

УДК 53.043

Н.А. Николов,^{1,2} канд. техн. наук, **А.Г. Соляр**²¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ул. Политехническая, 16, корпус 12, г. Киев, 03056, Украина.²Государственный университет телекоммуникаций, ул. Соломенская, 7, г. Киев, 03680, Украина.

Действие пространственно-неоднородного постоянного и переменного магнитного поля на водные растворы NaCl и KCl по данным термолюминесценции кристаллов

Разработана методика оценки действия низкоинтенсивных электромагнитных полей, в частности, постоянного магнитного и радиочастотного электромагнитного поля на водные растворы солей. Методика основана на дегидратации водного раствора, получения кристаллов соли и последующей термолюминесценции кристаллов. Показано, что в зависимости от пространственного распределения внешнего поля изменяется интенсивность термовысвечивания кристаллических структур NaCl и KCl до 2 раз по сравнению с интактными образцами. Так же показан эффект памяти водных растворов, характеризующийся изменением термолюминесценцией кристаллов соли, несмотря на то, что время воздействия на водный раствор существенно меньше времени дегидратации. Библиограф. 29, рис. 3, табл. 2.

Ключевые слова: электромагнитное поле, магнитное поле, пространственно-неоднородное поле, вода, KCl, NaCl.

Введение

Существует достаточно много экспериментальных и теоретических работ, объясняющих влияние внешних низкоинтенсивных физических факторов на биологические объекты [1, 2, 3, 4]. Однако, результаты экспериментальных исследований довольно часто не повторяются. Вероятно, это связано с нелинейными свойствами водных растворов, высокой их чувствительностью к начальным условиям и предшествующими состояниями водной системы (с предисторией). Поэтому разработка методики и соответствующей измерительной системы, которая смогла бы фиксировать влияние внешних низкоинтенсивных физических факторов на биологические объекты, определять текущее состояние водных систем и предсказывать их поведение в будущем является актуальной задачей. Данные системы могут быть полезны как для диагностики, например, измерение концентрации водных растворов [5], так и для терапии,

например, для определения наиболее эффективной дозы, времени и параметров облучения биологических систем.

Водный раствор тех или иных веществ можно представить как совокупность молекулярных модулей, кластеров. Большинство моделей, объясняющие структуры воды и ее свойства, базируются на наличии водородных связей, которые возникают в результате специфического распределения электронной плотности [6]. Наиболее обоснованной является модель клатратных гидратов [7, 8]. Однако количество различных молекул воды в клатратах или, в более общем случае, кластерах, в жидком состоянии есть функция времени с флуктуирующими параметрами.

Наличие примесей сильно изменяет структуру воды. Вокруг таких примесей создается гидратная оболочка, где молекулы воды упорядочены иначе, чем в чистом растворителе [9]. С другой стороны, наличие гидратированных примесей стабилизирует структурно-динамическое поведение молекул воды. Чтобы отличать такие структуры от структур чистого растворителя, вводится понятие «молекулярной ячейки» [10]. Изменения в структуре кластеров и молекулярной ячейке сопровождается флуктуациями энергии, в том числе и оптического диапазона.

В работах [11, 12, 13] были проведены исследования растворов NaCl и противомикробного антибиотика антрациклинового ряда доксорубицина после их облучения пространственно-неоднородным электромагнитным полем. Суть этих работ состояла в следующем. Через измерительную кювету с водным раствором пропускалось низкоинтенсивное шумовое оптическое излучение. Интенсивность света на выходе из ячейки измерялась при помощи фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) на хемилюминометре. При этом, вопреки ожиданиям, что интенсивность света, проходящего через раствор, будет уменьшаться из-за рассеивания и поглощения, было зафиксировано увеличение

интенсивности света до 2,5 раз. Также было зафиксировано изменение интенсивности света в зависимости от предобработки пространственно неоднородным электромагнитным полем исследуемых образцов. Коэффициент усиления света варьировался в пределах от 10% до 30%. Физический механизм проявления эффекта «сверхизлучения» водных растворов пока не понятен, рассматриваются теории о сверхизлучении Дике, флуоресценции, образования каустик и др. [14, 15, 16, 17]. Однако, в любом случае, экспериментальные данные свидетельствуют о кооперативных динамических свойствах водной системы. Нашу рабочую группу заинтересовал вопрос, можно ли эффект «сверхизлучения» использовать как критерий оценки влияния внешних электромагнитных факторов на биологические объекты. Устранить или учесть все факторы, способные повлиять на измерение сверхслабого оптического излучения при помощи ФЭУ, и этим строго обосновать экспериментальные данные не представлялось возможным. К этим факторам можно отнести солнечную активность, магнитные бури, атмосферное давление и температуру, инерционные свойства ФЭУ и т.д. Поэтому ставится задача прямым или косвенным образом, но при помощи физических измерений, подтверждения полученных данных.

Таким образом, целью данной работы является экспериментальная оценка изменения структурно-динамических свойств водных растворов под действием внешних физических факторов при помощи термолюминесценции щелочногалоидных кристаллов NaCl и KCl, полученных после дегидратации растворов.

1. Материалы и методы

1.1. Водные растворы

Для исследования были выбраны 1% водные растворы NaCl и KCl. Отметим, что NaCl и KCl являются антагонистами. Так, в процессе растворения NaCl происходит выделение тепла, KCl – поглощение. Считается, что на границах раздела сред раствор-воздух и раствор-стекло структурно-динамические свойства воды существенно более устойчивы и отличны, чем в объеме. В связи с этим, а так же для минимизации поверхностных натяжений на первичные процессы кристаллизации солей, в стеклянные чашки Петри наливали по 40 мл раствора. После пипетирования растворы облучались электромагнитным полем, высушивались, а полученные кристаллы изучались на термолюмино-

метре. Высушивание образцов, дегидратация, проводилось в нормальных комнатных условиях без крышки чашки Петри. Время дегидратации составляло 4-5 суток.

1.2. Электромагнитное облучение и группы образцов

В качестве внешнего физического фактора, воздействующего на растворы, было выбрано переменное и постоянное магнитное поле.

Переменное поле генерировалось от рамочной антенны эллиптической формы (10 x 5 см) с синусоидальным сигналом 40 МГц, интегральная мощность излучения порядка 75 Вт.

Поскольку ожидаемые эффекты облучения связываются с кооперативными макроскопическими явлениями в водной системе, то эта самосогласованность, синхронность, должна зависеть от пространственного распределения поля [18, 19, 20]. С целью моделирования пространственного распределения поля использовали несколько модификаций излучающих антенн:

- рамочная эллиптическая антенна с профилем в форме дуги круга (АДК), с радиусом кривизны 2 см [21];
- АДК с магнито-электропроводниками, встроенные в объемную часть АДК, условно обозначим его как АДК-М₅;
- АДК-М₅, на тыльной стороне которой располагался постоянный магнит (ПМ), условно обозначим его как АДК-М₅-ПМ [22].

Внешний вид матрицы с магнито-электропроводниками для АДК-М₅ и АДК-М₅-ПМ представлен на рис. 1. Характерный пространственный период магнито-электропроводников – 5 мм, толщина проводников 1,2 мм.

Излучающие антенны располагались на расстоянии 1,5 см от поверхности растворов. Таким образом, облучение происходило в ближней зоне излучения антенн. Следует отметить, что рамочные антенны часто называют магнитными. Однако, как показывают физические измерения, пренебрегать электрической составляющей поля нельзя. В связи с этим будем называть генерируемое поле электромагнитным.

Время электромагнитного облучения (ЭМО) образцов составляло 15 мин.

Другая группа образцов подвергалась облучению постоянным магнитным полем (ПМП) с интегральной магнитной индукцией 0,24 Тл. Пространственное распределение ПМП варьировали путем насадки на круглый магнит матрицы М₅ и магнитопроводящего конуса (рис. 1)

[23]. Таким образом, использовались следующие магнитные аппликаторы:

- круглый магнит M_0 ;
- конусный магнит M_Δ ;
- магнит с матрицей M_5 .

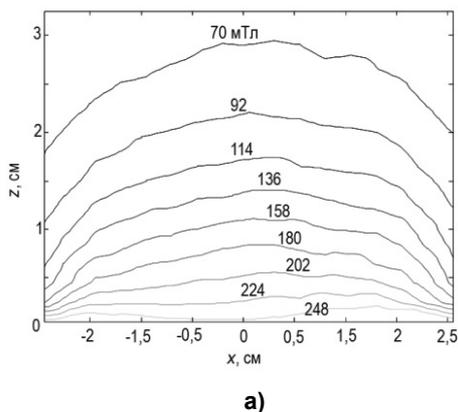
Облучение постоянным магнитным полем осуществляли в двух вариантах: в течение 15 мин, а так же до полного испарения воды.



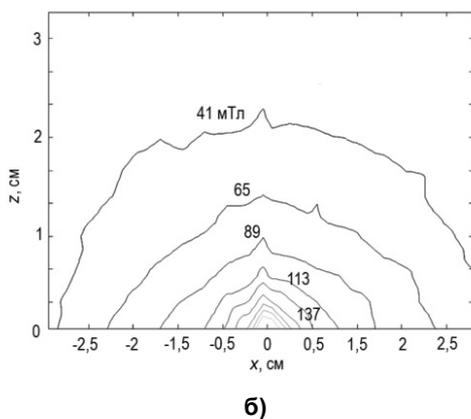
а) б) в)

Рис. 1. Магнитные аппликаторы: а) - круглый магнит M_0 ; б) – конусная насадка (M_Δ); в – матрица M_5

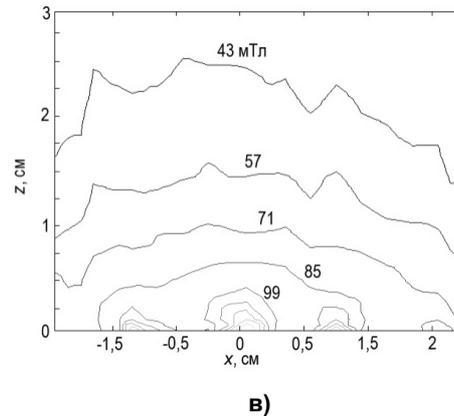
Результаты физических измерений пространственного распределения индукции магнитного поля от магнитных аппликаторов представлены на рис. 2.



а)



б)



в)

Рис. 2. Распределение постоянного магнитного поля магнитных аппликаторов в плоскости (xz), перпендикулярной плоскости магнита, вдоль главной оси: а) – M_0 ; б) – M_Δ ; в) – M_5

1.3. Группы образцов

В зависимости от метода облучения растворов исследовались следующие группы образцов:

- I. Контроль, без воздействия;
- II. Электромагнитное облучение 15 мин с АДК;
- III. Электромагнитное облучение 15 мин с АДК- M_5 ;
- IV. Электромагнитное облучение с постоянным магнитным полем 15 мин с АДК- M_5 -ПМ;
- V. Электромагнитное облучение с постоянным магнитным полем 15 мин с АДК- M_0 - ПМ;
- VI. Облучение постоянным магнитным полем с M_0 15 мин;
- VII. Облучение постоянным магнитным полем с M_5 15 мин облучение;
- VIII. Облучение постоянным магнитным полем с M_Δ 15 мин
- IX. Облучение постоянным магнитным полем с M_0 в течение всего времени дегидратации;
- X. Облучение постоянным магнитным полем с M_5 в течение всего времени дегидратации;
- XI. Облучение постоянным магнитным полем с M_Δ в течение всего времени дегидратации.

1.4. Термолюминесценция

После дегидратации растворов полученные кристаллы соли счищались с центральной части чашки Петри и взвешивались по 15 мг. Термолюминесценцию кристаллов производили на термолюминесцентном ридере («Fimel», Франция). Параметры сканирования: напряжение фотоэлектронного умножителя 850 В; скорость нагревания $6,0 \text{ }^\circ\text{C/s}$; продолжительность первого плато на температуре $140 \text{ }^\circ\text{C}$ состав-

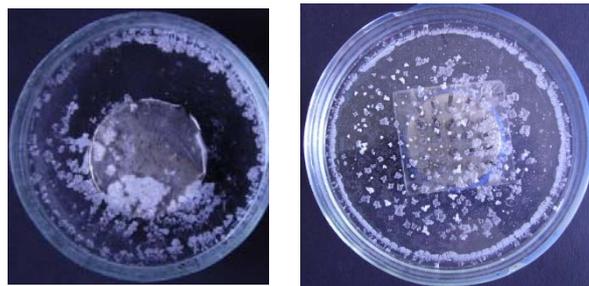
ляла 7,0 с; продолжительность второго плато на температуре 245 °С – 7 с. Анализ подвергалась интегральная сумма сигнала термолюминесценции.

2. Результаты

После полной дегидратации принципиальных отличий в макрокристаллической структуре солей NaCl и KCl обнаружено не было. Вероятно, это связано с относительно большим объемом пипетирования раствора в чашку Петри и дендритным ростом кристаллов в последние фазы дегидратации. Однако, обращает на себя внимание скопление кристаллов NaCl и KCl в областях максимального градиента постоянного магнитного поля в образцах, которые высушивались при постоянном действии поля в период всей дегидратации (рис. 2): наблюдалось скопление кристаллических структур по периферии круглого магнита (M_0), «точечное» или «дискретное» распределение для M_5 , концентрация кристаллов у вершины конусного магнита. Это подчеркивает факт наличия магнитоуправляемости ионов в соответствии законом Лоренца, а также то, что при достаточном времени экспозиции и напряженности постоянного магнитного поля при воздействии на биологические ткани или раствор может происходить пространственное перераспределение концентрации заряженных и, тем более, магнитных частиц.

Результаты термолюминесценции образцов представлены в табл. 1 и 2. Интенсивность термовысвечивания оценивалась по отношению к контрольным образцам (I группы).

Анализ данных в табл. 1 показывает, что, несмотря на некоторое различие изменения термовысвечивания кристаллов NaCl и KCl в зависимости от предобработки, они достаточно хорошо коррелируют между собой (коэффициент корреляции более 0,9).



а)

б)

Рис. 3. Макрокристаллическая структура KCl под действием постоянного магнитного поля: а) – круглым магнитом M_0 ; б) – с матрицей M_5

Максимальная интенсивность термолюминесценции наблюдалась в образцах, облученных АДК- M_5 (III группа), минимальная – постоянным магнитным полем в течение 15 минут (VI-VIII группах). В целом можно сделать заключение, что чем более выражена пространственная неоднородность внешнего поля, тем больше наблюдается интенсивность термовысвечивания. Так же следует обратить внимание, что время воздействия внешнего фактора на растворы образцов II-VIII групп составляло 15 мин, что существенно меньше времени дегидратации растворов (4-5 дней) и начала зародышеобразования кристаллической фазы. Это свидетельствует, что структурно динамические свойства водной системы при отсутствии каких-либо других интенсивных физических воздействий сохраняются длительное время, т.е. об эффе́кте памяти.

Таблица 1. Изменение относительной светосуммы термолюминесценции кристаллов соли после предобработки растворов электромагнитным полем в течение 15 мин

Соль	Номер группы			
	К	АДК	АДК- M_5	АДК- M_5 -ПМ
	I	II	III	IV
NaCl	1,00±0,06	1,07±0,04	1,89±0,10*	0,97±0,09
KCl	1,00±0,05	н/д	2,00±0,12*	1,15±0,05*
	Номер группы			
	АДК- M_0 -ПМ	M_0 -ПМ	M_5 -ПМ	M_Δ -ПМ
	V	VI	VII	VIII
NaCl	1,13±0,11*	0,62±0,08*	0,83±0,05*	0,62±0,12*
KCl	0,76±0,07*	0,50±0,09*	0,58±0,06*	0,40±0,09*

Примечание: * – статистически значимая разница по отношению к I-й группе ($p < 0,05$).

Таблица 2. Изменение относительной светосуммы термолюминесценции кристаллов соли после обработки растворов постоянным магнитным полем в течение всего времени дегидратации раствора

Соль	Номер группы			
	К	М0- ПМ	М5-ПМ	МΔ-ПМ
	I	IX	X	XI
KCl*	1,00±0,05	0,87±0,06*	1,36±0,12*	0,55±0,10*

Примечание: * – статистически значимая разница по отношению к I-й группе ($p < 0,05$).

** – Кристаллы NaCl не исследовались.

Данные термолюминесценции кристаллов KCl, полученные под действием постоянного магнитного поля в течение всего периода высушивания, показывают достоверное увеличение термовысвечивания для М5 по сравнению с контрольными образцами. Для образцов под действием M_0 и M_Δ характерно увеличение дисперсии интегральной термолюминесценции по отношению к контролю. Вероятно, это связано с незначительным количеством соли в проекции центра конуса и относительно монотонным градиентом круглого магнита.

После первичного отжига и повторения процедуры термовозбуждения кристаллов интенсивность люминесценции резко падает, однако в относительных единицах по отношению к контролю закономерности качественно сохраняются.

Объяснить полученные данные можно следующим образом. Минимальная интенсивность термолюминесценции должна наблюдаться при минимальном количестве дефектов в кристаллических структурах солей, центров окраски [24]. Условием для «правильного» роста кристалла является идеальная перемешиваемость среды и возможность встраиваться ионам в наиболее выгодное с точки зрения энергии вакантное место растущего кристалла. Однако, повышенная степень гидратации ионов, структурно-динамические кластерные свойства растворителя и наличие внешних сил могут препятствовать свободному перемещению растворенных ионов [25, 26]. Это приводит к тому, что в кристаллической структуре NaCl и KCl образуются те или иные дефекты [27], напряженные связи, центры окраски, а интенсивность термолюминесценции возрастает. Управляя интенсивностью перемешивания раствора и задавая направление, можно управлять ростом кристалла, как это показано в [28, 29].

Таким образом, можно утверждать, что пространственно-неоднородное электромагнитное поле радиочастотного диапазона по сравнению с относительно однородными полями увеличивает степень гидратации ионов и стабилизирует

структурно-динамические свойства водной среды.

Выводы

- Изменение термовысвечивания кристаллов соли, полученных после дегидратации водных растворов, облученных электромагнитным полем, позволяет на интегральном уровне судить о степени гидратации ионов. При повышении гидратации растворенных ионов следует ожидать увеличения интенсивности термовысвечивания кристаллов, при понижении гидратации – уменьшения увеличения интенсивности термовысвечивания. В рамках представленных экспериментальных данных термовысвечивание кристаллов NaCl и KCl изменялось по отношению к группе контроля до 2 раз.
- Пространственно-неоднородное электромагнитное поле радиочастотного диапазона по сравнению с относительно однородными полями увеличивает степень гидратации ионов и стабилизирует структурно-динамические свойства водной среды.
- Достоверное различие термовысвечивания кристаллов NaCl и KCl, полученных дегидратацией растворов в течение 4-5 дней, по отношению к контрольным образцам свидетельствуют об эффектах памяти растворов предварительно облученных в течение 15 мин.

Список использованных источников

1. Бинги В.Н., Савин А.В. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы / В.Н. Бинги, А.В. Савин // Успехи физических наук. – 2003. – Т. 173, № 3. – С. 265–300.
2. Чуян Е.Н. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты на процессы микроциркуляции / Е.Н. Чуян, Н.С. Трибрат // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2008. – Т. 21, № 1. – С. 156–166.

3. Шван Х.П. Воздействие высокочастотных полей на биологические системы: электрические свойства и биофизические механизмы / Х.П. Шван, К.Р. Фостер // ТИИЭР. – 1980. – Т. 68, № 1. – С. 121–132.
4. Воздействие высокочастотных полей различной физической природы на биологические микро- и наносистемы: динамика молекулярно-электронных структур в кластерах живой материи, фрактальные характеристики поверхностей взаимодействия / В.С. Ловейкин, Ю.В. Човнюк, О.Ю. Костына, А.В. Яворская // Вестник ХНАДУ. – 2010. – № 51. – С. 113–118.
5. Лошицкий П.П. Дослідження концентраційних залежностей водних розчинів / П.П. Лошицкий, Д.Ю. Минзяк // Медична інформатика та інженерія. – 2011. – № 2. – С. 29–34.
6. Лобода О. А. Ab initio расчеты образования кластеров воды. Вибрационный анализ и изотопный эффект / О. А. Лобода, В. В. Гончарук // Химия и технология воды. – 2009. – Т. 31, № 2. – С. 173–189.
7. Глинка Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка. – Л.: Химия, 1983. – 704 с.
8. Дядин Ю.А. Супрамолекулярная химия: клатратные соединения / Ю.А. Дядин // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 2. – С. 79–88.
9. Глебов А.Н. Структурно-динамические свойства водных растворов электролитов / А.Н. Глебов, А.Р. Буданов. // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 9. – С. 72–78.
10. Галль Л.Н. Механизм межмолекулярной передачи энергии и восприятия сверхслабых воздействий химическими и биологическими системами / Л.Н. Галль, Н.Р. Галль // Биофизика. – 2009. – Т. 54, №3. – С. 563–574.
11. Николов Н.А. Изменение спонтанной люминесценции водных растворов под действием радиочастотного электромагнитного облучения / Н.А. Николов // Электроника и связь. – 2011. – № 5-6. – С. 18–24.
12. Nikolov N.A. Change in aqueous solutions' superradiance as a result of their interaction with spatially-heterogeneous electromagnetic field / N.A. Nikolov, A.G. Solyar // Electronics and nanotechnology. Proceedings of the XXXII international scientific Conference ELNANO 2012. – Kiev, Ukraine, pp. 144–145, April 10–12, 2012.
13. Nikolov N.A. Experimental investigation of aqueous solutions of superradiance / N.A. Nikolov, A.G. Solyar, O.Yu. Yaroshenko // Electronics and nanotechnology. Proceedings of the XXXIII international scientific Conference ELNANO 2013. – Kiev, Ukraine, pp. 273–275, April 16–19, 2013.
14. Dicke R.H. Coherence in spontaneous radiation processes / R.H. Dicke // Physical Review. 1954. – V. 93, No. 1. – P. 99–110.
15. Андреев А.В. Коллективное спонтанное излучение (сверхизлучение Дике) / А.В. Андреев, В.И. Емельянов, Ю.А. Ильинский // Успехи физических наук. – 1980. – Т. 131, № 4. – С. 653–694.
16. Witthaut D. Stochastic resonance driven by quantum shot noise in superradiant Raman scattering / D. Witthaut // J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. – 2012. – V. 45, No. 22. – P. 225501.
17. Шепелев А.В. Возможно ли увеличение яркости излучения в неинверсной среде? / А.В. Шепелев // Успехи физических наук. – 1999. – Т. 169, № 2. – С. 213–215.
18. Романовский Ю.М. Математическое моделирование в биофизике / Ю.М. Романовский, Н.В. Степанова, Д.С. Чернавский. – М.: Наука, 1975. – 344 с.
19. Блехман И.И. Синхронизация в природе и технике. – М.: Наука, 1981. – 352.
20. Афраймович В.С., Некоркин В.И., Осипов Г.В., Шалфеев В.Д. Устойчивость, структуры и хаос в сетях синхронизации. – Горький: ИПФ АН СССР, 1989. – 256 с.
21. Apparatus for Short-Wave Inductothermy Magnetotherm / N.A. Nikolov, V.E. Orel, I.I. Smolanka [et al.] // IFMBE Proceedings. – 2008. – V. 20. – P. 294–298.
22. Magnetic Nanotherapeutics of Guerin Carcinoma / V.E. Orel, N.A. Nikolov, A.Y. Rykhalskiy [et al.] // Proceedings of the IEEE XXXIII International Scientific Conference “Electronics and Nanotechnology” (ELNANO-2013), Kiev, Ukraine. pp. 241–245, April 16–19, 2013.
23. Antitumor effect of magnetic nanocomplex initiated by inhomogeneous constant magnetic field and alternating electromagnetic field on carcinosarcoma Walker 256 / V.E. Orel, N.A. Nikolov, A.V. Romanov [et al.] // Proceedings of the XXXII international scientific Conference “Electronics and nanotechnology” (ELNANO-2012), Kiev, Ukraine, pp. 164–165, April 10–12, 2012.
24. Центры окраски в щелочногалоидных кристаллах. Сборник статей / Перевод А.С. Хейнман, К.Б. Толпыго. – М.: «Иностранная литература», 1958. – 341 с.

25. Мирзаде Ф.Х. Самоорганизация пространственно-неоднородных структур при объемной кристаллизации полидисперсных систем / Ф.Х. Мирзаде // Журнал технической физики. – 2006. – Т. 76, № 9. – С. 74–80.
26. Трасевич Ю.Ю., Аюпова А.К. Влияние диффузии на разделение компонентов биологической жидкости при клиновидной дегидратации / Ю.Ю.Трасевич, А.К. Аюпова // Журнал технической физики. – 2003. – Т.73, № 5. – С. 13–18.
27. Изменение периода решетки и состава кристаллов KCl и KBr при макрогравитации / В.Н. Гурин, С.П. Никаноров, М.М. Корсукова [и др.] // Физика твердого тела. – 1997. – Т. 39, № 10. – С. 1792–1793.
28. Кох А.Е. Управление тепловым полем и процессом конвекции при выращивании кристаллов / А.Е. Кох, Н.Г. Кононова, П.В. Мокрушников // Тр. 4-й Междунар. Конф. «Кристаллы: рост, свойства, реальная структура, применение», Александров, 1999. С. 234–256.
29. BBO crystal growth in static and rotating heat fields of variable symmetry / A.E. Kokh, N.G. Kononova, V.N. Popov, P.W. Mokruchnikov // Proceedings of SPIE. – 2001. –V. 4268. – P. 161–166.

Поступила в редакцию 21 октября 2014 г.

УДК 53.043

М.О. Ніколов,^{1,2} канд.техн.наук, **О.Г. Соляр**²

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», вул. Політехнічна, 16, корпус 12, м. Київ, 03056, Україна.

² Державний університет телекомунікації, вул. Солом'янська, 7, м. Київ, 03680, Україна.

Дія просторово-неоднорідного постійного та змінного магнітного поля на водні розчини NaCl і KCl за даними термолюмінесценції кристалів

Розроблено методику оцінки дії низькоінтенсивних електромагнітних полів, зокрема дії постійного магнітного і радіочастотного електромагнітного поля на водні розчини солей. Методика базується на дегідратації водного розчину, отримання кристалів солі і подальшої термолюмінесценції кристалів. Показано, що в залежності від просторового розподілу зовнішнього поля змінюється інтенсивність термовисвічення кристалічних структур NaCl і KCl до 2 разів у порівнянні з інтактними зразками. Також показаний ефект пам'яті водних розчинів, що характеризується зміною термолюмінесценцією кристалів солі, не дивлячись на те, що час впливу на водний розчин суттєво менше часу дегідратації. Бібл. 29, рис. 3, табл. 2.

Ключові слова: електромагнітне поле, магнітне поле, просторово-неоднорідне поле, вода, KCl, NaCl.

UDC 53.043

N.A. Nikolov,^{1,2} **A.G. Solyar**²

¹ National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute", str. Polytechnaia, 16, housing 12, Kiev, 03056, Ukraine.

² The State University of Telecommunications, vul. Solomiaians'ka, 7, Kiev, 03680, Ukraine.

Influence spatially inhomogeneous DC and AC magnetic field on aqueous solutions of NaCl and KCl to data of thermoluminescence of crystals

Method has been developed for estimation of influence of low-intensity electromagnetic fields, in particular permanent magnetic and radio-frequency electromagnetic field on aqueous solutions of salts. The method is based on dehydration of aqueous solution, to obtain crystals of salt and followed thermoluminescence of crystals. It is shown that depending on the spatial distribution of the external field changes the intensity of thermoluminescence of crystal structures of NaCl and KCl up to 2 times as compared with intact samples. Also shows the memory effect of aqueous solutions, Also shows the memory effect of aqueous solutions which is characterized by changes in thermoluminescence salt crystals, despite the fact that the time of impact on water solution significantly less time dehydration. Reference 29, figures 3, tables 2.

Keywords: *electromagnetic field, magnetic field, a spatially inhomogeneous field, water, KCl, NaCl.*

Reference

1. *Binhi V.N., Savin A.V.* (2003), "The effects of weak magnetic fields on biological systems: physical aspects", *Physics-Uspekhi (Advances in Physical Sciences)*, vol. 173, no. 3, pp. 256-300.
2. *Chujan E.N.* (2008), "Effect of low-intensity electromagnetic radiation of extremely high frequency on the microcirculation", *Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo*, vol. 21, no. 1, pp. 156–166. (Rus)
3. *Shvan H.P.* (1980), "Exposure to RF fields on biological systems: the electrical properties of the biophysical mechanisms", *TIIJER*, vol. 68, no. 1, pp. 121–132. (Rus)
4. *Lovejkin V.S., Chovnjuk Ju.V., Kostyna O.Ju., Javorskaja A.V.* (2010), "Exposure to RF fields of different physical nature on biological micro- and nanosystems: molecular dynamics of the electronic structures of clusters of living matter, the fractal characteristics of surface interaction", *Vestnik HNADU*, no. 51, pp. 113–118. (Rus)
5. *Loshic'kij P.P., Minzyk D.* (2011), "The study of the concentration dependence of aqueous solutions", *Medichna informatika ta inzhenerija*, no. 2, pp. 29–34. (Rus)
6. *Loboda O. A., V. V. Goncharuk* (2009), "AB INITIO calculations of the formation of water clusters. vibration analysis and isotope effect", *Chemistry and Technology of Water*, vol. 31, no. 2, pp. 173-189. (Rus).
7. *Glinka N.L.* (1983), "General Chemistry", Leningrad: "Chemistry", P. 704. (Rus)
8. *Dyadin Y.* (1988), "Supramolecular chemistry: clathrate compounds", *Soros Educational Journal*, no. 2 pp. 79-88.(Rus).
9. *Glebov A.N.* (1996), "Structural and dynamical properties of aqueous solutions of electrolytes", *Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal*, no. 9, pp. 72-78. (Rus)
10. *Gall L. N., Gall N. R.* (2009), "Intermolecular energy transfer mechanism and the perception of ultra-weak interactions of chemical and biological systems", *Biophysics*, vol. 54, no. 3. pp. 563 – 574. (Rus)
11. *Nikolov N.A.* (2011), "The change of the spontaneous luminescence of aqueous solutions under the influence of radio frequency electromagnetic radiation", *Electronics and Communications*, no. 5-6, pp. 18-24. (Rus)
12. *Nikolov N.A., Solyar A.G.* (2012), "Change in aqueous solutions' superradiance as a result of their interaction with spatially-heterogeneous electromagnetic field", *Electronics and nanotechnology. Proceedings of the XXXII international scientific Conference ELNANO 2012, Kiev, Ukraine*, pp. 144-145, April 10-12.
13. *Nikolov N.A., Solyar A.G., Yaroshenko O.Yu.* (2013), "Experimental investigation of aqueous solutions of superradiance", *Electronics and nanotechnology. Proceedings of the XXXIII international scientific Conference ELNANO 2013, Kiev, Ukraine*, pp. 273-275, April 16-19.
14. *Dicke R. H.* (1954), "Coherence in spontaneous radiation processes", *Physical Review*, vol. 93, no. 1, pp. 99-110.
15. *A.V. Andreev, V.I. Emel'yanov, Yu.A. Il'inskii.* (1980), "Collective spontaneous emission (Dicke superradiance)", *Sov. Phys. Usp.*, vol. 23, pp. 493–514. (Rus)
16. *Witthaut D.* (2012), "Stochastic resonance driven by quantum shot noise in superradiant Raman scattering", *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.*, vol. 45, no. 22, P. 225501.
17. *A. V. Shepelyov.* (1999), "Perhaps the radiance increase in noninverted medium", *Physics-Uspekhi*. vol. 169, № 2, pp. 213-215. (Rus)

18. *Romanovsky Y.M.* (1975), "Mathematical modeling in biophysics". Moscow, Nauka, P. 344. (Rus)
19. *Blechman I.I.* (1981), "Sync prorde and Technology". Moscow, "Nauka", P. 352. (Rus).
20. *Afraimovich V.S., Nekorkin V.I, Osipov G.V.*, (1989), "Structure and chaos in synchronization networks". Bitter: IPF AN SSSR, P.256. (Rus)
21. *Nikolov N.A., Orel V.E., Smolanka I.I.* (2008), "Apparatus for Short-Wave Inductothermy Magneto-therm", IFMBE Proceedings, vol. 20, pp. 294 - 298.
22. *Orel V.E., Nikolov N.A., Rykhalskiy A.Y.* (2013), "Magnetic Nanotherapeutics of Guerin Carcinoma", Proceedings of the IEEE XXXIII International Scientific Conference "Electronics and Nanotechnology" (ELNANO-2013), Kiev, Ukraine. pp. 241–245, April 16-19.
23. *Orel V.E., Nikolov N.A., Romanov A.V. et al.* (2012), "Antitumor effect of magnetic nanocomplex initiated by inhomogeneous constant magnetic field and alternating electromagnetic field on carcinosarcoma Walker 256", Electronics and nanotechnology. Proceedings of the XXXII international scientific Conference ELNANO 2012, Kiev, Ukraine, pp. 164-165, April 10-12.
24. "Colour centers in alkali halide crystals. Collection of articles", Translated A.S. Heynman, K.B. Tolpygo. Moscow: "Foreign Literature", 341 p., 1958 (Rus).
25. *Mirzade F.H.* (2006), "Self-organization of spatially inhomogeneous structures in bulk crystallization of polydisperse systems", Zhurnal tehnichekoj fiziki, vol. 76, no. 9, pp. 74 -80. (Rus)
26. *Trasevich Ju.Ju., Ajupova A.K.* (2003), "The effect of diffusion on the separation of the components of biological fluid with wedge dehydration", Zhurnal tehnichekoj fiziki, vol.73, no. 5. pp. 13-18. (Rus)
27. *Gurin V.N., Nikanorov S.P., Korsukova M.M.* (1997), "The change of the lattice period and composition of crystals KCl and KBr at microgravity", Fizika tverdogo tela, vol. 39, no. 10. pp. 1792-1793.(Rus)
28. *Koch A.E., Kononov N.G., Mokrushnikov P.V.* (1999), "Manage thermal field and convection process for growing crystals", Proc. 4th Intern. Conf. "Crystals: growth, properties, real structure", Alexandrov, pp. 234-256. (Rus).
29. *Kokh A.E. Kononova N.G., Popov V.N., Mokruchnikov P.W.* (2001), "BBO crystal growth in static and rotating heat fields of variable symmetry", Proceedings of SPIE, vol. 4268, pp. 161-166.