

УДК 537.877

Н.В. Глухова<sup>1</sup>, Л.А. Пісоцька<sup>2</sup><sup>1</sup> ДВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ<sup>2</sup> ДВНЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», Дніпропетровськ

## МЕТОДИ РЕЄСТРАЦІЇ ТА ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ ГАЗОРОЗРЯДНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

*Описаний метод реєстрації зображень газорозрядного випромінювання рідиннофазних об'єктів в електромагнітному полі високої напруженості, на основі якого вивчаються структурні особливості різних типів води (водопровідної та природної). Запропонований метод автоматизованої обробки зображень випромінювання з використанням математичного апарату вейвлет-аналізу. Розроблене методичне та програмне забезпечення для побудови вейвлет-розкладання профілю яскравості зображень на базі вейвлетів Добеши та Хаара. На основі обробки експериментальних даних зроблений висновок про ефективність обраного інструментарію для цифрової обробки зображень газорозрядного випромінювання.*

**Ключові слова:** рідиннофазний об'єкт, спектральний аналіз, цифрова обробка зображень, вейвлет-аналіз.

### Вступ

Класичні фізичні моделі побудови води розглядають її як певну структуру з одиничних молекул, що підпорядковуються силам міжмолекулярної взаємодії. Але останні наукові досягнення вказують на суттєві недоліки таких моделей, що занадто ідеалізують властивості води. Основним фактором, який неможливо врахувати такого типу моделями, є обов'язкова наявність у складі води домішок. Окрім того, особливу увагу необхідно приділяти тому факту, що вода є складною відкритою системою, що піддається зовнішнім впливам різної фізичної природи.

#### Постановка проблеми та аналіз літератури.

Класичні моделі не враховують структурні особливості води, які обумовлюють її аномальні властивості [1]. Параметри та склад водного середовища реалізують безпосередній вплив на обмінні процеси організму, в межах якого існує два різновиди води – внутріклітинна зв'язана та вільна міжклітинна вода. Користь від споживання води визначається не тільки її фізико-хімічними, але й біоенергоінформаційними властивостями, які ґрунтуються на її структурних особливостях.

Вода з природних джерел у процесі довготривалого контакту з геологічним середовищем мінералізується, а також зазнає комплексного впливу надслабких телуричних та вихрових полів, що є причиною утворення в її структурі рідких кристалів особливого типу.

Кристали мають будову, аналогічну тетраметрам, у складі яких чотири молекули води поєднані у вигляді компактного тетраедру з дванадцятьма внутрішніми водневими зв'язками. Водневі зв'язки здатні утворювати право- та лівогвинтові послідовності, поєднуючи кристали у більш великі кластери.

Особливими ознаками природної води є її фрактальність та когерентність [2]. Принциповою відмінною когерентних об'єктів та систем є специфічна реакція на зовнішні впливи, коли їх властивості реагують як єдине ціле.

Дослідження крапель води методом отримання зображення її газорозрядного випромінювання дозволяє найбільш точно оцінити тонку, з макроскопічної точки зору, природу води. Газорозрядна фотографія – спосіб візуалізації на фотоматеріалі газорозрядного світіння навколо об'єктів живої та неживої природи під впливом імпульсного струму високої частоти [3].

**Метою роботи** є виявлення характерних ознак (паттернів) у зображеннях газорозрядного випромінювання рідиннофазних об'єктів на основі вейвлет-аналізу. Сформовані паттерни повинні надати інформаційну значущість особливостям випромінювання різних типів води.

### Основна частина

Пристрій для оцінки стану рідиннофазного об'єкту [3], заснований на фотографуванні газового розряду від зразків речовини в електромагнітному полі, містить плоский високовольтний електрод для розміщення на ньому фотоматеріалу, електрод для формування неоднорідного електричного поля, також має розташований над плоским електродом фіксатор, виконаний у виді провідника в діелектричній пластині з наскрізним отвором у центрі і з'єднаний з джерелом струму, до якого підключено плоский електрод, а електрод для формування неоднорідного електричного поля, виконаний у виді порожньої голки зі струмопровідного матеріалу, розміщено у центральному отворі фіксатора із зазором щодо плоского електроду.

Реєстратор газорозрядного випромінювання містить плоский високовольтний електрод, на якому розміщується фотоматеріал (рентгенівська плівка), знімний фіксатор, з'єднаний із плоским електродом і джерелом струму, мірну ємність зі штоком для розміщення в ній досліджуваної рідини, порожню голку з електропровідного матеріалу для формування неоднорідного електричного поля. Знімний фіксатор встановлено над поверхнею фотоматеріалу на висоті, при якій забезпечується зазор між поверхнею фотоматеріалу і голкою, яку поміщено в металеву порожню трубку центрального отвору фіксатора, при цьому зовнішній діаметр голки відповідає внутрішньому діаметрові трубки для створення неоднорідного електричного поля.

Описаний метод вимірювань є досить специфічним та має ряд переваг та недоліків. Основною перевагою є можливість отримання інтегральної характеристики властивостей та стану рідиннофазного об'єкту, на базі якої можуть у подальшому будуватися якісні висновки та кількісні оцінки. Серед недоліків слід зазначити високу чутливість до зовнішніх впливових величин; відсутність стандартизованих методик обробки результатів вимірювань; потребу в аналізі візуальної інформації.

При якісному аналізі експертом зазвичай враховуються такі ознаки зображення газорозрядного випромінювання води (рис. 1 та 2, а): внутрішнє кільце з направленими від нього радіальними стримерами, які утворюють середнє кільце та тонкі люмінесценції, що у сукупності надає параметр – ширина зовнішньої засвітки; структури світіння у зоні контакту зразка води з рентгенівською плівкою (внутрішнє коло зображення) на предмет зернистих включень та затемнень.

На першому етапі даний спосіб оцінки стану рідиннофазного об'єкту включає в себе отримання зображень газорозрядного світіння для досліджуваного зразку. На другому етапі з метою обґрунтованого аналізу параметрів структур світіння виконується комп'ютерна обробка отриманих зображень.

Класично при комп'ютерній обробці зображень використовується визначення зображення у вигляді двовимірної функції  $f(x,y)$ , де  $x$  та  $y$  – координати у просторі. Значення  $f$  у будь-якій точці, яка визначається парою координат  $(x,y)$ , називається інтенсивністю або яскравістю зображення.

Для аналогової форми представлення величини  $x$ ,  $y$ ,  $f$  приймають нескінченну множину значень у межах будь-якого інтервалу, тобто виявляються неперервними величинами.

Цифрове зображення характеризується тим, що  $x$ ,  $y$ ,  $f$  можуть приймати лише кінцеву множину дискретних значень. Значення функції  $f$  у точках з відомими просторовими координатами  $(x,y)$  є позитивною скалярною величиною.

При реєстрації газорозрядного випромінювання на фотоплівці зображення представляються як полутонові (у відтінках сірого). Фізичний сенс функції  $f$  визначається джерелом формування зображення. Оскільки зображення світіння дослідного об'єкту генерується у результаті протікання певного фізичного процесу при впливі електромагнітного поля, то значення функції  $f(x,y)$  пропорційні енергії випромінювання фізичного джерела. Конкретний фізичний сенс функції  $f(x,y)$  визначає, що вона завжди буде ненульовою та кінцевою, тобто  $0 < f(x,y) < \infty$ .

Значення інтенсивності полутонового зображення для довільної точки з координатами  $(x_0, y_0)$  називається рівнем сірого  $l$  або яскравістю зображення  $l = f(x_0, y_0)$ , значення якого лежить у певному обмеженому інтервалі  $L_{\min} \leq l \leq L_{\max}$ .

Інтервал  $[L_{\min}, L_{\max}]$  називається діапазоном яскравостей, який зазвичай при комп'ютерному представленні зображень здвигують уздовж числової вісі  $y$  межі  $[0, L-1]$ . Стандартно для пакетів комп'ютерної обробки зображень ліва межа приймається за рівень чорного кольору  $l=0$ , тоді рівень білого обчислюється як  $l = L-1$ . Для полутонового зображення усі проміжні значення інтервалу  $[0, L-1]$  відповідають певним відтінкам сірого кольору.

При дискретизації та квантуванні зображення газорозрядного світіння завдяки скануванню фотоматеріалу або при використанні цифрової камери, забезпечується його представлення у комп'ютері у вигляді матриці чисел, тобто реалізується перетворення

$$f(x,y) \rightarrow A_{M \times N},$$

де  $M$  – кількість рядків,  $N$  – кількість стовпчиків.

При комп'ютерному представленні полутонових растрових зображень у якості початку координат  $(x,y) = (0,0)$  використовується лівий верхній кут зображення.

Таким чином, функція яскравості пікселів набуває такої форми:

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}.$$

Правою частиною останньої рівності є цифрове зображення, що складається з окремих елементів – пікселів. При програмній цифровій обробці зображень використовується матрична форма представлення зображень:

$$A = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \dots & a_{0,N-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \dots & a_{1,N-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{M-1,0} & a_{M-1,1} & \dots & a_{M-1,N-1} \end{bmatrix}.$$

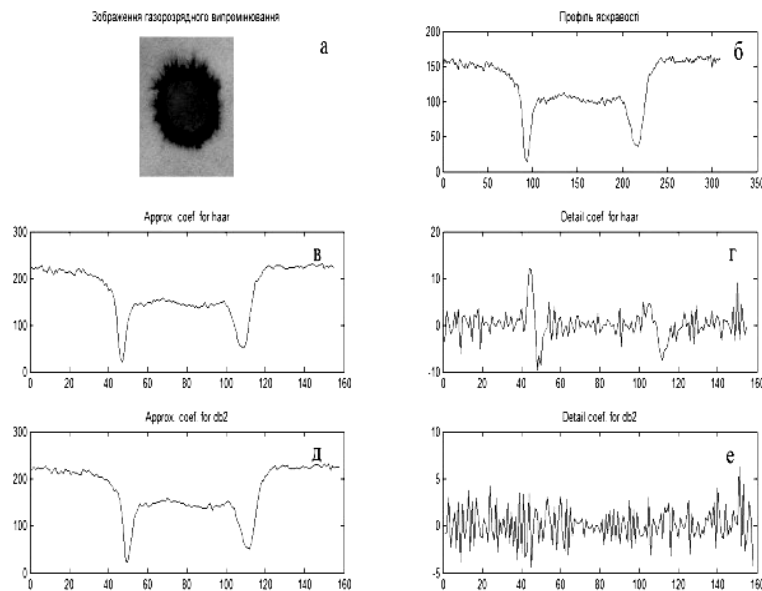


Рис. 1. Вейвлет-аналіз профілю яскравості зображення газорозрядного випромінювання зразка водопровідної води: а – вихідне зображення газорозрядного випромінювання; б – профілю яскравості; в, г – вейвлет-розкладання на основі вейвлету Хаара; д, е – вейвлет-розкладання на основі вейвлету Добеши

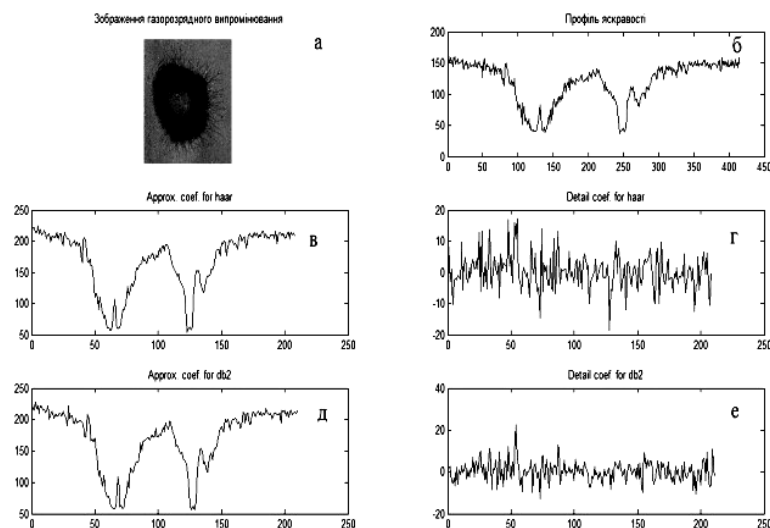


Рис. 2. Вейвлет-аналіз профілю яскравості зображення газорозрядного випромінювання зразка природної води з джерела «Софіївка»

Для деталізації при виявленні характерних ознак (паттернів) світіння, що обумовлено різними фізико-хімічними властивостями зразків води, використаний апарат вейвлет-аналізу.

У порівнянні з традиційними методами обробки сигналів та зображень із застосуванням перетворення Фур'є вейвлет-аналіз у багатьох прикладних галузях демонструє більш високу інформативність результатів, гнучкість алгоритмів, можливість обробляти тонкі особливості сигналів та зображень, недоступні для виявлення та ідентифікації при класичних методах обробки.

Просторове розрішення визначається процедурою дискретизації при перетворенні аналогового виду представлення зображення в цифрову форму. Розрішенням за яскравістю (полутоновим розрішенням) називається найменша зміна яскравості, що для сучасної комп'ютерної техніки дорівнює певній степені числа 2. Найбільш поширеним варіантом представлення є 8-бітове для полутонових растрових зображень, що відповідає 256 градаціям від чорного до білого кольору, включаючи проміжні значення градацій сірого.

Вейвлет-аналіз цифрових зображень газорозрядного світіння застосовується до функціональної залежності, яка представляє собою профілю яскравості пікселів уздовж прямої лінії. Для максимального ступеня охоплення деталей зображення – корони світіння, стримерів, внутрішнього кола – побудова профілю яскравості реалізована від верхнього кута зображення  $f(0,0)$  до нижнього  $f(M-1, N-1)$ , тобто охоплено усі пікселі, розташовані на діагоналі матриці  $A$ .

На графіку профілю яскравості (рис. 1, б та 2, б) по осі абсцис позначено координату, по вісі ординат – значення яскравості пікселів уздовж обраного напрямку профілю.

Порівняльний аналіз рис. 1 та 2 наявно демонструє відмінності у зображеннях газорозрядного світіння води водопровідної та природної. У водопровідної води корона світіння вузька з нечіткими «розмитими» стримерами.

Для природної води характерна більш широка подвійна корона з явно вираженими «гіллястими» стримерами.

Операція прямого неперервного вейвлет-перетворення виконується за правилом:

$$W_f(a, b) = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^* \left( \frac{t-b}{a} \right) dt,$$

де  $a$  та  $b$  – параметри, які визначають відповідно масштаб та зміщення функції  $\psi$ ;  $\psi$  – аналізуючий вейвлет;  $*$  – символ комплексного спряження;  $f(x)$  – досліджувана функція (вихідні дані для перетворення або аналізу);  $W_f(a, b)$  – набір вейвлет-коефіцієнтів.

Таким чином, вейвлет-перетворення (wavelet transform) розбиває дані або функції на складові з різними частотами, кожна з яких на наступному етапі може бути вивчена з іншим розрішенням, тобто масштабом [4]. Метод заснований на фундаментальній концепції представлення довільних функцій на основі здвигов та масштабувань однієї локалізованої хвилі (вейвлет-функції).

Оскільки у контексті розв'язання завдання цифрової обробки зображень вихідна досліджувана функція  $f(x)$  – крива профілю яскравості є дискретною, тобто складається з обмеженої послідовності окремих значень яскравості пікселів уздовж прямої  $f_k = f(t_k)$ , то при такому характері вхідної послідовності використовується вейвлет-перетворення:

$$W_A(a, b) = \frac{1}{n(a, b)} \sum_{k=0}^{N-1} f_k \psi^* \left( \frac{t_k - b}{a} \right).$$

Для аналізу особливостей кривої профілю яскравості застосовано обчислення апроксимуючих та деталізуючих коефіцієнтів різних рівнів вейвлет-перетворення функції. Коефіцієнти отримаємо шляхом операції згортки вихідної послідовності з фільтром розкладання низьких частот для апроксимації та з фільтром розкладання високих частот для деталізації (рис. 1 та 2, в – е). При розкладанні використано вейвлети Хаара та Добеши [4].

## Висновки

Розкладання вихідної послідовності на окремі складові при вейвлет-перетворенні ефективно використовується для виділення характерних ознак зображень. При апроксимації сигналу (рис. 1 та 2, в, д) спостерігаються загальні зміни яскравості пікселів уздовж діагоналі. Параметризація на цьому етапі можлива завдяки кількісній оцінці ширини корони світіння на основі аналізу зміни яскравості пікселів.

Для водопровідної води достатньо «гострі» мінімуми на цих графіках вказують на вузьку розмиту корону. Локалізація особливостей цифрового зображення газорозрядного випромінювання, яка проявляється як «гіллястість» корони світіння, ефективно досліджується при підвищенні рівня деталізації (рис. 1 та 2, г, е). Для природної води у порівнянні з водопровідною характерно зростання як частот, так і амплітуд високочастотної складової функції, що описує зміну яскравостей за обраним профілем. Вейвлет-аналіз забезпечує виділення з кривої профілю яскравості пікселів компонентів різних масштабів так, що кожний окремий елемент можна аналізувати з тим ступенем детальності, який відповідає його масштабу. Завдяки цим властивостям підвищується достовірність аналізу зображень газорозрядного світіння рідиннофазних об'єктів, знижується роль суб'єктивних вкладів при експертному аналізі.

## Список літератури

1. Краснобрыжев В.Г. Квантовые эффекты в природной воде / В.Г. Краснобрыжев, М.В. Курик // Квантовая магия. – 2010. – Т. 7, вып. 4. – С. 4132-4138.
2. Курик М.В. Кирлианграфия питьевой воды [Текст] / М.В. Курик, В.Н. Лапицкий, Л.А. Песоцкая // Сознание и физическая реальность. – 2010. – Т. 15, № 12. – С. 25-32.
3. Спосіб оцінки енергоінформаційного стану рідиннофазного об'єкту і пристрій для його здійснення [Текст]: пат. 22212 України на корисну модель / Л.А. Песоцка, В.М. Лапицький, К.І. Боцман, С.В. Геращенко; заявл. 17.04.06; опубл. 50.04.07, Бюл. № 5.
4. Daubechies I. Ten Lectures on Wavelets [Текст] / I. Daubechies. – MIAN, Philadelphia, 1992.

Надійшла до редколегії 2.12.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.І. Михальов, Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ.

## МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ И ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ГАЗОРАЗРЯДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Н.В. Глухова, Л.А. Песоцкая

Описан метод регистрации изображений газоразрядного излучения жидкофазных объектов в электромагнитном поле высокой напряженности, на основе которого изучены структурные особенности разных типов воды (водопроводной и природной). Предложен метод автоматизированной обработки изображений излучения с использованием математического аппарата вейвлет-анализа. Разработано методическое и программное обеспечение для построения вейвлет-разложения профиля яркости изображений на базе вейвлетов Добеши и Хаара. На основе обработки экспериментальных данных сделан вывод об эффективности выбранного инструментария для цифровой обработки изображений газоразрядного свечения.

**Ключевые слова:** жидкофазный объект, спектральный анализ, цифровая обработка изображений, вейвлет-анализ.

## METHODS OF REGISTRATION AND VEIVLET-ANALYSIS OF IMAGES OF GAS-UNLOADING RADIATION

N.V. Glukhova, L.A. Pesockaya

The method of registration of images of gas-unloading radiation of liquid-phase objects is described in the electromagnetic field of high tension, which the structural features of different types of water are studied on the basis of (plumbing and natural). The method of the automated processing of images of radiation is offered with the use of mathematical vehicle of veivlet-analysis. The methodical and programmatic providing is developed for the construction of veivlet-dissolution of type of brightness of images on a base veivлетов Dobeshi and Haar. On the basis of processing of experimental data a conclusion is done about efficiency of the chosen tool for the digital processing of images of gas-unloading luminescence.

**Keywords:** liquid-phase object, spectrology, digital processing of images, veivlet-analysis.