

Н. В. Глухова, к.т.н.

ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ З ТОЧКИ ЗОРУ ЇЇ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ

У роботі використаний експериментальний метод дослідження властивостей води, заснований на реєстрації зображень газорозрядного випромінювання рідиннофазних об'єктів в електромагнітному полі. Параметризація зображень реалізується на основі побудови гістограм яскравості, оцінки площі засвітки та фрактальної розмірності. Виявлено закономірності газорозрядного світіння при дослідженні зразків води чотирьох типів, які узгоджуються з сучасними теоретичними моделями щодо біологічних та квантових властивостей води.

Ключові слова: *якість води, газорозрядне випромінювання, цифрова обробка зображень, фрактальна розмірність.*

Вступ. Останні наукові досягнення в галузі вивчення властивостей води наявно демонструють той факт, що стандартні методи фізико-хімічного аналізу її складу характеризуються низкою обмежень. По-перше, використання класичних моделей води не забезпечує пояснення декількох десятків її аномальних властивостей. По-друге, експериментально підтверджено, що аналіз тільки хімічного складу води у вигляді кількісної оцінки низки параметрів є недостатнім для висновків щодо корисності води для біологічних систем.

Нормальні процеси життєдіяльності живих істот вимагають постійного протікання окислювально-відновлювальних реакцій та інших процесів обміну речовин та енергії, у яких вода грає ключову роль. Таким чином, виявляється актуальним питання оцінки якості води на основі досліджень не тільки фізико-хімічних, але й біологічних її характеристик.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження властивостей води є пріоритетним напрямом Українського інституту екології людини [1, 2]. Результатом проведених теоретичних та експериментальних науково-дослідних робіт є виділення окремих напрямків стосовно вивчення властивостей води: фізико-хімічний аналіз, оцінка біологічної активності води, дослідження квантових властивостей.

Біологічні властивості води обумовлені силами взаємодії усередині молекули та міжмолекулярними зв'язками. Саме такі фактори враховуються засобами квантової механіки. Група дослідників у лабораторії Rutherford Appleton Lab у Великобританії значну увагу приділяли вивченню квантових властивостей води у нанотрубках [3, 4].

Специфіка експерименту полягала у вимірюванні параметрів водного середовища, обме-

женого у просторі малих розмірів. Під час експериментальних досліджень властивостей води, розташованої у вуглецевих нанотрубках при кімнатній температурі, було виявлено суттєву різницю з класичною електростатичною моделлю води. Встановлено, що протони у водному середовищі нано розмірів мають зовсім інші властивості, ніж у більш великих об'єктах води.

Вчені прийшли до висновку, що для опису властивостей води в просторі з нано розмірами, необхідний якісно інший підхід. Додатково було висунуто припущення щодо існування квантової когерентності, яка розповсюджується через електронну мережу. Важливо зазначити, що фізики у Великобританії обрали для реалізації досліджень саме вуглецеві нанотрубки, оскільки вони є аналогом умов існування води у клітинах живих істот, наприклад, іонних каналів у мембранах клітин.

Під біологічною активністю води розуміють її властивість зниженого або підвищеного впливу на процеси життєдіяльності біологічних об'єктів, зокрема організму людини. Залежно від свого стану, вода може прискорювати або сповільнювати обмінні процеси у живих організмах. Таким чином, інформація про динаміку та характер зміни основних властивостей води або водних розчинів є обов'язковим підґрунтям для ефективного регулювання процесів життєдіяльності біологічних об'єктів.

Відомо, що мономолекулярну воду при нормальних умовах необхідно розглядати як асоційовану структуру, оскільки молекули води не існують як окремі елементи, а спонтанно пов'язуються одна з одною за рахунок сильних водневих зв'язків. У такому контексті фундаментального значення набуває поняття про важливість фазових переходів та їх ролі у життєдіяльності біологічних систем.

З позиції біологічних систем принциповою виявляється роль води у життєвих процесах у якості продукту та субстрату енергетичного метаболізму у живій клітині, тобто властивості води як розчинника, необхідного для протікання елементарних актів життєдіяльності на молекулярному рівні.

Під структурою води розуміють просторову організацію складових компонентів. Компоненти – окремі елементи структури – описують експериментально визначеними фізико-хімічними властивостями. Як фізичне середовище, вода має характерну структуру, яка визначає її фазову діаграму станів. На сьогоднішній день існує велике різноманіття моделей води, але їх основою є ствердження про наявність у її структурі як окремих незалежних молекул, так і поєднаних різними зв'язками кінетичних утворень, що підпорядковуються динамічним змінам, які обумовлюють наявність множини варіабельних станів води. Саме ці властивості дозволяють їй піддаватися зовнішнім впливам з подальшою суттєвою зміною властивостей [5].

У ході експериментальних досліджень встановлено, що такі фактори, як температура, вологість, ультразвук, магнітні поля, електромагнітні та акустичні хвилі, викликають реакцію у води та водних розчинів у вигляді зміни їх структурних, оптичних, кінетичних, магнітних та інших фізико-хімічних властивостей. У роботі [5] детально вивчено зміну електропровідності та рН дистильованої води при впливі електромагнітного поля фіксованої частоти. На основі виконаних досліджень робиться висновок, що зміна властивостей води при зовнішніх впливах пояснюється структурною перебудовою води.

Експериментально встановлено, що при впливі на зразки дистильованої води електромагнітного поля відбувається зниження електричного опору та підвищення рівня рН. Залежність електричного опору та рН має поліекстремальний характер. Енергія, що поглинається водою, витрачається на зміну енергії водневих зв'язків та зміцнення структури води. Структурні зміни води проявляються у спектральних характеристиках поглинання ІЧ-випромінювання, впорядкованість структури води оцінюється за напівшириною смуг ІЧ-спектрів поглинання. При впливі на воду електромагнітних полів зміщення смуги поглинання у ІЧ-спектрах у бік зниження викликано зміцненням міжмолекулярних водневих зв'язків. Автори досліджень підкреслюють, що звуження смуг поглинання слід розглядати як процес зростання ступеня структурованості води в асоціатах. Таким чином виявляються закономірності структурної перебудови каркасів водне-

вих зв'язків вільної води з паралельною делокалізацією електронних збуджень та переносами зарядів у координатній сітці.

Постановка завдання. З огляду останніх досягнень в галузі вивчення властивостей води виявляється, що теоретичні та експериментальні її дослідження відбуваються за різними напрямками у певних галузях науки (фізика, хімія, біологія, екологія, медицина). На сьогоднішній день не сформовано цілісний підхід, який отримав би загальне визнання з точки зору різних наукових напрямів.

Експериментальні дослідження за останні 2-3 роки вказують на невідповідність існуючих класичних електростатичних моделей води її властивостям, які проявляються у нано розмірах для міжклітинної води в організмах живих істот.

Метою досліджень, які викладаються у рамках статті, є розробка методики, алгоритмів та програмного забезпечення для реалізації методу експрес-оцінки стану води з точки зору її біологічних властивостей.

Для реалізації поставленої мети вирішено наступні завдання: цифрова обробка зображень газорозрядного випромінювання рідиннофазних об'єктів в електромагнітному полі; статистична обробка вибірок зображень; виявлення таких закономірностей та специфічних параметрів (паттернів) зображень газорозрядного випромінювання, які пов'язані саме з біологічними властивостями води.

Матеріали та методи досліджень біологічних властивостей води. Теоретично доказано, що вода у некогерентному стані (еталоном такого типу води виступає дистильована) здатна формувати незначний відгук на зовнішні впливи. Таким чином, реакція зразка води на зовнішній вплив у вигляді електромагнітного поля, є підставою для непрямого експериментального визначення ступеня когерентності та біологічної активності води.

Шляхом поширення спектра електромагнітного впливу у режимі збудження газорозрядного випромінювання дослідного зразка будується картина зображення, на основі кореляції параметрів якого зі змінами складу водного розчину, здійснюється аналіз стану водного середовища [6, 7]. Під час взаємодії краплі рідини з електромагнітним полем через неї протікає електричний струм, за рахунок протікання якого через газовий прошарок виникає іонізація оточуючого газу, що супроводжується світінням (ефект Кірліан).

У роботі представлено результати дослідження різних типів води (дистильованої, водопровідної, природної, з монастирських джерел). Для реєстрації зображень використаний метод

класичної кірліан-фотографії на приладі РЕК-1, розробленим УкрНДІ технологій машинобудування та ДВНЗ «Національний гірничий університет».

Прилад відповідає вимогам ГОСТ 20790, ГОСТ 15150, ДСТУ 3798, ГОСТ 12.2.025, технічним умовам та комплекту технічної документації УЗ3.1.14311577000-2005.

Прилад має наступні технічні характеристики. Амплітуда імпульсу експозиційного струму в колі з досліджуваним об'єктом забезпечується в інтервалі від 5 до 10 мА. Критерієм працездатності приладу є знаходження амплітуди імпульсу струму в дослідному колі в цих межах. Тривалість імпульсу експозиційного струму в колі складає не більше 10 мкс. Критерієм відмови є зменшення амплітуди імпульсу струму в колі менше 5 мА.

Конструктивно реєстратор виконаний у вигляді приладу настільного виконання. В підставі корпусу розташовано плату управління з радіоелементами, пристроями комутації та сигналізації. На кришці реєстратора встановлено робочий електрод з фольгованого гетинаксу. Зверху над робочим електродом розташовано направляючий кондуктор. В основу роботи реєстратора РЕК-1 покладено ударне збудження контуру, який складається з індуктивності вторинної обмотки узгоджувального контуру та ємності навантаження, що підключено до неї.

Утворені при цьому імпульси збудження забезпечують протікання струму через буферний

резистор, робочий електрод, ланцюг з об'єктом досліджень та пасивний електрод.

Реєстратор газорозрядного випромінювання містить плоский високовольтний електрод, на якому розміщується фотоматеріал, 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 електромагнітного 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.

На рис. 1 представлено зображення та відповідні гістограми яскравості пікселів для досліджуваних зразків води. Максимум амплітуди в гістограмі яскравості відповідає фону рентгеновської плівки. Для чистої води без домішок він виявляється єдиним екстремумом для графіку гістограми яскравості зображення. Для води з присутністю домішок гістограма є багатомодальною. Для водопровідної води внутрішнє коло світіння має суттєво виражену зернисту структуру, що характеризує недостатній ступінь її очистки. На рис. 2-5 показано результати дослідження чотирьох різних типів води методом реєстрації газорозрядного світіння на рентгеновській плівці. Праворуч на кожному рисунку наведено зображення після виконання операції бінаризації напівтонового растрового зображення.

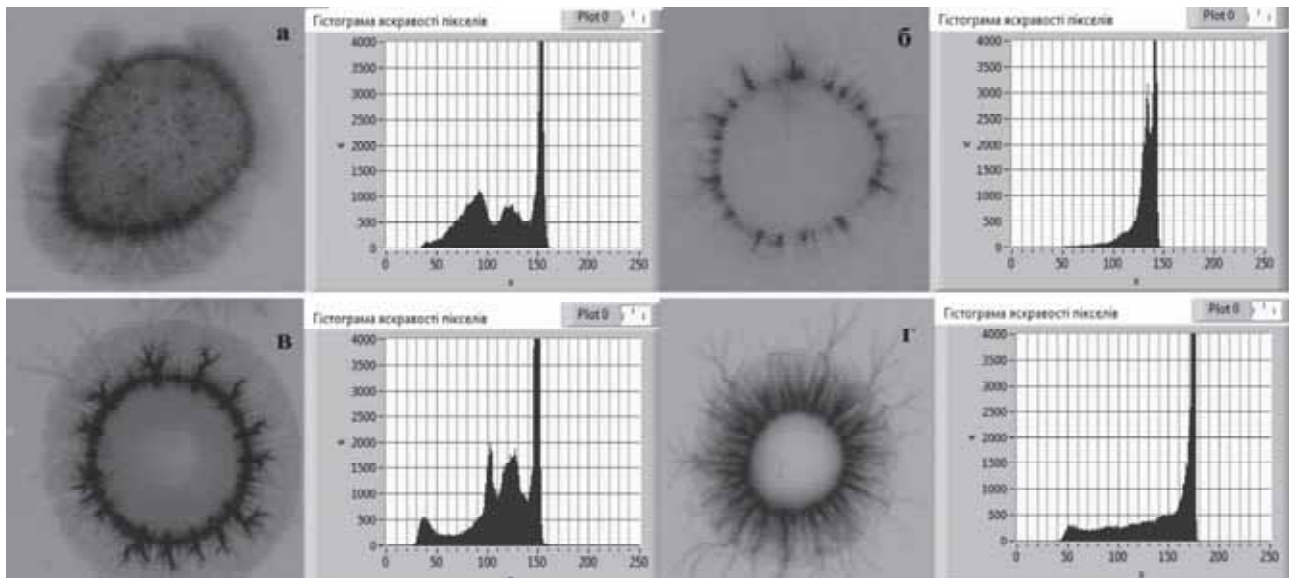


Рисунок 1 – Аналіз зображень зразків води: а – водопровідна, б – дистильована, в – природна, г – з монастирського джерела (ліворуч – зображення газорозрядного випромінювання на рентгеновській плівці, праворуч – гістограма яскравості пікселів)

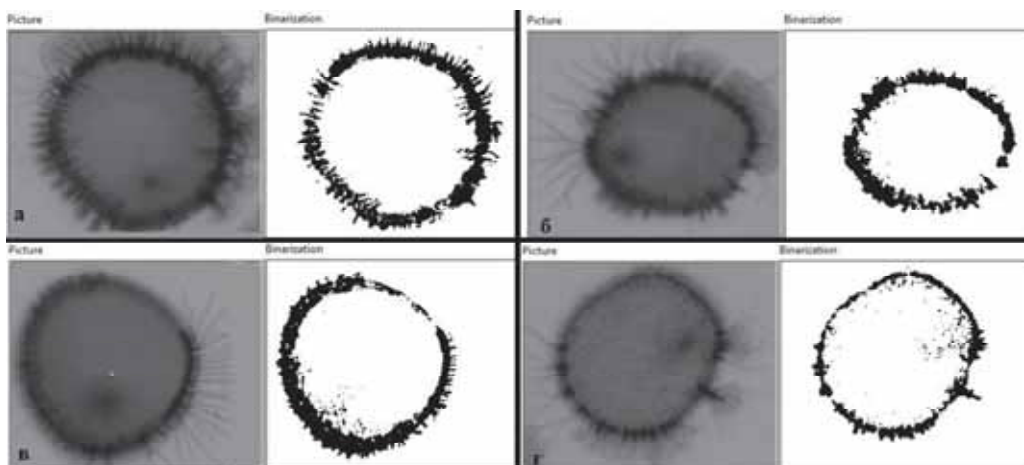


Рисунок 2 – Зображення газорозрядного випромінювання для зразків водопровідної води (ліворуч – зображення газорозрядного випромінювання на рентгенівській плівці, праворуч – бінаризоване зображення)

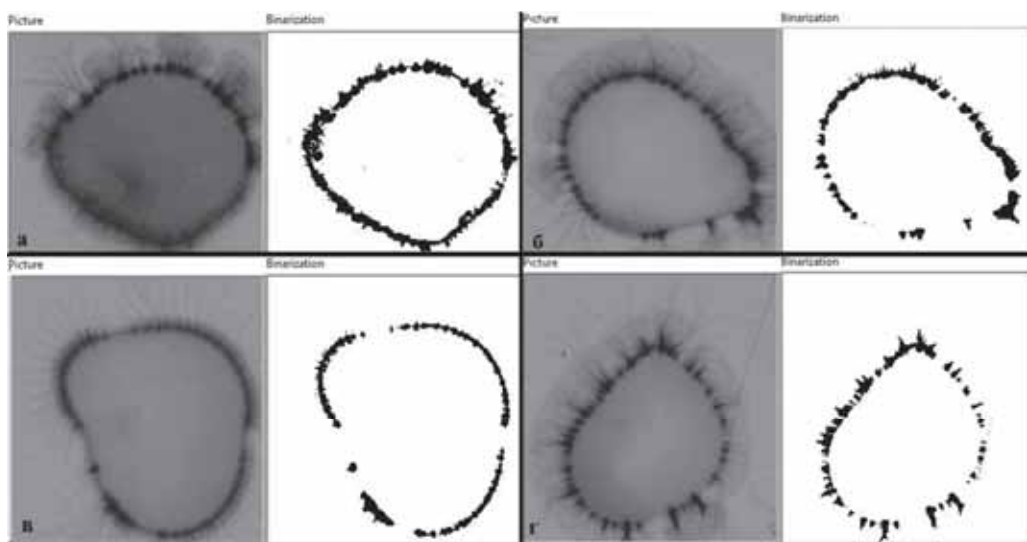


Рисунок 3 – Зображення газорозрядного випромінювання для зразків дистильованої води (ліворуч – зображення газорозрядного випромінювання на рентгенівській плівці, праворуч – бінаризоване зображення)

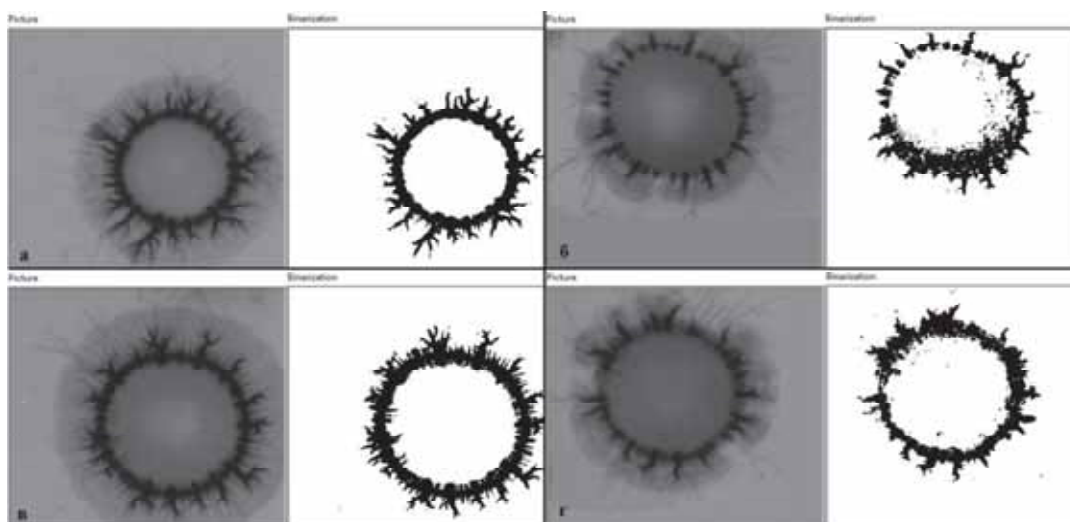


Рисунок 4 – Зображення газорозрядного випромінювання для зразків природної води (ліворуч – зображення газорозрядного випромінювання на рентгенівській плівці, праворуч – бінаризоване зображення)

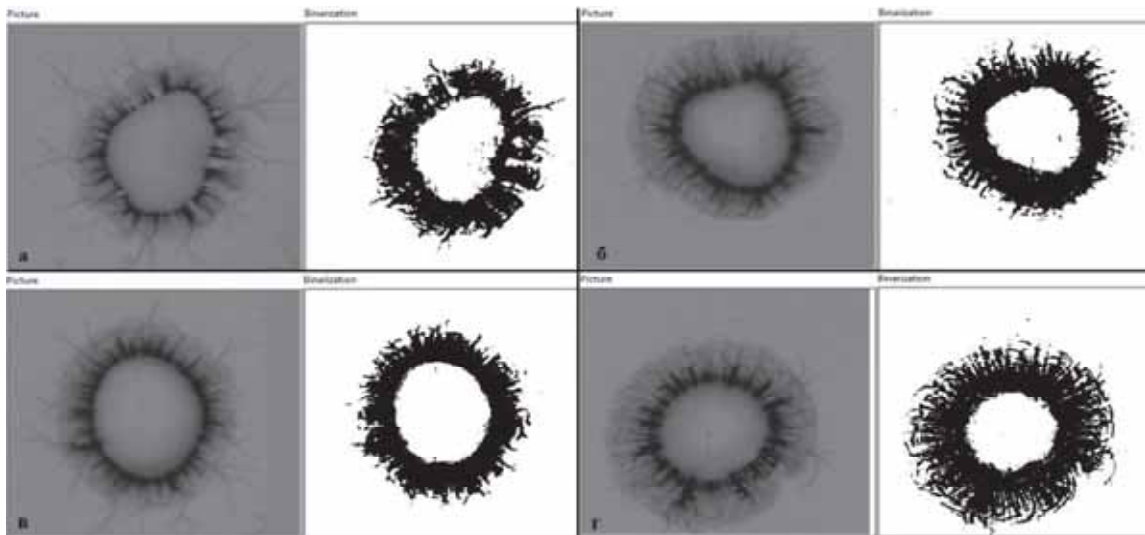


Рисунок 5 – Зображення газорозрядного випромінювання для зразків води з монастирських джерел (ліворуч – зображення газорозрядного випромінювання на рентгенівській плівці, праворуч – бінаризоване зображення)

Операція бінаризації відноситься до просторових процедур обробки зображень. Під просторовою областю розуміють множину пікселів, які утворюють зображення. Просторові процедури передбачають операції безпосередньо зі значеннями яскравості пікселів та можуть у загальному випадку бути описані на основі рівняння:

$$g(x, y) = T[f(x, y)],$$

де $f(x, y)$ – вхідне зображення; $g(x, y)$ – вихідне зображення після процедури обробки; T – оператор, визначений у певній околиці точки (x, y) .

Зазвичай у якості околиці використовується квадратна або прямокутна область, тобто підмножина зображення з центром у точці з координатами (x, y) . Найпростішим випадком є використання оператора T до околиці розміром 1×1 , тоді g залежить тільки від значення f у точці (x, y) , тобто обробці підлягає один піксель. У такому випадку оператор T називають функцією градаційного перетворення, функцією перетворення інтенсивностей або функцією відображення, що аналітично описується як [8]:

$$s = T(r),$$

де r та s – змінні, які відповідають значенням яскравості вхідного $f(x, y)$ та вихідного $g(x, y)$ зображень для кожної окремої точки (x, y) .

Функції градаційного перетворення використовуються для підвищення контрастності зоб-

ражень, також для затемнення пікселів зі значеннями яскравості менш, ніж обране порогове значення m та підвищенні яскравості для пікселів з яскравістю більш, ніж m . При підсиленні контрасту значення r менше m при наближенні до рівня чорного кольору стискаються у вузький діапазон s , для значень r більших m – навпаки. Бінаризація відбувається у граничному випадку, у результаті чого отримуємо двоградацийне бінарне зображення за певною пороговою функцією. Порогове значення при обробці зображень газорозрядного світіння зразків води обиралося таким, щоб забезпечити усунення від аналізу області фону та області внутрішнього кола світіння.

Операція бінаризації напівтонового растрового зображення є першим необхідним кроком для оцінки фрактальної розмірності. Метод оцінки фрактальної розмірності є операцією параметризації зображення, яка дозволяє оцінити характер самоподібності природного об'єкта або характеристик зафіксованого явища [9]. Для оцінки фрактальної розмірності бінаризованих зображень газорозрядного випромінювання зразків води використаний алгоритм *box counting* [10].

Результати та їх обговорення. Енергія випромінювання для водопровідної та дистильованої води значно менша, ніж для води з природних або монастирських джерел. Даний параметр можна кількісно оцінити шляхом обчислення кількості пікселів, які відповідають площі засвітки, тобто кількості чорних пікселів при бінаризації. Результат обчислення кількості пікселів, які є характеристикою площі засвітки, наведено у табл.1 відповідно до води різних типів (водопровідна, дистильована, природна, монастирська), кірліанограми яких представлено на рис. 2-5.

Таблиця 1 – Характеристики площі засвітки для зразків води чотирьох типів

Рисунок/тип води	Водопровідна	Дистильована	Природна	Монастирська
а	9415	4685	11019	20342
б	6569	3646	10612	21941
в	8463	3096	15287	19044
г	9072	3016	11515	28387

Найменша площа засвітки, яка є основною інтегральною характеристикою корони світіння, проявлена для зразків дистильованої води. Дистильована вода в аспекті класичного фізико-хімічного аналізу виявляється максимально очищеною від домішок. З точки зору квантової електродинаміки, дистильована вода містить у своєму складі когерентні домени, але вони не утворюють між собою спільної когерентності. Саме тому вода з такою структурою не може виступати у ролі приймача зовнішніх сигналів та не здатна генерувати суттєвий відгук. У випадку активного вимірювального експерименту, в ході якого вода піддається впливу зовнішнього електромагнітного поля, зразки дистильованої води формують слабку корону світіння, що є експериментальним підтвердженням наведених вище теоретичних припущень.

Для водопровідної та води з природних джерел площа засвітки в цілому близькі за кількісним значенням, але для зразків природної вона більша. Однак при аналізі водопровідної води слід звернути увагу на більш темне, з зернистими включеннями, внутрішнє коло світіння. Темний неоднорідний колір внутрішнього кола свідчить про наявність забруднення зразків води різними домішками у порівнянні з природною.

Суттєво більші за кількісними значеннями виявляються оцінки площі засвітки для води з монастирських джерел.

Для зображень газорозрядного випромінювання додатково кількісно оцінено фрактальну розмірність. Результати розрахунків для кірліан зображень семи зразків кожного типу води наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Фрактальна розмірність для кірліаногам (оцінка реалізована на базі алгоритму *box counting*)

Тип/номер зразка води	1	2	3	4	5	6	7	Середнє арифметичне значення
Водопровідна	1,355	1,4168	1,3078	1,4238	1,3155	1,3109	1,232	1,354967
Дистильована	1,1428	1,3259	1,3229	1,1401	1,1078	1,2299	1,1716	1,205857
Природна	1,3615	1,3244	1,6598	1,4951	1,5932	1,41	1,4697	1,473386
Монастирська	1,4111	1,5316	1,5943	1,5109	1,514	1,5765	1,579	1,531057

Висновки

При реєстрації на чутливому елементі (рентгенівській фотоплівці) картини розповсюдження газового розряду навколо досліджуваного зразку води відбувається фіксація випромінювання, підсиленого за рахунок зовнішнього імпульсного електромагнітного впливу.

Під час активного вимірювального експерименту зразок досліджуваної рідиннофазної речовини виступає як *джерело випромінювання*, потужність якого підсилюється завдяки наведенню зовнішнього поля. Аналіз картини розповсюдження газового розряду може проводитися за *інтегральними* та окремими *деталізуючими* показниками.

Інтегральною характеристикою відгуку досліджуваного об'єкту та загальної енергії випромінювання виступає площа засвітки. Це пара-

метр, який кількісно оцінюється як сумарне число пікселів чорного кольору для зображення негативу. Аналіз деталей зображення, зокрема, геометрії розповсюдження окремих розрядів на сенсорній поверхні рентгенівської плівки, реалізований на основі оцінки *фрактальної розмірності*, яка у даному випадку виступає мірою рівномірності заповнення простору навколо зразка стримерами та їх самоподібності.

Отримані у роботі експериментальні дані, які стосуються дослідження зразків води чотирьох типів, узгоджуються з сучасними теоретичними моделями щодо квантових та біологічних властивостей води, зокрема з представленнями про структуру води як сукупності когерентних доменів.

Список використаних джерел

1. Краснобрыжев, В.Г. Квантовые эффекты в природной воде [Текст] / В.Г.Краснобрыжев, М.В. Курик // Квантовая Магия. 2010. – Том 7. – № 4, С. 4132-4138.
2. Курик, М.В. Кірліанографічне оцінювання біодоступності речовини [Текст]/ М.В. Курик, Л.А. Пісоцька, Н.В. Глухова, А.І. Горова, О.А. Борисовська, А.В. Павлішин // Медична інформатика та інженерія. – 2013. - №2. – С. 37-41.
3. Reiter, G. F. Anomalous Ground State of the Electrons in Nanoconfined Water [Text] / G. F. Reiter, Aniruddha Deb, Y. Sakurai, M. Itou, V. G. Krishnan, S. J. Paddison // Physical review letters. - №7. - 2013.
4. Mayers, J. Spurious indications of energetic consequences of decoherence at short times for scattering from open quantum systems [Text]/ J. Mayers, G. Reiter. AIP ADVANCES. – N. 2. – 2012.
5. Бессонова, А.П. Влияние высокочастотного электромагнитного поля на физико-химические свойства воды и ее спектральные характеристики [Текст] / А.П. Бессонова, И.Е. Стась // Ползуновский вестник. – 2008. – Вып. 3. – С. 305-309.
6. Песоцкая, Л.А. Методика оценки биологической активности воды [Текст] / Л.А. Песоцкая, Н.М. Евдокименко, Н.В. Глухова, Ю.Э. Удовенко, В.Н. Лапицкий // Вопросы химии и химической технологии. – 2013, №1, с. 151-153.
7. Глухова, Н.В. Спосіб експрес-оцінки стану рідиннофазного об'єкта // Глухова Н.В., Пісоцька Л.А., Горова А.І., Патент на кор.модель. Пат. 86701 Україна: МПК G-1N 21/17. Заявлено 25.06.2013; опубл. 10.01.2014.
8. Gonzalez, R. Digital Image Processing [Text] // Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. Prentice Hall, New Jersey, 2001, – P. 190.
9. Yuxin, L. Image feature extraction and segmentation using fractal dimension [Text] // Yuxin Liu, Yanda Li / IEEE. – 2007. – vol. 2. – pp. 975-979.
10. Long, M. A Box-counting method with adaptable box height for measuring the fractal feature of images [Text] // Min Long, Fei Peng / Radioengineering. – 2013. – vol. 22. – no.1. – pp. 208-213.

Надійшла до редакції 18.11.2014

Рецензент: д.т.н., професор Корсун В.І., ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ.

Н. В. Глухова, к.т.н.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЕЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

В работе использован экспериментальный метод исследования свойств воды, основанный на регистрации изображений газоразрядного излучения жидкофазных объектов в электромагнитном поле. Параметризация изображений реализуется на основе построения гистограммы яркости, оценки площади засветки и фрактальной размерности. Выявлены закономерности газоразрядного свечения образцов воды четырех типов, которые согласуются с современными теоретическими моделями биологических и квантовых свойств воды.

Ключевые слова: качество воды, газоразрядное излучение, цифровая обработка изображений, фрактальная размерность.

N. V. Glukhova, PhD

WATER QUALITY EVALUATION FROM THE BIOACTIVITY POINT OF VIEW

In work used experimental methods to study the properties of water, based on the registration of images of gas-discharge radiation of liquid phase objects in the electromagnetic field. Parametrization of images is realized on the basis of the brightness histogram, area estimation of exposure and the fractal dimension. The regularities of gas discharge glow of water samples of four types, which are consistent with current theoretical models of biological and quantum properties of water.

Keywords: water quality, gas discharge radiation, digital image processing, fractal dimension.