

УДК 54.03; 537

<https://doi.org/10.32362/2410-6593-2025-20-2-167-184>

EDN ABZEFD



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

Поствибрационная активность электрохимически активированной воды

О.В. Слатинская, Г.О. Степанов✉, О.В. Фартушная, Е.В. Зубков, А.Д. Затыкина, О.М. Гизитдинова,
Н.С. Карпов, А.В. Смирнов, В.С. Борискин, Н.Н. Родионова, А.О. Петрова

НПФ «Материа Медика Холдинг», Москва, 129272 Россия

✉ Автор для переписки, e-mail: stepanovgo@materiamedica.ru

Аннотация

Цели. Недавно открыто, что при последовательной вибрационной обработке интактной воды совместно с раствором вещества, находящихся в разных, вплотную расположенных пробирках, можно получить образцы воды, обладающие измененными физико-химическими свойствами. Такие образцы названы нами «вибрационными итерациями». При добавлении вибрационных итераций в исходную субстанцию, они способны изменять ее физико-химические свойства, т.е. вибрационные итерации обладают поствибрационной активностью. Кроме того, было показано, что вибрационные итерации можно получить при использовании в качестве исходной субстанции воды, обработанной магнитным полем. Это позволило предположить, что феномен поствибрационной активности имеет универсальный характер. Для подтверждения этой гипотезы в настоящем исследовании в качестве исходной субстанции для приготовления вибрационных итераций использовали воду, обработанную электрическим сигналом с различными параметрами (электрохимически активированная вода).

Методы. Изучение физико-химических свойств полученных вибрационных итераций, которые являются производными от электрохимически активированной воды, проводили методами кондуктометрии, терагерцовой спектроскопии, радиометрии. Воздействие исходной субстанции или ее вибрационных итераций на интактную воду (нейтральный носитель) оценивали методом динамического рассеяния света. Для этого измеряли интенсивность рассеяния света образцом и гидродинамический диаметр оптических гетерогенностей. Кроме этого, пропускали через образцы электрический сигнал для определения коэффициента его ослабления.

Результаты. Показано, что полученные вибрационные итерации и их смеси с водой отличаются от интактной воды по значениям удельной электропроводности, потока мощности микроволнового излучения, а также по вкладу основного (Дебаевского) релаксационного процесса в общий диэлектрический отклик. Смеси вибрационных итераций с водой также отличаются от интактной воды по размеру оптических гетерогенностей. Аналогично вибрационным итерациям, для которых в качестве исходной субстанции использовали растворы высоко- и низкомолекулярных веществ, вибрационные итерации, полученные с использованием электрохимически активированной воды, в соответствии с физико-химическими свойствами могут быть классифицированы на различные группы (фракции). Показано, что физико-химические характеристики таких групп изменяются в различной степени в зависимости от показателей электрического сигнала, использованного для получения исходной субстанции. Кроме того, в данных смесях меняется эффективность распространения электрического сигнала, оцениваемая по коэффициенту его ослабления. Внесение исходной субстанции (электрохимически активированной воды) в интактную воду также приводит к изменениям физико-химических свойств полученной смеси по сравнению с контролем. Аналогично, в зависимости от показателей электрического сигнала, использованного для получения исходной субстанции, выраженность изменений физико-химических характеристик смеси различается.

Выводы. Показана принципиальная возможность получения вибрационных итераций из электрохимически активированной воды, аналогично вибрационным итерациям растворов, использованных в других исследованиях, что является подтверждением универсальности феномена поствибрационной активности.

Ключевые слова

вибрационные итерации, поствибрационная активность, электрохимическая активация, водные растворы, кондуктометрия, ТГц-спектроскопия, динамическое рассеяние света, оптические гетерогенности

Поступила: 19.12.2024

Доработана: 03.02.2024

Принята в печать: 21.02.2025

Для цитирования

Слатинская О.В., Степанов Г.О., Фартушная О.В., Зубков Е.В., Затыкина А.Д., Гизитдинова О.М., Карпов Н.С., Смирнов А.В., Борискин В.С., Родионова Н.Н., Петрова А.О. Поствибрационная активность электрохимически активированной воды. *Тонкие химические технологии*. 2025;20(2):167–184. <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2025-20-2-167-184>

RESEARCH ARTICLE

Post-vibration activity of electrochemically activated water

Olga V. Slatinskaia, German O. Stepanov✉, Olga V. Fartushnaya, Evgenii V. Zubkov,
Anastasia D. Zatykina, Olesya M. Gizitdinova, Nikita S. Karpov, Alexey V. Smirnov, Vladimir S. Boriskin,
Natalia N. Rodionova, Anastasia O. Petrova

NPF "MATERIA MEDICA HOLDING," Moscow, 129272 Russia

✉ Corresponding author, e-mail: stepanovgo@materiamedica.ru

Abstract

Objectives. It was recently discovered that water samples with modified physicochemical properties can be obtained by successive vibration treatment of intact water together with a solution of a substance located in separate closely spaced vials. We refer to such samples as iterations. By adding the vibrational iterations into the initial substance, the physicochemical properties of the latter are changed, i.e., they demonstrate post-vibration activity. In addition, it has been shown that vibrational iterations can be obtained using water treated with a magnetic field as the initial substance. On this basis, we may hypothesize that the phenomenon of post-vibration activity is universal. To confirm this hypothesis, water treated with an electric signal having various parameters (electrochemically activated water) was used as the initial substance for the preparation of vibrational iterations.

Methods. The physicochemical properties of vibrational iterations, which were obtained from electrochemically activated water, were studied by conductometry, terahertz spectroscopy, and radiometry. The effect of the initial substance or its vibrational iterations on intact water (a neutral carrier) was evaluated by dynamic light scattering. For this purpose, the intensity of light scattering by the sample and the hydrodynamic diameter of optical heterogeneities were measured. The attenuation coefficient of an additional electric signal applied to the samples was determined.

Results. The obtained vibrational iterations differ from intact water and their mixtures with intact water in terms of specific electrical conductivity, power flux density of microwave radiation, as well as in the contribution of the main (Debye) relaxation process to the overall dielectric response. Mixtures of vibrational iterations with water also differ from intact water in terms of the size of optical heterogeneities. By analogy with the vibrational iterations for which solutions of high- and low-molecular-weight substances were used as the initial substance, vibrational iterations obtained using electrochemically activated water can be classified into different groups (fractions) according to their physicochemical characteristics. Different degrees of changes in the physicochemical characteristics are observed depending on the parameters of the electric signal used to obtain the initial substance. The efficiency of electrical signal propagation in these mixtures, as estimated by the signal strength attenuation coefficient, is additionally changed. The addition of the initial substance (electrochemically activated water) to intact water also leads to changes in the physicochemical properties of the resulting mixture compared to the control. Depending on the parameters of the electric signal used to obtain the initial substance, the magnitude of changes in the physicochemical characteristics of these mixtures similarly varies.

Conclusions. The fundamental possibility of obtaining vibrational iterations from electrochemically activated water similarly to vibrational iterations prepared in other studies, was demonstrated. This confirms the universality of the phenomenon of post-vibration activity.

Keywords

vibrational iterations, post-vibration activity, electrochemical activation, aqueous solutions, conductometry, THz spectroscopy, dynamic light scattering, optical heterogeneities

Submitted: 19.12.2024

Revised: 03.02.2024

Accepted: 21.02.2025

For citation

Slatinskaia O.V., Stepanov G.O., Fartushnaya O.V., Zubkov E.V., Zatykina A.D., Gizitdinova O.M., Karpov N.S., Smirnov A.V., Boriskin V.S., Rodionova N.N., Petrova A.O. Post-vibration activity of electrochemically activated water. *Tonk. Khim. Tekhnol. = Fine Chem. Technol.* 2025;20(2):167–184. <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2025-20-2-167-184>

1. ВВЕДЕНИЕ

Вибрационная обработка различных веществ (низко- и высокомолекулярных) изменяет их свойства и наделяет способностью к дистантным взаимодействиям [1, 2–4]. Недавно открыто, что последовательной вибрационной обработкой (кроссингом) двух растворов, одним из которых является раствор исходной субстанции, а вторым — нейтральный носитель (интактная вода), находящихся в разных, вплотную расположенных пробирках, можно получить образцы воды с отличными от нейтрального носителя физико-химическими свойствами. Такие образцы воды названы вибрационными итерациями [1]. В отличие от нейтрального носителя, добавление вибрационных итераций в исходную субстанцию приводит к изменению ее физико-химических свойств, т.е. вибрационные итерации обладают поствибрационной активностью. Вибрационные итерации отличаются и от интактной воды по физико-химическим свойствам, что позволяет провести их классификацию на группы (фракции).

Кроме того, было показано, что вибрационные итерации можно получить не только из высоко- и низкомолекулярных веществ, используемых в качестве исходной субстанции, но и из воды, обработанной внешним физическим фактором, например, магнитным полем [5]. Так, исследование вибрационных итераций, приготовленных из омагниченной воды, показало, что они отличаются друг от друга по физико-химическим свойствам [5]. Вероятно, различные физические факторы могут быть использованы для получения образцов с поствибрационной активностью. Одной из форм воздействия, которое способно оказывать влияние на физико-химические свойства воды, является электрохимическая активация (ЭХА) [6–8]. ЭХА осуществляется путем пропускания через воду электрического сигнала с заданными характеристиками [9–17]. Таким образом, мы предполагаем, что ЭХА-вода может быть использована для приготовления вибрационных итераций.

Целью данного исследования являлось подтверждение универсального характера феномена поствибрационной активности. Для этого из воды, предварительно подверженной электрическому воздействию с различными параметрами сигнала, были получены вибрационные итерации, и изучена возможность в соответствии с особенностями физико-химических

свойств классифицировать их на фракции, обладающие поствибрационной активностью. Затем было изучено действие различных фракций вибрационных итераций, а также исходной субстанции (ЭХА-воды), из которой были приготовлены вибрационные итерации, на физико-химические свойства интактной воды.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании использовалась сверхчистая вода, полученная с помощью системы очистки воды Milli-Q Integral 5 (Millipore, Франция). Свежеполученная очищенная вода с удельной проводимостью ~ 0.06 мкСм/см выдерживалась не менее 1 ч в условиях окружающей среды (температура 24.5°C и влажность 45–50% при нормальном атмосферном давлении). После этого удельная проводимость воды составила 0.731 ± 0.011 мкСм/см. Очищенная вода также представлена среди экспериментальных образцов, где она обозначена как «интактная вода».

2.1. Тестируемые образцы

В соответствии с целью работы, исследовались вибрационные итерации ЭХА-воды, их смеси с интактной водой (для оценки их поствибрационной активности по отношению к интактной воде), а также смеси ЭХА-воды с интактной водой (для оценки ее активности по отношению к интактной воде). Для выполнения ЭХА воды были выбраны напряжения менее 0.8 В и более 8 В, что превышает порог электролиза воды, который составляет около 1.5–2.0 В [18]. Электрическое воздействие осуществлялось как постоянным, так и синусоидальным сигналом. Частота синусоидального сигнала составляла 12.6 Гц, которая соответствует частоте ионного циклотронного резонанса воды (12.6 Гц) [9].

Таким образом было приготовлено 3 группы образцов.

Группа 1. Вибрационные итерации ЭХА-воды:

- вибрационные итерации воды, к которой прикладывался постоянный электрический сигнал с напряжением 0.8 В (далее вибрационные итерации «ЭХА-вода 0.8 В»);
- вибрационные итерации воды, к которой прикладывался синусоидальный электрический сигнал

- с амплитудой 0.8 В и частотой 12.6 Гц (далее вибрационные итерации «ЭХА-вода 0.8 В, 12.6 Гц»);
- вибрационные итерации воды, к которой прикладывался постоянный электрический сигнал с напряжением 8 В (далее вибрационные итерации «ЭХА-вода 8 В»);
- вибрационные итерации воды, к которой прикладывался синусоидальный электрический сигнал с амплитудой 8 В и частотой 12.6 Гц (далее вибрационные итерации «ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц»);
- вибрационные итерации воды, предварительно размещенной в кювете для обработки электрическим сигналом, но в отсутствии прикладываемого к электродам кюветы напряжения (далее вибрационные итерации «ЭХА-вода 0 В»).

Группа 2. Смеси вибрационных итераций ЭХА-воды с интактной водой в объемном соотношении 1 : 9 и контроль:

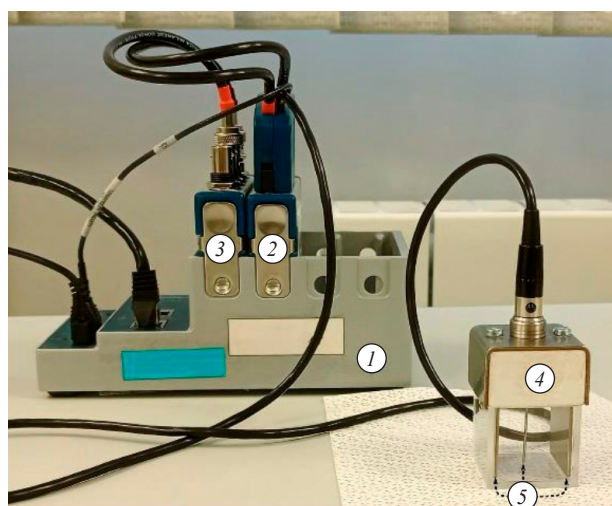
- вибрационные итерации ЭХА-воды (группа 1) + интактная вода;
- контроль (смесь «интактная вода + интактная вода»).

Группа 3. Смеси ЭХА-воды с интактной водой в объемном соотношении 1 : 9 и контроль:

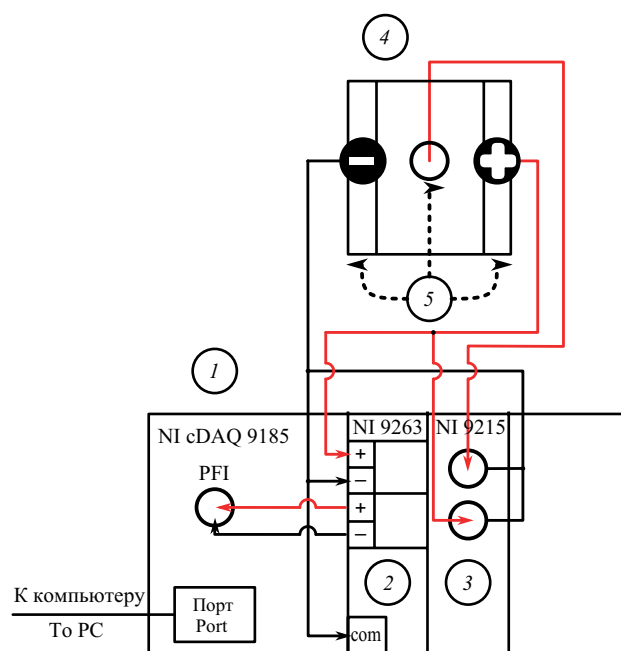
- вода, через которую пропусклся электрический сигнал с различными параметрами (ЭХА-вода) + интактная вода;
- контроль (смесь «интактная вода + интактная вода»).

2.2. Получение ЭХА-воды: обработка воды электрическим сигналом

Для получения ЭХА-воды использовали устройство для обработки растворов электрическим сигналом (ООО «Витэк-Автоматика», Россия) — аппаратно-программный комплекс, который состоит из генератора сигналов произвольной формы (NI 9263, *National Instruments*, США) и измерительного модуля (NI 9215, *National Instruments*, США), установленных в шасси (cDAQ-9185, *National Instruments*, USA). Установка работает под управлением программного обеспечения LabView (*National Instruments*, USA). Контроль периода инкубации воды осуществляли с помощью лабораторного таймера (*VWR® Traceable®*, Германия). Внешний вид и принципиальная схема устройства обработки растворов электрическим сигналом представлен на рис. 1.



(a)



(b)

Рис. 1. (a) Внешний вид и (b) схема устройства для обработки растворов электрическим сигналом.

(1) шасси NI cDAQ-9185; (2) модуль NI 9263 (генератор сигналов произвольной формы); (3) модуль NI 9215 (аналого-цифровой измеритель параметров сигнала); (4) кювета из оптического стекла; (5) погружные пластинчатые электроды из нержавеющей стали, расположенные вдоль стенок кюветы, и игольчатый электрод в центре кюветы

Fig. 1. (a) Photo and (b) schematic diagram of the electric signal treatment device.

(1) NI cDAQ-9185 chassis; (2) NI 9263 module (arbitrary waveform generator); (3) NI 9215 module (analog-to-digital signal meter); (4) optical glass cuvette; (5) stainless steel immersed plate electrodes located along the walls of the cuvette, and a needle electrode, which is located in the center of the cuvette

В кювету из оптического стекла (кат. номер 704-001-30-10, *Hellma Analytys*, Германия) вносили 18 мл воды очищенной. Вдоль двух противоположных стенок кюветы (с внутренней стороны) помещали два пластинчатых электрода выполненных из нержавеющей стали марки AISI 304. Площадь электрода, полностью закрывала соответствующую стенку кюветы. Далее на протяжении 60 мин к пластинчатым электродам прикладывали разность потенциалов со следующими параметрами:

- постоянный электрический сигнал с напряжением 0.8 В;
- синусоидальный электрический сигнал с амплитудой 0.8 В и частотой 12.6 Гц;
- постоянный электрический сигнал с напряжением 8 В;
- синусоидальный электрический сигнал с амплитудой 8 В и частотой 12.6 Гц;
- электрический сигнал с напряжением 0 В (т.е. генератор электрического сигнала выключен).

Таким образом были получены 5 типов образцов ЭХА-воды.

2.3. Приготовление вибрационных итераций из ЭХА-воды

Из каждого типа ЭХА-воды, полученной в соответствии с параметрами электрических сигналов, прикладываемых к электродам, готовили ряд вибрационных итераций (т.е. из 5 типов образцов ЭХА-воды было получено 5 различных рядов вибрационных итераций). При приготовлении рядов вибрационных

итераций использовали флаконы из прозрачного боросиликатного стекла (250 мл, *Simax*, Чехия). Методика приготовления вибрационных итераций представлена на рис. 2:

- ЭХА-воду объемом 18 мл помещали во флакон из боросиликатного стекла (рис. 2). Далее в другой такой же флакон вносили 180 мл интактной воды (нейтрального носителя). Наполненные флаконы помещали вплотную друг к другу и подвергали совместному вибрационному воздействию на вортексе (*MS 3 basic* с платформой *MS 1.21*, *IKA-Werke*, Германия) в течение 10 с при 3000 об/мин, после чего оставляли инкубироваться в течение 1 мин при комнатной температуре 24.5°C. В результате во флаконе с интактной водой получали 180 мл нулевой вибрационной итерации (далее И0).
- Для получения вибрационной итерации № 1 (И1), флакон со 180 мл вибрационной итерации И0 размещали вплотную с другим флаконом из боросиликатного стекла с интактной водой (нейтральный носитель) в объеме 180 мл и подвергали совместному (при плотном контакте) вибрационному воздействию на вортексе на протяжении 10 с при 3000 об/мин, после чего оставляли инкубироваться в течение 1 мин при комнатной температуре. В результате во флаконе с интактной водой получали 180 мл вибрационной итерации И1.
- Указанные выше действия повторяли аналогичным образом для получения вибрационных итераций, вплоть до И7 (этап 2, рис. 2). Образцы от И0 до И7 составляли ряд итераций.

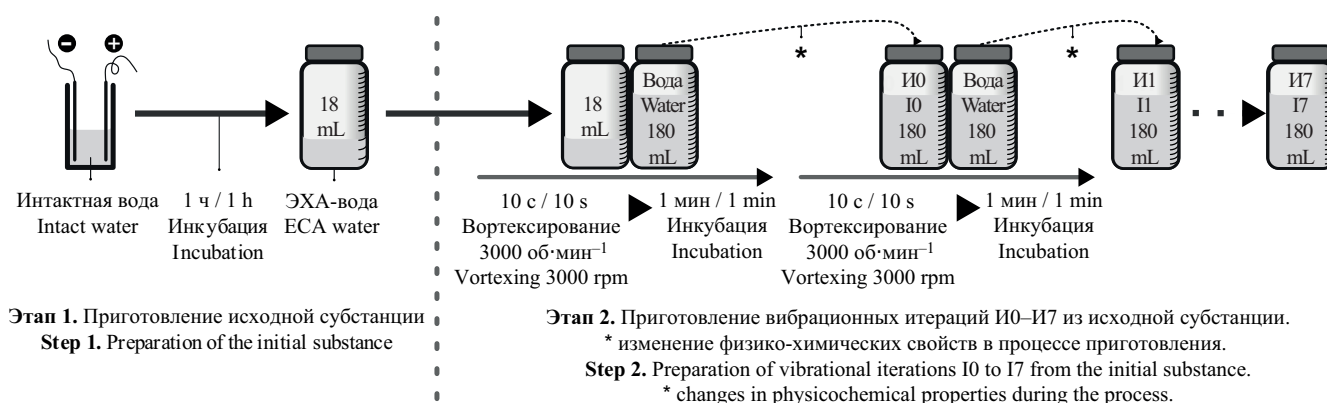


Рис. 2. Приготовление вибрационных итераций электрохимически активированной воды. Обозначения: Вода — интактная вода (нейтральный носитель); ЭХА-вода — электрохимически активированная вода; И0 — нулевая вибрационная итерация ЭХА-воды, И1 — вибрационная итерация № 1 ЭХА-воды, ..., И7 — вибрационная итерация № 7 ЭХА-воды

Fig. 2. Preparation of vibrational iterations of electrochemically activated water. Designations: Water is intact water (neutral carrier); ECA water is electrochemically activated water; I0 is the zero vibrational iteration of ECA water, I1 is the vibrational iteration No. 1 of ECA water, ..., I7 is the vibrational iteration No. 7 of ECA water

Вибрационные итерации ЭХА-воды были приготовлены в один день при комнатной температуре. Если изучение свойств вибрационных итераций или содержащих их смесей проводили не в день приготовления, то в день анализа вибрационных итераций, их однократно обрабатывали на вортексе 10 с, 3000 об/мин. Перед приготовлением смесей с ЭХА-водой ее подвергали повторному воздействию электрическим сигналом в течение 1 ч при тех же параметрах, что были использованы изначально.

2.4. Приготовление смесей с интактной водой

Для исследования способности ЭХА-воды (субстанции) и вибрационных итераций ЭХА-воды изменять физико-химические свойства интактной воды, были приготовлены смеси вибрационных итераций (или ЭХА-воды, или контроля — интактной воды) с интактной водой в объемном соотношении 1 : 9. Смеси готовили непосредственно перед проведением измерений. В зависимости от необходимого для измерений конечного объема, смеси готовили в виалах из боросиликатного стекла на 20 или 40 мл (*Glastechnik Grafenroda*, Германия) — для радиометрии или кондуктометрии соответственно; в пластиковых пробирках на 2 мл (*Eppendorf*, Германия) — для терагерцовой (ТГц) спектроскопии.

3. МЕТОДЫ АНАЛИЗА

3.1. Кондуктометрия, радиометрия и ТГц-спектроскопия

Изучение свойств образцов проводили методами кондуктометрии (определение удельной электропроводности) и радиометрии (измерение плотности потока мощности излучения) также, как описано в [1]. Исследование методом ТГц-спектроскопии (определение диэлектрической проницаемости ϵ_1 , т.е. вклада основного (Дебаевского) релаксационного процесса в общий диэлектрический отклик) проводили двумя способами:

- 1) смешивая 1 часть тестируемого образца (контроля или вибрационных итераций ЭХА-воды) с 99 частями интактной воды (согласно [1]);
- 2) смешивая 1 часть тестируемого образца (контроля, ЭХА-воды или вибрационных итераций ЭХА-воды) с 9 частями интактной воды.

Методом кондуктометрии проведено 9 измерений образцов, радиометрии — не менее 6, ТГц-спектроскопии — не менее 10 измерений.

В настоящей работе анализировали вибрационные итерации относительно интактной воды, классифицированные в соответствии с [1] на 4 группы (фракции) по их уникальным физико-химическим свойствам, а также и по их способности влиять на физико-химические свойства интактной воды и водных растворов (так называемое «модифицирующее действие») (табл. 1). Эти 4 типа фракций были названы

Таблица 1. Классификация вибрационных итераций на фракции по изменению физико-химических характеристик относительно интактной воды [1]

Table 1. Classification of vibrational iterations into fractions according to changes in physicochemical characteristics relative to intact water [1]

Параметр (метод анализа) Parameter (method of analysis)	Наличие отличий от интактной воды Presence of differences from intact water			
	Натив Native	Полунатив Semi-Native	Полуактив Semi-Active	Актив Active
Физико-химические свойства (кондуктометрия, радиометрия) Physicochemical properties (conductometry and radiometry)	–	+	–	+
Модифицирующее действие (ТГц-спектроскопия) Modifying effect (THz spectroscopy)	–	–	+	+

Примечание: результат тестирования считался положительным (символ «+» в таблице), если он соответствовал критериям приемлемости; в противном случае результат принимался за отрицательный (символ «–» в таблице). Критерии приемлемости: полученные значения для вибрационных итераций должны статистически значимо ($p < 0.05$) отличаться от значений для интактной воды: на $\pm 5\%$ и более (по данным кондуктометрии и ТГц-спектроскопии) и на $+10\%$ и более (по данным радиометрии). Значения, полученные для интактной воды, принимали за 100%.

Note: the test result was considered positive (“+”) if it met the acceptance criteria. Otherwise, the result was taken as negative (“–”). The acceptance criteria: the values obtained for vibrational iterations should statistically significantly ($p < 0.05$) differ from those of intact water by $\pm 5\%$ or more (by conductometry and THz spectroscopy) and by $+10\%$ or more (by radiometry). The values obtained for intact water were taken as 100%.

«Актив», «Натив», «Полуактив» и «Полунатив». В работе [1] было продемонстрировано, что количество фракций Актив возрастает в конце рядов итераций и со временем при их хранении. Кроме того, фракция Актив проявляет устойчивость по своим физико-химическим параметрам при смешивании с другими типами фракций. В нашей работе для исследования модифицирующего действия вибрационных итераций на интактную воду использовали только фракции Актив, Натив или Полунатив.

Помимо кондуктометрии, радиометрии и ТГц-спектроскопии, для анализа образцов использовали динамическое рассеяние света и осциллографию — определение коэффициента ослабления электрического сигнала, прошедшего через изучаемый образец.

3.2. Динамическое рассеяние света

В исследуемых растворах проводили определение интенсивности рассеяния света и получали распределение гидродинамического диаметра оптических гетерогенностей в диапазоне 50–200 нм на анализаторе Photocor Compact-Z (ООО «Фотокор», Россия). Анализатор оснащен полупроводниковым термостабилизированным лазером непрерывного действия с $\lambda = 638$ нм (максимальная мощность 80 мВт) с термостатирующей ячейкой ($25 \pm 0.1^\circ\text{C}$). Регистрацию сигнала осуществляли на протяжении 20 с, количество накоплений сигнала составило 10. Было проведено не менее 10 измерений каждого образца. Для установления диаметра частиц по уравнению Стокса–Эйнштейна, величину вязкости воды принимали за 0.89 мПа·с. Расчет распределений по размерам проводили при помощи поставляемого с прибором программного обеспечения DynaLS, версия 2.8.3 (Alango, Израиль).

3.3. Определение коэффициента ослабления электрического сигнала, прошедшего через изучаемый образец (осциллография)

В чистую кювету установки для обработки электрическим сигналом заливали 18 мл смеси «ЭХА-вода + интактная вода» (группа 3) или «вибрационная итерация + интактная вода» (группа 2) в объемном соотношении 1 : 9 и погружали в нее электроды. Далее подавали электрический сигнал, параметры которого совпадали с параметрами сигнала, использованного для приготовления ЭХА-воды; продолжительность воздействия электрическим сигналом составляла 3 мин. Процедуру повторяли 5 раз. Во всех случаях (и для подачи постоянных, и для подачи переменных (синусоидальных) сигналов к пластинчатым электродам («–» электрод и «+» электрод) кюветы

подключали к генератору сигналов произвольной формы NI 9263 (*National Instruments*, США) (рис. 1б). Запись сигнала проводили при помощи модуля NI 9215 (*National Instruments*, США), с которого синхронно снимали две осциллограммы: одна — между пластинчатыми электродами, а вторая — между одним пластинчатым электродом и дополнительным игольчатым электродом, который расположен по центру кюветы. При этом оценивали коэффициент ослабления напряжения подаваемого сигнала:

- коэффициент ослабления для постоянных сигналов рассчитывали как отношение средней разности потенциалов между центральным и пластинчатым отрицательным электродами кюветы к средней разности потенциалов между пластинчатыми отрицательным и положительным электродами кюветы (рис. 1б);
- коэффициент ослабления для переменных (синусоидальных) сигналов рассчитывали как отношение средней амплитуды разности потенциалов между центральным и пластинчатым электродами кюветы к подаваемой средней амплитуде разности потенциалов между пластинчатыми электродами кюветы (рис. 1б).

3.4. Статистический анализ

Статистическую обработку данных проводили в программе RStudio 2023.09.1+494 (© 2009–2023 R Foundation for Statistical Computing, Вена, Австрия) с использованием пакета R версии 4.2.2. Нормальность распределения оценивали по тесту Шапиро–Уилка, гомогенность дисперсий — по тесту Бартлетта. Сравнение групп проводили с помощью t-критерия Стьюдента–Уэлча и теста Краскела–Уоллиса с последующим тестом Данна. Различия между группами считали статистически значимыми при значениях $p < 0.05$.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

4.1. Физико-химические свойства и модифицирующее действие вибрационных итераций ЭХА-воды. Классификация итераций на фракции

Проведена оценка физико-химических свойств и модифицирующего действия вибрационных итераций И0–И7 при использовании в качестве исходной субстанции ЭХА-воды 5 различных типов. В результате кроссинга воды с исходной субстанцией (рис. 2), получено 5 рядов вибрационных итераций. Для каждой итерации были проанализированы физико-химические свойства и действие на интактную воду (модифицирующее действие), результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Физико-химические свойства и модифицирующее действие вибрационных итераций
Table 2. Physicochemical properties and modifying effect of vibrational iterations

Исходная субстанция Initial substance	Номер итерации / Iteration number							
	И0 / I0	И1 / I1	И2 / I2	И3 / I3	И4 / I4	И5 / I5	И6 / I6	И7 / I7
Удельная электропроводность, % Specific electrical conductivity, %								
ЭХА-вода 0.8 В ECA water 0.8 V	99.9 ± 2.2	107.2 ± 1.1*	103.0 ± 3.0	100.9 ± 1.6	106.5 ± 1.2*	119.2 ± 1.1*	102.9 ± 0.8	103.4 ± 0.8
ЭХА-вода 0.8 В, 12.6 Гц ECA water 0.8 V, 12.6 Hz	143.1 ± 15.4*	140.3 ± 8.2*	139.3 ± 4.5*	143.9 ± 11.2*	146.7 ± 5.6*	133.7 ± 5.5*	147.6 ± 13.5*	142.2 ± 9.9*
ЭХА-вода 8 В ECA water 8 V	121.0 ± 1.8*	113.8 ± 1.6*	112.6 ± 4.4*	112.4 ± 4.7*	112.0 ± 0.3*	112.9 ± 1.3*	119.5 ± 0.1*	121.7 ± 0.6*
ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц ECA water 8 V, 12.6 Hz	108.8 ± 3.4	114.7 ± 6.3*	118.8 ± 7.1*	112.1 ± 4.4	112.0 ± 0.8	119.6 ± 5.5*	112.2 ± 4.1	112.0 ± 0.8
ЭХА-вода 0 В ECA water 0 V	126.7 ± 0.2*	111.0 ± 0.2*	111.2 ± 0.4*	112.2 ± 2.0*	112.2 ± 0.9*	112.1 ± 2.0*	121.3 ± 4.1*	119.2 ± 3.2*
Мощность потока излучения в ГГц-диапазоне, % Power flux density across GHz range, %								
ЭХА-вода 0.8 В ECA water 0.8 V	94.0 ± 3.1#	103.7 ± 3.4	113.4 ± 4.5*	110.8 ± 3.6#	109.4 ± 6.5#	87.0 ± 10.2#	125.4 ± 10.4*	102.9 ± 11.0
ЭХА-вода 0.8 В, 12.6 Гц ECA water 0.8 V, 12.6 Hz	116.4 ± 5.8*	135.8 ± 12.2*	128.4 ± 10.2*	141.0 ± 18.5*	70.9 ± 1.7#	185.6 ± 6.6*	84.5 ± 2.8#	182.2 ± 5.6*
ЭХА-вода 8 В ECA water 8 V	167.5 ± 8.3*	165.4 ± 14.3*	128.1 ± 20.7*	117.5 ± 16.6	96.1 ± 4.5	87.1 ± 5.2*#	81.8 ± 3.3#	107.5 ± 5.8#
ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц ECA water 8 V, 12.6 Hz	111.7 ± 14.3*	108.2 ± 4.2*	140.3 ± 14.5*	119.8 ± 9.2*	150.7 ± 24.8*	90.4 ± 7.5#	119.1 ± 11.3*	88.5 ± 5.5#
ЭХА-вода 0 В ECA water 0 V	100.0 ± 20.9	108.1 ± 16.3#	95.6 ± 6.3	107.3 ± 16.0	117.6 ± 21.8*	117.5 ± 12.5*	210.1 ± 8.9 #	107.2 ± 7.3#
Диэлектрическая проницаемость ϵ_{el} (модифицирующее действие) ¹ , % Dielectric constant ϵ_{el} (modifying effect) ¹ , %								
ЭХА-вода 0.8 В ECA water 0.8 V	103.8 ± 5.3	99.9 ± 8.5*	102.8 ± 9.7	95.2 ± 4.9	97.1 ± 3.1*	102.5 ± 6.9	100.0 ± 6.7	102.9 ± 4.3
ЭХА-вода 0.8 В, 12.6 Гц ECA water 0.8 V, 12.6 Hz	104.2 ± 5.8*	105.4 ± 3.3*	103.0 ± 3.7*	101.3 ± 3.8	95.0 ± 5.8*	106.0 ± 5.1*	101.9 ± 4.2	107.2 ± 3.1*

Таблица 2. Продолжение
Table 2. Continued

Исходная субстанция Initial substance	Номер итерации / Iteration number							
	И0 / I0	И1 / I1	И2 / I2	И3 / I3	И4 / I4	И5 / I5	И6 / I6	И7 / I7
ЭХА-вода 8 В ECA water 8 V	99.7 ± 4.6	103.8 ± 7.7	101.3 ± 2.5	97.8 ± 4.4	99.9 ± 6.7	100.5 ± 4.5	98.5 ± 2.7	108.2 ± 5.2*
ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц ECA water 8 V, 12.6 Hz	98.3 ± 4.0	95.2 ± 6.2*	97.5 ± 3.4	97.4 ± 5.1	99.2 ± 3.7	98.3 ± 4.2	102.6 ± 6.4	100.4 ± 4.1
ЭХА-вода 0 В ECA water 0 V	103.9 ± 3.7	105.2 ± 3.2*	103.1 ± 7.6*	103.2 ± 2.3	98.1 ± 4.3	101.4 ± 1.7*	94.4 ± 7.5	96.8 ± 4.5
Фракция Fraction								
ЭХА-вода 0.8 В ECA water 0.8 V	Натив Native	Актив Active	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Актив Active	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Натив Native
ЭХА-вода 0.8 В, 12.6 Гц ECA water 0.8 V, 12.6 Hz	Актив Active	Актив Active	Актив Active	Полунатив Semi-Native	Актив Active	Актив Active	Полунатив Semi-Native	Актив Active
ЭХА-вода 8 В ECA water 8 V	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Актив Active
ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц ECA water 8 V, 12.6 Hz	Полунатив Semi-Native	Актив Active	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native
ЭХА-вода 0 В ECA water 0 V	Полунатив Semi-Native	Актив Active	Актив Active	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native	Актив Active	Полунатив Semi-Native	Полунатив Semi-Native

Примечание:

* соответствуют критериям приемлемости (уровень статистической значимости $p < 0.05$) по сравнению с интактной водой (см. «МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ»);
не соответствуют критериям приемлемости ($p < 0.05$; отличие средних значений по сравнению с интактной водой менее $\pm 5\%$ по данным кондуктометрии и ТГц-спектроскопии и менее $\pm 10\%$ по данным радиометрии);
значения без пометок: $p > 0.05$ по сравнению с интактной водой.
Данные нормированы на соответствующее значение, полученное для интактной воды по формуле: $\frac{\text{Значение, измеренное для образца}}{\text{Значение, измеренное для интактной воды}} \times 100\%$ и представлены как Mean $\pm$ Standard Deviation (SD).
1 Для получения параметра «Диэлектрическая проницаемость $\epsilon_{\text{д}}$ » к 1 части каждого образца добавили 99 частей воды.

Note:

* meet the acceptance criteria (statistical significance $p < 0.05$) compared to intact water (see MATERIALS AND METHODS);
do not meet the acceptance criteria ($p < 0.05$; mean values differ less than $\pm 5\%$ according to conductometry and THz spectroscopy and less than $\pm 10\%$ according to radiometry compared to intact water);
unlabeled values: $p > 0.05$ compared to intact water.
Data are normalized to the corresponding values obtained for intact water according to the formula: $\frac{\text{Value measured for the sample}}{\text{Value measured for intact water}} \times 100\%$ and presented as Mean $\pm$ Standard Deviation (SD).
1 In order to obtain the parameter Dielectric constant ϵ_{d} , 99 parts of water were added to 1 part of each sample.

На основе отличий вибрационных итераций от интактной воды по физико-химическим свойствам и модифицирующего действия на интактную воду все вибрационные итерации были отнесены к той или иной фракции в соответствии с [1] и табл. 1. При этом в зависимости от типа ЭХА-воды, которая выступала в качестве субстанции для приготовления вибрационных итераций, число итераций, относящихся к каждой из фракций, различно (табл. 3).

Так, среди всех исследуемых рядов вибрационных итераций отсутствует фракция Полуактив, а фракция Натив выявлена только у вибрационных итераций, для которых в качестве исходной субстанции использовали субстанцию «ЭХА-вода 0.8 В». Кроме того, у вибрационных итераций «ЭХА-вода 0.8 В» выявлено наименьшее количество отличий относительно контроля по исследуемым физико-химическим параметрам и наибольшее разнообразие фракций. В ряду вибрационных итераций «ЭХА-вода 0.8 В, 12.6 Гц» преобладает фракция Актив. С увеличением интенсивности электрического сигнала до 8 В (как для постоянного, так и для переменного электрического сигнала) выявлено увеличение количества фракций Полунатив. При этом для рядов вибрационных итераций «ЭХА-вода 0.8 В, 12.6 Гц» и «ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц» отмечено увеличение различий по плотности потока мощности излучения в радиодиапазоне.

Таким образом, в зависимости от параметров электрического воздействия, применяемого для получения ЭХА-воды, используемой в качестве исходной субстанции при приготовлении вибрационных итераций, их свойства различаются. Данный факт указывает на принципиальную схожесть вибрационных итераций, получаемых из воды, обработанной внешним физическим фактором, с вибрационными итерациями из субстанций природного происхождения, свойства которых также специфически зависят от конкретной субстанции [1].

4.2. Влияние вибрационных итераций ЭХА-воды на интактную воду

Для исследования влияния вибрационных итераций ЭХА-воды на интактную воду были выбраны следующие вибрационные итерации:

- среди ряда вибрационных итераций «ЭХА-вода 0 В»: И5 (Актив), И3 (Полунатив);
- среди ряда вибрационных итераций «ЭХА-вода 0.8 В»: И4 (Актив), И0 (Натив);
- среди ряда вибрационных итераций «ЭХА-вода 0.8 В, 12.6 Гц»: И1 (Актив), И6 (Полунатив);
- среди ряда вибрационных итераций «ЭХА-вода 8 В»: И7 (Актив), И4 (Полунатив);
- среди ряда вибрационных итераций «ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц»: И1 (Актив), И7 (Полунатив).

Указанные образцы добавляли в интактную воду в объемном соотношении 1 : 9. Полученные смеси анализировали методами кондуктометрии, радиометрии, ТГц-спектроскопии, динамического рассеяния света, осциллографии. Результаты измерений сравнивали с контролем, в который вместо вибрационных итераций вносили соответствующее количество интактной воды.

Было показано, что разные вибрационные итерации по-разному влияют на интактную воду (табл. 4). Выраженность и направленность изменений зависит от характеристик электрического сигнала, использованного для приготовления исходной субстанции вибрационных итераций.

Так, каждая исследованная вибрационная итерация вызывала изменения мощности излучения полученных смесей: обе исследованные фракции итераций, полученных из субстанции «ЭХА-вода 0.8 В» снижали мощность излучения, а вибрационные итерации, полученные от других субстанций, увеличивали этот параметр.

Таблица 3. Распределение по фракциям в рядах вибрационных итераций, приготовленных из ЭХА-воды каждого типа

Table 3. Distribution by fractions in the rows of vibrational iterations prepared from each type of ECA water

Параметры электрического сигнала Electric signal parameters	Фракция, шт / Fraction, number			
	Натив Native	Полунатив Semi-Native	Актив Active	Полуактив Semi-Active
0 В / 0 V	–	6	2	–
0.8 В / 0.8 V	2	4	2	–
0.8 В, 12.6 Гц / 0.8 V, 12.6 Hz	–	2	6	–
8 В / 8 V	–	7	1	–
8 В, 12.6 Гц / 8 V, 12.6 Hz	–	7	1	–

Таблица 4. Изменения физико-химических свойств интактной воды при добавлении вибрационные итерации ЭХА-воды в соотношении 1 : 9
Table 4. Changes in the physicochemical properties of intact water after addition of vibrational iterations of ECA water in 1 : 9 ratio

Показатель Parameter	Параметры электрического сигнала, используемого для приготовления субстанции Parameters of the electric signal for processing the initial substance for vibration iterations					
	0 В 0 V		0.8 В 0.8 V		0.8 В, 12.6 Гц 0.8 V, 12.6 Hz	
	Полунатив + ЭХА-вода Semi-Native + ECA water	Актив + ЭХА-вода Active + ECA water	Натив + ЭХА-вода Native + ECA water	Актив + ЭХА-вода Active + ECA water	Полунатив + ЭХА-вода Semi-Native + ECA water	Актив + ЭХА-вода Active + ECA water
Удельная электропроводность, % Specific electrical conductivity, %	105.2 ± 3.6	94.9 ± 0.1	97.6 ± 2.9	91.6 ± 0.5*	103.5 ± 0.8	96.7 ± 0.5
Мощность потока излучения в ГГц-диапазоне, % Power flux density across GHz range, %	115.4 ± 7.7*	143.3 ± 10.9*	86.8 ± 3.1*	77.7 ± 1.4*	187.8 ± 21.4*	142.7 ± 6.1*
Диэлектрическая проницаемость ϵ_{e1} , % Dielectric constant ϵ_{e1} , %	111.3 ± 3.9*	109.3 ± 4.2*	102.3 ± 10.8	97.2 ± 20.7	93.0 ± 8.0	96.1 ± 12.7
Гидродинамический диаметр оптических гетерогенностей, % Hydrodynamic diameter of optical heterogeneities, %	87.8 ± 7.4*	161.3 ± 20.7	42.9 ± 2.8*	41.9 ± 7.1*	38.2 ± 5.7*	91.2 ± 5.9*
Интенсивность рассеяния, % Scattering intensity, %	107.1 ± 14.8*	125.8 ± 17.6	61.2 ± 5.3*	42.6 ± 1.8*	46.6 ± 1.7*	42.8 ± 7.0*
Коэффициент ослабления сигнала в тестируемом образце, отн. ед. Signal intensity attenuation coefficient (sample), rel. units	Не применимо Not applicable	Не применимо Not applicable	0.269 ± 0.044	0.234 ± 0.038	0.493 ± 0.005	0.494 ± 0.005*
Коэффициент ослабления сигнала в контроле [§] , отн. ед. Signal intensity attenuation coefficient (control) [§] , rel. units	Не применимо Not applicable	Не применимо Not applicable	0.253 ± 0.008		0.483 ± 0.001	

Таблица 4. Продолжение

Table 4. Continued

Показатель Parameter	Параметры электрического сигнала, используемого для приготовления субстанции Parameters of the electric signal for processing the initial substance for vibration iterations			
	8 В 8 V		8 В, 12.6 Гц 8 V, 12.6 Hz	
	Полунатив + ЭХА-вода Semi-Native + ECA water	Актив + ЭХА-вода Active + ECA water	Полунатив + ЭХА-вода Semi-Native + ECA water	Актив + ЭХА-вода Active + ECA water
Удельная электропроводность, % Specific electrical conductivity, %	88.5 ± 4.8*	90.2 ± 5.3*	100.1 ± 3.2	101.3 ± 1.6
Мощность потока излучения в ГГц-диапазоне, % Power flux density across GHz range, %	113.7 ± 6.0*	139.7 ± 13.9*	148.4 ± 6.4*	187.1 ± 4.1*
Диэлектрическая проницаемость ϵ_1 , % Dielectric constant ϵ_1 , %	97.4 ± 8.1	97.3 ± 9.8	103.0 ± 13.2	104.8 ± 6.3
Гидродинамический диаметр оптических гетерогенностей, % Hydrodynamic diameter of optical heterogeneities, %	117.9 ± 28.5*	134.6 ± 17.3	147.3 ± 12.0*	28.1 ± 8.9*
Интенсивность рассеяния, % Scattering intensity, %	50.7 ± 4.1*	40.1 ± 3.2*	97.0 ± 16.4	85.7 ± 5.2
Коэффициент ослабления сигнала в тестируемом образце, отн. ед. Signal intensity attenuation coefficient (sample), rel. units	0.482 ± 0.002	0.478 ± 0.012	0.502 ± 0.001*	0.502 ± 0.001*
Коэффициент ослабления сигнала в контроле [§] , отн. ед. Signal intensity attenuation coefficient (control) [§] , rel. units	0.485 ± 0.014		0.511 ± 0.002	

Примечание:

* отмечены статистически значимые отличия от интактной воды, $p < 0.05$.

[§] измерения контроля («интактная вода + интактная вода») проводились в день исследования соответствующей итерации («вибрационные итерации ЭХА-воды + интактная вода»). Данные нормированы на соответствующие значения, полученные для интактной воды по формуле: $\frac{\text{Значение, измеренное для образца}}{\text{Значение, измеренное для интактной воды}} \times 100\%$. Данная нормировка применялась ко всем параметрам

за исключением коэффициента ослабления сигнала. Значения представлены как Mean ± SD.

Note:

* statistically significant differences from intact water, $p < 0.05$;

[§] control measurements (intact water + intact water) were carried out on the day of the study of the corresponding iteration (vibrational iterations of ECA water + intact water). Data are normalized to the corresponding values obtained for intact water according to the formula: $\frac{\text{Value measured for the sample}}{\text{Value measured for intact water}} \times 100\%$. This normalization was applied to all parameters except the signal intensity attenuation

coefficient. Data are presented as Mean ± SD.

Также из табл. 4 видно, что смеси интактной воды с обеими фракциями ряда вибрационных итераций «ЭХА-вода 0.8 В», вибрационных итераций «ЭХА-вода 0.8 В, 12.6 Гц» и вибрационных итераций «ЭХА-вода 8 В» имеют более низкую интенсивность рассеяния, чем аналогичная контрольная смесь, тогда

как смесь интактной воды с фракцией Полунатив вибрационных итераций «ЭХА-вода 0 В» имеет большую интенсивность рассеяния. Внесение остальных вибрационных итераций не повлияло на интенсивность рассеяния полученных смесей. Похожая (но не вполне соответствующая) ситуация наблюдается

с размером оптических гетерогенностей: смеси интактной воды с обеими фракциями вибрационных итераций «ЭХА-вода 0.8 В» и «ЭХА-вода 0.8 В, 12.6 Гц», а также с фракциями Актив вибрационных итераций «ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц» и Полунатив вибрационных итераций «ЭХА-вода 0 В» содержат оптические гетерогенности меньшего размера, чем контроль, тогда как смеси интактной воды с фракцией Полунатив вибрационных итераций «ЭХА-вода 8 В» и «ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц» содержат оптические гетерогенности большего размера, чем контроль. Добавление остальных итераций не оказывает влияние на полученные смеси. Электропроводность смесей уменьшается при добавлении обеих фракций из ряда вибрационных итераций «ЭХА-вода 0.8 В» и «ЭХА-вода 8 В» и не изменяется при добавлении остальных исследованных итераций.

Коэффициент ослабления сигнала (по данным осциллографии) снижается при действии обеих фракций из ряда вибрационных итераций «ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц» на воду и увеличивается при действии фракции Актив вибрационных итераций «ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц» (табл. 4). Заметно, что разные фракции вибрационных итераций, приготовленных с использованием одного и того же электрического сигнала, в подавляющем случае однонаправленно изменяют физико-химические свойства получаемой смеси (по сравнению с интактной водой).

Важно отметить, что как фракция Актив, так и Натив/Полунатив ЭХА-воды, полученные приложением любого электрического воздействия, в данной постановке эксперимента (смесь с интактной водой 1 : 9) не оказывают действие на значение константы диэлектрической проницаемости ϵ_1 получаемой смеси по сравнению с контролем, измеряемой методом ТГц-спектроскопии (табл. 4). Тем не менее, значение ϵ_1 смеси интактной воды как с фракциями Актив, так и Полунатив вибрационных итераций «ЭХА-вода 0 В» увеличивается. Сравнивая результаты, полученные ТГц-спектроскопией, представленные в табл. 2 и табл. 4, становится ясно, что степень влияния вибрационных итераций на интактную воду зависит от объемного соотношения компонентов смесей. Такое заключение перекликается с выводом, сделанным в работе [19], о том, что реакция полимера Нафлон зависит от способа получения раствора соли определенной конечной концентрации, в том числе от количества используемых циклов механического воздействия на воду. Этот факт указывает на закономерность обнаруженной нами зависимости результата измерений от способа получения смесей.

Установленные изменения физико-химических параметров в смесях вибрационных итераций ЭХА-воды относительно интактной воды демонстрируют, что

интактная вода (нейтральный носитель) после процедуры кроссинга приобретает физико-химические свойства, отличные от интактной воды, то есть кроссинг приводит к образованию новой субстанции. Однако важно понять, оказывают ли образцы фракций Актив или Натив/Полунатив на интактную воду действие, аналогичное действию исходной субстанции (т.е. соответствующей ЭХА-воды). Для выяснения этого были проведены эксперименты, описанные в следующем разделе.

4.3. Влияние ЭХА-воды на физико-химические свойства интактной воды

Для проверки влияния добавок ЭХА-воды на физико-химические свойства интактной воды, 1 объемную часть ЭХА-воды добавляли к 9 объемным частям интактной воды, после чего полученную смесь анализировали кондуктометрией, радиометрией, ТГц-спектроскопией, динамическим рассеянием света и осциллографией. Результаты измерений сравнивали с контролем (в контроле вместо ЭХА-воды добавляли соответствующее количество интактной воды). Полученные результаты представлены в табл. 5.

Все смеси интактной воды с ЭХА-водой демонстрируют отличия от контроля по различным физико-химическим характеристикам. Величина и направление данных различий зависят от приложенного при приготовлении ЭХА-воды напряжения. «ЭХА-вода 0.8 В» (по сравнению с контролем — интактной водой) вызывает увеличение электропроводности смеси на 22% и снижение значения коэффициента ослабления сигнала (по результатам осциллографии), в отличие от субстанции «ЭХА-вода 8 В», которая не оказывает эффекта по этому показателю.

Наблюдаются увеличение мощности излучения в радиодиапазоне (на 22% для смеси «ЭХА-вода 0.8 В + интактная вода» и 63% для смеси «ЭХА-вода 8 В + интактная вода») и увеличение диаметра оптических гетерогенностей (51% для смеси «ЭХА-вода 0.8 В + интактная вода», 191% для смеси «ЭХА-вода 8 В + интактная вода»), при этом существует более сильный и противоположно направленный эффект в интенсивности рассеяния получаемой смеси («ЭХА-вода 0.8 В» увеличивает этот параметр в смеси на 177%, а «ЭХА-вода 8 В» снижает на 16%).

Также, в зависимости от того, используется ли постоянное или переменное электрическое воздействие для получения ЭХА-воды, ее эффект на интактную воду (по сравнению с действием контроля — интактной водой) различается. Так, если внесение добавок субстанции «ЭХА-вода 0.8 В» приводит к увеличению удельной электропроводности, мощности

излучения, интенсивности рассеяния и диаметра оптических гетерогенностей и сопровождается снижением значения коэффициента ослабления сигнала (по результатам осциллографии), то добавка субстанции «ЭХА-вода 0.8 В, 12.6 Гц» приводит лишь к снижению удельной электропроводности, сопровождаемому увеличением значения коэффициента ослабления

сигнала (по результатам осциллографии). Добавка субстанции «ЭХА-вода 8 В» приводит к увеличению интенсивности рассеяния и снижению диаметра оптических гетерогенностей в интактной воде и сопровождается увеличением мощности излучения, а добавка субстанции «ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц» приводит, наоборот, к снижению интенсивности рассеяния

Таблица 5. Влияние добавок ЭХА-воды на физико-химические свойства интактной воды (при смешивании в соотношении 1 : 9)

Table 5. Effect of ECA water on the physicochemical properties of intact water (mixture in 1 : 9 ratio)

Показатель Parameter	Параметры электрического сигнала, используемого для приготовления ЭХА-воды (в смеси «ЭХА-вода + интактная вода») Parameters of the electric signal used to prepare ECA water (in ECA water + intact water mixture)				
	0 В 0 V	0.8 В 0.8 V	0.8 В, 12.6 Гц 0.8 V, 12.6 Hz	8 В 8 V	8 В, 12.6 Гц 8 V, 12.6 Hz
Удельная электропроводность, % Specific electrical conductivity, %	106.2 ± 0.8*	122.4 ± 0.3*	93.1 ± 3.9*	101.4 ± 3.8#	99.5 ± 2.3
Мощность потока излучения в ГГц диапазоне, % Power flux density across GHz range, %	121.2 ± 9.6*	122.3 ± 7.9*	121.5 ± 18.7	163.3 ± 8.5*#	142.7 ± 13.8*
Диэлектрическая проницаемость ϵ_1 , % Dielectric constant ϵ_1 , %	97.3 ± 4.5	106.0 ± 11.9	104.9 ± 12.3	106.1 ± 4.4#	104.1 ± 13.5
Гидродинамический диаметр оптических гетерогенностей, % Hydrodynamic diameter of optical heterogeneities, %	81.7 ± 21.9	150.8 ± 19.4*	100.2 ± 8.2	291.2 ± 18.8*#	37.6 ± 10.5*
Интенсивность рассеяния, % Scattering intensity), %	186.5 ± 18.7*	277.4 ± 26.5*	122.7 ± 23.4	84.2 ± 3.5*	300.7 ± 42.6*
Коэффициент ослабления сигнала (образец), отн. ед. Signal intensity attenuation coefficient (sample), rel. units	Не применимо Not applicable	0.216 ± 0.016*	0.506 ± 0.001*	0.496 ± 0.012	0.507 ± 0.001*
Коэффициент ослабления сигнала (контроль), отн. ед. Signal intensity attenuation coefficient (control), rel. units	Не применимо Not applicable	0.253 ± 0.008	0.483 ± 0.001	0.485 ± 0.014	0.511 ± 0.002

Примечание:

* статистически значимые отличия от контроля, $p < 0.05$;

статистически значимые отличия от смеси «ЭХА-вода 0 В + интактная вода», $p < 0.05$. Данные нормированы на соответствующие значения, полученные для интактной воды по формуле: $\frac{\text{Значение, измеренное для образца}}{\text{Значение, измеренное для интактной воды}} \times 100\%$. Данная нормировка применялась ко всем параметрам за исключением коэффициента ослабления сигнала. Значения представлены как Mean ± SD.

Note:

* statistically significant differences from the control, $p < 0.05$;

statistically significant differences from the ECA water 0 V and intact water mixture, $p < 0.05$. Data are normalized to the corresponding values obtained for intact water according to the formula: $\frac{\text{Value measured for the sample}}{\text{Value measured for intact water}} \times 100\%$. This normalization was applied to all

parameters except the signal intensity attenuation coefficient. Data are presented as Mean ± SD.

и увеличению диаметра оптических гетерогенностей, которое также сопровождается увеличением мощности излучения. Однако, если добавка субстанции «ЭХА-вода 8 В» не вызывает изменений коэффициента ослабления сигнала (по результатам осциллографии) в воде, то добавка субстанции «ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц», вызывает его снижение.

Таким образом, аналогично влиянию вибрационных итераций ЭХА-воды на воду, действие самой ЭХА-воды на интактную воду зависит от параметров электрического сигнала, которое было использовано для приготовления ЭХА-воды.

4.4. Сравнение добавок ЭХА-воды на физико-химические свойства интактной воды

Поскольку важно понять, оказывают ли образцы фракций Актив или Натив/Полунатив влияние на свойства интактной воды такое же, как и сама субстанция (соответствующая ЭХА-вода), было проведено сравнение их действия на воду (табл. 6). Однако для изучения вклада только прикладываемого электрического сигнала, а не факта наличия контакта воды с измерительной ячейкой (и соответственно, погружными электродами) в отсутствии сигнала, сравнение проводили только по тем показателям, которые не отличались в смеси «ЭХА-вода 0 В + интактная вода» от контроля (интактной воды). Такими характеристиками были диэлектрическая проницаемость ϵ_1 и гидродинамический диаметр оптических гетерогенностей (табл. 6).

Обнаружено, что как в смеси воды с фракцией Актив, так и в смеси воды с фракцией Полунатив диэлектрическая проницаемость имеет более высокие значения по сравнению с контролем, причем в смеси воды с фракцией Полунатив обнаружены более мелкие оптические гетерогенности по сравнению с контролем. Тем не менее, воздействие электрическим сигналом на воду (т.е. получение ЭХА-воды) не влияет на ее способность и способность ее вибрационных итераций изменять диэлектрическую проницаемость интактной воды. В то же время показана способность как ЭХА-воды, так и ее итераций влиять на размер оптических гетерогенностей воды. Наблюдается закономерность, что при проведении ЭХА постоянным напряжением, размер оптических гетерогенностей в смеси с интактной водой повышается, а при использовании переменного электрического сигнала (8 В, 12.6 Гц) — снижается.

Вибрационные итерации (как фракция Актив, так и Натив/Полунатив), полученные из субстанций «ЭХА-вода 0.8 В» и «ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц», при смешивании с водой уменьшают размер оптических

гетерогенностей, регистрируемых в получаемой смеси. Такой же эффект оказывают фракции Полунатив вибрационной итерации «ЭХА-вода 8 В» и фракции Актив вибрационной итерации «ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц». Однако добавление в воду фракции Актив вибрационной итерации «ЭХА-вода 8 В» не оказывает воздействие на полученную смесь, а добавление в воду фракции Полунатив вибрационной итерации «ЭХА-вода 8 В, 12.6 Гц» приводит к укрупнению оптических гетерогенностей в смеси.

Таким образом, действие, оказываемое вибрационными итерациями ЭХА-воды на размер оптических гетерогенностей воды, в подавляющем большинстве исследованных вариантов отличается от действия, оказываемого субстанцией, используемой для приготовления вибрационной итерации. Однако результат воздействия вибрационных итераций ЭХА-воды на размер оптических гетерогенностей воды слабо зависит от параметров электрического сигнала (который использовали при приготовлении субстанции), а также от фракции вибрационной итерации. Вибрационные итерации преимущественно вызывают снижение размера оптических гетерогенностей.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследование вибрационных итераций ЭХА-воды показало, что они подчиняются общим закономерностям поствибрационной активности, и их можно классифицировать на фракции, отличающиеся друг от друга по физико-химическим свойствам. Полученный результат свидетельствует об универсальности механизмов вибрационного воздействия, то есть возможности их реализации вне зависимости от природы исходной субстанции.
2. Использование электрического сигнала с постоянным напряжением 0.8 В для приготовления исходной субстанции позволяет получить большее разнообразие фракций вибрационных итераций. Использование электрического сигнала с постоянным напряжением 8 В или переменным напряжением 8 В, 12.6 Гц позволяет получить большее количество вибрационных итераций, относящихся к фракции Полунатив. Данный результат подчеркивает, что механизмы формирования поствибрационной активности чувствительны к выраженности и характеру внешних воздействий, что может говорить об их пластичности.
3. Внесение добавок ЭХА-воды или ее вибрационных итераций в объемном соотношении 1 : 9 к интактной воде приводит к изменению физико-химических параметров интактной воды. Выраженность отличий зависит от параметров

Таблица 6. Направление эффекта добавления ЭХА-воды (субстанции) и вибрационных итераций ЭХА-воды в интактную воду в объемном соотношении 1 : 9**Table 6.** Direction of the effect of adding ECA water and vibrational iterations prepared from it to intact water in a volume ratio of 1 : 9

Показатель Parameter	Параметры электрического сигнала, используемого для приготовления субстанции Parameters of the electric signal for processing the initial substance for vibration iterations														
	0 В 0 V			0.8 В 0.8 V			0.8 В, 12.6 Гц 0.8 V, 12.6 Hz			8 В 8 V			8 В, 12.6 Гц 8 V, 12.6 Hz		
	ЭХА-вода ECA water	Полунатив Semi-Native	Актив Active	ЭХА-вода ECA water	Натив Native	Актив Active	ЭХА-вода ECA water	Полунатив Semi-Native	Актив Active	ЭХА-вода ECA water	Полунатив Semi-Native	Актив Active	ЭХА-вода ECA water	Полунатив Semi-Native	Актив Active
Диэлектрическая проницаемость $d\epsilon_1$, % Dielectric constant $d\epsilon_1$, %	—	↑	↑	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Гидродинамический диаметр оптических гетерогенностей, % Hydrodynamic diameter of optical heterogeneities, %	—	↓	—	↑	↓	↓	—	↓	↓	↑	↓	—	↓	↑	↓

Примечание: «↑» увеличение, «↓» снижение и «—» отсутствие изменения регистрируемых характеристик по сравнению с контролем ($p < 0.05$).

Note: “↑” indicates an increase, “↓” indicates a decrease, and “—” indicates no change in the recorded characteristics compared to the control ($p < 0.05$).

электрического сигнала, используемого для получения ЭХА-воды. Степень влияния вибрационных итераций на интактную воду зависит от объемного соотношения компонентов смесей.

4. Воздействие, оказываемое вибрационными итерациями ЭХА-воды на размер оптических гетерогенностей воды, в подавляющем большинстве исследованных вариантов воздействия электрическим сигналом отличается от воздействия, оказываемого субстанцией, используемой для приготовления вибрационной итерации. При этом в большинстве случаев (независимо от электрического сигнала, используемого для получения образца) вибрационные итерации вызывают уменьшение размера оптических гетерогенностей.

Благодарности

Работа финансировалась ООО «НПФ «МАТЕРИА МЕДИКА ХОЛДИНГ», Москва, Россия. Авторы благодарят Зайцеву Е.Н., Кухнинову А.А., Молодцову И.В., Пешкетову К.С., Химич Е.О. за помощь в проведении экспериментов. Авторы благодарят Ковальчука А.Л. за помощь в подготовке статьи, полезные замечания и уточнения.

Acknowledgments

The work was financially supported by NPF “*Materia Medica Holding*,” Moscow, Russia. The authors thank E.N. Zaytseva, A.A. Kuhnina, I.V. Molodtsova, K.S. Peshketova, E.O. Khimich for their assistance in conducting the experiments. The authors thank A.L. Kovalchuk for assistance in preparing the manuscript, valuable comments, and suggestions.

Вклад авторов

О.В. Слатинская — анализ результатов и подготовка текста статьи.

Г.О. Степанов — планирование экспериментов, анализ результатов и подготовка текста статьи.

О.В. Фартушная — планирование экспериментов и подготовка текста статьи.

Е.В. Зубков — планирование экспериментов и подготовка текста статьи.

А.Д. Затыкина — проведение экспериментов (ТГц-спектроскопия).

О.М. Гизитдинова — проведение экспериментов (ТГц-спектроскопия).

Н.С. Карпов — проведение экспериментов (приготовление образцов, кондуктометрия, осциллография).

А.В. Смирнов — проведение экспериментов (радиометрия, динамическое рассеяние света).

В.С. Борискин — проведение экспериментов (радиометрия).

Н.Н. Родионова — анализ результатов и подготовка текста статьи.

А.О. Петрова — планирование экспериментов и анализ результатов.

Authors' contributions

O.V. Slatinskaia — analyzed the data and wrote the original draft of the manuscript.

G.O. Stepanov — planned the experiments, analyzed the data, and contributed to the final version of the manuscript.

O.V. Fartushnaya — planned the experiments and contributed to the final version of the manuscript.

E.V. Zubkov — planned the experiments and contributed to the final version of the manuscript.

A.D. Zatykina — carried out the experiments (THz spectroscopy).

O.M. Gizitdinova — carried out the experiments (THz spectroscopy).

N.S. Karpov — carried out the experiments (sample preparation, conductometry, oscillography).

A.V. Smirnov — carried out the experiments (radiometry, dynamic light scattering).

V.S. Boriskin — carried out the experiments (radiometry).

N.N. Rodionova — analyzed the data and contributed to the final version of the manuscript.

A.O. Petrova — planned the experiments and analyzed the data.

Заявление о конфликте интересов

Слатинская О.В., Степанов Г.О., Фартушная О.В., Зубков Е.В., Затыкина А.Д., Гизитдинова О.М., Карпов Н.С., Смирнов А.В., Борискин В.С., Родионова Н.Н. и Петрова А.О. являются сотрудниками ООО «НПФ «Материа Медика Холдинг», Москва, Россия (полная или частичная занятость).

Conflict of interest

O.V. Slatinskaia, G.O. Stepanov, O.V. Fartushnaya, E.V. Zubkov, A.D. Zatykina, O.M. Gizitdinova, N.S. Karpov, A.V. Smirnov, V.S. Boriskin, N.N. Rodionova, and A.O. Petrova are employees of NPF "Materia Medica Holding," Moscow, Russia (full or part-time employment).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Petrova A., Tarasov S., Gorbunov E., Stepanov G., Fartushnaya O., Zubkov E., Molodtsova I., Boriskin V., Zatykina A., Smirnov A., Zakharova S., Yaroshenko S., Ponomareva A., Petrova N., Kardash E., Ganina K., Rodionova N., Kovalchuk A. Epstein O. Phenomenon of Post-Vibration Interactions. *Symmetry*. 2024;16(8):958. <https://doi.org/10.3390/sym16080958>
2. Penkov N.V. Influence of the combined magnetic field and high dilution technology on the intrinsic emission of aqueous solutions. *Water*. 2023;15(3):599. <https://doi.org/10.3390/w15030599>
3. Penkov N. Antibodies processed using high dilution technology distantly change structural properties of IFN γ aqueous solution. *Pharmaceutics*. 2021;13(11):1864. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13111864>
4. Penkov N., Penkova N. Analysis of emission infrared spectra of protein solutions in low concentrations. *Front. Phys.* 2020;8:624779. <https://doi.org/10.3389/fphy.2020.624779>
5. Novikov V.V. Effect of vibrational iterations of magnetized water on the physico-chemical properties of intact water. *Russ. Phys. J.* 2024;67(10):1718–1727. <https://doi.org/10.1007/s11182-024-03304-z>
6. Petrushanko I.I., Lobyshev V.I. Physicochemical properties of aqueous solutions obtained in a membrane electrolyzer. *Biofizics*. 2004;49(1):17–26.
7. Kerwick M.I., Reddy S.M., Chamberlai A.H.L., Holt D.M. Electrochemical disinfection, an environmentally acceptable method of drinking water disinfection? *Electrochim. Acta*. 2005;50(25–26):5270–5277. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2005.02.074>
8. Hanaoka K., Sun D., Lawrence R., Kamitani Y., Fernandes G. The mechanism of the enhanced antioxidant effects against superoxide anion radicals of reduced water produced by electrolysis. *Biophys. Chem.* 2004;107(1):71–82. <https://doi.org/10.1016/j.bpc.2003.08.007>
9. Novikov V.V., Yablokova E.V., Fesenko E.E. The Role of Water in the Effect of Weak Combined Magnetic Fields on Production of Reactive Oxygen Species (ROS) by Neutrophils. *Appl. Sci.* 2020;10(9):3326. <https://doi.org/10.3390/app10093326>
10. Novikov V.V., Yablokova E.V. Interaction between Highly Diluted Samples, Protein Solutions and Water in a Controlled Magnetic Field. *Appl. Sci.* 2022;12(10):5185. <https://doi.org/10.3390/app12105185>
11. Astashev M.E., Serov D.A., Sarimov R.M., Gudkov S.V. Influence of the Vibration Impact Mode on the Spontaneous Chemiluminescence of Aqueous Protein Solutions. *Phys. Wave Phen.* 2023;31:189–199. <https://doi.org/10.3103/S1541308X23030020>
12. Gudkov S.V., Penkov N.V., Baimler I.V., Lyakhov G.A., Pustovoy V.I., Simakin A.V., Sarimov R.M., Scherbakov I.A. Effect of Mechanical Shaking on the Physicochemical Properties of Aqueous Solutions. *Int. J. Mol. Sci.* 2020;21(21):8033. <https://doi.org/10.3390/ijms21218033>
13. Demangeat J-L. Water proton NMR relaxation revisited: Ultrahighly diluted aqueous solutions beyond Avogadro's limit prepared by iterative centesimal dilution under shaking cannot be considered as pure solvent. *J. Mol. Liquid.* 2022;360:119500. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.119500>
14. Sarimov R.M., Simakin A.V., Matveeva T.A., Gudkov S.V., Lyakhov G.A., Pustovoy V.I., Troitskii A.V., Shcherbakov I.A. Influence of Magnetic Fields with Induction of 7 T on Physical and Chemical Properties of Aqueous NaCl Solutions. *Appl. Sci.* 2021;11(23):11466. <https://doi.org/10.3390/app112311466>
15. Lee S.H., Jeon S.I., Kim Y.S., Lee S.K. Changes in the electrical conductivity, infrared absorption, and surface tension of partially-degassed and magnetically-treated water. *J. Mol. Liquid.* 2013;187:230–237. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2013.07.017>
16. Jerman I, Ogrizek L, Krapež V.P, Jan L. Molecular Signal Transfer of Highly Diluted Antibodies to Interferon-Gamma Regarding Kind, Time, and Distance of Exposition. *Int. J. Mol. Sci.* 2024;25(1):656. <https://doi.org/10.3390/ijms25010656>
17. Elia V., Marrari L.A., Napoli E. Aqueous nanostructures in water induced by electromagnetic fields emitted by EDS: A conductometric study of fullerene and carbon nanotube EDS. *J. Therm. Anal. Calorim.* 2012;107(2):843–851. <https://doi.org/10.1007/s10973-011-1484-y>

18. Rashid M.M., Al Mesfer M.K., Naseem H., Danish M. Hydrogen production by water electrolysis: a review of alkaline water electrolysis, PEM water electrolysis and high temperature water electrolysis. *Int. J. Eng. Adv. Technol.* 2015;4(3):2249–8958.
19. Ninham B.W., Bolotskova P.N., Gudkov S.V., Baranova E.N., Kozlov V.A., Shkirin A.V., Vu M.T., Bunkin N.F. Nafion swelling in salt solutions in a finite sized cell: Curious phenomena dependent on sample preparation protocol. *Polymers.* 2022;14(8):1511. <https://doi.org/10.3390/polym14081511>

Об авторах

Слатинская Ольга Вадимовна, к.б.н., научный сотрудник, ООО «НПФ «Материя Медика Холдинг» (129272, Россия, Москва, ул. Трифоновская, д. 47, стр. 1). E-mail: slatinskayaov@materiamedica.ru. Scopus Author ID 57197721882, ResearcherID ACK-0180-2022, SPIN-код РИНЦ 8576-8913, <https://orcid.org/0000-0002-9908-2637>

Степанов Герман Олегович, к.б.н., ведущий научный сотрудник, ООО «НПФ «Материя Медика Холдинг» (129272, Россия, Москва, ул. Трифоновская, д. 47, стр. 1). E-mail: stepanovgo@materiamedica.ru. Scopus Author ID 15046034100, <https://orcid.org/0000-0002-8576-9745>

Фартушная Ольга Васильевна, ведущий научный сотрудник, ООО «НПФ «Материя Медика Холдинг» (129272, Россия, Москва, ул. Трифоновская, д. 47, стр. 1). E-mail: fartushnayaov@materiamedica.ru. <https://orcid.org/0009-0008-8704-4845>

Зубков Евгений Владимирович, ведущий научный сотрудник, ООО «НПФ «Материя Медика Холдинг» (129272, Россия, Москва, ул. Трифоновская, д. 47, стр. 1). E-mail: zubkovev@materiamedica.ru. Scopus Author ID 59304858200, <https://orcid.org/0009-0001-8198-5942>

Затыкина Анастасия Дмитриевна, младший научный сотрудник, ООО «НПФ «Материя Медика Холдинг» (129272, Россия, Москва, ул. Трифоновская, д. 47, стр. 1). E-mail: ZatykinaAD@materiamedica.ru. <https://orcid.org/0009-0001-8731-4293>

Гизитдинова Олеся Маратовна, старший научный сотрудник, ООО «НПФ «Материя Медика Холдинг» (129272, Россия, Москва, ул. Трифоновская, д. 47, стр. 1). E-mail: GizitdinovaOM@materiamedica.ru. <https://orcid.org/0009-0002-2357-7542>

Карпов Никита Станиславович, лаборант, ООО «НПФ «Материя Медика Холдинг» (129272, Россия, Москва, ул. Трифоновская, д. 47, стр. 1). E-mail: karpovns@materiamedica.ru. <https://orcid.org/0009-0004-5457-8614>

Смирнов Алексей Владимирович, младший научный сотрудник, ООО «НПФ «Материя Медика Холдинг» (129272, Россия, Москва, ул. Трифоновская, д. 47, стр. 1). E-mail: SmirnovAIVl@materiamedica.ru. <https://orcid.org/0009-0002-7872-2866>

Борискин Владимир Сергеевич, младший научный сотрудник, ООО «НПФ «Материя Медика Холдинг» (129272, Россия, Москва, ул. Трифоновская, д. 47, стр. 1). E-mail: boriskinvs@materiamedica.ru. Scopus Author ID 57851926600, <https://orcid.org/0000-0001-6474-7005>

Родионова Наталья Николаевна, к.б.н., руководитель физико-химических исследований, ООО «НПФ «Материя Медика Холдинг» (129272, Россия, Москва, ул. Трифоновская, д. 47, стр. 1). E-mail: rodionovann@materiamedica.ru. Scopus Author ID 57225350982, <https://orcid.org/0009-0001-7138-9063>

Петрова Анастасия Олеговна, к.б.н., заведующий научно-исследовательской лабораторией, ООО «НПФ «Материя Медика Холдинг» (129272, Россия, Москва, ул. Трифоновская, д. 47, стр. 1). E-mail: petrovaao@materiamedica.ru. Scopus Author ID 57208625485, <https://orcid.org/0000-0002-6625-9061>

About the Authors

Olga V. Slatinskaia, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Materia Medica Holding (47-1, Trifonovskaya ul., Moscow, 129272, Russia). E-mail: slatinskayaov@materiamedica.ru. Scopus Author ID 57197721882, ResearcherID ACK-0180-2022, RSCI SPIN-code 8576-8913, <https://orcid.org/0000-0002-9908-2637>

German O. Stepanov, Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Materia Medica Holding (47-1, Trifonovskaya ul., Moscow, 129272, Russia). E-mail: stepanovgo@materiamedica.ru. Scopus Author ID 15046034100, <https://orcid.org/0000-0002-8576-9745>

Olga V. Fartushnaya, Senior Researcher, Materia Medica Holding (47-1, Trifonovskaya ul., Moscow, 129272, Russia). E-mail: fartushnayaov@materiamedica.ru. <https://orcid.org/0009-0008-8704-4845>

Evgenii V. Zubkov, Senior Researcher, Materia Medica Holding (47-1, Trifonovskaya ul., Moscow, 129272, Russia). E-mail: zubkovev@materiamedica.ru. Scopus Author ID 59304858200, <https://orcid.org/0009-0001-8198-5942>

Anastasia D. Zatykina, Junior Researcher, Materia Medica Holding (47-1, Trifonovskaya ul., Moscow, 129272, Russia). E-mail: ZatykinaAD@materiamedica.ru. <https://orcid.org/0009-0001-8731-4293>

Olesya M. Gizitdinova, Senior Researcher, Materia Medica Holding (47-1, Trifonovskaya ul., Moscow, 129272, Russia). E-mail: GizitdinovaOM@materiamedica.ru. <https://orcid.org/0009-0002-2357-7542>

Nikita S. Karpov, Laboratory Assistant, Materia Medica Holding (47-1, Trifonovskaya ul., Moscow, 129272, Russia). E-mail: karpovns@materiamedica.ru. <https://orcid.org/0009-0004-5457-8614>

Alexey V. Smirnov, Junior Researcher, Materia Medica Holding (47-1, Trifonovskaya ul., Moscow, 129272, Russia). E-mail: SmirnovAIVl@materiamedica.ru. <https://orcid.org/0009-0002-7872-2866>

Vladimir S. Boriskin, Junior Researcher, Materia Medica Holding (47-1, Trifonovskaya ul., Moscow, 129272, Russia). E-mail: boriskinvs@materiamedica.ru. Scopus Author ID 57851926600, <https://orcid.org/0000-0001-6474-7005>

Natalia N. Rodionova, Cand. Sci. (Biol.), Head of Physicochemical Research, Materia Medica Holding (47-1, Trifonovskaya ul., Moscow, 129272, Russia). E-mail: rodionovann@materiamedica.ru. Scopus Author ID 57225350982, <https://orcid.org/0009-0001-7138-9063>

Anastasia O. Petrova, Cand. Sci. (Biol.), Head of the Scientific Research Laboratory, Materia Medica Holding (47-1, Trifonovskaya ul., Moscow, 129272, Russia). E-mail: petrovaao@materiamedica.ru. Scopus Author ID 57208625485, <https://orcid.org/0000-0002-6625-9061>