

# **Исследование влияния вязкости и поверхностного натяжения на характеристики газового разряда вокруг капель жидкости**

Короткин А.И.<sup>\*</sup>, Крыжановский Э.В.<sup>\*\*</sup>,  
Борисова М.Б.<sup>\*\*\*</sup>, Короткина С.А.<sup>\*\*</sup>

*\* ЦНИИ им. Акад. Крылова, \*\* НОА «КТИ», \*\*\* СПбГУ химический факультет*

E-mail: edwardk@rambler.ru

## **Введение**

В [1-3] была разработана методика исследования жидкостей путем изучения характеристик газового разряда вокруг капель.

Было показано, что растворы сильных электролитов имеют различия по специально разработанным характеристикам газоразрядных изображений (ГРВ-грамм), как между соседними концентрациями одного раствора, так и между одинаковыми концентрациями различных растворов.

В то же время было установлено, что при экспонировании капель непроводящих жидкостей в электромагнитном поле (ЭМП) в течение времени до 10 секунд наблюдается закономерная динамика изменений характеристик газоразрядного свечения. Эта динамика связана с наличием периодически повторяющихся состояний, проявляющихся при взаимодействии жидкости с ЭМП во времени.

Исследование характеристик динамических рядов ГРВ-грамм различных жидкостей показало их значимость для выявления индивидуальных различий химически близких жидкостей.

В работах [1-3] было также показано, что эквивалентная электропроводность растворов сильных электролитов связана полиномом третьего порядка с одним из параметров, характеризующих газоразрядное изображение (ГРВ-грамму) капли жидкости – коэффициентом формы.

В то же время остается открытым вопрос о связи параметров ГРВ-грамм и физико-химических характеристик исследуемых жидкостей.

В данной работе проведены исследования, направленные на возможность выявления подобных связей. С этой целью исследовались последовательные разбавления глицерина в дистиллированной воде для выявления влияния изменения вязкости раствора на параметры динамических ГРВ-грамм, а также разбавления полиокса для обнаружения влияния поверхностного натяжения на параметры динамических ГРВ-грамм.

## **Методы исследования**

В данном исследовании жидкости (растворы глицерина и полиокса) подвергались воздействию электромагнитного поля в течение 10-ти секунд. Визуализация взаимодействия и его запись осуществлялась с частотой дискретизации 30 кадров в секунду.

Исследуемые в настоящей работе процессы представляют собой временные ряды параметров ГРВ-грамм, таких как площади засветки, коэффициент формы, интенсивность, длина изолинии и др. [3]. Сами временные ряды оценивались по их коэффициентам

аппроксимации трендов, энтропии, фрактальности, а также статистическим характеристикам.

Глицерин последовательно разбавлялся дистиллированной водой в два раза вплоть до разбавления 1/1024. Полиокс разбавлялся до концентрации 1/16 раствором 0.01 KCl. При этом для каждого объекта данные усреднялись по результатам 10 измерений.

### Результаты анализа

При исследовании полиокса была получена следующая зависимость параметра площадь засветки от концентрации.

Максимальная концентрация полиокса, при которой формирование газового разряда было возможным, равна 1%. Среднее значение временного ряда площади засветки соответствующей концентрации лежит в области  $3 \cdot 10^3$  пикселей. Далее, при каждом последовательном разбавлении это значение уменьшалось в среднем на 500 пикселей (рис.1).

Убывание идет в направлении растворителя 0.01 KCl, что говорит о линейной зависимости поверхностного натяжения и площади засветки. Другие параметры ГРВ-грамм не выявили значимых отличий при разбавлениях со второго по четвертое.

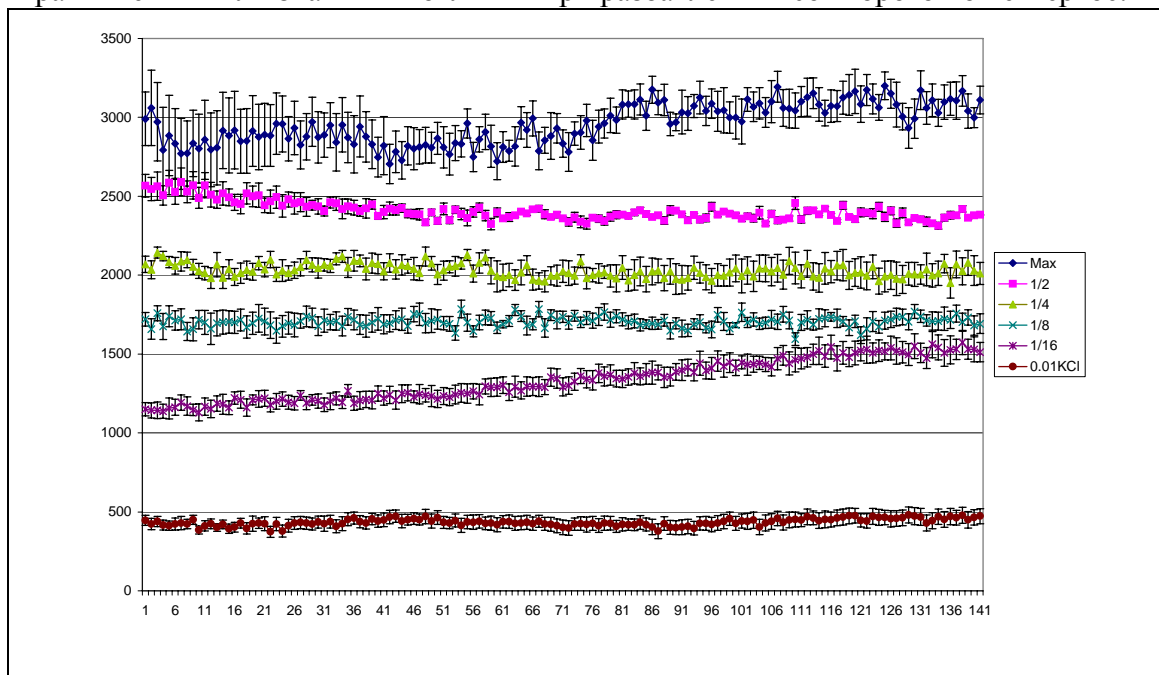


Рис.1. Временная зависимость площади засветки от концентраций раствора полиокса.

При исследовании глицерина была выявлена полиномиальная зависимость второго порядка максимальной энтропии временного ряда площади засветки от концентраций раствора (рис.2). Также полиномиальная зависимость второго порядка, но с обратным знаком была выявлена для зависимости параметра аппроксимации  $K_1$  от концентрации. Данный параметр характеризует скорость убывания временного ряда площади засветки.

Минимум параболической функции зависимости максимальной энтропии (и максимум для параметра  $K_1$ ) от концентрации лежит в области шестого разбавления (1/64 концентрация).

Нелинейность в зависимостях максимальной энтропии и параметра аппроксимации  $K_1$  от концентрации связана, по-видимому, с изменением соотношения частоты

ионизации, частоты диффузионных потерь и фрактальной размерности кластеров исследуемых жидкостей в соответствии с уравнением (1) [4]:

$$E(x,t) = E_0 \exp \left[ iqx - i\omega t + \left( \frac{\nu_i}{p - d_f} - \nu_d \right) t \right], \quad (1)$$

где  $q$  – волновой вектор;  $\nu_i$  – частота ионизации,  $\nu_d$  – частота диффузионных потерь  $\nu_d = Dq^2$ ,  $D$  – коэффициент диффузии частиц,  $\omega$  – частота электромагнитной волны.

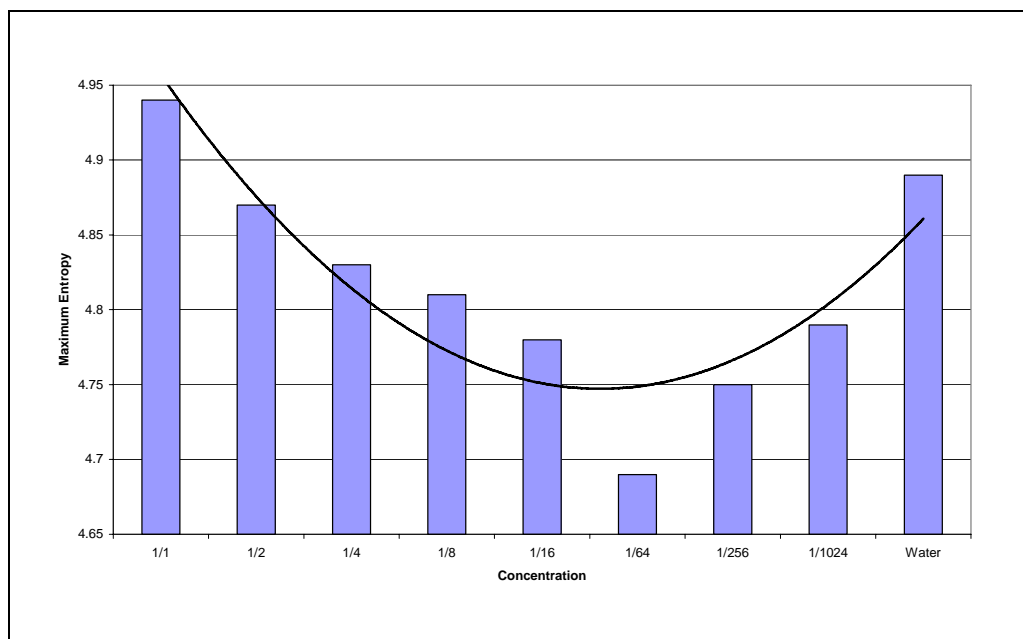


Рис.2. Зависимость максимальной энтропии временного ряда площади засветки от концентраций растворов.

Таким образом, в работе показано, что физико-химические параметры жидкостей связаны как линейными, так и нелинейными зависимостями с параметрами ГРВ, что требует дальнейших исследований для построения точных количественных математических моделей, являющихся развитием качественной модели (1). Такая модель позволит диагностировать и классифицировать состояние жидкости на основании данных временных рядов параметров ГРВ-грамм и строить прогноз изменения структуры ГРВ-грамм во времени.

### Литература

1. K. Korotkov and D. Korotkin, Concentration dependence of gas discharge around drops of inorganic electrolytes, J.Appl.Phys., 89, 4732, (2001)
2. Крыжановский Э.В. Исследование газоразрядной визуализации растворов электролитов при различных концентрациях и взаимодействии с электромагнитным полем // Современные технологии, Сб. трудов молодых ученых. – изд. СПбИТМО. – СПб, 2001. – С.15-26
3. K. Korotkov, E. Krizhanovsky, M. Borisova, D. Korotkin et.al. Time dynamics of the gas discharge around drops of liquids, J.Appl.Phys., 95, 3334-3338, (2004)

4. Крыжановский Э.В. Метод контроля жидкофазных объектов на основе газоразрядной визуализации. Автореферат диссертации, СПбГЭТУ, 2003, с.12-14.