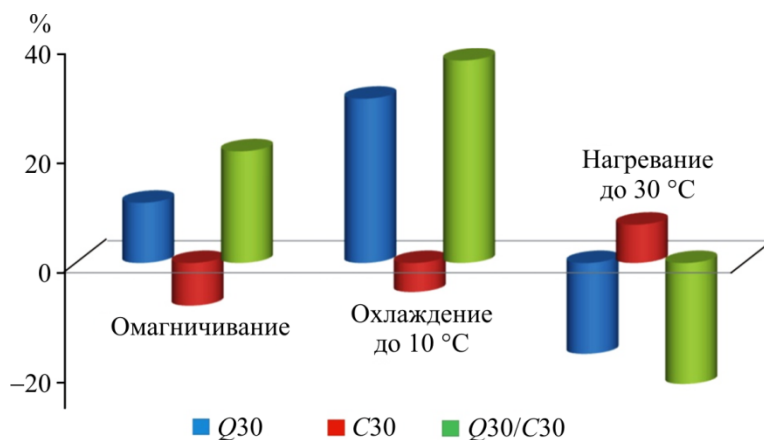


Рис. 7. Изменение (в % к исходным величинам) на частоте 30 кГц электрической емкости (C_{30}) дистиллированной воды, добротности колебательного контура (Q_{30}) и их отношения (Q_{30}/C_{30}) после омагничивания, охлаждения до 10 °C и нагревания до 30 °C

Интересно отметить, что подобная динамика указанных параметров наблюдается при охлаждении дистиллированной воды до 10 °C, однако при нагревании до 30 °C величины электрической емкости и добротности колебательного контура изменяются в противоположном направлении: происходит увеличение электрической емкости, снижение добротности колебательного контура и их отношения.

Кроме сдвигов электрических параметров воды показано, что при обработке магнитным полем в воде происходит снижение содержания в первую очередь кластеров крупных размеров [8] и повышение pH от $5,27 \pm 0,02$ до $5,43 \pm 0,02$ ($P < 0,001$) [20]. Увеличение pH, очевидно, свидетельствует о возрастании числа водородных связей между молекулами воды [21]. Учитывая эти сдвиги параметров, можно предположить, что

при обработке воды магнитным полем в ней происходит увеличение структурированности, происходящее за счет снижения количества крупных кластеров и увеличения количества более мелких кластеров. Это проявляется в снижении подвижности диполей при действии нерезонансных частот, в то время как при действии резонансных частот подвижность диполей возрастает. В связи с этим известный терапевтический, адаптогенный эффект активированной воды и активирующее воздействие на неживые системы, вероятно, обусловлено такими изменениями структуры водных систем (в частности, внутри и вне клеток), при которых облегчается взаимодействие между процессами в резонансном режиме, но сохраняется стабильность структур благодаря ограничению подвижности диполей при воздействии нерезонансных частот.

В последние годы появились данные о том, что магнитное поле Земли также влияет на структуру водных растворов. Так, показано, что в высокоразбавленных растворах (10^{-20} – 10^{-6} М) биологически активных веществ образуются наноразмерные молекулярные ансамбли (до 400 нм) – наноассоциаты. При этом в гипoeлектромагнитных условиях в высокоразбавленных растворах наноассоциаты не образуются [22].

Оценка влияния изменений структуры воды на свойства неживых систем и состояние организмов. Известно, что при обработке водопроводной воды магнитным полем, так же как и дистиллированной воды, происходит повышение ее pH [15, 20, 21], что может свидетельствовать об образовании в воде новых водородных связей, т.е. об изменении ее структуры. Это предположение подтверждается данными об изменении оптической плотности воды, полученными методами УФ-спектроскопии [23].

В ряде исследований при различных низкоэнергетических воздействиях на воду наблюдали изменение свойств цементного камня, бетона [24, 25]. Установлены закономерности воздействия магнитного и (или) электрического полей на воду, водно-солевые растворы, цементные и оксидные вяжущие системы, проявляющиеся в процессах растворения, диспергирования, гидратации, кристаллизации, обмена ионов, диффузии ионов через мембрану и др. Показано, что максимальное увеличение прочности образцов на сжатие при воздействии электрическим полем на цементные композиции наблюдается в интервалах частот: 10–15, 560–610 Гц, 19–20 кГц, 1–6 МГц.

При использовании же воды, обработанной магнитным полем (10^{-1} – 10^{-2} Тл), в качестве жидкости затворения строительных смесей происходит изменение кинетики процессов структурообразования,

процессов гидратации зерна вяжущего, изменение соотношения объемных концентраций твердых, жидких и газообразных фаз и увеличение скорости химического взаимодействия компонентов. В результате прочность цементного камня и бетона при сжатии значительно увеличивается [21, 25].

Изменение структурированности воды изменяет ее биологическую активность. При магнитной обработке воды в исследовании [26] выявлено повышение урожайности растений и улучшение их состава. Однако автор работы наблюдаемые эффекты не оценивал как последствия изменений структуры воды.

В экспериментальных и клинических исследованиях минеральной воды оказалось, что после омагничивания ее свойства изменяются, терапевтическая активность существенно повышается. С учетом этих результатов рекомендовано принимать омагниченную минеральную воду для оздоровления, профилактики и лечения заболеваний [15].

После омагничивания таких водосодержащих систем, как лечебные грязи (сапропели), повышалась активность каталазы [22]. Активность этого фермента повышалась также после обработки магнитным полем лишь отжима сапропеля и даже водных растворов реактивов для определения активности этого фермента. С учетом этих данных, повышение активности фермента, очевидно, свидетельствует об изменении структуры воды в сапропеле, что может изменить биологическую активность лечебной грязи. Курсовое сочетанное воздействие сапропеля и неоднородного постоянного магнитного поля в эксперименте, по сравнению с действием только сапропеля, ускоряло восстановительные процессы в организме со сниженными компенсаторными возможностями, что послужило основой для разработки способа лечения остеоартроза [15, 22].

Интересно, что отмеченное выше формирование наноассоциатов в высокоразбавленных растворах (10^{-20} – 10^{-6} М) биологически активных веществ обуславливает некоторые биологические свойства этих растворов. Предположено, что наноассоциаты могут являться базовым элементом, благодаря которому проявляется терапевтический эффект гомеопатических препаратов [22].

Таким образом, в настоящее время установлено, что вода имеет структуру, которая зависит от соотношения свободных и ассоциированных, например, в кластеры, гидратные и другие структурные образования молекул воды. Показано, что структура воды играет ключевую

роль в химических и биологических процессах, а исследования в этом направлении имеют фундаментальное значение [27–29].

Структура воды изменяется при различных воздействиях, включающих в себя энергетические (изменение температуры), низкоэнергетические воздействия (действие различных видов магнитного поля, электрического поля, влияние материалов пристеночного слоя), изменения концентрации растворов, их состава, pH и т.д.

Различные низкоэнергетические воздействия на структуру воды приводят к значительным изменениям свойств неживых систем и состояния организма.

Известно, что вода пограничного слоя обладает повышенной биологической активностью [11, 12]. При использовании омагниченной воды при затворении строительных смесей увеличивается прочность цементного камня и бетона. Омагниченная вода повышает урожайность растений, изменяет их состав [21, 26]. При приеме обработанной магнитным полем минеральной воды и при одновременном воздействии магнитного поля и лечебной грязи улучшаются восстановительные процессы в организме [15, 22].

Совокупность полученных выше данных позволяет с новой точки зрения оценить роль структурных изменений в воде, в водных растворах, в неживых системах и в организмах. Так, по мнению ряда авторов, размеры и свойства гигантских гетерофазных кластеров воды (ГГКВ) подобны размерам и свойствам клеток организмов [2, 4, 10]. ГГКВ, как и клетки организмов, имеют «мембрану», трансмембранный потенциал (около 100 мВ). При этом в крупном кластере воды могут находиться более мелкие кластеры воды, подобно тому, как в клетке находятся митохондрии и другие органеллы. Кластеры могут взаимодействовать между собой и образовывать структуры [3], подобно структуре многоклеточных организмов. ГГКВ присутствуют в соке растений [8]. Поскольку человеческое тело на две трети состоит из воды, то полученные результаты в опытах с водой и водными системами, вероятно, можно экстраполировать и на живой организм. Так, возможно, что при своем образовании, росте и развитии клетки одноклеточных и многоклеточных организмов «используют» уже имеющуюся кластерную, «клеточную» структуру воды как структурную основу. С учетом вышеизложенного можно заключить, что дальнейшие исследования влияния различных факторов на структуру воды и обусловленные этим изменения свойств неживых систем и состояние организ-

мов являются актуальными в строительстве, биологии, медицине [13, 15, 27, 29, 30] и других областях науки и техники.

В целом сфера применения модификации структуры воды и водосодержащих систем для создания новых технологий в разных областях постоянно расширяется.

Список литературы

1. Маленков Г.Г. Структура и динамика жидкой воды // Журнал структурной химии. – 2006. – Т. 47 (прил.). – С. 5–35.
2. Кластеры и гигантские гетерофазные кластеры воды / В.В. Гончарук, В.Н. Смирнов, А.В. Сыроешкин [и др.] // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 1. – С. 3–17.
3. Смирнов А.Н., Сыроешкин А.В. Супранадмолекулярные комплексы воды // Рос. хим. журн. – 2004. – Т. 48, № 2. – С. 125–135.
4. Ho M.-W. Large Supramolecular Water Clusters Caught on Camera. A Review // Water. – 2013. – Vol. 6. – P. 1–12.
5. Michaelides A., Morgenstern K. Ice nanoclusters at hydrophobic metal surfaces // Nature Materials. – 2007. – Vol. 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. Влияние микропримесей NaCl на динамику кластерообразования в жидкой воде: спектроскопия низкочастотного комбинационного рассеяния / А.В. Баранов, В.И. Петров, А.В. Федоров [и др.] // Письма в ЖЭТФ. – 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. Стебновский С.В. О сдвиговой прочности структурированной воды // Журнал технической физики. – 2004. – Т. 74, № 1. – С. 21–23.
10. Вода как гетерогенная структура / А.В. Сыроешкин, А.Н. Смирнов, В.В. Гончарук [и др.] // Исследовано в России: электрон. журн. – 2006. – С. 843–854. – URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/088.pdf>
11. Необычные свойства воды пограничного слоя / С.Е. Постнов, Р.Я. Подчерняева, М.В. Мезенцева [и др.] // Вестник Российской академии естественных наук. – 2009. – № 3. – С. 12–15.
12. Новые подходы в биомедицинской технологии на основе воды пограничного слоя / С.Е. Постнов, М.В. Мезенцева, Р.Я. Подчерняева [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – Т. 1. – С. 3–15.
13. О роли структуры воды в механизме комплексного действия магнитного поля, природных лечебных факторов и высокоразбавленных растворов / Г.Н. Сидоренко, А.И. Коновалов, Б.И. Лаптев, Т.Г. Иванова, Н.П. Гор-

ленко, Л.В. Антошкин, И.С. Рыжкина // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – № 1. – С. 71–81.

14. Оценка практической значимости изменения структуры воды / Г.Н. Сидоренко, Б.И. Лаптев, Н.П. Горленко, Л.В. Антошкин // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. – 2017. – № 9. – С. 64–69.

15. Левицкий Е.Ф., Лаптев Б.И., Сидоренко Г.Н. Электромагнитные поля в курортологии и физиотерапии. – Томск, 2000. – 113 с.

16. Современные электрофизические методы исследований структуры воды и водных растворов / Б.И. Лаптев, Г.Н. Сидоренко, Н.П. Горленко, Ю.С. Саркисов, Л.В. Антошкин, А.К. Кульченко // Вода и экология. Проблемы и решения. – 2014. – № 3. – С. 21–32.

17. Вода и здоровье / И.Н. Варнавский, Г.Д. Бердышев, В.А. Волга [и др.]. – Киев, 1998. – 230 с.

18. Кузнецов Д. М., Смирнов А. Н., Сыроешкин А. В. Акустическая эмиссия при фазовых превращениях в водной среде // Рос. хим. журн. – 2008. – Т. LII, № 1. – С. 114–121.

19. Оценка изменений структуры водных растворов в пристеночных слоях с использованием диэлектromетрии и резонансного методов / Б.И. Лаптев, Г.Н. Сидоренко, Н.П. Горленко, Ю.С. Саркисов, Л.В. Антошкин // Вестник новых медицинских технологий: электрон. журн. – 2015. – № 2. – С. 2–9.

20. Электрические свойства воды при внешних воздействиях / Б.И. Лаптев, Г.Н. Сидоренко, Н.П. Горленко [и др.] // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. – 2014. – № 9. – С. 20–27.

21. Горленко Н.П., Сафронов В.Н., Абзаев Ю.А. Магнитное поле как фактор управления свойствами и структурой цементных систем. Ч. 1. Теоретические предпосылки влияния магнитного поля на физико-химические процессы // Вестник ТГАСУ. – 2015. – № 3. – С. 134–150.

22. О роли структуры воды в механизме комплексного действия магнитного поля, природных лечебных факторов и высокоразбавленных растворов / Г.Н. Сидоренко, А.И. Коновалов, Б.И. Лаптев, Т.Г. Иванова, Н.П. Горленко, Л.В. Антошкин, И.С. Рыжкина // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – № 1. – С. 71–81.

23. Саркисов Ю.С., Горленко Н.П., Сафронов В.Н. Температурные отклики воды и водных растворов на внешнее воздействие магнитным полем // Вестник Томского государственного университета. Химия. – 2015. – № 2. – С. 20–29.

24. 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.

25. Горленко Н.П. Низкоэнергетическая активация цементных и оксидных вяжущих систем электрическими и магнитными полями: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Томск, 2007. – 47 с.

26. Пасько О.А. Влияние предпосевной стимуляции семян огурца на урожайность // Аграрная наука. – 2011. – № 8. – С. 20–22.
27. Фаращук Н.Ф., Рахманин Ю.А. Вода – структурная основа адаптации. – М.: Смоленск, 2004. – 151 с.
28. 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.
29. Рахманин Ю.А., Кондратов В.К. Вода – космическое явление / Рос. акад. ест. наук; Рос. акад. мед. наук. – М., 2002. – 427 с.
30. Улащик В.С. Вода – ключевая молекула в действии лечебных физических факторов // Вопросы курортологии физиотерапии и ЛФК. – 2002. – № 1. – С. 3–9.

References

1. Malenkov G.G. Struktura i dinamika zhidkoi vody [Structure and dynamics of liquid water]. *Zhurnal strukturnoi khimii*, 2006, vol. 47, pp. 5-35.
2. Goncharuk, V.V., Smirnov, V.N., Syroeshkin, A.V. et al. Klastery i gigantskie geterofaznye klastery vody [Clusters and giant heterophase water clusters]. *Khimiia i tekhnologiiia vody*, 2007, vol. 29, no. 1, pp. 3-17.
3. Smirnov A.N., Syroeshkin A.V. Supranadmolekuliarnye komplekсы vody [Supramolecular complexes of water]. *Russian Journal of General Chemistry*, 2004, vol. 48, no. 2, pp. 125-135.
4. Ho M-W. Large Supramolecular Water Clusters Caught on Camera – A Review. *Water*, 2013, vol. 6, pp. 1-12.
5. Michaelides A., Morgenstern K. Ice nanoclusters at hydrophobic metal surfaces. *Nature Materials*, 2007, vol. 6, pp. 597-601.
6. Konovalov A.I. Obrazovanie nanorazmernykh molekuliarnykh ansamblei v vysokorazbavlennykh vodnykh rastvorakh [Formation of nanosized molecular ensembles in highly dilute aqueous solutions]. *Vestnik RAN*, 2013, vol. 83, no. 12, pp. 1076-1082.
7. Baranov A.V., Petrov V.I., Fedorov A.V. i dr. Vliianie mikroprimesei NaCl na dinamiku klasteroobrazovaniia v zhidkoi vode: spektroskopiiia nizkochastotnogo kombinatsionnogo rasseianiia [Effect of trace of NaCl on the dynamics of the clusterization in liquid water: spectroscopy of low frequency Raman scattering]. *Pis'ma v ZhETF*, 1993, vol. 57, iss. 6, pp. 356-359.
8. Goncharuk, V.V., Orekhova E.A., Maliarenko V.V. Vliianie temperatury na klastery vody [Temperature influence on water clusters]. *Khimiia i tekhnologiiia vody*, 2008, vol. 30, no. 2, pp. 150-158.
9. Stebnovskii S.V. O sdvigovoi prochnosti strukturirovannoi vody [On Shear Strength of Structured Water]. *Zhurnal tekhnicheskoi fiziki*, 2004, vol. 74, iss. 1, pp. 21-23.
10. Syroeshkin A.V., Smirnov A.N., Goncharuk V.V. i dr. Voda kak geterogennaia struktura [Water as a heterogeneous structure]. *Elektronnyi zhurnal «Issledovano v Rossii»*, 2006, pp. 843-854 (<http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/088.pdf>)
11. Postnov S.E., Podcherniaeva R.Ia., Mezentsева M.V. et al. Neobychnnye svoistva vody pograničnogo sloia [Unusual properties of the boundary layer water]. *Vestnik rossiiskoi akademii estestvennykh nauk*, 2009, no. 3, pp. 12-15.

12. Postnov S.E., Mezentseva M.V., Podcherniaeva R.Ia. et al. Novye podkhody v biomeditsinskoj tekhnologii na osnove vody pograničnogo sloia [New approaches in biomedical technology based on boundary layer water]. *Biomeditsinskaia radioelektronika*, 2009, vol. 1, pp. 3-15.

13. Sidorenko G.N., Konovalov A.I., Laptev B.I., Ivanova T.G., Gorlenko N.P., Antoshkin L.V., Ryzhkina I.S. O roli struktury vody v mekhanizme kompleksnogo deistviia magnitnogo polia, prirodnykh lechebnykh faktorov i vysokorazbavlennykh rastvorov [On the role of the water structure in the mechanism of the complex action of the magnetic field, natural healing factors and highly diluted solutions]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*, 2017, no. 1, pp. 71-81.

14. Sidorenko G.N., Laptev B.I., Gorlenko N.P., Antoshkin L.V. Otsenka praktičeskoj znachimosti izmeneniia struktury vody [Evaluation of the practical importance of changes in water structure]. *Vodoočistka, vodopodgotovka, vodosnabzhenie*, 2017, no. 9, pp. 64-69.

15. Levitskii E.F., Laptev B.I., Sidorenko G.N. Elektromagnitnye polia v kurortologii i fizioterapii [Electromagnetic fields in balneology and physiotherapy]. Tomsk, 2000, 113 p.

16. Laptev B.I., Sidorenko G.N., Gorlenko N.P., Sarkisov Iu.S., Antoshkin L.V., Kul'chenko A.K. Sovremennye elektrofizicheskie metody issledovaniia struktury vody i vodnykh rastvorov [Modern electrophysical methods for studying the structure of water and aqueous solutions]. *Voda i ekologiia. Problemy i resheniia*, 2014, no. 3, pp. 21-32.

17. Varnavskii I.N., Berdyshev G.D., Volga V.A. et al. Voda i zdorov'e [Water and health]. – Kiev, 1998, 230 p.

18. Kuznetsov D.M., Smirnov A.N., Syroeshkin A.V. Akustičeskaia emissiia pri fazovykh prevrashcheniiakh v vodnoi srede [Acoustic emission in phase transformations in an aqueous medium]. *Russian Journal of General Chemistry*, 2008, vol. 52, no. 1, pp. 114-121.

19. Laptev B.I., Sidorenko G.N., Gorlenko N.P., Sarkisov Iu.S., Antoshkin L.V. Otsenka izmenenii struktury vodnykh rastvorov v pristenochnykh sloiakh s ispol'zovaniem dielektrometrii i rezonansnogo metodov [Estimation of changes in the structure of aqueous solutions in the near-wall layers using dielectrometry and resonance methods]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*, 2015, no. 2, pp. 2-9.

20. Laptev B.I., Sidorenko G.N., Gorlenko N.P. et al. Elektricheskie svoistva vody pri vneshnikh vozddeistviiah [Electrical properties of water under external influences]. *Vodoočistka, vodopodgotovka, vodosnabzhenie*, 2014, no. 9, pp. 20-27.

21. Gorlenko N.P., V.N. Safronov V.N., Abzaev Iu.A. Magnitnoe pole kak faktor upravleniia svoistvami i strukturoi tsementnykh sistem. Chast' 1. Teoreticheskie predposylki vliianiia magnitnogo polia na fiziko-khimicheskie protsessy [Magnetic field as a factor controlling the properties and structure of cement systems. Part 1. Theoretical prerequisites of the influence of the magnetic field on physicochemical processes]. *Vestnik TGASU*, 2015, no. 3, pp. 134-150.

22. Sidorenko G.N., Konovalov A.I., Laptev B.I., Ivanova T.G., Gorlenko N.P., Antoshkin L.V., Ryzhkina I.S. O roli struktury vody v mekhanizme kompleksnogo deistviia magnitnogo polia, prirodnykh lechebnykh faktorov i vysokorazbavlennykh rastvorov [On the role of the water structure in the mechanism of the complex action of the magnetic field, natural healing factors and highly diluted solutions]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*, 2017, no. 1, pp. 71-81.

23. Sarkisov Iu.S., Gorlenko N.P., Safronov V.N. Temperaturnye otkliki vody i vodnykh rastvorov na vneshnee vozddeistvie magnitnym polem [Temperature responses of

water and aqueous solutions to external exposure by a magnetic field]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiia*, 2015, no. 2, pp. 20-29.

24. Safronov V.N., Kugaevskaia S.A. Optimizatsiia svoistv tsementnykh kompozitov pri razlichnykh tekhnologicheskikh priemakh podgotovki tsiklovoi magnitnoi aktivatsii vody zatvorenniia [Optimization of the properties of cement composites with various technological methods for preparing the cyclic magnetic activation of the water of closure]. *Vestnik TGASU*, 2014, no. 1, pp. 85-99.

25. Gorlenko N.P. Nizkoenergeticheskaiia aktivatsiia tsementnykh i oksidnykh viazhushchikh sistem elektricheskimi i magnitnymi poliami [Low-energy activation of cement and oxide binding systems by electric and magnetic fields]. Abstract of Doctor's degree dissertation. Tomsk, 2007, 47 p.

26. Pas'ko O. A. Vliianie predposevnoi stimulatsii semian ogurtsa na urozhainost' [Influence of presowing stimulation of cucumber seeds on crop yields]. *Agrarnaia nauka*, 2011, no. 8, pp. 20-22.

27. Farashchuk N.F., Rakhmanin Iu.A. Voda – strukturnaia osnova adaptatsii [Water is the structural basis of adaptation]. Moscow, Smolensk, 2004, 151 p.

28. Kondonskaia M.A., Kondakov A.M., Egorov V.V. Vliianie struktury vody na skorost' khimicheskikh reaktsii [Influence of water structure on the rate of chemical reactions]. *Veterinariia, zootekhnii i biotekhnologii*, 2014, no. 4, pp. 43-45.

29. Rakhmanin Iu.A., Kondratov V.K. Voda – kosmicheskoe iavlenie [Water is a cosmic phenomenon]. Moscow, RAEN, RAMN, 2002, 427 p.

30. Ulashchik V.S. Voda – kliuchevaia molekula v deistvii lechebnykh fizicheskikh faktorov [Water is the key molecule in the action of therapeutic physical factors]. *Vopr.kurortol. fizioter. i LFK*, 2002, no. 1, pp. 3-9.

Получено 21.04.2018

Об авторах

Сидоренко Галина Николаевна (Любляна, Словения) – кандидат биологических наук, директор фирмы «Новые технологии» ООО «Исследования и практика» (Словения, Любляна, ул. Легатова 2, 1000, e-mail: bornovo@gmail.com).

Лаптев Борис Иннокентьевич (Любляна, Словения) – доктор биологических наук, профессор, научный руководитель фирмы «Новые технологии» ООО «Исследования и практика» (Словения, Любляна, ул. Легатова 2, 1000, e-mail: bornovo@gmail.com).

Горленко Николай Петрович (Томск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры химии Томского государственного архитектурно-строительного университета (634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, e-mail: gorlen52@mail.ru).

Антошкин Леонид Владимирович (Томск, Россия) – старший научный сотрудник, Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН (634055, г. Томск, площадь Академика Зуева, 1, e-mail: lant@iao.ru).

About the authors

Galina N. Sidorenko (Ljubljana, Slovenija) – Ph.D. of Biological Sciences, direktor Nove tehnologije d.o.o. raziskave in praksa (Legatova str. 2, 1000, Ljubljana Slovenija, e-mail: bornovo@gmail.com).

Boris I. Laptev (Ljubljana, Slovenija) – Doctor of Biological Sciences, professor, the principal of development of Nove tehnologije d.o.o. raziskave in praksa (Legatova str. 2, 1000, Ljubljana Slovenija, e-mail: bornovo@gmail.com).

Nikolaj P. Gorlenko (Tomsk, Russian Federation) – Doctor of engineering science, professor of Tomsk State University of Architecture and Building (2, Solyanaya sq., Tomsk, 634003, e-mail: gorlen52@mail.ru).

Leonid V. Antoshkin (Tomsk, Russian Federation) – Senior researcher of V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS (1, Academician Zuev, sq., Tomsk, 634055, e-mail: lant@iao.ru).