

УДК 541.139:666.9.015.7

DOI: 10.17223/24135542/2/3

**Ю.С. Саркисов¹, Н.П. Горленко¹, В.Н. Сафронов¹, С.А. Кугаевская¹,
М.А. Ковалева¹, Т.А. Ермилова¹, Д.А. Афанасьев²**

¹ *Томский государственный архитектурно-строительный университет
(г. Томск, Россия)*

² *Научно-исследовательская организация «Сибур-Томскнефтехим» (г. Томск, Россия)*

Температурные отклики воды и водных растворов на внешнее воздействие магнитным полем

В работе приведены исследования изменения свойств и структуры воды и водных растворов при внешнем воздействии циклическим магнитным полем. Методами рН-метрии, визуализации тепловых потоков на поверхности жидкости, УФ-спектроскопии показано, что активирование внешним низкочастотным магнитным полем приводит к увеличению кислотности среды, к проявлению эбулиомантного эффекта, заключающегося в повышении температуры поверхностного слоя воды, и к повышению оптической плотности воды. Наблюдаемые эффекты объясняются образованием фрактальных ячеистых структур, диспергированием наиболее крупных кластеров воды на более мелкие фрагменты.

Ключевые слова: *вода; водные растворы; кислотность среды; кластеры; магнитное поле.*

Введение

Влияние магнитного поля на воду и водные среды различного состава и происхождения до сих пор остается слабо изученным и вызывает острые дискуссии среди ученых как в нашей стране, так и за рубежом [1–5]. Современные достижения физики конденсированного состояния вещества позволяют утверждать, что вода и водные растворы электролитов проявляют высокую чувствительность даже к слабым внешним воздействиям путем изменения своих свойств и структуры [6].

С использованием информационных технологий и инфракрасной техники для наблюдения водных поверхностей удалось надежно зафиксировать ячеистые макроструктуры, возникающие при конвекции воды. Тепловидение позволяет не только наблюдать неразличимые глазом структуры воды, но и регистрировать динамику их изменения [7]. Наибольшее распространение получили инфракрасные камеры с температурной чувствительностью 0,02°C, временным разрешением 100–200 кадров в секунду, и пространственным разрешением $(3–5) \times 10^{-5}$ м, основанные на матричной регистрации сигналов [6].

Очевидно, что сопоставление при прочих равных условиях тепловизионных изображений контрольного и обработанного магнитным полем образцов воды представляет значительный теоретический и практический интерес.

В этой связи установление закономерностей изменения физико-химических свойств воды при понижении или повышении температуры

при атмосферном давлении приобретает особую актуальность. В работе [8] показано, что при понижении температуры кислотность воды возрастает, а при повышении наблюдается ее увеличение (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

**Зависимость показателя ионного произведения воды
и кислотности растворов от температуры**

Температура, °С	Ионное произведение воды	pH
0	$1,139 \times 10^{-16}$	7,97
18	$5,702 \times 10^{-15}$	7,11
25	$1,008 \times 10^{-14}$	7,00
50	$5,474 \times 10^{-14}$	6,63
100	$5,900 \times 10^{-13}$	6,12

Магнитная обработка воды, очевидно, также должна приводить к изменению температуры и pH среды.

Материалы и методы исследования

В работе исследовались дистиллированная, водопроводная и минеральные воды разного состава как в обычном, так и в газонаполненном состоянии. Составы водных сред и их свойства приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Химический состав жидких сред

Тип воды	Химический состав, мг/л							Общая минерализация, мг/л
	Анионы			Катионы			Примеси, мг/л	
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	$\frac{Na^+}{+R^+}$		
Хлоридно-гидрокарбонатная натриевая (газированная)	300–600	900–1 100	150–250	≤50	≤25	500–800	–	2 000–3 000
Гидрокарбонатная натриевая (газированная)	0–19	170–300	0–19	0–6	1–10	90–140	H ₂ SiO ₃ 25–50	330–600
Хлоридно-карбонатная (газированная)	220–600	440–700	–	0,5–25	6–30	320–410	H ₂ SiO ₃ 10–25	1 000–1 800
Гидрокарбонатная хлоридная натриевая (газированная)	65–75	25–35	≤10	≤75	≤50	800–1 100	–	2,3–3,3
Гидрокарбонатно-хлоридная натриевая (среднегазированная)	1 000–1 800	100–900	≤10	≤10	≤50	1 000–1 400	–	2 700–4 200
Гидрокарбонатно-сульфатная кальциево-натриевая (газированная)	300–500	1 000–2 000	900–1 700	≤100	300–400	700–1 200	H ₂ SiO ₃ 30–90	3 200–5 800

Измерения значений pH проводили на микропроцессорном лабораторном pH-метре pH-211 производства HANNA Instruments.

Тепловизионные изображения получены на тепловизоре Flir B335 со следующими основными характеристиками (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Основные характеристики тепловизора Flir B335

Диапазон измерений температуры	–20°C ... +120°C
Температурная чувствительность	50 мК
Частота кадров	9/30 Гц
Тип детектора	Матрица в фокальной плоскости, неохлаждаемый микроболометр 320 × 240 пикселей

Цикловая магнитная обработка воды проводилась в устройстве с индукцией поля в центре канала перемещения жидкости, равной 40 мТл, согласно технологическому регламенту, описанному в [9].

Результаты эксперимента и их обсуждение

Результаты pH-метрических исследований приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Изменение pH водных сред после различных циклов магнитной обработки

t, °C	Тип воды	Число циклов				
		0	5	10	15	20
23,5	Дистиллированная вода	6,31	6,38	6,28	6,23	6,33
23,7	Водопроводная вода	7,69	7,79	7,95	8,06	8,10
22,5	«Касмалинская»	5,98	6,36	6,56	6,82	7,10
22,6	«Каинская» (содержит природный йод)	6,62	6,62	7,05	7,27	7,50
22,5	Санаторий «Чажемто»	6,41	6,65	6,82	7,04	7,08
21,8	«Благая весть»	7,17	7,45	8,25	7,83	7,97
22,0	«Дальний ключ» (Ag)	8,16	8,34	7,82	8,27	8,26
21,1	Contrex	7,59	7,67	7,91	7,87	8,03
21,4	VitteL	7,77	7,84	9,51	7,97	8,02
34,0	«Омега» (негазированная)	9,55	9,51	–	9,50	9,49
11,0	«Омега» (негазированная)	9,63	–	–	9,46	–
21,0	«Омега» (газированная)	9,59	9,48	9,42	9,42	9,42
10,0	«Омега» (газированная)	5,34	5,32	5,45	5,59	5,78
22,1	«Омега» (газированная)	5,92	6,13	6,33	6,56	6,67
23,6	«Карачинская»	6,66	6,88	7,11	7,37	7,65
23,6	«Новотерская»	6,93	7,17	7,50	7,80	7,87
23,6	«Меркурий»	6,22	6,51	6,75	6,98	7,20
23,7	Чистая вода питьевая (г. Бердск)	7,57	7,61	7,60	7,72	7,67
23,4	BonAqua негазированная	6,68	6,80	6,82	6,78	6,77
23,4	BonAqua среднегазированная	5,29	5,39	5,94	5,96	5,95
23,4	BonAqua сильногазированная	4,92	5,16	5,39	5,60	5,65

t, °C	Тип воды	Число циклов				
		0	5	10	15	20
20,4	Standart O ₂ sport	8,62	8,59	8,63	8,65	8,66
10,0	Водопроводная вода	6,89	7,15	7,34	7,50	7,60
20,0	Водопроводная вода	7,48	7,57	7,73	7,89	7,96
46,0	Водопроводная вода	7,53	7,61	7,8	7,11	8,13

Тепловизионные изображения дистиллированной воды до и после магнитной обработки приведены на рис. 1.

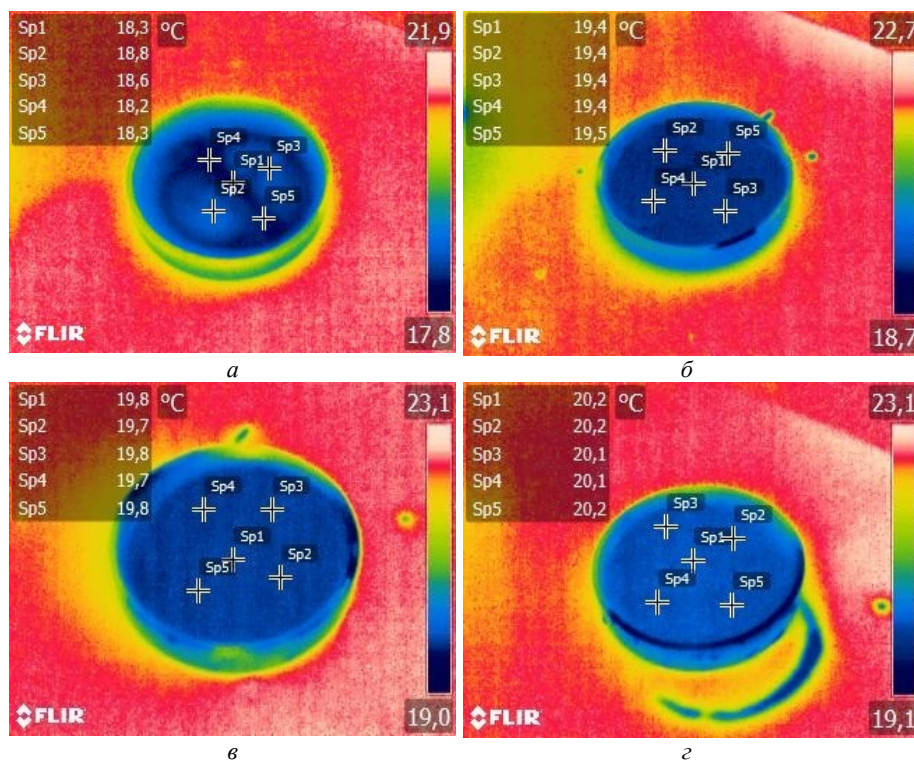


Рис. 1. Вариации температур на поверхности дистиллированной воды в зависимости от количества циклов магнитной обработки: а – контрольная вода (0 циклов); б – 5 циклов; в – 15 циклов; г – 25 циклов

Результаты и их обсуждение

Хорошо известно, что в воде могут происходить процесс структурирования молекул с образованием кластеров и обратный процесс их разрушения на более мелкие фрагменты. При этом фазовый переход «вода–лед» сопровождается заметным приростом доли структурированной воды. При

повышении температуры происходит разрушение ассоциатов и, как следствие, доля раздробленных фрагментов возрастает [8].

Как видно из табл. 1, при охлаждении воды рН возрастает, а при нагревании, наоборот, снижается. Следовательно, можно предположить, что рост рН водной среды – признак структурирования, а повышение кислотности – показатель разрушения водородных связей. Как видно из табл. 3, для всех типов исследуемых вод цикловая магнитная обработка в подавляющем большинстве случаев приводит к росту рН, т.е. к процессу структурирования. Это означает, что цикловая магнитная обработка должна приводить к повышению плотности водородных связей или к повышению оптической плотности исследуемой жидкой среды. Этот вывод полностью подтверждается данными, полученными нами в работах [10, 11], методами УФ-спектроскопии исследуемых объектов до и после цикловой магнитной обработки, представленными на рис. 2.

Сопоставление данных табл. 1 и 3 позволяет выдвинуть гипотезу о неслучайном изменении температуры воды после воздействия магнитным полем по сравнению с контрольным объемом воды. Обнаруженный в настоящей работе эффект повышения температуры с увеличением числа циклов магнитной обработки предлагается назвать эбулиомангнитным эффектом. Прецизионные измерения подтвердили выдвинутые предположения для большинства типов исследуемых вод.

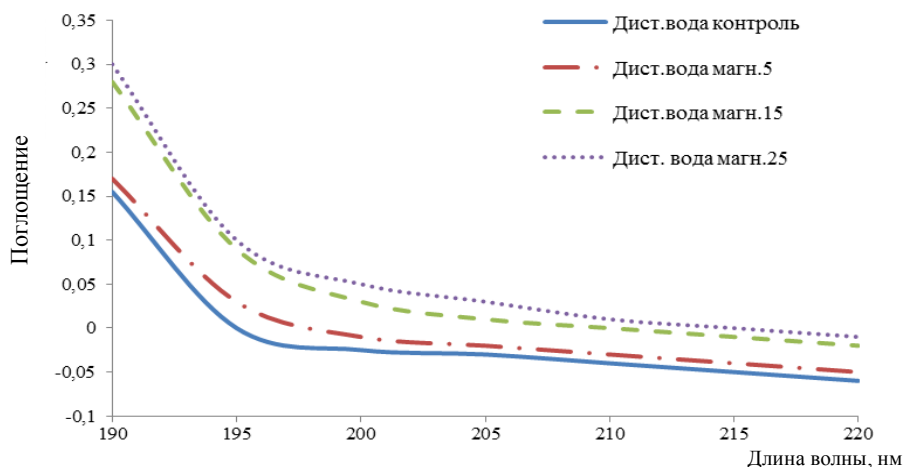


Рис. 2. УФ-спектры воды при циклической магнитной обработке воды

Известно, что магнитная обработка конденсированных сред приводит к диспергированию и разветвлению структур по фрактальному механизму [12, 13]. Особенно это характерно для твердых тел, как это показано, например, для кристаллов меди, оксида магния до и после магнитной обработки (рис. 3, 4).

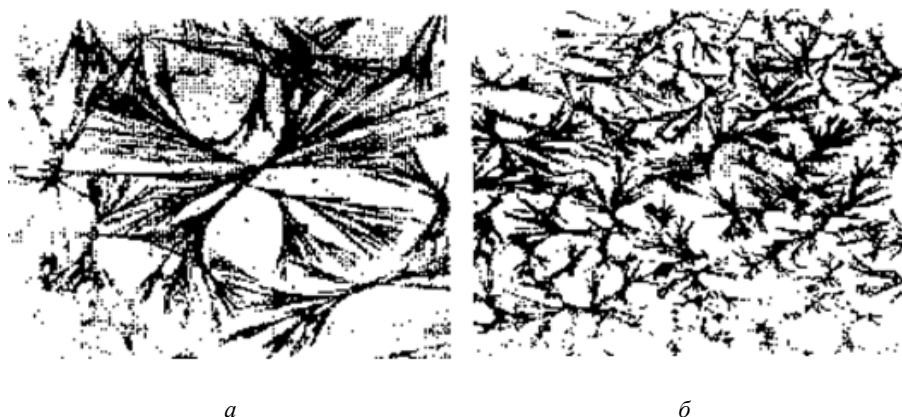


Рис. 3. Кристаллы гидроксида меди, полученные без (*a*) и при воздействии (*б*) постоянного магнитного поля (увеличение $\times 40$)

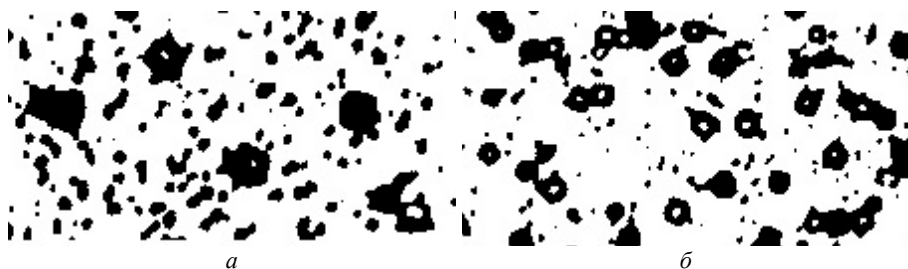


Рис. 4. Кристаллы карбоната магния, полученные без (*a*) и при воздействии (*б*) постоянного магнитного поля (увеличение $\times 40$)

Очевидно, что и для жидких сред этот эффект должен также иметь место. Как видно из рис. 1, после цикловой магнитной обработки тепловизионная фотография поверхности слоя воды имеет более разветвленную структуру и повышенную температуру (на $1\text{--}2^\circ\text{C}$) по сравнению с контрольной.

Отсюда вытекает, что магнитное поле стимулирует процессы самоорганизации в воде, одним из следствий чего и является изменение температуры среды.

Заключение

Цикловая магнитная обработка воды и водных сред приводит к проявлению эбулиомагнитного эффекта, сопровождающегося повышением температуры воды. Эбулиомагнитный эффект, по мнению авторов, связан с тем, что после магнитной обработки происходит диспергирование гигантских и наиболее крупных кластеров на более мелкие фрагменты. Подвижность раздробленных ассоциатов в воде намного превышает таковую для

кластеров в исходном (до магнитной обработки) состоянии. Как следствие, наблюдается рост температуры.

Цикловая магнитная обработка приводит к образованию фрактальных структур в воде, формированию ячеистых структур в случае конвекции воды, повышению оптической плотности водной среды и стимулирует процессы уплотнения водородных связей.

Литература

1. *Очков В.Ф.* Вода и магнит // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2011. № 10. С. 36–48.
2. *Горленко Н.П., Саркисов Ю.С.* Низкоэнергетическая активация дисперсных систем. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. 264 с.
3. *Летников Ф.А., Кащеева Т.В., Минцис А.Ш.* Активированная вода. Новосибирск : Наука, 1976. 135 с.
4. *Пасько О.А., Семенов А.В., Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г.* Активированные жидкости, электромагнитные поля и фликер-шум. Их применение в медицине и сельском хозяйстве. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2009. 410 с.
5. *Мокроусов Г.М., Горленко Н.П.* Физико-химические процессы в магнитном поле. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 1988. 128 с.
6. *Воронов В.К., Подоплетов А.В.* Современная физика: Конденсированное состояние : учеб. пособие. М. : Изд-во ХИИ, 2008. 336 с.
7. *Иваницкий Г.Р., Деев А.А., Хижняк Е.П.* Структуры на поверхности воды, наблюдаемые с помощью инфракрасной техники // Успехи физических наук. 2005. Т. 175. С. 1207–1216.
8. *Равин-Щербо М.И., Новиков В.В.* Физическая и коллоидная химия : учебник для мед. ин-тов. М. : Высшая школа, 1975. 255 с.
9. *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.
10. *Горленко Н.П., Сафронов В.Н., Абзаев Ю.А., Саркисов Ю.С., Кугаевская С.А., Ермилова Т.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.
11. *Сафронов В.Н., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С., Абзаев Ю.А., Кугаевская С.А., Ермилова Т.А.* Роль цикловой магнитной обработки воды затворения в управлении свойствами и процессами гидратации и структурообразования цементных систем // Вестник ТГАСУ. 2014. № 4. С. 135–148.
12. *Абзаев Ю.А., Сафронов В.Н., Саркисов Ю.С., Горленко Н.П., Кугаевская С.А., Ковалева М.А., Ермилова Т.А.* Магнитное поле как фактор управления свойствами и структурой цементных систем. Ч. 2 : Структурные характеристики минералов в ранние сроки твердения цементного камня при использовании магнитно-активированной воды затворения // Вестник ТГАСУ. 2015. № 4. С. 150–159.
13. *Huchler L.A., Mar P.E.* Non-Chemical Water Treatment System: Histories, Principles and Literature Review // International Water Conference. IWC-02-45. Pittsburgh, PA, 2002. P. 435–444.

Авторский коллектив:

Саркисов Юрий Сергеевич – профессор, д-р техн. наук, зав. кафедрой химии Томского государственного архитектурно-строительного университета (г. Томск, Россия). E-mail: sarkisov@tsuab.ru.

Горленко Николай Петрович – профессор, д-р техн. наук, профессор кафедры химии Томского государственного архитектурно-строительного университета (г. Томск, Россия). E-mail: gorglen52@mail.ru.

Сафронов Владимир Николаевич – профессор, канд. техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и технологий Томского государственного архитектурно-строительного университета (г. Томск, Россия). E-mail: v.n.safronov@mail.ru.

Кугаевская Софья Александровна – аспирант кафедры строительных материалов и технологий Томского государственного архитектурно-строительного университета (г. Томск, Россия). E-mail: somana@mail.ru.

Ковалева Маргарита Алексеевна – доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры строительных материалов и технологий Томского государственного архитектурно-строительного университета (г. Томск, Россия). E-mail: xomoch28@mail.ru.

Ермилова Татьяна Александровна – магистрант кафедры строительных материалов и технологий Томского государственного архитектурно-строительного университета (г. Томск, Россия). E-mail: ermilovatatyana@icloud.com.

Афанасьев Дмитрий Александрович – снс Научно-исследовательской организации «Сибур-Томскнефтехим» (г. Томск, Россия). E-mail: a.dmitri.86@gmail.com.

Tomsk State University Journal of Chemistry, 2015, 2, 20-29. DOI: 10.17223/24135542/2/3

**Yu.S. Sarkisov¹, N.P. Gorlenko¹, V.N. Safronov¹, S.A. Kugaevskaya¹, M.A. Kovaleva¹,
T.A. Ermilova¹, D.A. Afanas'ev²**

¹ *Tomsk State University of architecture and Building (Tomsk, Russia)*

² *Research organization «SIBUR-Tomskneftekhim» (Tomsk, Russia)*

Temperature responses of water and aqueous solutions to the external magnetic field effect

The long-term research conducted into the properties of different types of aqueous media both in common and gas-filled states, shows that the magnetic field water cycling leads to pH increase at 5, 10, 15 and 25 number of cycles and 0,04 T field intensity. It is shown that the temperature decrease promotes the increase of acidity, while its increase leads to the acidity reduction. Supposedly, pH increase in aqueous media characterizes its structuring and increase of acidity indicates the destruction of hydrogen bonds. These effects are stipulated by the structural properties of water such as clustering and their destruction into smaller fragments. Indirectly that can be proved by the formation of more finer crystalline structures of copper and magnesium salts obtained from aqueous solutions exposed to magnetic field cycling rather than from untreated solutions. It is obvious that the behavior of water as well as the solid phase should be similar to the magnetic field since they relate to the same condensed state of matter.

Ultraviolet spectroscopy of distilled water shows that the magnetic field cycling results in the increase of optical density of water that indicates to strengthening of hydrogen bonds and structural modification of water.

Thermal images of the aqueous surface layer demonstrate a non-uniform and non-equivalent temperature distribution before and after the magnetic field cycling. The increase in the number of cycles provides the temperature increase, the difference is several degrees as compared to the test objects. The temperature measurements with accuracy of up to 0,02°C allow detecting the new effect that is suggested to call the ebullio magnetic effect. In the authors' opinion, this effect can be explained by the dispersion of large water clusters after its magnetic field cycling. Small fragments formed as a result, possess a mobility higher than the original associates. Therefore, the dispersion of water clusters in magnetic field is also highly probable. As conse-

quence, the increase of the aqueous medium temperature is observed. The experimental results are supported by those described in the literature concerning the formation in water of different fractals, Bernard cells, Turing structures, and other structural types.

The experimental findings allow expanding the theoretical ideas on a mechanism of interaction between the magnetic field cycling and aqueous solutions. New regularities of the ebullio magnetic effect can be discovered only after further investigations.

Key words: water; aqueous solutions; pH measurements; clusters; magnetic field cycling.

References

1. Ochkov, V.F. (2011) Voda i magnit [Water and magnet]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*. 10. pp. 36-48.
2. Gorlenko, N.P. & Sarkisov, Yu.S. (2011) *Nizkoenergeticheskaya aktivatsiya dispersnykh system* [Low-energy activation of dispersion systems]. Tomsk: Tomsk State University of Architecture and Building.
3. Letnikov, F.A., Kashcheeva, T.V. & Mintsis, A.Sh. (1976) *Aktivirovannaya voda* [Activated water]. Novosibirsk: Nauka.
4. Pas'ko, O.A., Semenov, A.V., Smirnov, G.V. & Smirnov, D.G. (2009) *Aktivirovannye zhidkosti, elektromagnitnye polya i fliker-shum. Ikh primeneniye v meditsine i sel'skom khozyaystve* [Activated liquids, electromagnetic fields and flicker noise. Their applications in medicine and agriculture]. Tomsk: Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics.
5. Mokrousov, G.M. & Gorlenko, N.P. (1988) *Fiziko-khimicheskie protsessy v magnitnom pole* [Physicochemical processes in magnetic field]. Tomsk: Tomsk State University.
6. Voronov, V.K. & Podopletoy, A.V. (2008) *Sovremennaya fizika: Kondensirovannoe sostoyaniye* [Modern physics: Condensed matter]. Moscow: XII.
7. Ivanitskiy, G.R., Deev, A.A. & Khizhnyak, E.P. (2005) Struktury na poverkhnosti vody, nablyudaemye s pomoshch'yu infrakrasnoy tekhniki [Water surface structures detected by infra-red techniques]. *Uspekhi fizicheskikh nauk – Advances in Physical Sciences*. 175. pp. 1207-1216.
8. Ravin-Shcherbo, M.I. & Novikov, V.V. (1975) *Fizicheskaya i kolloidnaya khimiya* [Physical chemistry and colloidal chemistry]. Moscow: Vysshaya shkola.
9. Safronov, V.N. & Kugaevskaya, S.A. (2014) Optimizatsiya svoystv tsementnykh kompozitov pri razlichnykh tekhnologicheskikh priemakh podgotovki tsiklovoy magnitnoy aktivatsii vody zatvoreniya [Optimization of properties of cement composites at different magnetic activation techniques of mixing water]. *Vestnik TGASU – Vestnik of TSUAB*. 1. pp. 85-99.
10. Gorlenko, N.P., Safronov, V.N., Abzaev, Yu.A., Sarkisov, Yu.S., Kugaevskaya, S.A. & Ermilova, T.A. (2015) Magnitnoe pole kak faktor upravleniya svoystvami i strukturoy tsementnykh sistem. Ch. 1: Teoreticheskie predposylki vliyaniya magnitnogo polya na fiziko-khimicheskie protsessy [Magnetic field as factor of control for structure and properties of cement systems. Part 1. Theoretical prerequisites for magnetic effect on physicochemical processes]. *Vestnik TGASU – Vestnik of TSUAB*. 3. pp. 134-150.
11. Safronov, V.N., Gorlenko, N.P., Sarkisov, Yu.S., Abzaev, Yu.A., Kugaevskaya, S.A. & Ermilova, T.A. (2014) Rol' tsiklovoy magnitnoy obrabotki vody zatvoreniya v upravlenii svoystvami i protsessami gidratatsii i strukturoobrazovaniya tsementnykh sistem [Mixing water magnetic activation cycle effect on hydration and structure formation of cement systems]. *Vestnik TGASU – Vestnik of TSUAB*. 4. pp. 135-148.
12. Abzaev, Yu.A., Safronov, V.N., Sarkisov, Yu.S., Gorlenko, N.P., Kugaevskaya, S.A., Kovaleva, M.A. & Ermilova, T.A. (2015) Magnitnoe pole kak faktor upravleniya

- svoystvami i strukturoy tsementnykh sistem. Ch. 2: Strukturnye kharakteristiki mineralov v rannie sroki tverdeniya tsementnogo kamnya pri ispol'zovanii magnitno-aktivirovannoy vody zatvoreniya [Magnetic field as control for structure and properties of cement systems. Part 2. Structural properties of minerals at cement brick early hardening using mixing water magnetic activation]. *Vestnik TGASU – Vestnik of TSUAB*. 4. pp. 150-159.
13. Huchler, L.A., Mar, P.E. (2002) Non-Chemical Water Treatment System: Histories, Principles and Literature Review. *International Water Conference*. IWC-02-45. Pittsburgh, PA. pp. 435-444.

Information about authors:

Sarkisov Yurii Sergeevich, DSc; Professor; Head of Chemistry Department, Tomsk State University of architecture and Building. E-mail: sarkisov@tsuab.ru.

Gorlenko Nikolai Petrovich, DSc; Professor; Chemistry Department, Tomsk State University of architecture and Building. E-mail: gorlen52@mail.ru.

Safronov Vladimir Nikolaevich, PhD; Professor; Construction Engineering Technology Department; Tomsk State University of architecture and Building. E-mail: v.n.safronov@mail.ru.

Kugaevskaya Sof'ya Aleksandrovna, Research Assistant; Construction Engineering Technology Department; Tomsk State University of architecture and Building. E-mail: somana@mail.ru.

Kovaleva Margarita Alekseevna, PhD; A/Professor; Construction Engineering Technology Department; Tomsk State University of architecture and Building. E-mail: xomoch28@mail.ru.

Ermilova Tat'yana Aleksandrovna, Undergraduate Student; Construction Engineering Technology Department; Tomsk State University of architecture and Building. E-mail: ermilovatatyana@icloud.com.

Afanas'ev Dmitrii Aleksandrovich, Senior Research Fellow; research organization 'SIBUR-tomskneftekhim'. E-mail: a.dmitri.86@gmail.com.