

# Применение компьютерной технологии газоразрядной визуализации в косметологии

Петрова Е.Н., Коротков К.Г.

В статье рассмотрены перспективы внедрения компьютерных инновационных технологий в косметологию, представлена методика газоразрядного исследования биологических объектов и основные результаты исследований.

## Введение

В современной косметологии одной из актуальных задач является достижение максимальной эффективности путем индивидуального подбора косметических препаратов. Важным элементом в решении этой задачи является как анализ состояния объекта влияния, так и анализ самих косметических средств. Комплексный подход на основе современных компьютерных технологий занимает все более важное место среди методов экспресс-анализа и индивидуального подхода в косметологии.

Многолетние исследования в разных странах показали, что метод Газоразрядной Визуализации (ГРВ) обладает высокой чувствительностью при изучении свойств веществ и материалов. Во многих областях его возможности оказались уникальными. Об этом свидетельствует 6 патентов и десятки опубликованных статей [1,2]. Информативность метода ГРВ для исследования жидкофазных объектов была продемонстрирована при изучении свечения микробиологических культур [3], крови здоровых людей и онкологических больных [4], реакции крови на аллергены [5], сопоставление натуральных и синтетических, органических и обычных, право и лево вращательных образцов ароматических масел [6], гомеопатических препаратов 30С потенции [7], сверхмалых концентраций различных солей [8]. В последнее время получены данные по исследованию волос человека [9].

**Цель работы:** разработка компьютерных инновационных технологий исследования биологических объектов и косметологических средств на основе метода ГРВ.

## Методика исследований

Исследования проводятся методом газоразрядной визуализации при помощи серийно выпускаемого прибора «ГРВ Камера» (производитель ООО «Биотехпрогресс», Санкт-Петербург) с использованием дополнительных установок, позволяющих исследовать различные объекты. Все измерения проводятся в стандартных условиях (температура воздуха 20-23°C и относительной влажности 42-46%) .

Методику исследования методом ГРВ рассмотрим на примере установки, предназначенной для исследования газоразрядного свечения образцов волос (рис. 1). Пучок волос 1 закреплен в плоскости, перпендикулярной электроду ГРВ камеры 6. Металлический стержень 4, контактирующий с волосами в тефлоновой трубке 2, обеспечивает заземление образца. Электрические импульсы от источника напряжения ГРВ камеры 9 подаются на проводящий слой 8, покрывающий оптическое окно 6 снизу. Вокруг пучка волос формируется электромагнитное поле. Под действием поля происходит эмиссия заряженных частиц и развивается скользящий газовый разряд 7. Пространственное распределение свечения разряда преобразуется в видеосигналы и переводится в цифровой формат. Поле излучения разряда описывается набором параметров свечения.

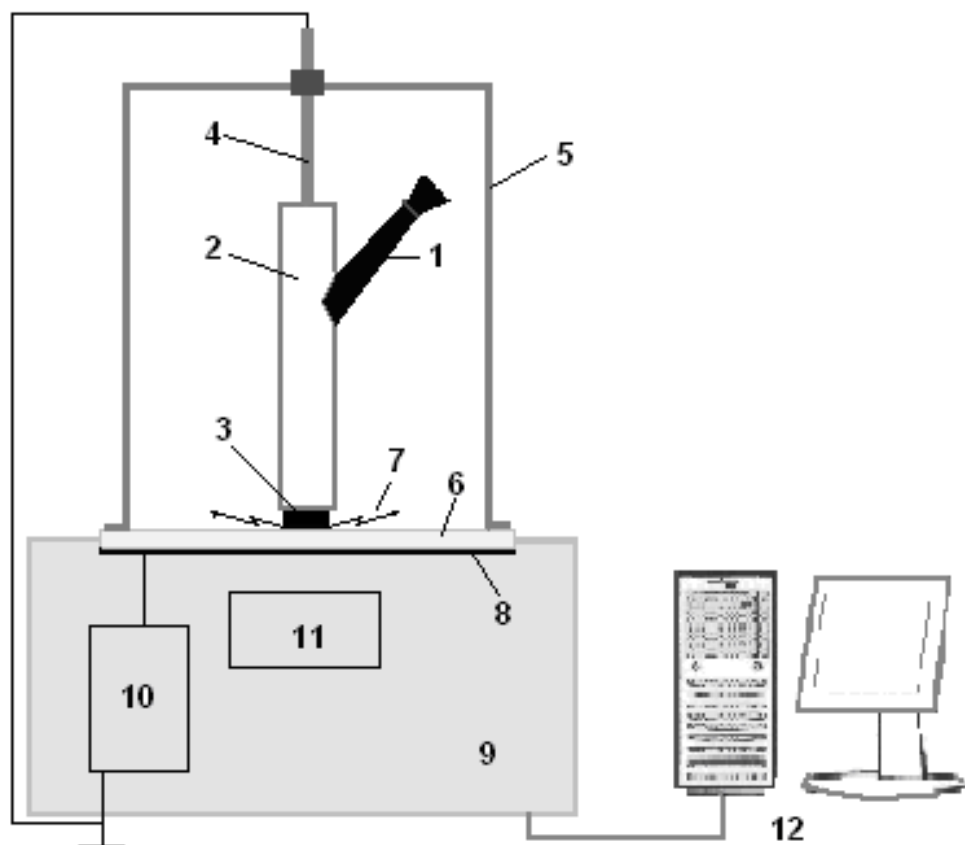


Рисунок 1. Схема проведения эксперимента. 1 – исследуемый пучок волос, 2 – политетрафторэтиленовая трубка, 3 – волосы в разрядном промежутке, 4 – заземленный металлический стержень, 5 – светозащитный экран, 6 – прозрачная диэлектрическая пластина, 7 – скользящий газовый разряд, 8 – прозрачное токопроводящее покрытие, 9 – блок преобразования сигналов, 10 – высоковольтный импульсный генератор, 11 – оптическая система с ПЗС-камерой, 12 – компьютер.

В экспериментах ГРВ комплекс со следующими параметрами: амплитуда электрических импульсов – 3 кВ; экспозиция напряжения – 5 с; интервал между экспозициями – 10 с; длительность импульса – 10 мкс; частота следования импульсов – 1 КГц.

При исследовании ГРВ параметров жидкостей или кремов капля подвешивается на расстоянии 2-3 мм над стеклянной поверхностью оптического окна прибора, и регистрируется свечение от мениска жидкости.

### Программное обеспечение методики ГРВ

Для извлечения из ГРВ-грамм количественной информации о характере свечения объекта они обрабатываются в специализированном программном комплексе, и производится расчет следующих числовых характеристик свечения:

1. Площадь свечения ( $A$ ) – количество пикселей с ненулевой интенсивностью свечения  $S = \sum_x \sum_y p_{ij}$ , где  $p_{ij} = 1$ , если  $b(i,j) < q$  и  $p_{ij} = 0$ , если  $b(i,j) \geq q$ ; где  $q$  – пороговое значение фона,  $b(i,j)$  – яркость точки с координатами  $(i,j)$ ;
2. Средняя интенсивность свечения ( $I$ ) – средняя интенсивность свечения всех пикселей с ненулевой интенсивностью (в относительных единицах с присваиваемыми значениями от 0 для абсолютно черного до 255 для абсолютно

белого)  $I = \sum_{i=0}^n d[i]i / \sum_{i=0}^n d[i]$ ; где  $d[i]$  - количество пикселей изображения, для которых  $b(x,y)=i$ ,  $i \in (0,250)$ ;

3. Количество фрагментов изображения свечения разряда ( $N_f$ ) – количество групп пикселей с ненулевой интенсивностью;
4. Средний радиус контура изображения разряда ( $\bar{R}$ );
5. Нормализованное среднеквадратичное отклонение радиуса изображения разряда ( $\sigma_{\bar{R}}$ );
6. Коэффициент формы изображения свечения разряда ( $K$ ) – мера изрезанности внешнего контура свечения (минимальное значение  $K = 1$  соответствует свечению в форме окружности или кольца, чем больше значение коэффициента формы, тем больше степень изрезанности контура);
7. Энтропия ( $H$ ) – мера упорядоченности изображения (возрастает при увеличении множества значений радиуса контура);
8. Фрактальная размерность ( $D$ ) – мера сложности контура изображения.

Для расчета параметров 4-6 строится функция  $R(\alpha)$ , значения которой равны расстоянию между первой и последней точками ненулевой интенсивности, лежащими на луче, выходящем из центра свечения под углом  $\alpha \in [0; 2\pi)$  к вертикали (рис.2). По каждому лучу определяется расстояние от центра до точки с интенсивностью на единицу больше уровня шума – и вычисляется функция  $R(\alpha)$ . Таким образом, получается функция, отражающая характер изменения внешнего контура свечения в зависимости от угла. Как правило, функция  $R(\alpha)$  неоднородна и меняется достаточно хаотически. Поэтому функцию  $R(\alpha)$  можно рассматривать как последовательность реализаций случайной величины и применить аппарат описания статистических зависимостей.

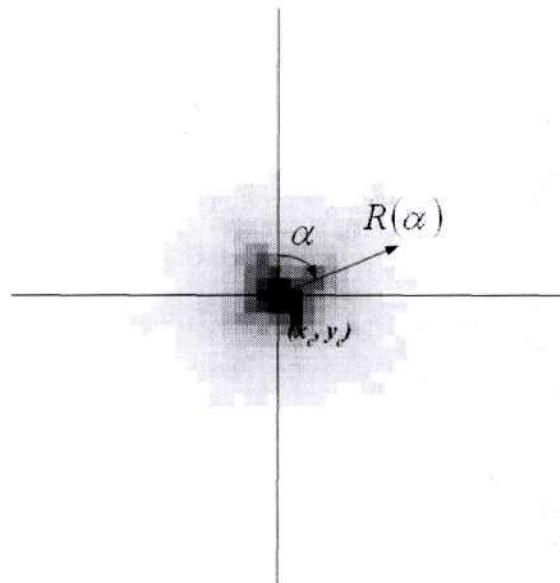


Рисунок 2. Способ формирования функции  $R(\alpha)$

Средний радиус свечения  $\bar{R}$  - является математическим ожиданием значений функции  $R(\alpha)$ . Нормализованное отклонение вычисляется как:

$\sigma_{\bar{R}} = \frac{\sigma_R}{\bar{R}}$ , где  $\sigma_R$  – среднеквадратическое отклонение функции  $R(\alpha)$ .

Коэффициент формы определяется как

$K = \frac{L}{2\pi\bar{R}}$ , где  $L$  – длина кривой функции  $R(\alpha)$ .

Энтропийный анализ позволяет вычислить меру «хаотичности» контура свечения. Величина энтропии вычисляется на основании вероятностей  $p_j$  получения функцией  $R(\alpha)$  значения  $R_j$ , следующим образом:

$$H(X) = -\sum_{j=1}^M p_j(R_j) \ln(p_j(R_j)),$$

где  $p_j(R_j) = \frac{N(R_j)}{N_\Sigma}$  – функция распределения параметра ГРВ изображения,  $N(R_j)$  – общее количество значений величины  $R_j$ , а  $N_\Sigma$  – количество дискретных отсчетов по  $\alpha$ .

Данное представление энтропии является шенноновским [8].

Для нахождения фрактальной размерности ( $D_F$ ) применяется алгоритм Хигучи, требующий небольшое количество интервалов (от 100 до 500 точек пространственного или временного ряда) и обеспечивающий высокую точность нахождения фрактальной размерности. Алгоритм Хигучи основан на измерении длины кривой  $L(k)$ , использующий  $k$  шаблонов как единиц измерения с последующим вычислением фрактальной размерности  $D_F$ . Фрактальные кривые, описываемые временными рядами, рассматриваются как совокупность  $k$  кривых ( $k = k_1, k_2, \dots, k_{max}$ ). Тогда длина этих кривых может быть выражена пропорцией  $k-D$ , где фрактальная размерность  $D$  выражает сложность кривой – для простых линий  $D = 1$ , для кривых, плотно заполняющих пространство, размерность  $D$  стремиться к 2.

Пусть кривой соответствует временной ряд  $x_i$ , длиной  $N$ , тогда по нему могут быть построены  $k$  новых временных рядов  $x_m^k$ :

$$x_m^k: x_m, x_{m+k}, x_{m+2k}, \dots, x_{m+int[(N-m)/k]k}$$

Где  $m \in [1, k]$ ,  $int[\dots]$  обозначает максимальное целое не превосходящее число в скобках,  $m$  и  $k$  – целые числа, обозначающие начальное время и временной интервал соответственно. Например, если  $N = 100$  и  $k = 4$ , тогда можно получить четыре новых временных ряда:

$$x_1^4: x_1, x_5, \dots, x_{97}$$

$$x_2^4: x_2, x_6, \dots, x_{98}$$

$$x_3^4: x_3, x_7, \dots, x_{99}$$

$$x_4^4: x_4, x_8, \dots, x_{100}$$

По методу Хигучи длина кривой  $x_m^k$  определяется как:

$$Lm(k) = \frac{\left[ x(m+i \cdot k) - x(m+(i-1) \cdot k) \right] \cdot (N-1) / int[(N-m)/k] \cdot k}{k},$$

где  $i \in [1, int[(N-m)/k]]$ , выражение  $(N-1) / int[(N-m)/k] \cdot k$  – коэффициент нормализации. Усредняя  $Lm(k)$  для всех  $m$  получается среднее значение длины  $L(k)$  для заданного значения  $k$ . Эта процедура повторяется для всех значений  $k$ .

Значение фрактальной размерности  $D_F$  рассчитывается методом наименьших квадратов линии регрессии углового коэффициента на логарифмическом графике  $\log(L)$  уравнения  $L(k) = ak^{-D}$ .

$$D_F = \frac{n \sum x_k y_k - \sum x_k \sum y_k}{n \sum x_k^2 - (\sum x_k)^2},$$

где  $y_k = \ln L(k)$ ,  $x_k = \ln(1/k)$ ,  $n$  – общее число различных значений  $k$  в интервале  $[k_{min}, k_{max}]$  для которых рассчитываются значения  $L(k)$ .

### Результаты экспериментальных исследований.

В рамках проделанной работы были проведены исследования и получены данные по следующим направлениям.

#### 1) Исследование волос человека и влияния на них различных факторов. [9 – 12]

Приведем пример одного из исследований. Для косметологии актуальными являются исследования влияния на волосы различных косметических средств, в том числе

окрашивающих. На рисунке 3 представлены усредненные данные по интенсивности свечения исходных (не подвергавшихся химическому воздействию) и окрашенных волос, взятых с одной головы. Эксперименты, результаты которых представлены на графиках были проведены дважды в различные дни. Данные усреднялись по результатам измерений десяти исходных и десяти окрашенных пучков волос.

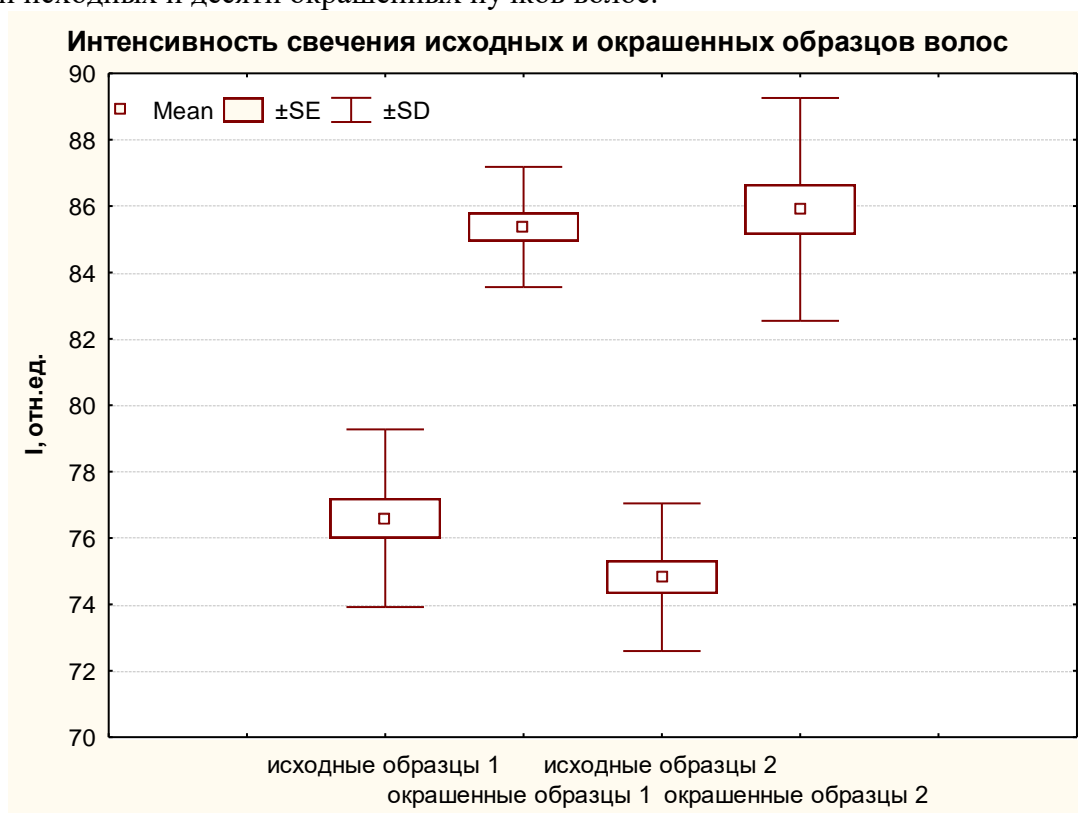


Рисунок 3. Статистические графики средней интенсивности свечения образцов исходных и окрашенных волос.

Как видно из представленных результатов, наблюдается воспроизводимая, статистически значимая разница в параметрах свечения исходных и окрашенных волос. Разница между параметрами свечения может являться критерием степени влияния на волосы окрашивающих препаратов.

### 2) Исследование кремов и их влияния на человека.

В данных исследованиях проводились измерения различных кремов фирмы «Айрэс»; изменение параметров крема после влияния на них кольцевых дифракционных решеток (КДР); а также эффект воздействия крема на состояние экспериментальной группы испытуемых, пользовавшихся предложенными образцами кремов в течение трех недель. Полученные результаты показали статистически значимую разницу, как между различными образцами крема, так и между обычным кремом и кремом после влияния КДР. По результатам эксперимента с испытуемыми сделан вывод о необходимости индивидуального подбора косметических средств для каждого испытуемого [13].

### 3) Исследования воды и влияния на нее различных факторов.

## **Обсуждение**

Приведенные данные показывают, что метод ГРВ обладает высокой чувствительностью при исследовании различных объектов. Это обусловлено тем, в методе ГРВ регистрируется оптоэлектронная эмиссия объекта, стимулированная импульсным электрическим полем [1,2]. Метод все более широко внедряется в медицину, и имеет хорошие перспективы для косметологии.

В случае исследования волос метод ГРВ позволяет подбирать препараты, оказывающие оптимальное воздействие на волосы. При этом представленный метод является неинвазивным (для исследований требуется пучок волос массой 0,1 г) и позволяющим проведение экспресс-оценки реакции волос.

В случае исследования жидкофазных объектов, в частности, различных типов ароматических масел, кремов, эмульсий, воды, получаемая информация зависит от химического состава жидкости, но определяющим, и наиболее интересным, является зависимость от структурной композиции жидкости. Параметры ГРВ свечения определяются эмиссионной активностью поверхностного слоя жидкости, которая зависит от наличия поверхностно-активных валентностей. Очевидно, что это свойство определяется структурой приповерхностных кластеров, то есть метод ГРВ является одним из информативных методов исследования структурно-информационных свойств жидкостей. В настоящее время есть все основания для включения метода ГРВ в структуру комплексных испытаний свойств воды и жидкостей.

### **Заключение**

Рассмотренная технология компьютерной газоразрядной визуализации имеет широкие перспективы для внедрения в технологические области практической косметологии. Создана приборная и алгоритмическая база, получены перспективные результаты, и на данном этапе поставлена задача более глубокого понимания сущности протекающих физических процессов.

## Литература

1. Коротков К.Г., Гатчин Ю.А. Физические механизмы и принципы построения систем ГРВ биоэлектрографии. Приборостроение. 2006, Т. 49, № 2, С. 5-15.
2. Коротков К.Г. Принципы анализа ГРВ биоэлектрографии. Санкт-Петербург, Изд-во «Реноме», 2007, - 286 с.
3. Гудакова Г.З., Галынкин В.А., Коротков К.Г. Исследование фаз роста культур грибов рода CANDIDA методом газоразрядной визуализации (эффект Кирлиан) // Микология и фитология. 1990, Т.24, № 2, С. 174-179.
4. 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.
5. Степанов А.В., Свиридов Л.П., Короткина С.А., Ахметели Г.Г., Крыжановский Э.В. Использование метода ГРВ биоэлектрографии для оценки реакции антиген-антитело. Приборостроение. Т. 49, № 2, 2006, сс. 32-35.
6. Korotkov K., Krizhanovsky E., Borisova M., Hayes M., Matravers P., Momoh K.S., Peterson P., Shiozawa K., and Vainshelboim A. The Research of the Time Dynamics of the Gas Discharge Around Drops of Liquids. J of Applied Physics. 2004, V. 95, N 7, P. 3334-3338.
7. Bell I., Lewis D.A., Brooks A.J., Lewis S.E., Schwartz G.E. Gas Discharge Visualisation Evaluation of Ultramolecular Doses of Homeopathic Medicines Under Blinded, Controlled Conditions. J of Alternative and Complementary Medicine. 2003, V. 9, № 1, P. 25-37.
8. Korotkov K., Korotkin D. Concentration dependence of gas discharge around drops of inorganic electrolytes. J of Applied Physics. 2001, V. 89, N 9, P. 4732-4737.
9. Коротков К.Г., Нечаев В.А., Петрова Е.Н., Вайншелбойм А., Коренюгин Д.Г., Шигалев В.К. Исследование ГРВ-свечения волос. Приборостроение. Т. 49, № 2, 2006, сс. 51-56.
10. Гришенцев А.Ю., Петрова Е.Н. Предварительные эксперименты по изменению характеристик газоразрядного свечения волос при различных условиях. // Научно-Технический Вестник. Выпуск 29. I Сессия Научной школы «Информационная безопасность, проектирование, технология элементов и узлов компьютерных систем». СПб: СПб ГУ ИТМО, 2006. С. 100-103.
11. Коротков К.Г., Петрова Е.Н., Малюгин В.И., Кизеветтер Д.В., Вайншелбойм А., Матраверс П. Временная динамика реакции волос на лазерное излучение и электромагнитное поле. // Материалы X Международного научного конгресса по ГРВ биоэлектрографии. 2006 г. С. 57-60.
12. Петрова Е.Н., Гришенцев А.Ю., Исаева Е.В. Анализ параметров свечения волос человека при исследовании их методом газоразрядной визуализации. // Сборник тезисов IV межвузовской конференции молодых ученых. СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. с.125.
13. Короткова А.К., Коротков КГ, Шапин А.В. Петрова Е.Н., Серов И.Н. Исследование крема с применением кольцевых дифракционных решеток (КДР) фонда «АЙРЭС». // Материалы XI Международного научного конгресса по ГРВ биоэлектрографии. Санкт-Петербург. Июль 2007. с.50-52.
14. Сочеванов В.Н., Короткова А.К., Петрова Е.Н. Комплексные исследования влияния магниально-шунгитовых строительных материалов. // Материалы XI Международного научного конгресса по ГРВ биоэлектрографии. Санкт-Петербург. Июль 2007. с.68-70.