

## РОЛЬ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА В ПРОЯВЛЕНИИ РИТМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИЛЬНО РАЗБАВЛЕННЫХ ВОДНЫХ СИСТЕМАХ

Беловолова Л.В., Беловолов М.М., Глушков М.В.

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН  
ул. Вавилова, 38, г. Москва, 119991, РФ; e-mail: est123321@mail.ru

Поступила в редакцию: 07.07.2021

**Аннотация.** 0,2 М растворы хлористого натрия, хлористого калия и ацетона одновременно разводили водой со встряхиванием до пятнадцатого сотенного разведения (15С – стократное разведение, произведенное 15 раз). В качестве контроля использовали исходную очищенную воду без обработки, а также воду, неоднократно перелитую из пробирки в пробирку перед измерением (динамизированная вода). Кроме того, исследовали воду, разведенную водой до пятнадцатого сотенного разведения (H<sub>2</sub>O-15С). Исследованы флуоресценция ( $\lambda_{\text{ex}} = 260$  нм), рэлеевское светорассеяние ( $\lambda_{\text{ex}} = \lambda_{\text{obs.}} = 260$  нм), электропроводность, редокс-потенциал и его скачок после двух минут облучения ультрафиолетом (УФ) этих образцов. Методом фликкер-шумовой спектроскопии показано, что наиболее резкие изменения состояния водных систем происходят с близким набором частот миллигерцового диапазона, но с разной амплитудой и соотношением вклада отдельных частот. После приготовления и по крайней мере, в течение последующих двух суток системы NaCl-15С, KCl-15С и C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O-15С достоверно отличаются друг от друга и от воды по значениям редокс-потенциала и скачку редокс-потенциала в результате УФ облучения. УФ облучение приводит к различному изменению электропроводности для этих систем со временем. Наблюдаемые эффекты отражают динамику активных форм кислорода, сформировавшуюся во время разведения и встряхивания каждой из водных систем,

**Ключевые слова:** высокоразбавленные водные системы, активные формы кислорода и воды (АФК), редокс-потенциал, электропроводность, УФ облучение.

Известно, что некоторое увеличение содержания АФК, относительно равновесных значений, оказывает на биологические системы нормализующее, стимулирующее и протекторное влияние (см., например, [1-3]). Это влияние может передаваться через воду и может быть зарегистрировано чувствительными методами анализа. Измененное состояние воды сохраняется в течение десятков часов [1-5], сопровождается колебаниями интенсивности хемиллюминесценции [4], УФ флуоресценции и рэлеевского светорассеяния [5]. О долговременных колебаниях интенсивности хемиллюминесцентного сигнала «чистой» воды и разбавленных водных растворов после различных воздействий, влияющих на систему АФК, сообщается в работах [1,4,6-8]. Ритмические проявления АФК можно усилить, добавив в воду малые количества перекиси водорода и бикарбоната натрия. Тогда в закрытой пробирке в течение многих месяцев наблюдаются колебания интенсивности свечения, сопровождающего образование и распад АФК [9]. Аналогичные явления возникают при малых добавках в воду ацетона и флуоресцентного зонда АНС [10]. Процесс идет через периодическое накопление и разрушение перекисных соединений с возникновением излучений света и изменений pH водной среды.

Изучение процессов с участием АФК в воде требует применения высокочувствительных методов наблюдений из-за высокой активности и малых концентраций АФК в стационарных условиях.

В работах [5,11] выявлены условия, отражающие состояние системы АФК в чистой воде в момент измерения. Изменение окислительно-восстановительного (редокс-) потенциала под влиянием УФ облучения, названное скачком потенциала, дает информацию о текущем состоянии системы АФК в воде, поскольку приводит к возбуждению и разложению молекул воды и газов в зависимости от текущего состояния системы АФК и воды [5]. Величина и знак скачка редокс-потенциала измерялись в одинаковых условиях для независимых образцов воды в течение трех суток. Было обнаружено, что в течение нескольких часов значения величин скачка потенциала на разных образцах воды могут хорошо воспроизводиться. Однако в некоторые моменты времени наблюдаются резкие изменения величины скачка потенциала, в том числе и со сменой знака влияния УФ-облучения на редокс-потенциал системы. Эти наблюдения позволили зарегистрировать самопроизвольные изменения системы АФК в чистой воде с течением времени. Они показали, что есть разные режимы состояния системы АФК, поэтому УФ облучение способно приводить к различным результатам. В течение нескольких часов результаты могут хорошо воспроизводиться, но есть моменты резких переходов между различными состояниями. Оказалось, что система АФК чрезвычайно чувствительна к наличию малых примесей, облучению и механическим воздействиям. Особенно сильно неравновесность системы проявляется вблизи условий перехода между состояниями. Эти наблюдения позволили предположить, что при высоких степенях разбавления со встряхиванием водных образцов (когда даже одна молекула исходно растворенного в воде вещества может отсутствовать) система АФК может проявиться и определить состояние водной системы. Данная работа посвящена исследованию этой гипотезы.

Рассмотрены особенности высоко разбавленных водных систем на основе одновременно приготовленных образцов 15-го сотенного разведения исходно 0,2 М растворов хлористого натрия, хлористого калия и ацетона.

Исследованы флуоресценция ( $\lambda_{\text{ex}} = 260$  нм), рэлеевское светорассеяние ( $\lambda_{\text{ex}} = \lambda_{\text{obs.}} = 260$  нм), электропроводность, редокс-потенциал и его скачок при УФ облучении этих образцов. В качестве контроля использовали исходную очищенную воду без обработки, а также чистую воду, которую разбавляли со встряхиванием чистой водой так же, как это было сделано для вышеуказанных образцов 15С-разведения. Кроме того, при измерениях флуктуаций светорассеяния использовали исходную воду, которую 8 раз перелили из пробирки в пробирку (такую воду назвали динамизированной).

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

**Приготовление образцов.** В работе использовали дистиллированную воду, дополнительно очищенную на угольном фильтре В-300 и на многоступенчатой водоочистной установке Аквамед-1 ДВС/М1 (Россия). Исходная электропроводность очищенной воды не превышала 0,2 мкСм/см. Для приготовления NaCl-15С, KCl-15С и C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O-15С использовали три одинаковые стеклянные пробирки объемом 20 мл и три одинаковых бюкса. Для разведения в 100 раз отбирали автоматической пипеткой по 20 мкл каждого раствора и переносили в соответствующую пробирку, куда добавляли по 2 мл очищенной воды, закрывали притертыми пробками и встряхивали все три пробирки в одной руке в течение 1 минуты. После этого содержимое каждой пробирки выливали в соответствующий бюкс, из которого затем вновь отбирали 20 мкл для последующего разведения, а остаток образца выливали. Для получения пятнадцатого сотенного разведения эту процедуру повторяли 15 раз. Предпоследнее разведение готовили в большем объеме для того, чтобы провести необходимые измерения характеристик. Редокс-потенциал ( $E_{\text{ox/red}}$ ) относительно хлорсеребряного электрода ЭВЛ-1М3.1 измеряли с помощью анализатора жидкости Эксперт-001 (Эконикс-эксперт) с платиновым электродом ЭПВ-1СР. Поскольку для чистой воды и сильно разбавленных водных систем  $E_{\text{ox/red}}$  устанавливается медленно, все образцы одинаково перемешивали магнитной мешалкой до установления постоянных значений  $E_{\text{ox/red}}$  (~10 мин после помещения образца в измерительную ячейку). После чего открывали заслонку осветителя ОИ-18А с ртутно-кварцевой лампой ДРК-120 и облучали образец (не засвечивая электродов) в кварцевом сосуде через выделенное окошко в течение 2 мин, не прерывая записи  $E_{\text{ox/red}}$ . Разницу между значением  $E_{\text{ox/red}}$  в момент начала и конца облучения ( $\Delta E_{\text{ox/red}}$ ) условно назвали «скачком потенциала». Все условия опыта поддерживали одинаковыми для всех образцов. Ошибки измерения  $E_{\text{ox/red}}$  и  $\Delta E_{\text{ox/red}}$  определяли при записи кинетики установления постоянных значений по отклонению этих величин от средних значений. Электропроводность образцов измеряли кондуктометрами фирмы Hanna instruments: UPW HI98309 для особо чистой воды в диапазоне 0–2 мкСм/см с погрешностью 0,1 мкСм/см и DIST WP3 для диапазона 2–1999 мкСм/см с погрешностью 1 мкСм/см. Ошибки измерения электропроводности определяли по четырем независимым образцам, разлитым из одного маточного объема. Температуру образцов, хранящихся при одной температуре ( $23 \pm 0,5$ )°С, контролировали посредством датчика ДКТП-02.4. Спектры флуоресценции и светорассеяния записывали под прямым углом к возбуждающему свету с помощью модифицированного спектрально-измерительного комплекса СДЛ-2 (ЛМО, Россия) в режиме счета фотонов.

Числовые ряды кинетических зависимостей рэлеевского светорассеяния водных систем исследовали методами фликкер-шумовой спектроскопии (ФШС) [12]. Сигналы  $V(t)$  фиксируются через каждый временной промежуток  $\Delta t = T/N$  ( $T$  – временной интервал, на котором записывается сигнал,  $N$  – число членов временного ряда), который определяет частоту дискретизации  $f_d = 1/\Delta t$ . Проведен анализ как исходных кинетических кривых, так и их отображений по факторам нестационарности (ФН), показывающим моменты скачкообразных перестроек (всплесков интенсивности светорассеяния) рассматриваемых систем.

Исследуются косинус-преобразование автокорреляционной функции –  $S(f)$  ( $f$  – частота):

$$S(f) = 2 \int_0^T \langle V(t)V(t+\tau) \rangle_{T-\tau} \cos(2\pi f\tau) d\tau \quad (1)$$

и разностные моменты  $\Phi^{(2)}(\tau)$  2-го порядка:

$$\Phi^{(2)}(\tau) = \langle [V(t) - V(t+\tau)]^2 \rangle_{T-\tau}, \quad (2)$$

где  $\tau$  – параметр временной задержки.

ФН отражают динамику изменений функций  $\Phi^{(2)}(\tau)$  при последовательном смещении пробного интервала  $[t_k, t_k + \Delta T]$ , где  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$  и  $t_k = k\Delta t$ , по всей длине  $T$  имеющегося экспериментального ряда данных ( $t_k + \Delta T \leq T$ ). Временные зависимости ФН рассчитываются на основе выражений:

$$C(t_k) = 2 \cdot \frac{Q_k - P_k}{Q_k + P_k} \frac{\Delta t}{\Delta T}, \quad (3)$$

$$\text{где } Q_k = \frac{1}{\alpha(\Delta T)^2} \int_0^{\alpha\Delta T} d\tau \int_{t_k}^{t_k+\Delta T} [V(t) - V(t+\tau)]^2 dt, \quad P_k = \frac{1}{\alpha(\Delta T)^2} \int_0^{\alpha\Delta T} d\tau \int_{t_k}^{t_k+\Delta T-\Delta t} [V(t) - V(t+\tau)]^2 dt.$$

Зависимости  $\Phi^{(2)}(\tau)$  рассчитываются для области изменения аргумента  $\tau [0, \alpha \Delta T]$ , где  $\alpha < 0.5$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Для того, чтобы исследовать флуктуации рэлеевского светорассеяния образцы перед измерением переливали из пробирки в пробирку 8 раз, поскольку при такой обработке интенсивность флуктуаций светорассеяния была значительно выше, чем в необработанных образцах. Такие образцы называем динамизированными. Их выдерживание в кювете без движения в течение 1–3 часов обычно приводит к сильному уменьшению флуктуаций. На рисунке 1 представлены исходные кинетические зависимости светорассеяния при  $\lambda_{\text{ex.}} = \lambda_{\text{obs.}} = 260$  нм – (а) и аналогичные зависимости для ФН – (б). Оказалось, что для NaCl-15С, KCl-15С и C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O-15С наблюдаются близкие частоты наиболее заметных перестроек водных систем, измеряемых по ФН (рис. 2).

Повторные записи светорассеяния образцов 15С-разведения, хранящихся после приготовления в закрытых сосудах, из которых отбирали пробы для анализа, выявили в каждом из них свои ритмы изменения интенсивности и относительного вклада проявленных частот. Например, для независимых образцов NaCl-15С, записанных с трехчасовым промежутком времени, проявлен (рис. 3) один и тот же набор главных резонансных частот ФН (3,2; 6,2; 9,5 и 12,7 мГц), но с течением времени меняется вклад разных компонент.

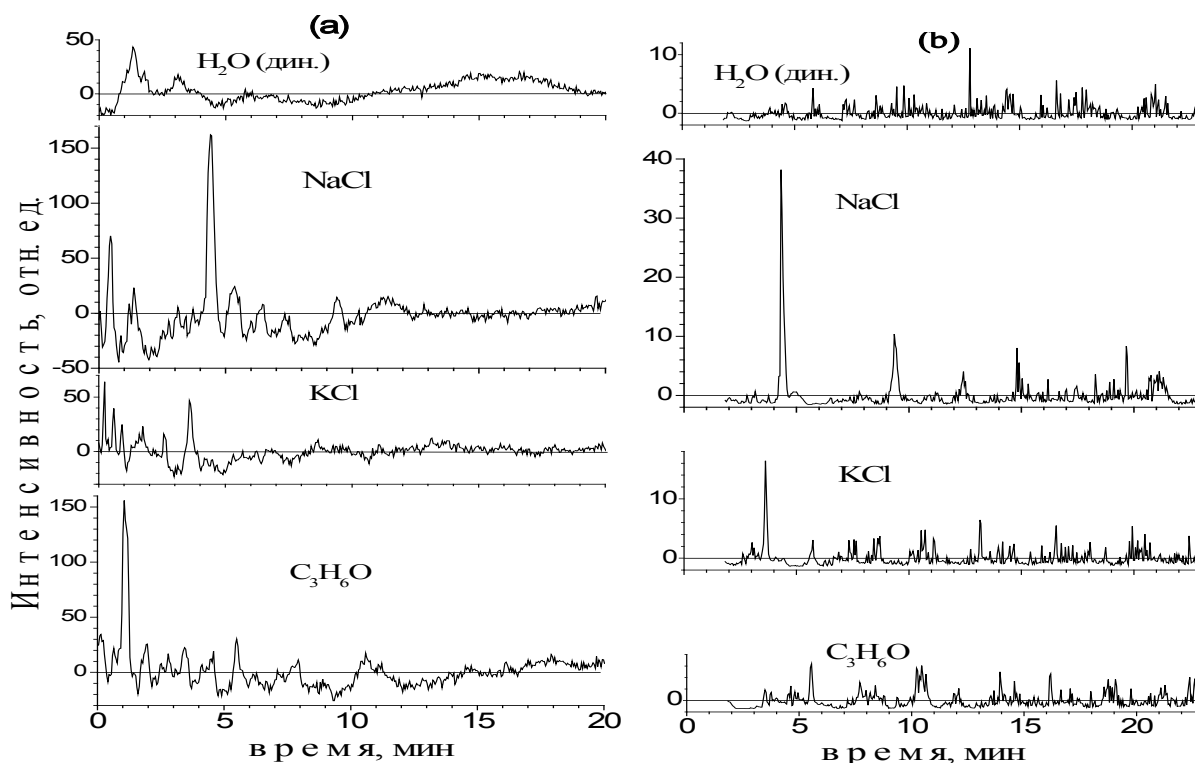


Рисунок 1. Кинетические зависимости рэлеевского светорассеяния 15С-систем (а) и их отображения по ФН (б)

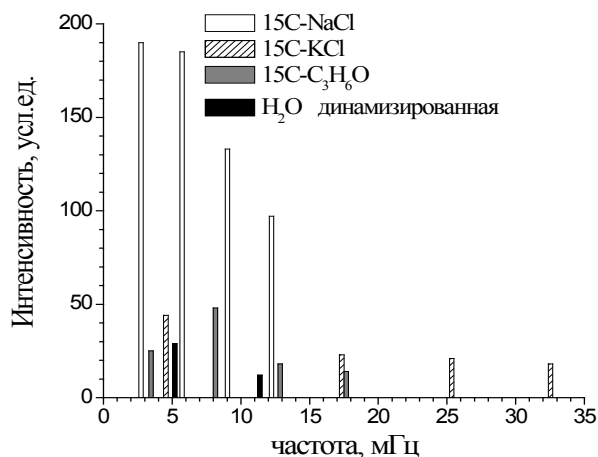


Рисунок 2. Частоты фликкер-шумов по ФН для систем 15С и воды

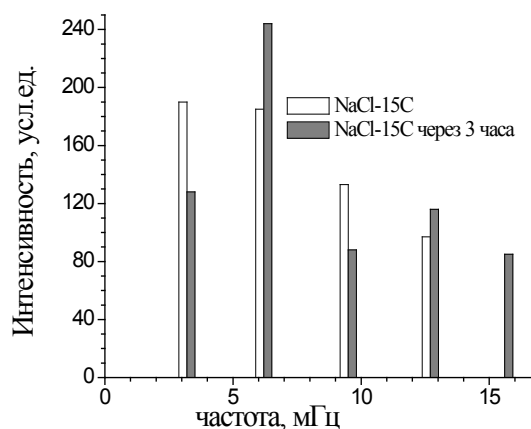
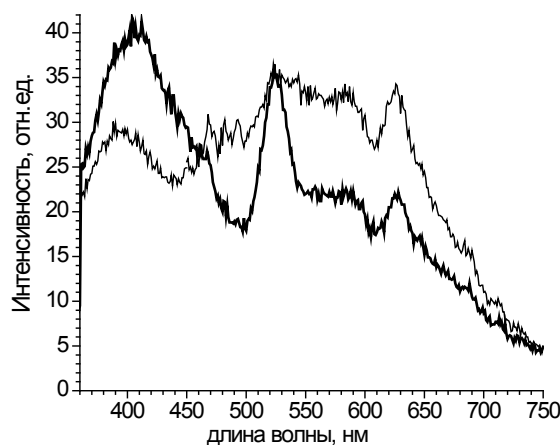


Рисунок 3. Частоты фликкер-шумов по ФН для NaCl-15С исходно (белые столбики) и через 3 часа



**Рисунок 4.** Пример типичных спектров люминесценции ( $\lambda_{\text{возб}} = 260$  нм), наблюдаемых во время резких скачков интенсивности рэлеевского светорассеяния разбавленных водных сред

Таким образом, эксперимент показал, что в динамике рэлеевского светорассеяния каждой из высоко разбавленных водных систем (не содержащих, согласно расчетам, молекул исходного вещества, т.е. разбавленных выше предела Авогадро), реализуются близкие наборы частот наиболее резких перестроек. Однако их амплитуда и вклад различных компонент меняется со временем по-разному. Также в каждом из образцов проявлен свой ритм хаотических и упорядоченных составляющих сигнала.

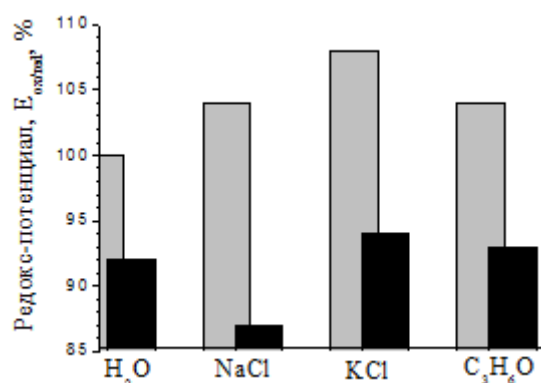
Обнаружено, что в моменты резких уменьшений интенсивности рэлеевского светорассеяния появляются спектры УФ флуоресценции, характерные для процесса распада перекиси водорода (реакция Фентона) [11]. В этих спектрах проявлены также полосы, сопровождающие реакции синглетного кислорода в газовых пузырьках (рис. 4).

Обнаружено, что сразу после приготовления и по крайней мере, в течение последующих двух суток системы NaCl-15C, KCl-15C и C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O-15C достоверно отличаются друг от друга и от исходной воды по значениям электропроводности и  $E_{\text{ox/red}}$ , а также по изменениям этих параметров под действием УФ облучения. В таблице 1 приведены значения  $E_{\text{ox/red}}$  и  $\Delta E_{\text{ox/red}}$  после УФ облучения для исходной воды и NaCl-15C, KCl-15C и C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O-15C. На рисунке 4 данные для  $E_{\text{ox/red}}$  представлены в графическом виде относительно потенциала исходной воды, который принят за 100%.

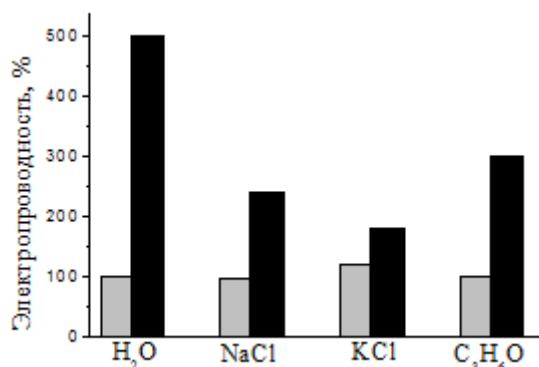
Из рисунка 5 можно видеть, что при одинаковом химическом составе водных систем, приготовленных одновременно и разбавленных одинаково выше предела Авогадро, величины  $E_{\text{ox/red}}$  до УФ облучения и после него заметно отличаются, что говорит о том, что состояние этих водных систем различно. Оно определяется системой АФК, которая в каждой из этих систем колеблется в собственном ритме.

**Таблица 1.** Значения  $E_{\text{ox/red}}$  и  $\Delta E_{\text{ox/red}}$  для исходной воды и NaCl-15C, KCl-15C и C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O-15C

Образец	$E_{\text{ox/red}}$ , мВ	$\Delta E_{\text{ox/red}}$ , мВ
Вода	$288 \pm 1$	$-26 \pm 1$
NaCl-15C	$303 \pm 2$	$-52 \pm 2$
KCl-15C	$314 \pm 1$	$-30 \pm 1$
Ацетон-15C	$302 \pm 2$	$-32 \pm 2$



**Рисунок 5.** Значения  $E_{\text{ox/red}}$  для исходной воды и NaCl-15C, KCl-15C и C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O-15C до УФ облучения (серые столбики), после УФ облучения (черные столбики). За 100% принято значение  $E_{\text{ox/red}}$  исходной воды



**Рисунок 6.** Электропроводность исходной воды и NaCl-15C, KCl-15C и C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O-15C исходно (серые столбики) и сразу после УФ-облучения (черные столбики)

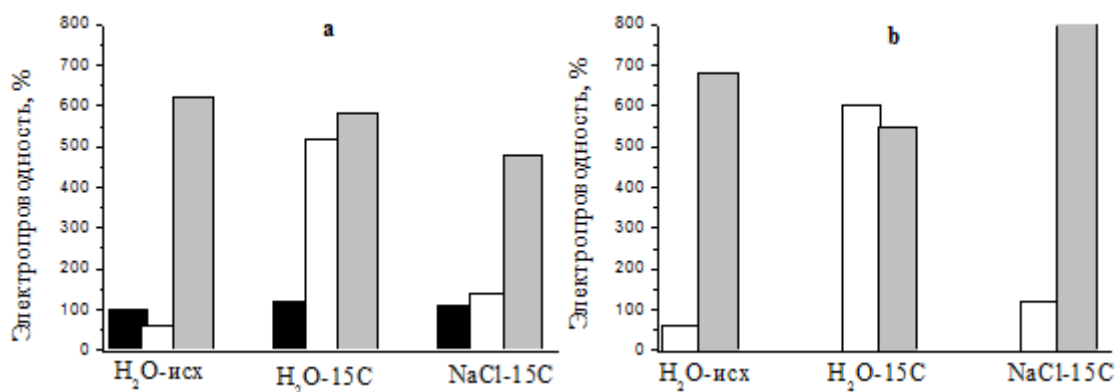
На рисунке 6 показана электропроводность этих систем исходно и сразу после УФ облучения. Электропроводность исходной воды до УФ облучения принята за 100%. Относительная ошибка измерения электропроводности образцов не превышала  $\pm 5\%$ . Можно видеть, что электропроводность всех образцов исходно мало отличалась от электропроводности исходной воды, но УФ облучение действовало на эти системы по-разному. Это говорит о том, что водные системы 15C-разведения различаются по способности генерировать электрические заряды при УФ облучении.

Изменения электропроводности облученной и необлученной исходной воды, а также двух систем пятнадцатого сотенного разведения (NaCl-15C, H<sub>2</sub>O-15C) в течение двух суток после УФ обработки приведены на рисунке 7. В данном эксперименте одновременно готовились со встряхиванием два образца 15C-разведения (хлористого натрия и чистой воды, разводимой водой). Здесь за 100% принята проводимость исходной необработанной воды. Половину образцов сразу после приготовления подвергали УФ облучению.

Можно видеть, что встряхивание и разведение воды водой сильно изменяет динамику ее электропроводности. Образцы исходной воды и H<sub>2</sub>O-15C через сутки различаются довольно заметно, как для необлученных, так и облученных образцов. Через двое суток измененное состояние электропроводности всех образцов относительно исходного образца сохраняется. Для образца NaCl-15C значительные изменения электропроводности после облучения происходят на вторые сутки после облучения.

## ВЫВОДЫ

Приведенные результаты показывают, что постепенное разведение со встряхиванием исходно разных химических растворов приводит к различному состоянию системы АФК, всегда присутствующей в водных средах. Каждая из высоко разбавленных водных систем на основе разных химических растворов характеризуется определенными значениями редокс-потенциала, электропроводности и их отклика на УФ облучение, а также долговременной динамикой после приготовления. Особенности динамики изменения рэлеевского светорассеяния со временем, регистрируемые по ФН, позволяют заключить, что при высоких разведениях исходно разных химических систем реализуются близкие частоты наиболее резких перестроек водной матрицы, хотя и с разными амплитудами и относительным содержанием отдельных компонент фликкер-шумов. Опыт показал, что в каждой из высоко разбавленных водных систем есть свой ритм проявления упорядоченных и



**Рисунок 7.** Значения электропроводности образцов 15C-разведения сразу после приготовления (черные столбики). Белые и серые столбики показывают изменение электропроводности необлученных и облученных образцов соответственно через сутки после приготовления (а). Значения электропроводности через двое суток для необлученных (белые столбики) и облученных (серые столбики) образцов (б)

хаотических процессов, который требует дополнительных исследований. Поскольку методика эксперимента не позволяет исследовать светорассеяние нескольких образцов одновременно, мы можем только констатировать, что в момент записи светорассеяния каждого из образцов мы случайным образом выявляем фазу внутреннего процесса, в котором колебания и хаос могут то нарастать, то уменьшаться. Эти наблюдения делают бессмысленными усреднения наблюдаемых характеристик в разных опытах, проведенных в разное время.

Заметные изменения редокс-потенциала и электропроводности высокоразбавленных водных систем по отношению к исходной воде позволяют предполагать, что процедура постепенного разведения и встряхивания влияет на концентрацию (и/или подвижность) электрически заряженных соединений в системе. Поскольку один из видов АФК – супероксидный анион-радикал обладает отрицательным зарядом и сильно взаимодействует с протонами водной матрицы, можно полагать, что в исходно разных химических системах в процессе приготвления 15С-разведения реализуются разные условия появления и стабилизации электрического заряда. Конкретные механизмы этих процессов требуют дополнительных исследований.

#### **Список литературы / References:**

1. Voeikov V.L. *Reactive Oxygen Species, Water, Photons and Life*. Rivista di Biologia, Biology Forum, 2001, vol. 94, pp.193-214
2. Belovolova L.V. *Reactive Oxygen Species in Aqueous Media*. (A Review) Optics and Spectroscopy, 2020, vol. 128, pp. 932-951. DOI: 10.1134/S0030400X20070036.
3. Ставровская И.Г., Сирота Т.В., Саакян И.Р., Кондрашова М.Н. Оптимизация энергозависимых процессов в митохондриях печени и мозга крыс после вдыхания отрицательных аэроионов. *Биофизика*, 1998, т. 43, вып. 5, с.766-771. [Stavrovskaya I.G., Sirota T.V., Sahakyan I.R., Kondrashova M.N. Optimization of volatile processes in the mitochondria of the liver and brain of rats after inhalation of negative air ions. *Biophys.*, 1998, vol. 43, no. 5, pp. 766-771. (In Russ.)]
4. Gudkov S.V., Bruskov V.I., Astashev M.E., Chernikov A.V., Yaguzhinsky L.S., Zakharov S.D. Oxygen-Dependent Auto-Oscillations of Water Luminescence Triggered by the 1264 nm Radiation. *J. Chem. Phys. B*, 2011, vol. 115, pp. 7693-7698. www.biophys.ru/archive/h2o-00022.pdf
5. Belovolova L.V., Glushkov M.V., Vinogradov E.A. Influence of Dissolved Gases on Highly Diluted Aqueous Media. *Biophys.*, 2014, vol. 59, no. 4, pp.524-530. DOI: 10.1134/S0006350914040046.
6. Брусков В.И., Масалимов Ж.К., Черников А.В. Образование активных форм кислорода под действием тепла при восстановлении растворенного кислорода воздуха. *ДАН*, 2001, т. 381, № 2, с. 262-264. [Bruskov V.I., Masalimov Zh.K., Chernikov A.V. Formation of reactive oxygen species under the action of heat during the reduction of dissolved oxygen in the air. *Dokl. Acad. Sci.*, 2001, vol. 381, no. 2, pp. 262-264. (In Russ.)]
7. Брусков В.И., Масалимов Ж.К., Черников А.В. Образование активных форм кислорода в воде под действием тепла. *ДАН*, 2002, т. 384, № 6, с. 821-824. [Bruskov V.I., Masalimov Zh.K., Chernikov A.V. Formation of reactive oxygen species in water under the action of heat. *Dokl. Acad. Sci.*, 2002, vol. 384, no. 6, pp. 821-824. (In Russ.)]
8. Воейков В.Л. Благотворная роль активных форм кислорода. “МИС-РТ”-2001г. *Сборник № 24-1, Научно-исследовательский центр «ИКАР»*. [Voeikov V.L. The beneficial role of reactive oxygen species "MIS-RT"-2001. *Collection No. 24-1, Research Center "IKAR"*. (In Russ.)]
9. До Минь Ха, Мухитова О.Г., Виленская Н.Д., Малышенко С.И., Воейков В.Л. Активированные перекисью водорода водные растворы бикарбонатов – долговременные источники низкоинтенсивного излучения, реагирующие на слабые и сверхслабые воздействия. *Биомед. Радиоэлектроника*, 2011 т. 2, с. 28-38. [Do Min Ha, Mukhitova O.G., Vilenskaya N.D., Malyschenko S.I., Voeikov V.L. Hydrogen peroxide activated aqueous solutions of bicarbonates are long-term sources of low-intensity radiation that respond to weak and ultra-weak effects. *Biomed. Radioelectronics*, 2011, vol. 2, pp. 28-38. (In Russ.)]
10. Belovolova L.V., Glushkov M.V., Vinogradov E.A. Effect of Acetone and the Probe 1-Anilino-8-Naphthalenesulfonate on Water as Estimated by Fluorescence in the UV Region. *Biophys*, 2011, vol. 56, no. 2, pp. 181-187. DOI: 10.1134/S0006350911020059.
11. Belovolova L.V., Glushkov M.V., Vinogradov E.A., Babintsev V.A., Golovanov V.I. Ultraviolet fluorescence of water and highly diluted aqueous media. *Phys. Wave Phenom.*, 2009, vol. 17, no. 1, pp. 21-31. DOI: 10.3103/S1541308X0901004X
12. Тимашев С.Ф. *Фликкер-шумовая спектроскопия. Информация в хаотических сигналах*. М.: Физматлит, 2007. [Timashev S.F. *Flicker noise spectroscopy. Information in chaotic signals*. Moscow: Fizmatlit, 2007. (In Russ.)]

**ROLE OF REACTIVE OXYGEN SPECIES IN THE MANIFESTATION OF RHYTHMIC PROCESSES IN STRONGLY DILUTED WATER SYSTEMS.****Belovolova L.V., Belovolov M.M., Glushkov M.V.**

A.M. Prokhorov General Physics Institute RAS

*Vavilova str. 38, Moscow, 119991, Russia; e-mail: est123321@mail.ru*

**Abstract.** 0.2 M solutions of sodium chloride, potassium chloride, and acetone were simultaneously diluted by water with shaking to a dilution of 15C – a hundredfold dilution made 15 times. As a control, we used the initial purified water without any treatment, as well as water repeatedly poured from a test tube into a test tube before measurement (dynamized water). In addition, we investigated water diluted with water up to the fifteenth centesimal dilution (H<sub>2</sub>O-15C). Fluorescence ( $\lambda_{\text{ex}} = 260$  nm), Rayleigh light scattering ( $\lambda_{\text{ex}} = \lambda_{\text{obs.}} = 260$  nm), electrical conductivity, redox potential and its jump after two minutes of ultraviolet (UV) irradiation of these samples were studied. It was shown by the method of flicker noise spectroscopy that the most abrupt changes in the state of water systems occur with a similar set of frequencies in the millihertz range, but with different amplitudes and ratios of the contribution of individual frequencies. After preparation and at least for the next two days, the systems NaCl-15C, KCl-15C, and C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O-15C significantly differ from each other and from water in terms of the redox potential values and the redox potential jump as a result of UV irradiation. UV irradiation results in different changes in conductivity for these systems over time. The observed effects reflect the dynamics of reactive oxygen species formed during the dilution and shaking of each of the aqueous systems,

**Key words:** *highly diluted aqueous systems, reactive oxygen and water forms (ROS), redox potential, electrical conductivity, UV irradiation.*