

3.3 Комп'ютерно-інтегрована технологія аналізу когерентних властивостей води

Сучасний стан проблеми екологічного моніторингу параметрів гідросфери є ключовим завданням для багатьох галузей виробництва та у сільськогосподарській сфері. На сьогоднішній день розроблено та активно використовується на практиці широкий спектр методів фізичного та хімічного аналізу стану та властивостей води. Однак, отримання окремих кількісних показників хімічного складу і фізичних властивостей води не дозволяють говорити про ефективний моніторинг та управління якістю води, що використовується в промисловості та сільському господарстві.

Найважливішим завданням сільськогосподарської науки та біології, зокрема, є вивчення оптимальних умов підвищення врожайності культур, їх стійкості до несприятливих факторів. У вирішенні цього питання важливе значення має стан природних водних джерел.

Сучасне наукове дослідження властивостей води не можливо без вивчення її когерентного стану, який має вплив на біологію живого [142]. Вплив щільної земної матерії на воду визначає її фізико-хімічні властивості, доступні вивченню відомими фізичними методами (електропровідність, розчинність домішок, ОВП, рН тощо). Проте, вони не виявляють характеристик енергоелектричних взаємін наноструктур води, зумовлених слабкими польовими взаємодіями [143, 144]. Однак саме з останніми пов'язана активність води в живих системах [145].

Слабко упорядковані частини води з високою ентропією, використовуючи енергію навколишнього середовища, перетворюють воду на високоструктуровану з високою енергетикою і низькою ентропією. Передбачається, що цей механізм є основою квантового спонтанного синтезу дисипативних структур, які експериментально спостерігаються у воді [146].

Нещодавно розроблені моделі кластеризації рідкої води теоретично підтвердили, що утворення упорядкованих структур у воді залежить від формування дисипативних структур з квантовими полями зчеплення. В

результаті відповідних процесів молекулярний хаос перетворюється на когерентний стан з упорядкованою структурою через спонтанну самоорганізацію, обумовлену зниженням ентропії. Експериментально доведено, що вживання здоровою людиною когерентної мінеральної води покращує зв'язаність в упорядкований стан рідини в організмі та фізіологічно відновлює функцію серця. Утворення впорядкованих структур у воді залежить від формування дисипативних структур, у яких передбачені квантові поля зчеплення [147].

Опосередковане експериментальне вимірювання когерентних властивостей води можна реалізувати на базі аналізу її природного світіння, що активізується в електромагнітному полі високої напруги, цей фізичний ефект відомий як явище газорозрядного випромінювання [148, 149].

У рамках попередніх експериментальних досліджень якості води вивчалися зображення газорозрядного (кірліанівського) випромінювання води на рентгенівській плівці з метою оцінки її когерентних властивостей [150-155]. На базі застосування інструментарію сучасної цифрової обробки даних були визначені інтегральні параметри гістограми яскравості світіння за її піддіапазонами, у тому числі медіана яскравості світіння та різниці медіан між ними. Останні, на наш погляд, не відображають у достовірному ступені стану квантових полів зчеплення, які як раз і визначають біологічні властивості води.

Загальний аналіз квантових переходів вимагає вищого рівня деталізації математичної обробки, поряд з оцінкою швидкості зміни процесу фазового переходу, що паралельно дозволить оцінити параметри його прискорення, які відображають відносини показників. Метою подальших наукових досліджень було дослідження параметрів відношення різниць медіан зображень газорозрядного випромінювання когерентної води порівняно з контрольними зразками.

Рішення низки зазначених вище завдань реєстрації та аналізу експериментальних даних у вигляді зображень на етапі розвитку науки і техніки може бути реалізовано на базі сучасних комп'ютерно-інтегрованих технологій.

При вирішенні завдання встановлення, аналізу та інтерпретації геометричних і фотометричних показників зображень газорозрядного випромінювання у кількісній формі необхідна розробка прикладного програмного забезпечення, яке дозволить автоматизувати зазначені процеси обробки і аналізу зображень.

Таким чином, у контексті вирішення даного завдання аналізу експериментальних даних у вигляді зображень, комп'ютерно-інтегрована технологія повинна виконувати функції підвищення ефективності обробки результатів активного експерименту у рамках дослідження біологічних (у тому числі когерентних) властивостей води, призначеної для подальшого використання у сфері сільського господарства.

З метрологічної точки зору вимірювальні експерименти поділяються на пасивні та активні. Пасивний експеримент полягає у реєстрації вимірювальної інформації без впливу на об'єкт досліджень, тобто без зворотного зв'язку. Активний експеримент передбачає вплив на об'єкт досліджень у процесі вимірювального експерименту. У даному випадку у якості зовнішнього впливу на об'єкт досліджень (зразок води) використовується електромагнітне поле, яке формується спеціальним генератором. У якості сенсору виступає або рентгенівська плівка (в аналоговому варіанті реалізації приладу), або ПЗС-матриця (для впровадження цифрової реєстрації зображення газорозрядного випромінювання).

При використанні будь-якого з двох варіантів, отримане зображення вводиться в комп'ютер для подальшої обробки та аналізу. При аналоговій формі реєстрації первинного зображення випромінювання, коли сенсором виступає рентгенівська плівка, комп'ютерно-інтегрована технологія додатково включає блок оцифровки зображення.

У процесі досліджень на базі застосування запропонованої комп'ютерно-інтегрованої технології було виконано реєстрацію зображень газорозрядного випромінювання для вибірок по 50 крапель контрольних та експериментальних зразків води.

У цій серії експериментів як сенсор використовували рентгенівську плівку, прилад із приставкою для рідкофазних об'єктів, розроблений на експериментальному приладі «Кірліограф» [156, 157]. При формуванні контрольних зразків використовували дистильовану воду (ДВ) і природну питну воду (ПВ).

Одержання спінового когерентного стану води реалізовано на базі спеціальної системи, описаної в роботі [158]. На основі застосування даної системи створювався когерентний стан контрольних зразків з різною спіноюю спрямованістю - правою (+) і лівою (-) та різним ступенем когерентності (1, 2, 3).

У складі комп'ютерно-інтегрованої технології для аналізу стану рідиннофазних об'єктів використовується база зображень газорозрядного випромінювання для кількох типів води. Як типові води (ТВ) були використані наступні її різновиди:

- дистильована вода (тип 1),
- водопровідна вода (в/в, тип 2),
- природна вода поза монастирями (тип 3),
- функціональна (вода із територій монастирів - монастирська, тип 4).

При побудові комп'ютерної системи автоматизованої класифікації за типами води як основний спосіб для порівняння геометричних і фотометричних (яскравісних) характеристик зображень використовувалася побудова гістограм.

Зображення газорозрядного випромінювання крапель води, в кількості 50 для кожного експериментального зразка, оцифровували і за гістограмами яскравості корони світіння (ЯКС) розраховували значення евклідової відстані для медіан (ЕРМ) висот стовпців гістограми, а також евклідової відстані різниць медіан (ЕРРМ) величинами властивостей типових вод. Найменші значення евклідової відстані вказують на максимальну близькість досліджуваного зразка одному з типових класів води.

У рамках подальших досліджень додатково розраховували відносини різниць медіан яскравості газорозрядного світіння зразків контрольної дистильованої та когерентної води на ній. Усі піддіапазони (ПД) зсунуті на один більше порівняно

з нумерацією для медіан яскравості світіння, оскільки відображають відношення різниць величин наступного ПД щодо попереднього.

У табл. 1 та діаграмах (рис.1,2) представлені результати комп'ютерного аналізу параметрів гістограм яскравості газорозрядного зображення контрольного зразка дистильованої води та когерентної води трьох ступенів після її (+) та (-) поляризації. Рис. 1, 2 візуально відображають відношення різниць медіан яскравості газорозрядного світіння зображення для кожного з 12 піддіапазонів гістограми.

У загальному випадку, гістограма зображення є ступінчастою фігурою, яка дає наочне графічне уявлення розподілу кількості пікселів, відповідних певній яскравості. Гістограма може бути побудована як для кольорового зображення, так і для чорно-білого, півтонового.

Оскільки в даному експериментальному дослідженні у якості сенсору використовувалася рентгенівська плівка, то гістограма була отримана для півтонового зображення. У даний час стандартні пакети прикладних програм для побудови гістограм забезпечують її побудову для 256 різних відтінків яскравості (півтонів). Однак, в даній комп'ютерно-інтегрованій технології цифрового аналізу зображень газорозрядного випромінювання використовується модифікований варіант побудови та вилучення кількісних показників гістограми [159-160], в якому кількість стовпців скорочено до 12, що дозволило суттєво оптимізувати обсяг обчислювальних операцій, а також виконати усереднення показників яскравості за рахунок використання у розрахунках медіан.

Таблиця 1. Відносини різниць медіан яскравості газорозрядного випромінювання зразків контрольної дистильованої та когерентної води на ній

№ ПД/зразки	КДВ	КГД(+1)	КГД(+2)	КГД(+3)	КГД(-1)	КГД(-2)	КГД(-3)
3	61			69,14649		2,23162	
4	1,02186	22,10815	-0,69105	-0,57106	-0,33321	-0,93355	4,18508
5	2,18769	-0,40599	0,05966	0,22582	0,62138	0,11274	-0,78483

Продовження таблиці 1.

6	3,41772	-2,64218	-7,47319	-2,46285	-2,98305	-2,83488	-0,02508
7	7,84609	-0,80314	2,02387	5,78262	0,71291	4,26619	53,88423
8	1,27441	0,38783	2,20964	0,12556	-0,04274	1,35639	-0,24004
9	-1,93872	0,24973	-1,62560	-10,41745	39,35681	-1,11257	-2,13030
10	0,00202	5,18649	0,15061	0,12360	1,02327	0,92984	-1,91901

Примітка: КДВ – контрольна дистильована вода, КГД – когерентна дистильована вода.

Аналіз отриманих результатів представлено у табл. 2. Виявляли відмінності експериментальних зразків щодо наявності збільшення або зменшення швидкості зміни різниці медіан, їх піку.

У контрольному зразку дистильованої води (ДВ) спостерігається різке збільшення відношення різниць медіан (ОРМ) з піком у 5-му піддіапазоні (ПД), у подальшому з рівномірним незначним їх збільшенням до 8-го та великим збільшенням у 9-му піддіапазоні.

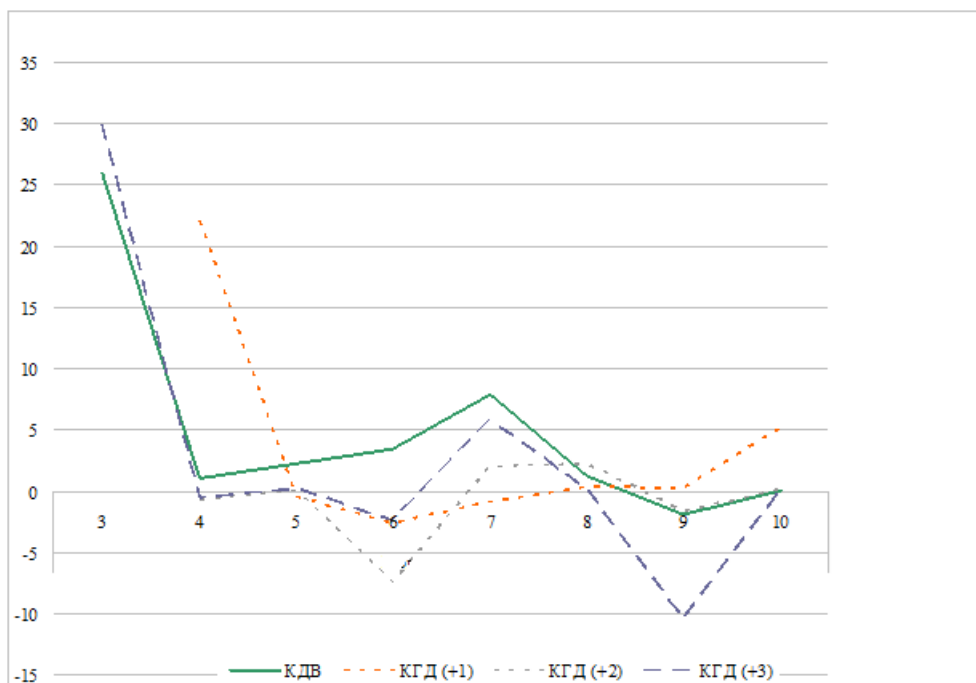


Рис. 1. Відношення різниць медіан яскравості газорозрядного світіння зразків контрольної дистильованої та (+) когерентної води на ній (КГД) різних ступенів

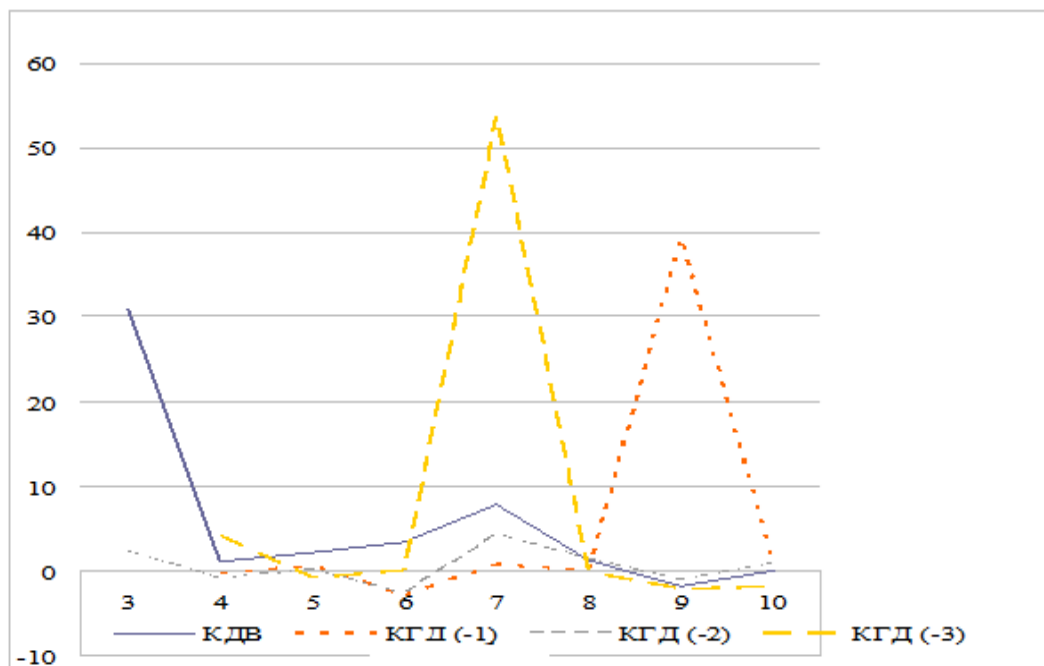


Рис. 2. Відношення різниць медіан яскравості газорозрядного світіння зразків контрольної дистильованої та (-) когерентної води на ній (КГД) різних ступенів

Таблиця 2. Показники швидкості зміни різниці медіан (їх відношення) за піддіапазонами на гістограмі у різних зразків КГД води та контролю

Зразки/ показники	КДВ	КГД (+1)	КГД (+2)	КГД (+3)	КГД (-1)	КГД (-2)	КГД (-3)
Пік (ПД) зростання	5	6	ні	5	11	9	9, > КГД (-2) у 13 раз
Середнє зростання	9	12	ні	9	ні	5, у 2 рази менше піку	6
Помірне зростання	6 - 8	ні	9, 10; у 3,7 раз < піку зменшення	ні	ні	ні	ні
Пік зменшення	нет	8	8, > КГД (+1) в 2,8 раз	11	ні	ні	ні
Помірне зменшення	+/- 11	ні	ні	8	8	7	11

Як стає очевидним, з аналізу експериментальних даних, то показники ОРМ зразків води при її когеренізації по-різному відрізняються від контрольних зразків, залежно від ступеня когерентності. У зразках когерентної (КГ) води показники різняться порівняно з контролем. Як і з аналізу медіан та різниць медіан, проведеного раніше, показники при 3-му ступені когерентності ближче до контролю за яскравістю світіння унаслідок більшої упорядкованості (за рахунок формування когерентних кластерів) та зменшення частки вільної води, на відміну від контролю, коли вона апріорі взагалі не має потенціалу реакцій.

Проте, експериментально виявлено відмінності у зміні величин відношення різниці медіан у цих зразків за піддіапазонами. Зокрема, при схожості показників у 5-му та 9-му піддіапазонах, при когеренізації води (+3), на відміну від контролю, спостерігається помірне зменшення швидкості зміни величин у 8-му піддіапазоні, з піком найменшого значення – в 11 піддіапазоні. Зразки води з (+2) і (+3) ступенем когерентності мають пік зменшення показника в 8-му піддіапазоні, проте при (+2) ступеня величина швидкості зміни різниць медіан була в 2,8 рази вище. В інших піддіапазонах були відмінності величин між ступенями (+) когерентності дистильованої води у порівнянні з контролем.

Кількісні параметри експериментальних зразків при (-) когерентності в цілому відрізняються від зразків (+) когерентності за наявності зсуву піку збільшення швидкості зміни різниці медіан за гістограмою яскравості, тобто в найменш інтенсивній частині світіння газорозрядного зображення (11, 9 піддіапазони, відповідно до ступенів когерентності), несуттєвим збільшенням у 5-6 піддіапазонах. У контрольних зразках та (+) зразках когерентної води пік збільшення спостерігається у 5, 6 піддіапазонах.

У табл. 3-6 та діаграмах (рис. 3-5) представлені відносини різниць медіан яскравості газорозрядного світіння зображення за 12 піддіапазонами гістограми зображення контрольних зразків природної питної води та когерентної води трьох ступенів після її (+) та (-) поляризації.

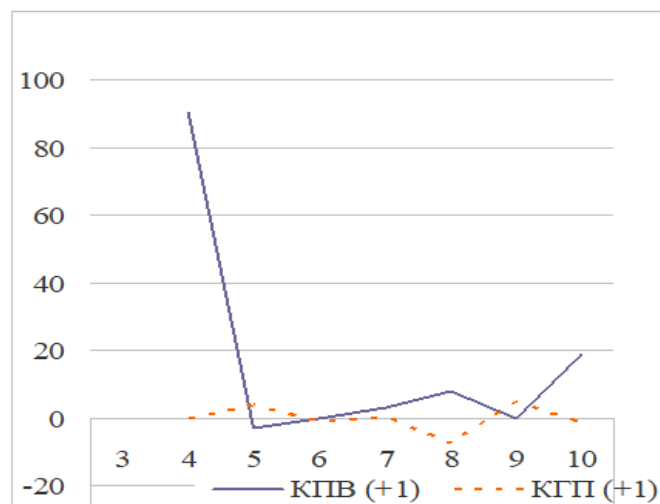


Рис. 3. Відношення різниць медіан яскравості зображення КГП (+1)

Таблиця 3. Відношення різниць медіан яскравості світіння зразків контрольної питної води та (+) когерентної води на ній різних ступенів

Під-діапазони	КПВ(+1)	КГП(+1)	КПВ(+2)	КГП(+2)	КПВ(+3)	КГП(+3)
4					11,07353	81,62269
5	90,25761	0	0	0	-0,75658	-0,69656
6	-3,06544	3,75656	-0,58814	5,30984	0,07763	0,15273
7	-0,12390	-0,82235	-0,11259	-0,84208	-0,90160	-0,19816
8	3,12655	0,04938	2,71061	-0,04751	9,50851	14,53297
9	7,69460	-7,63742	2,73473	4,50975	3,80732	6,71973
10	-0,06895	4,70334	-1,14108	7,57905	-1,27379	-0,84643
11	18,87177	-1,48841	1,05029	-1,41433	0,12553	0,48942

Примітка: КПВ – контрольна питна вода, КГП – когерентна питна вода

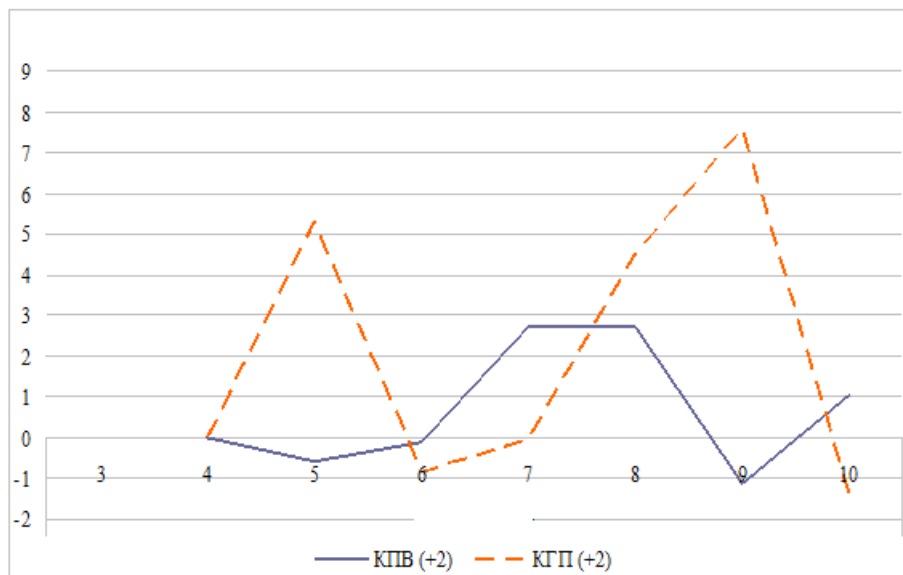


Рис. 4. Відношення різниць медіан яскравості зображення КГП (+2)

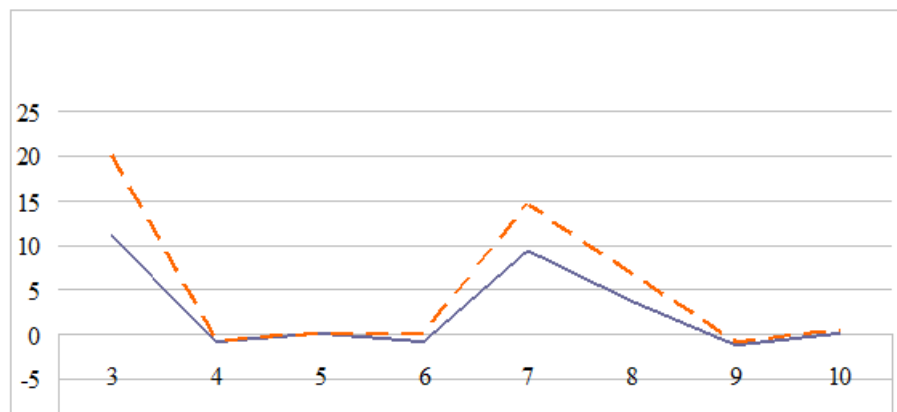


Рис. 5. Відношення різниць медіан яскравості випромінювання зразків контрольної питної води та (+) когерентної води на ній різних ступенів

Аналіз отриманих результатів представлено у табл. 4.

Таблица 4. Показники швидкості зміни різниці медіан за піддіапазонами на гістограмі у різних зразків (+) КГ питної води та відповідного контролю

Зразки/ показники	КПВ (+1)	КГП (+1)	КПВ (+2)	КГП (+2)	КПВ (+3)	КГП (+3)
Пік (ПД) збільшення	6	11, > 7 у 1,27	ні	11	5, 8; 8 < 5 у 1,15	5

Продовження таблиці 4.

Середнє збільшення	12, < 6 у 5 рази	7, < 11 у 1,27 рази	ні	7, 10; < 11 у 1,5 рази	10, < піків у 3 рази	9, < 5 у 5,7 рази, 10, < 5 у 13 рази
Помірне збільшення	9, 10; 10 > 9 у 2 рази	ні	9 = 10	ні	ні	ні
Пік зменшення	ні	10; у 1,6 і більше рази > 7, 11	ні	ні	ні	ні
Помірне зменшення	7, як 9	ні	ні	ні	ні	ні

Таким чином, в ході експериментальних досліджень було виявлено відмінності зразків різних типів води і з різними ступенями когерентності за особливостями швидкості зміни різниці медіан, формування піку, порівняно з контрольними зразками. При 1-му та 2-му ступенях (+) когерентності пік збільшення показника відношення різниці медіан (ОРМ) зміщується або з'являється в області гістограми з низькою інтенсивністю світіння (п. 11), що характерно для високо упорядкованої води з переважанням її зв'язаної частини. При цих ступенях когерентності спостерігається також поява параметра з несуттєвим збільшенням у піддіапазоні з більшою інтенсивністю (п. 7), що відображає формування частини води іншого ступеня або виду когерентності. Відповідно до зміни параметрів збільшення показників, спостерігається зникнення піків зменшення параметрів ОРМ у відповідних піддіапазонах (пп. 7, 10).

Звертає увагу схожість кривих параметрів ОРМ при 1-му та 2-му (+) ступенях когерентності, незважаючи на те, що початкові контрольні зразки явно були відмінні між собою. Зразок води з (+3) ступенем когерентності відрізнявся від них посиленням вже наявних піків параметрів у контрольному зразку питної води в інтенсивній та менш інтенсивній частинах гістограми.

У табл. 5 представлені відношення різниць медіан яскравості газорозрядного світіння для контрольних зразків природної питної води та когерентної води трьох ступенів після її (-) поляризації.

Таблиця 5. Відношення різниць медіан яскравості світіння зразків контрольної питної води та (-) когерентної води на ній різних ступенів

Під-діапазони	КПВ(-1)	КГП(-1)	КПВ(-2)	КГП(-2)	КПВ(-3)	КГП(-3)
4	16,50564	14203,5	8,82570	0	9,09456	1,99125
5	-0,74419	-0,59615	-0,72556	-0,56821	-0,83174	-0,94543
6	0,07245	0,15913	0,16523	0,29704	0,08737	0,11211
7	-1,98732	-3,60037	-0,18968	-0,49921	-0,67884	-5,10124
8	5,52751	1,60507	9,625	6,36502	4,36397	1,84598
9	4,74522	-0,21587	5,05354	1,56011	5,62510	0,86420
10	-1,13495	-0,66537	2,24986	0,24057	-0,45757	-3,13192
11	0,18263	-14,72105	-1,64917	-9,53930	2,03386	0,05574

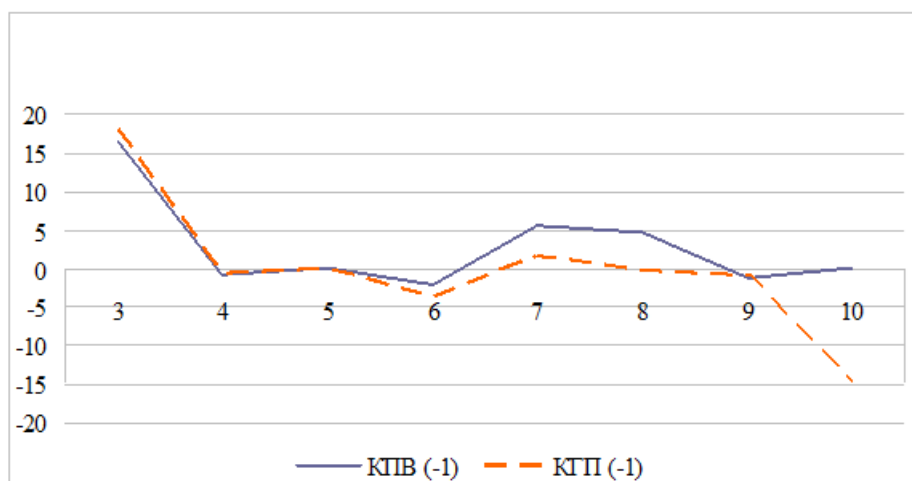


Рис. 6. Відношення різниць медіан яскравості зразків контрольної питної води та (-) когерентної води КПВ (-1), КГП (-)

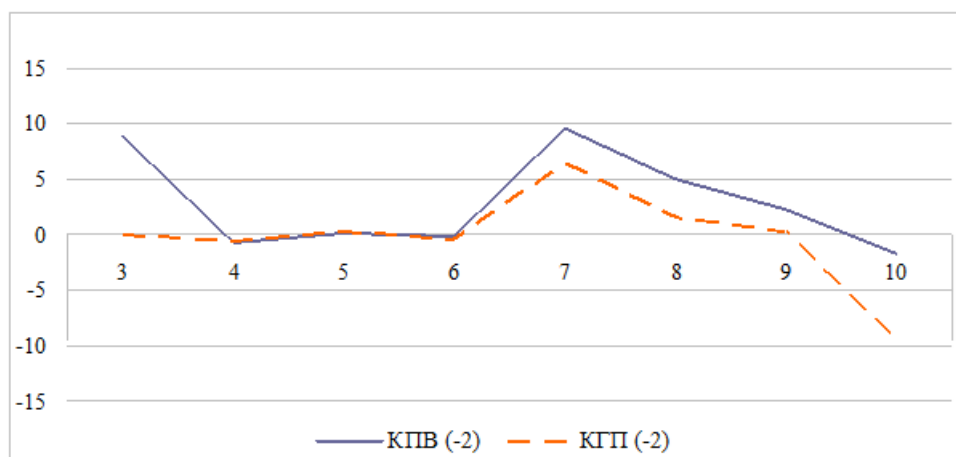


Рис. 7. Відношення різниць медіан яскравості Ки- свічення зразків контрольної питної води та (-) когерентної води ступенів КПВ (-2), КГП (-2)

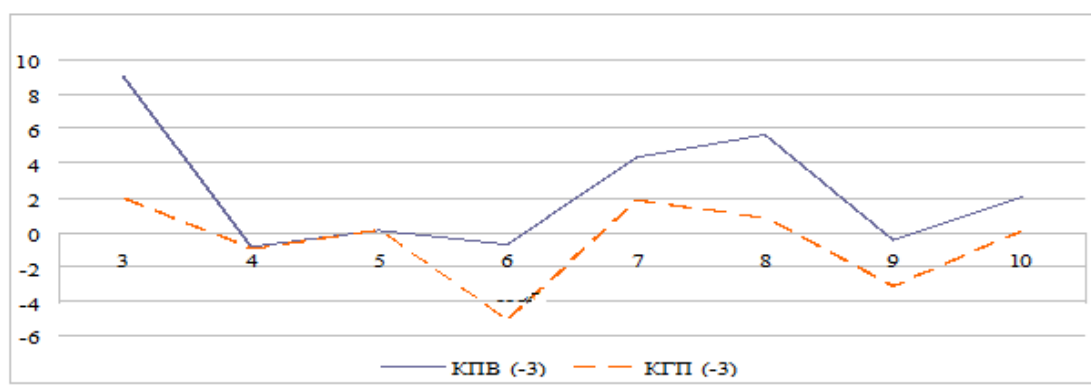


Рис. 8. Відношення різниць медіан яскравості світіння зразків контрольної питної води та (-) когерентної води на ній різних ступенів

Аналіз отриманих результатів представлено у табл. 6.

Таблица 6. Показники швидкості зміни різниці медіан за піддіапазонами на гістограмі у різних зразків (-) КГ питної води та відповідного контролю

Зразки/ показники	КПВ (-1)	КГП (-1)	КПВ (-2)	КГП (-2)	КПВ (-3)	КГП (-3)
Пік (ПД) збільшення	5	5	5=9	9	5	ні
Середнє збільшення	9 = 10, <5 в 3 рази	ні	10, <5, 9 у 2 рази	ні	9 = 10, <5 в 2 рази	ні
Помірне збільшення	ні	ні	11, <5, 9 у 4 рази	ні	ні	ні

Продовження таблиці 6.

Пік зменшення	ні	12	ні	12	ні	8
Помірне зменшення	ні	3, <12 у 3,5 рази	ні	ні	ні	11, <8 в 1,7 рази

Таким чином, в ході досліджень було виявлено відмінності експериментальних зразків щодо наявності зростання або убавання швидкості зміни різниці медіан та особливостей формування піку. При (-) когерентізації природної питної води найбільш виражені зміни величин відношення різниць медіан, порівняно з контролем, спостерігаються у піддіапазонах 9, 10, 12 гістограми яскравості світіння – їх зменшення, з піком у 12 піддіапазоні. Слід підкреслити, що у когерентної води більш плавна, однорідна зміна структури газорозрядного зображення за інтенсивністю світіння з наявністю максимальної яскравості в останньому піддіапазоні гістограми, відображаючи наявність люмінесценції з інтенсивністю світіння меншої засвітки плівки.

При першому ступені (-) когерентності ще залишався пік інтенсивного газорозрядного світіння, відповідно до вільної незв'язаної частини води, за величиною близький до контролю, з стрибкоподібним переходом у менш інтенсивну частину газорозрядного світіння. При 2-му і 3-му (-) ступенях когерентності різкий розподіл різних за структурою частин води зникає. Відмінності від контролю при 3-му ступені (-) когерентності в 9, 10 піддіапазонах були подібні до 2-го ступеня - зменшення величин. Тобто, відмінність від 1-го ступеня проявлялася також у відсутності значної частини вільної води, відмінність 3-го ступеня (-) когерентності від 2-го полягала у максимальному зменшенні величини відношень різниць медіан яскравості газорозрядного світіння у 8 піддіапазоні, а не в 12-му, що спостерігається в 11-му піддіапазоні, але з меншою їх вираженістю. Останнє відображає додаткове формування структурних взаємозв'язків у питній воді.

В результаті порівняння для (+) і (-) способів формування когерентності питної природної води встановлено, що пік збільшення величин спостерігається

при (+1) і (+2) ступенях в 11 піддіапазоні, при таких же ступенях (-) когерентності відповідно у 5-му та 9-му піддіапазонах. При (+3) – у 5 піддіапазоні, при значенні (-3) виявлено, що збільшення показника взагалі не спостерігалось, навпаки його величина зменшувалася. За умови негативної поляризації 1-го та 2-го ступенів когерентності, на відміну від варіанту (+) когерентності, спостерігається зменшення показників, тобто більш плавний фазовий перехід у воді з більш рівномірними змінами в кривій огинаючої гістограми яскравості газорозрядного світіння.

В цілому, при аналізі максимального збільшення показника ОРМ при обох типах поляризації спостерігали більш виражені відмінності від контрольних зразків зі збільшенням ступеня когерентності. Відмінності за середнім та помірним збільшенням показника досить явні вже при першому ступені когерентності води. Також слід звернути увагу на появу піку зменшення показника ОРМ при всіх ступенях (-) поляризації контрольних зразків.

При порівнянні (+) і (-) когерентної води, отриманої шляхом перетворень на дистильованій воді, як зазначалося вище (табл. 1, 2), порівняно з контролем, виявлено появу при обох типах поляризації зменшення величин відношень різниць медіан яскравості газорозрядного світіння. Пік збільшення величин наявний у крайніх правих діапазонах при (-) когерентності, тоді як у питної води він був таким при (+) когерентності 1-го і 2-го ступенів. Тобто, питна природна вода, спочатку володіючи певною когерентністю, на відміну від дистильованої, при додатковій когеренізації набувала нових структур, гармонійно взаємодіючих між собою без різких фазових переходів, що відображається в більш плавних змінах величин піддіапазонів яскравості на гістограмі зображення газорозрядного випромінювання.

Характерно, що у зразків КГД всіх ступенів (-) поляризації не спостерігалось піку зменшення величини відношення різниці медіан яскравості, на відміну від природної питної води, мало місце помірне зниження їх у 8-11 піддіапазонах, залежно від ступеня когерентності.

При (+) когерентності зразків, отриманих на базі дистильованої води, спостерігався пік зменшення величин при всіх ступенях, у питної води він був лише за 1-го ступеня когерентності. У зразків (+2) та (+3) ступенях він зникав. Очевидно, при позитивній когерентності вода потребує більшого впливу, порівняно з негативною поляризацією, щоб у підсумку набутти відповідних упорядкованих міжфазових взаємодій.

При (+) когеренізації зразків на базі дистильованої води пік збільшення величин був у середніх піддіапазонах, при (+) когерентності природної питної води – у крайніх піддіапазонах гістограми при 1-му та 2-му ступені, що відображає поступове збільшення величин кривої гістограми у останньої, на відміну від дистильованої. У зразка (+3) КГПВ, як і у дистильованої, спостерігалися пік збільшення у 5-му піддіапазоні та помірні збільшення величин – у 9-му піддіапазоні. У дистильованої аналогічне збільшення було і в діапазонах між ними, на відміну від питної води, що відображало формування в ній структур, які спочатку відсутні, на відміну від природної води.

Проведені дослідження дозволили встановити оціночні критерії присутності явищі когерентності води, її поляризацію та ступінь останньої, що визначає біологічні властивості. Отримані результати можуть бути використані як додаткові для експрес-оцінки когерентних властивостей води при вивченні її енергоінформаційних характеристик. Вибір у якості контрольного зразку дистильованої або природної питної води залежить від поставленого завдання.