

К. Г. Коротков, Д. В. Орлов, Е. Н. Величко

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА РАЗЛИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Приведены результаты применения компьютерной программно-аппаратной системы для оценки свойств жидкостей, основанной на измерении и компьютерной обработке стимулированной электромагнитным полем электрофотонной эмиссии с поверхности жидкости, на базе хорошо известного метода газоразрядной визуализации.

*Ключевые слова:* структура воды, газоразрядная визуализация, анализ крови.

**Введение.** В последние годы большое внимание уделяется изучению структурных свойств воды и возможности наделения воды информацией. Имеется достаточно много противоречивой информации о „памяти воды“ [1]. Согласно одной из квантово-механических моделей, наблюдаемые экспериментально явления обусловлены процессами формирования кластеров и клатратов преимущественно на атомах примесей [2]. Для введения этих понятий в контекст современного научного мышления прежде всего необходим набор доказательных и воспроизводимых экспериментальных фактов. Вода — сложный объект исследований, ее свойства зависят от большого числа факторов, поэтому необходимо параллельно использовать несколько независимых методик, а также требуется разрабатывать новые информативные методы исследования свойств воды.

Экспериментальные данные, полученные группой ученых под руководством А. Нильсона, ведущего специалиста Стенфордского центра синхротронного излучения (Stanford Synchrotron Radiation Lightsource), позволили сделать важный шаг в направлении разгадки 66 уникальных свойств воды благодаря новейшим методам изучения строения жидкостей с использованием мощного рентгеновского излучения, получаемого с помощью больших ускорителей элементарных частиц — синхротронов.

Ученые выяснили, что молекулы воды одновременно формируют не один, а два типа структур, сосуществующих вне зависимости от температуры. Один тип представляет собой формирования примерно по 100 молекул и напоминает структуру льда. Структура второго типа жидкости гораздо менее упорядочена. Увеличение температуры вплоть до точки кипения воды приводит к некоторому искажению структуры молекулярных формирований, уменьшению их количества и доминированию разупорядоченной структуры [3].

Разработанная на кафедре ПКС СПбГУ ИТМО для исследования психофизиологического состояния человека компьютерная система газоразрядной визуализации (ГРВ) используется также и для исследования жидкостей. Информативность метода ГРВ для исследования жидкофазных объектов была продемонстрирована при изучении свечения микробиологических культур [4], сравнительном исследовании крови здоровых людей и онкологических больных [5], изучении реакции крови на аллергены [6], гомеопатических препаратов 30С потенции [7], сверхмалых концентраций различных солей [8, 9]. Представляют интерес работы по выявлению различий в свечении натуральных и синтетических эфирных масел, имеющих одинаковый химический состав [10].

**Технология.** Исследования ГРВ-параметров жидкостей проводятся с использованием прибора „ГРВ Камера“, серийно выпускаемого фирмой КТИ, Санкт-Петербург (<www.ktispb.ru>). Данный прибор достаточно широко применяется в различных областях: для экспресс-анализа состояния здоровья человека [11], при исследованиях уровня соревновательной готовности спортсменов [12], измененных состояний сознания [13, 14], влияния музыки на состояние человека [15], а также при исследовании геоактивных зон [16] и минералов [17].

Исследуемая по методу ГРВ жидкость помещается в модифицированный инсулиновый шприц, и мениск жидкости (1) (объем —  $\approx 5 \cdot 10^{-3}$  мл) располагается на расстоянии 2—3 мм от электрода 2 (рис. 1). Температура поддерживается в диапазоне 22,5—23,5 °С, а относительная влажность — 42—44 %. На прозрачное токопроводящее покрытие, нанесенное на обратную сторону кварцевого электрода, генератором 3 подаются импульсы напряжения длительностью 10 мкс, амплитудой 3 кВ с частотой 10<sup>3</sup> Гц. При высокой напряженности поля с поверхности жидкости происходит эмиссия электронов и фотонов (в видимом и ультрафиолетовом диапазонах спектра), что приводит к развитию лавинного и/или скользящего газового разряда, параметры которого определяются свойствами жидкости и газовой среды. Свечение разряда с помощью оптической системы 4 и ПЗС-матрицы преобразуется в видеосигналы, которые после обработки записываются в виде одиночных кадров (BMP-файлов) или в виде динамических изображений (AVI-файлов).

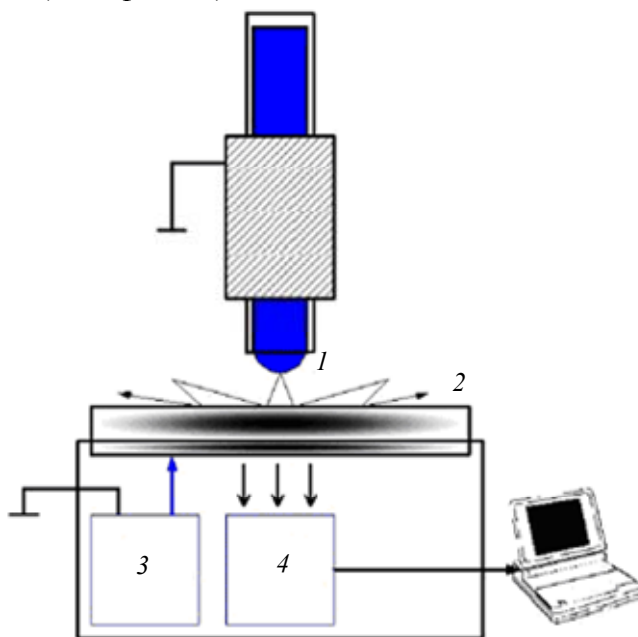


Рис. 1

При компьютерной обработке AVI-файл разбивается на серию BMP-файлов, которые затем обрабатываются с помощью специализированного программного обеспечения, и рассчитываются параметры ГРВ-изображений: площадь (число пикселей), средняя интенсивность

(измеряется в относительных единицах от нуля — для абсолютно черного и до 255 — для абсолютно белого), коэффициент формы,  $L^2/S$ , где  $L$  — длина наружного контура,  $S$  — площадь ГРВ-изображения. Примеры свечения различных жидкостей приведены на рис. 2 (1 — дистиллированная; 2 — водопроводная; 3 — структурированная вода).

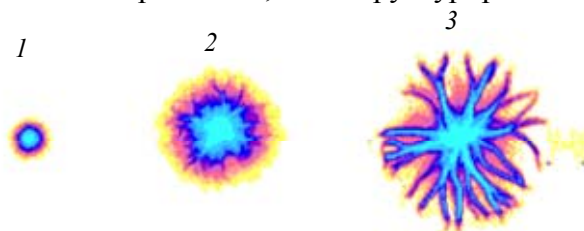


Рис. 2

Данный метод очень чувствителен к состоянию воды и жидкостей. Вследствие разряда происходит постепенное испарение жидкости и диспергирование микрокапель по поверхности прозрачного электрода, что приводит к изменению объема капли, поэтому максимальное время непрерывной съемки одной капли — 32 с. При частоте записи 5 кадров в секунду, за 32 с можно получить 160 BMP-файлов, этого достаточно для проведения статистической обработки полученных данных.

**Результаты.** Исследования воды необходимо проводить в строго контролируемых условиях, так как вода изменяет свои свойства в процессе взаимодействия с воздухом и светом [18]. В качестве примера приведем динамику изменения площади свечения капли двух образцов воды сразу после открытия герметично закрытой бутылки и 4 ч спустя. Бутылки с питьевой водой были открыты одновременно и находились при одинаковых условиях (23 °С, 46 % относительной влажности).

Как видно из рис. 3, сразу после разгерметизации бутылки свечение воды отличается большой вариабельностью, и происходит существенный рост параметра с двумя выраженными фазами: первые 30—40 секунд и далее — до двух минут; через две минуты результаты стабилизируются (1, 2). Для образцов воды, простоявших 4 часа, наблюдается подъем в первые 40 с, однако далее параметры стабильны (3, 4). Такое же поведение характерно для дистиллированной воды с раствором соли (5), однако амплитуда свечения в этом случае существенно меньше.

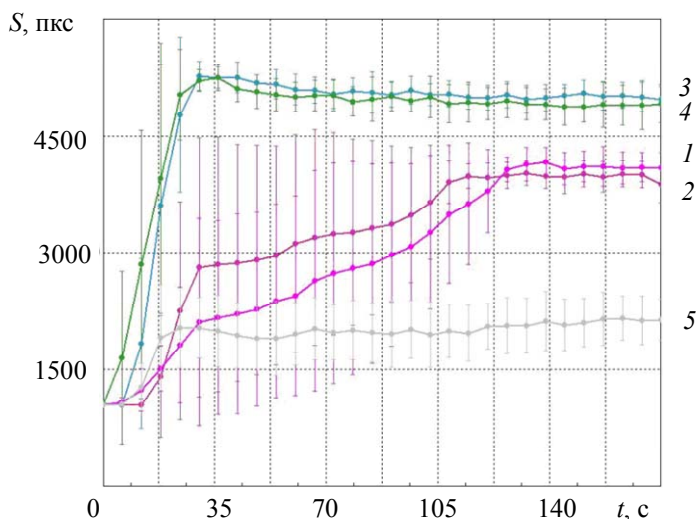


Рис. 3

Монотонное увеличение площади в первые секунды происходит благодаря накоплению на поверхности прозрачного электрода положительного электрического заряда в месте прохождения газового разряда. Как было показано посредством компьютерного моделирования [19], электрическое поле, формируемое положительными ионами, приводит к снижению при-

кладываемого электромагнитного поля, что приводит к уменьшению длины стримеров газового разряда при каждом последующем импульсе. Спустя некоторое время, когда устанавливается динамическое равновесие между скоростью образования положительных зарядов, их нейтрализации и растекания по поверхности, длина стримеров становится квазипостоянной.

Чувствительность метода ГРВ позволяет изучать реакцию воды на различные воздействия. Например, можно зафиксировать статистически значимые различия в площади свечения при сравнении исходной воды и воды, подвергшейся воздействию переменного магнитного поля или акустических волн. В качестве примера можно привести исследование влияния на воду эффектов формы, в частности, религиозных сооружений. Во время экспедиций на Русский Север, в Мексику, Перу, Венесуэлу авторы провели серию экспериментов, в ходе которых образцы воды помещались на территории исследуемого объекта на несколько часов, после чего во многих случаях было обнаружено статистически значимое различие параметров ГРВ-изображений исследуемых образцов по сравнению с контрольными.

Во время подобных экспериментов было установлено, что результат сильно зависит от времени нахождения воды в зоне воздействия объекта. В 2009 г. был проведен длительный эксперимент. Два литра фильтрованной водопроводной воды отстаивались в стеклянном сосуде в течение нескольких часов, после чего воду перелили в два стерильных стеклянных сосуда таким образом, чтобы в них не оставалось воздуха, оба сосуда были герметично закупорены. Один был помещен под непрозрачную пирамиду, сориентированную по сторонам света, второй — поставлен на расстоянии 0,5 м от пирамиды и накрыт светонепроницаемой тканью. По прошествии трех месяцев сосуды были откупорены. Каждая серия, состоявшая из восьми образцов, снималась в динамическом режиме на протяжении 25 с с частотой записи 5 кадров в секунду. Пример обработки результатов приведен в таблице, здесь  $T$  — параметр Манна—Уитни, представляющий собой сумму рангов [18].

**Результаты обработки данных статистическим методом Манна—Уитни**

Образец			
помещенный в пирамиду		контрольный	
$S$ , пкс	Ранг	$S$ , пкс	Ранг
1460	8	1533	10,5
1157	3	1533	10,5
1259	4	1545	12
1404	7	1518	9
1141	2	1578	14
1119	1	1546	13
1309	5	1641	16
1340	6	1639	15
$T = 36$		$T = 100$	

Из приведенных расчетов видно, что в соответствии с методом Манна—Уитни с вероятностью 99 % исследуемые выборки имеют статистически значимые различия. Также с вероятностью 99 % имеют значимые различия выборки СКО площади ГРВ-грамм, а выборки средней интенсивности имеют различия с вероятностью 95 %. Естественно, полученные данные являются предварительными и требуют дальнейших исследований.

Разработанные технологии применялись и при исследовании крови, в нескольких независимых экспериментах были получены интересные результаты.

В работе [5] исследовались образцы плазмы крови, взятые у онкологических больных, условно здоровых людей и испытуемых с доброкачественными опухолями. На пластиковые пластинки помещалось 200 мкл раствора плазмы крови в дистиллированной воде (milli-Q Reagent Water System). Образцы были исследованы как непосредственно после забора

материала, так и после заморозки и разморозки. Двукратное разведение было проведено 10 раз, что позволило получить серию образцов с концентрацией белков от 75 до 15 мг/мл. В ряде случаев разведения [6, 7] продолжались до достижения концентрации 0,15 мг/мл.

Было обнаружено, что параметры ГРВ-изображений плазмы крови здоровых людей значительно отличаются от параметров онкологических пациентов, для всех исследованных образцов параметры были существенно выше у онкологических больных. У людей с доброкачественными опухолями значения находились в середине интервала между показателями указанных групп. Разница в значениях параметров сохранялась при разведениях. Эти различия сохранились даже после последовательной заморозки и разморозки образцов. Полученные результаты статистически значимы и воспроизводимы. Примечательно, что разница между значениями увеличивалась после разведения и сукуссии по сравнению с исходной плазмой.

Как отмечают авторы, обнаруженные в газоразрядном свечении различия нормальной и патологической плазмы крови не могут быть объяснены изменениями биохимии крови (гиперкоагуляция и низкое значение рН) вследствие онкологических заболеваний. Различия между образцами оставались заметными до степени разведения 1/1024 исходной плазмы. Понять описанные эффекты практически невозможно без принятия во внимание надмолекулярных образований в водных средах организма, аналогичных кластерным системам, отмеченным выше.

Оригинальный подход к неинвазивной диагностике аллергии по образцам крови с применением метода ГРВ был разработан Свиридовым и др. [6]. Пример динамических кривых различных образцов крови (1 — исходный, 2 — с аллергеном) приведен на рис. 4. В итоге сравнительного исследования результатов, полученных с помощью ГРВ-графии и общепризнанных иммунологических методов, выявлена достаточно высокая частота совпадения результатов — в 81 % случаев. Представленные материалы позволяют заключить, что метод ГРВ дает возможность выявлять специфическую реакцию антител с комплементарным к ним антигеном — агглютинацию. В основе подхода лежит регистрация динамики показателей газоразрядного свечения во времени — от момента соединения (смешивания) специфических компонентов (антигена и антитела к нему) к моменту завершения их взаимодействия и образования так называемых иммунных комплексов. В результате такого взаимодействия происходит изменение восьми физико-химических характеристик исследованного материала и как следствие — ГРВ-грамм.

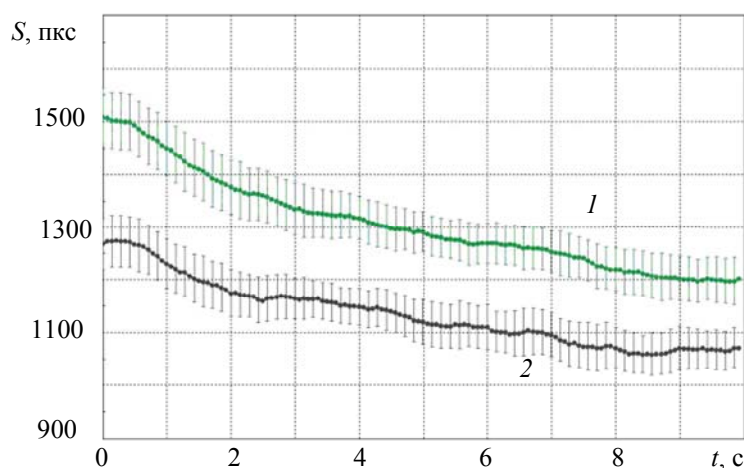


Рис. 4

**Заключение.** Полученные данные подтверждают, что компьютерная система анализа электрофотонной эмиссии методом ГРВ обладает высокой чувствительностью и селективностью при исследовании жидкофазных объектов, в частности, различных видов воды. Важным

результатом является обнаружение зависимости ГРВ-параметров от структурных характеристик жидкости. Параметры ГРВ-изображения определяются активностью эмиссии приповерхностного слоя жидкости, которая зависит от наличия поверхностно-активных валентностей. Это свойство определяется структурой приповерхностных кластеров, следовательно, ГРВ-метод является одним из информативных для исследования структурно-информационных свойств жидкостей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Johansson B.* Effects of Functional Water on Heart Rate, Heart Rate Variability, and Salivary Immunoglobulin A in Healthy Humans: A Pilot Study // *J. Altern. Complement. Med.* 2009. Vol. 15. P. 871—877.
2. *Del Giudice E., Vitiello G.* Role of the electromagnetic field in the formation of domains in the process of symmetry-breaking phase transition // *Phys. Rev. A.* 2006. Vol. 74. P. 1—9.
3. *Huanga C., Wikfeldtb K. T., Tokushimac T., Nilsson A.* The inhomogeneous structure of water at ambient conditions // *Proc. of the National Academy of Sci.* 2009. Vol. 106. P. 15 214—15 218.
4. *Гудакова Г. З., Галынкин В. А., Коротков К. Г.* Исследование фаз роста культур грибов рода CANDIDA методом газоразрядной визуализации (эффект Кирлиан) // *Микология и фитопатология.* 1990. Т. 24, № 2. С. 174—179.
5. *Коротков К. Г., Гурвиц Б. Я., Крылов Б. А.* Новый концептуальный подход к ранней диагностике рака // *Сознание и физ. реальность.* 1998. Т. 3, № 1. С. 51—58.
6. *Степанов А. В., Свиридов Л. П., Ахметели Г. Г.* и др. Метод этиологической диагностики аллергии путем анализа параметров стимулированного свечения крови // *Биотехносфера.* 2009. Т. 3, № 3. С. 44—47.
7. *Bell I., Lewis D. A., Brooks A. J.* et al. Gas Discharge Visualisation Evaluation of Ultramolecular Doses of Homeopathic Medicines Under Blinded, Controlled Conditions // *J. Altern. Complement. Med.* 2003. Vol. 9, N 1. P. 25—37.
8. *Korotkov K., Korotkin D.* Concentration dependence of gas discharge around drops of inorganic electrolytes // *J. Appl. Phys.* 2001. Vol. 89. P. 4732—4737.
9. *Коротков К. Г., Крыжановский Э. В., Короткина С. А.* и др. Исследование временных рядов характеристик газоразрядного свечения жидкофазных объектов // *Изв. вузов. Приборостроение.* 2003. Т. 45, № 6. С. 18—24.
10. *Korotkov K., Krizhanovsky E., Borisova M.* et al. The Research of the Time Dynamics of the Gas Discharge Around Drops of Liquids // *J. Appl. Phys.* 2004. Vol. 95, N 7. P. 3334—3338.
11. *Коротков К. Г.* Принципы анализа в ГРВ биоэлектрографии. СПб: Изд-во „Реноме“, 2007. 286 с.
12. *Коротков К. Г., Короткова А. К.* Инновационные технологии в спорте: исследование психофизиологического состояния спортсменов методом газоразрядной визуализации. М.: Изд-во „Сов. спорт“, 2008. 278 с.
13. *Bundzen P. V., Korotkov K. G., Unestahl L. E.* Altered States of Consciousness: Review of Experimental Data Obtained with a Multiple Techniques Approach // *J. Altern. Complement. Med.* 2002. Vol. 8. P. 153—167.
14. *Korotkov K., Bundzen P., Bronnikov V., Lognikova L.* Bioelectrographic Correlates of the Direct Vision Phenomenon // *J. Altern. Complement. Med.* 2005. Vol. 11. P. 885—893.
15. *Gibson S., Williams B.* The effect of music and focused meditation on the human energy field as measured by the gas discharge visualization (GDV) technique and profile of mood states // *Subtle Energies and Energy Medicine.* 2005. Vol. 16. P. 57—60.
16. *Hacker G. W., Pawlak E., Pauser G.* et al. Biomedical evidence of influence of geopathic zones on the human body: scientifically traceable effects and ways of harmonization // *Forsch Komplementärmed Klass Naturheilkd.* 2005. Bd 12. S. 315—327.
17. *Vainshelboim A. L., Hayes M. T., Momoh K. S.* Bioelectrographic Testing of Mineral Samples: A Comparison of Techniques // *J. Altern. Complement. Med.* 2005. Vol. 11. P. 299—304.
18. *Орлов Д. В.* Методика проведения измерений объектов природной среды на программно-аппаратном комплексе Газоразрядной Визуализации (ГРВ): Метод. пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. 47 с.

19. Баньковский Н. Г., Коротков К. Г., Петров Н. Н. Физические процессы формирования изображений при газоразрядной визуализации (эффект Кирлиан) // Радиотехника и электроника. 1986. Т. 31, № 4. С. 625—642.

**Сведения об авторах**

- Константин Георгиевич Коротков** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра проектирования компьютерных систем;  
E-mail: [kk@korotkov.org](mailto:kk@korotkov.org)
- Дмитрий Владиславович Орлов** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра проектирования компьютерных систем; E-mail: [mityaorlov@gmail.com](mailto:mityaorlov@gmail.com)
- Елена Николаевна Величко** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра проектирования компьютерных систем

Рекомендована кафедрой  
проектирования компьютерных систем

Поступила в редакцию  
08.02.10 г.