Н.В. Глухова, к.т.н., В.И. Корсун, д.т.н., Л.А. Песоцкая, д.мед.н.

ГВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОЛОГИИ ФЛИККЕР-ШУМОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

В структурно-динамических параметрах водной среды содержится информация о предшествующих воздействиях, при этом понятие «информация» рассматривается как мера организованности движения частиц в системе. В работе предложено применение методологии фликкер-шумовой спектроскопии при анализе кирлиан-фотографий проб воды для оценки биоэнергетических свойств жидкой среды. Установление характерных признаков кирлиан-фотографий обеспечивается выделением высокочастотной составляющей из профиля яркости изображения.

Ключевые слова: кирлиан-фотография, анализ изображений, качество воды, фликкер-шумовая спектроскопия.

Н.В. Глухова, к.т.н., В.І. Корсун, д.т.н., Л.А. Пісоцька, д.мед.н.

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДОЛОГІЇ ФЛІККЕР-ШУМОВОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ

У структурно-динамічних параметрах водного середовища міститься інформація щодо попередніх впливів, при цьому поняття «інформація» розглядається як міра організованості руху часток у системі. У роботі запропоновано використання методології фліккер-шумової спектроскопії при аналізі кірліан-фотографій зразків води для оцінки біоенергетичних властивостей рідкого середовища. Встановлення характерних ознак кірліан-фотографій забезпечується завдяки виділенню високочастотної складової з профілю яскравості зображення.

Ключові слова: кірліан-фотографія, аналіз зображень, якість води, фліккер-шумова спектроскопія.

N. Glukhova, PhD, V. Korsun, ScD, L. Pesotskaya, ScD (Med.)

ESTIMATION QUALITY WATER WITH USE METHODOLOGIES FLICKER-NOISE SPECTROSCOPY

Information is kept in structured-dynamic parameter of the water ambience about preceding influence, at notion "information" is considered as measure of organizedness moving the particles in system. In work is offered using to methodologies flicker-noise spectroscopy at analysis Kirlian photographs of the tests of water for estimation bioenergy characteristic of the fluid ambience. The determination typical sign Kirlian photographs is provided by separation radio-frequency constituting of profile of brightness of the scene.

Keywords: Kirlian photography, image analysis, water quality, flicker-noise spectroscopy.

Введение

Проведение комплексных исследований качества воды является актуальной задачей в различных сферах человеческой деятельности. Последние научные достижения в этом вопросе показывают, что стандартные методы контроля химического состава воды, изучение ее отдельных свойств и характеристик являются недостаточными. Это обусловлено тем, что свойства воды определяются не только наличием органических и неорганических примесей, но и внешними воздействиями, например, в виде электромагнитных и акустических полей [1].

Анализ последних достижений и публикаций. Способность воды воспринимать и в дальнейшем хранить информацию о внешних

воздействиях основывается на существовании в ее составе совокупности кластерных ассоциатов. Их наличие подтверждено теоретическими и экспериментальными исследованиями [2]. На практике были использованы методы протонного магнитного резонанса [3], рефрактометрии [4], высокоэффективной жидкостной хроматографии, ИК- и лазерной фемтосекундной спектроскопии, дифракции рентгеновских лучей [1]. В воде происходит формирование нейтральных кластеров и заряженных кластерных ионов $(H_2O)_n$, $[(H_2O)_n]^+$ и $[(H_2O)_n]^-$ для $n = 3-27$. Структурной единицей воды является кластер, состоящий из клатратов, сформированных за счет наличия дальних кулоновских сил. Иерархическая пространственная

жидкокристаллическая структура, построенная на основе кластеров различных типов, способна воспринимать и хранить информацию о внешних воздействиях [1].

Необходимо подчеркнуть, что сложность получения экспериментальных данных о состоянии воды обусловлена, прежде всего, высокой динамичностью жидкой среды и ее открытостью. «Оседлая жизнь» молекулы воды составляет 10-11с, далее, из-за наличия тепловых флуктуаций, она занимает другое место в пространстве [1]. Кластеры значительно более устойчивы, при этом они могут находиться как в изолированном состоянии, так и образовывать более сложные структуры.

Извлечение информации на основе анализа сигналов, генерируемых реальными открытыми системами, всегда сопряжено с наличием большого количества неинформативных параметров, проявляющихся в ходе эксперимента.

Таким образом, с учетом нестационарности и высокой динамичности сложных открытых систем, непросто подобрать математический аппарат, позволяющий выполнять анализ экспериментальных данных, полученных при изучении подобных объектов. Одной из наиболее перспективных методологий, специализированно разрабатывавшихся для решения такого класса задач, является фликкер-шумовая спектроскопия (ФШС) [7]. ФШС формировалась в качестве общего подхода к извлечению информации из сложных сигналов. Она применима для анализа взаимосвязей, характерных для последовательности нерегулярностей сигналов на разных уровнях пространственно-временной эволюционной динамики.

Вода, как природный объект, является источником сложного излучения, отображающего ее внутреннее состояние. В работах [5, 6] доказана эффективность применения методов газоразрядной визуализации и кирлиан-фотографии при исследовании энергоинформационных свойств воды.

В работе [8] предложен способ визуализации изображения газоразрядного свечения в зоне контакта жидкости с фотоматериалом. При этом фиксируется структура газоразрядного свечения объекта (капли воды) в электромагнитном поле. Далее определяются параметры структур свечения в зоне контакта жидкофазных объектов с фотоматериалом, анализируется наличие зернистых включений в зоне контакта и ширина внешней засветки. Оценка энергоинформационного состояния воды выполняется по совокупности параметров свечения.

Цель

Выявить характерные признаки (паттерны) в изображениях кирлиановского свечения, позволяющие придать информационную значимость особенностям различных типов воды. Обосновать выбор основных критериев для оценки биоэнергоинформационных свойств воды из различных источников на основе компьютерного анализа изображений кирлиановского свечения капель проб воды.

Основная часть

При компьютерной обработке экспериментальной информации, полученной методами кирлиан-фотографии и газоразрядной визуализации (ГРВ), обычно выполняется оценка количественных параметров при сравнении исследуемого образца с эталонным. Наиболее часто вычисляют такие количественные параметры как ширина внутреннего кольца свечения, ширина короны свечения, длина кромки свечения, фрактальная размерность, коэффициент изрезанности и др. [9]. Однако, большинство исследователей в этой области подчеркивают особую важность анализа тонких особенностей изображения кирлиан-свечения внутри кольца, а также неоднородность и структуру короны свечения. Последние характеристики могут быть изучены с применением ФШС-подхода.

С точки зрения цифровой обработки, для изображений кирлиан-фотографий характерно наличие двух составляющих:

- регулярной (детерминированной), обусловленной свойствами исследуемого объекта;
- нерегулярных, «шумовых».

Часто именно вторая составляющая несет в себе важную информационную нагрузку и не должна исключаться из обработки и рассмотрения. В то время как при использовании «классических» подходов, основанных на преобразовании Фурье, обычно «шумовая» компонента воспринимается как помеха и устраняется путем фильтрации.

Поэтому при решении задач цифровой обработки кирлиан-фотографий в данной статье рассматривается применение ФШС. ФШС-методология апробирована при параметризации сложной текстуры поверхностей разной природы. Достоинство данного подхода заключается в возможности анализа, как детерминированных регулярных составляющих, так и нерегулярных компонент, характеризующихся хаотичностью.

Объектом исследований в ФШС подходе могут выступать как временные ряды, описывающие динамику поведения объектов, так и изображения поверхностных структур, на

формирование которых оказали воздействие сложные эволюционные процессы и разнообразные влияющие величины.

В работе [7] рассмотрены подходы к ФШС параметризации поверхностных структур, образующихся при кристаллизации, разрушении, химических реакциях на поверхности материалов. Задача параметризации в этом случае состоит в обосновании методов для выявления специфических «структур» и «узоров», характерных для определенных процессов формирования и свойств материала.

Особенность подхода на основе использования методов ФШС состоит в выделении и анализе ряда характерных параметров («паттернов»), в отличие от других математических подходов, которые обеспечивают оценку только одного параметра (например, вычисление фрактальной размерности изображений). В соответствии с этим для анализа изображений может использоваться несколько «срезов» – отнесенных к одному скану проекций на пространственные оси x и y . Далее для каждой из проекций обеспечивается получение спектров мощности, а также вычисление разностных моментов («переходных структурных функций»).

Основная задача, возлагаемая на метод ФШС, при анализе изображений, состоит в выделении так называемых «паспортных» параметров, отвечающих за специфические свойства исходных данных. В работе [7] также указывается о целесообразности использования нескольких осей для формирования сканов проекций.

Предлагаемый в данной работе алгоритм анализа кириллиц-фотографий включает два этапа. Первый из них заключается в построении профиля яркости пикселей полутонового изображения. Вторым этапом является применение ФШС для графика профиля яркости. Согласно [7] отличительной чертой ФШС-подхода является придание информационной значимости корреляционным взаимосвязям, которые имеют место в последовательностях нерегулярностей сигналов и проявляются в виде всплесков, изломов, скачков и т.д.

Полученное при помощи сканирования кириллиц-фотографии изображение представляется в растровом виде как прямоугольная матрица точек. Оно является полутоновым, так как его пиксели принимают значения интенсивности (яркости) серого цвета. Из исходного изображения получаем график профиля яркости в виде рядов оцифрованных данных $V(x)$, которые можно трактовать как изменение некоторой динамической переменной. Причем, аргумент x рассматривается в методологии ФШС в широком смысле: это

может быть изменение выбранной пространственной или временной координаты. Задача анализа заключается в извлечении из ряда $V(x)$ характерных специфических параметров («паттернов»).

Согласно ФШС-подходу выделение параметров выполняется на базе использования автокорреляционной функции:

$$\psi(x) = \langle V(x)V(x+\tau) \rangle,$$

где τ – параметр задержки по времени или смещения пространственной координаты, угловые скобки указывают на усреднение на некотором интервале. Таким образом, физический смысл автокорреляционной функции состоит в установлении взаимосвязей переменной $V(x)$ при больших и меньших значениях аргумента.

Анализ динамики систем или объектов с точки зрения ФШС предполагает выделение так называемых «пиковых» частот в косинус-преобразовании

$$S_p(f) = \int_{-\tau/2}^{\tau/2} \langle V(t)V(t+t_1) \rangle \cos(2\pi f t_1) dt_1$$

и «хаотических» компонент в исходной зависимости.

«Пики» соответствуют специфическим частотам объекта, а также интерференционным частотам, которые возникают при суммировании резонансных составляющих сигнала как от самого объекта, так и от внешних воздействий («резонансные» вклады). Причем «резонансные» компоненты достаточно хорошо выделяются с использованием Фурье-анализа.

Параметризацию хаотических вкладов в методологии ФШС предложено осуществлять на основе разностных моментов («переходных структурных функций») для разных порядков P :

$$\Phi^p(\tau) = \langle [V(x) - V(x+\tau)]^p \rangle,$$

где $p=2, 3, \dots$

Для выделения высокочастотной составляющей из исходного сигнала применим «релаксационную» процедуру [7], которая построена как аналог решения уравнения диффузии:

$$\frac{\partial V}{\partial \tau} = \chi \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}.$$

Введя приближенную замену $\partial \tau \cong \Delta \tau$, запишем последнее выражение в виде разностного уравнения

$$\frac{V_k^{j+1} - V_k^j}{\Delta \tau} = \chi \frac{V_{k+1}^j - 2V_k^j + V_{k-1}^j}{(\Delta t)^2}.$$

Применив схему численного решения, получим:

$$V_k^{j+1} = wV_{k+1}^j + (1 - 2w)V_k^j + wV_{k-1}^j,$$

где $w = \frac{\chi}{(\Delta t)^2} \Delta \tau < 0,5$.

Последнее ограничение вводится для обеспечения устойчивости численного решения. Для реализации рассмотренных алгоритмов использовалось прикладное программное обеспечение [10].

Рассмотрим примеры применения предложенного подхода к анализу кирлиан-фотографий. Далее на рис. 1-10 представлены результаты анализа на основе ФШС к кирлиан-фотографиям различных проб воды (водопроводной, природной, из монастырских источников). Каждый рисунок включает исходное оцифрованное изображение кирлиан-свечения капли воды, график профиля яркости и спектр высокочастотной составляющей профиля.

Анализ рис. 1-10 показывает принципиальное различие в спектрах высокочастотной составляющей графика профиля яркости. Для образцов водопроводной воды (рис. 1, 9, 10) ярко выражено преобладание амплитуд на низких «частотах».

При построении спектров использовалась функция автоматического масштабирования по осям. Из графиков видно, что для водопроводной воды, соответственно для 3-х приведенных образцов, «частоты» не выходят за пределы 160, 90 и 120.

Природная вода обычно характеризуется более широким спектром, однако, в целом его характер подобен образцам водопроводной.

Принципиально иная картина наблюдается для проб воды, взятых из монастырских источников. Во-первых, амплитуды значительно равномернее распределены по всему диапазону «частот» и не представляется возможным сделать заключение об их преобладании в определенной полосе. Во-вторых, сам по себе частотный диапазон оказывается более широким: 240, 220, 180.

Выводы.

Выделение характерных признаков кирлиан-фотографий обеспечивается на основе ФШС-спектроскопии высокочастотной составляющей для графика профиля яркости. ФШС-подход позволяет оценить характерные особенности кирлиан-свечения проб воды из различных источников. Эффективность предложенного подхода подтверждена на основании обработки

большого количества экспериментальных данных.

Список использованных источников

1. Игнатов И.В., Мосин О.В. Исследование кластерных ассоциатов воды // 16th International Congress Science, Information, Spirit. – June 1,2,3, – 2012, – Istanbul.
2. Christie R. A., Jordan K. D., Monte Carlo. Simulations of the Finite Temperature Properties of (H₂O)₆, in: Theory and Applications of Computational Chemistry: The First 40 Years, A Volume of Technical and Historical Perspectives, Ed. C. E. Dykstra, G. Frenking, K. S. Kim, and G. Scuseria. – New York, Theochem, – 2005, p. 995–1006.
3. Зенин С.В. Исследование структуры воды методом протонного магнитного резонанса. Докл. РАН, – 1993, – Т. 332, – №3, – С. 328.
4. Зенин С.В., Тяглов Б.В. Природа гидрофобного взаимодействия. Возникновение ориентационных полей в водных растворах. Журнал физической химии, 1994, Т.68, – №3. – С. 500 – 503.
5. Кашицкий Э.С. Золотухина Е.И., Счастливая Н.И., Богданович О.Л. Газоразрядная визуализация минеральных вод // Международный ХУ научный конгресс «Наука. Информация. Сознание». Сб.статей. СПб, – 2011.
6. Песоцкая Л.А., Евдокименко Н.М., Лапицкий В.Н., Боцман Е.И. Тайны воды и эффект Кирлиан / XIII Международный научный конгресс по ГРВ биоэлектрорафии «Наука. Информация. Сознание», 4 - 5 июля 2009, – Санкт-Петербург. – С. 20-22.
7. Тимашев С.Ф. Фликкер-шумовая спектроскопия: информация в хаотических сигналах. – М.: Физматлит, – 2007. – 248 с.
8. Спосіб оцінки енергоінформаційного стану рідинно фазного об'єкту і пристрій для його здійснення / Л.А. Пісоцька, В.М. Лапицький, К.І. Боцман, С.В. Геращенко // Патент України на корисну модель № 22212 від 25 квітня 2007 р.).
9. Болдескул О.Є., Коломієць Р.О., Охай Ю.І. Застосування ефекту Кірліан для оцінки структуроутворення в водних системах // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Приладобудування». –2010. – Вип. 39. – С. 4 - 11.
10. Глухова Н.В. Применение методов фликкер-шумовой спектроскопии для обработки сигналов измерительной информации // Электротехнические и компьютерные системы. – 2012. – №06(82). – С. 14 - 20.

Рецензент: д.т.н., профессор Михалев А.И., Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Рисунок 1 – Анализ изображения водопроводной воды (образец 1)

Рисунок 2 – Анализ изображения природной воды (Карадаг)

Рисунок 3 – Анализ изображения воды источника «Оптина пустынь»

Рисунок 4 – Анализ изображения источника «Софиевка»

Рисунок 5 – Анализ изображения воды источника «Топловский монастырь»

Рисунок 6 – Анализ изображения природной воды источника «Царичанка»

Рисунок 7 – Анализ изображения капли талой воды

Рисунок 8 – Анализ изображения капли дистиллированной воды

Рисунок 9 – Анализ изображения водопроводной воды (образец 2)

Рисунок 10 – Анализ изображения водопроводной воды (образец 3)