

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДИ МЕТОДОМ КОРОННОГО ГАЗОВОГО РОЗРЯДУ В ПОРІВНЯННІ З ІНШИМИ ФІЗИЧНИМИ МЕТОДАМИ

О. П. Мінцер¹, А. В. Павличенко³, Л. А. Пісоцька²,
Н. В. Глухова³, О. О. Борисовська³

¹Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика

²Дніпровський державний медичний університет

³Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Анотація. Більшість досліджень властивостей води традиційно розглядають її як систему окремих молекул і оцінюють за стандартними фізико-хімічними показниками, зокрема рН, електропровідністю, концентрацією розчинених домішок та окисно-відновним потенціалом. Водночас такі параметри не повністю відображають структурну організацію води та її динамічні властивості як відкритої системи. У роботі розглянуто можливість дослідження структурно-енергетичних характеристик води методом реєстрації коронного газового розряду. Зображення коронного розряду навколо крапель води фіксували на рентгенівській плівці за допомогою пристрою реєстрації газорозрядного світіння рідкофазних об'єктів. Для обробки зображень застосовано інформаційний підхід, заснований на аналізі гістограм яскравості з використанням медіанних значень у 12 піддіапазонах. Досліджено зразки дистильованої, талої апаратної, бутильованої та криничної води. Отримані результати порівнювали з даними стандартних фізичних методів оцінювання води. Встановлено відповідність між параметрами коронного газового розряду та фізико-хімічними характеристиками зразків води. Показано, що зображення коронного розряду відображають особливості структурно-енергетичного стану води та можуть використовуватися як додатковий метод дослідження її властивостей.

Ключові слова: Квантові ефекти води; коронний газовий розряд; яскравість коронного розряду зразків води; евклідова відстань параметрів експериментальних вод; реєстрації зображень газорозрядного випромінювання.

WATER RESEARCH BY CORONA GAS DISCHARGE METHOD IN COMPARISON WITH OTHER PHYSICAL METHODS

O. P. Mintser¹, A. V. Pavlychenko³, L. A. Pisotska²,
N. V. Glukhova³, O. O. Borisovska³

¹Shupyk National Healthcare University of Ukraine

²Dnipro State Medical University

³Dnipro University of Technology

Abstract. Background. Most studies on water properties traditionally consider water as a system of individual molecules and evaluate it using standard physicochemical parameters such as pH, electrical conductivity, concentration of dissolved solids, and oxidation–reduction potential. However, these indicators do not fully reflect the structural organization and dynamic properties of water as an open system. In this context, methods capable of characterizing structural and energy features of water are of scientific interest.

Materials and Methods. The study investigated the possibility of analyzing structural–energetic properties of water using the corona gas discharge (CGD) method. Images of corona discharge around water droplets were recorded on X-ray film using a device for registering gas-discharge luminescence of liquid-phase objects. Image processing was performed using an information approach based on brightness histogram analysis with median values calculated for 12 subranges. Distilled water, melt water obtained by an apparatus, bottled water, and well water were examined. The results were compared with data obtained using standard physical methods, including pH, electrical conductivity (σ), total dissolved solids (TDS), and oxidation–reduction potential (ORP).

Results. The analysis demonstrated a relationship between the parameters of corona gas discharge brightness and physicochemical characteristics of the studied water samples. Differences in histogram distributions reflected variations in structural and energetic states of the investigated waters.

Conclusions. Images of corona gas discharge recorded on X-ray film provide information about structural–energetic properties of water that may have biological relevance. The CGD method can therefore be considered as a complementary approach to conventional physicochemical techniques for water analysis.

Key words: quantum effects of water; corona gas discharge; brightness of corona discharge in water samples; Euclidean distance between parameters of experimental water samples; gas-discharge radiation image registration.

Вступ. У більшості досліджень, присвячених вивченню властивостей води, її традиційно розглядали як сукупність окремих молекул. Під час оцінювання фізико-хімічних властивостей води зазвичай використовують такі показники, як кислотно-лужна рівновага (рН), електропровідність, концентрація розчинених домішок та окисно-відновний потенціал. Водночас ці параметри не враховують її нестабільність і динамічні властивості як відкритої системи. Водночас, у природі можна спостерігати значну кількість явищ, які можливо пояснити лише крізь призму квантової фізики та несепарабельних станів. Природна вода при такому аналізі не є винятком. Вода є одним із ключових джерел енергії для біосфери, у зв'язку з чим активно досліджуються її структурні та енергетичні характеристики, що забезпечують оптимальні умови для існування біологічних систем. Зокрема, М. В. Куріком та іншими групами вчених з України протягом 20 років проводилися експериментальні дослідження у галузі квантових ефектів води. Найбільш сприятливою для життєдіяльності

живих організмів є вода, що проявляє квантові властивості, зокрема когерентність [1].

Сьогодні ж вивчення квантової природи води з її кластерною структурою активно продовжується. Експериментально встановлено, що сигнал від кластерів води може фіксуватися протягом трьох днів [2]. Також проводилися дослідження міцності водневих зв'язків і спектроскопічних характеристик води [3]. Крім того, у Каліфорнійському університеті (США) методом ядерного магнітного резонансу отримано експериментальні підтвердження теорії квантової когерентності [4].

Слід також звернути увагу на дослідження І. Ігнатова та ін., у якому за допомогою сучасних методів кластер (H_2O)_n визначено як критичну структуру та енергетичний поріг у воді. За такого розміру кластерної мережі досягається достатній рівень зв'язаності, що забезпечує умови для перенесення протонів і процесів діелектричної релаксації [5].

Молекулярний транспорт води та водних кластерів пов'язаний із функціонуванням аквапоринів, пор злиття та каналів щілинних сполук [6].

Сучасні уявлення про квантову природу води та пов'язані з нею властивості слід враховувати під час аналізу характеристик водних джерел. Структурна впорядкованість води відображається в її енергетичних характеристиках. Наявність та характеристики квазівільних електронів, які згодом можуть виступати як вільні носії заряду, можна розглянути в рамках активного вимірювального експерименту, заснованого на технологіях електричного розряду [7].

Починаючи з 2012 року нами було проведено низку експериментальних досліджень щодо вивчення коронного розряду води, у тому числі з урахуванням ступеня її когерентності [8-12] та розробкою відповідних пристроїв [13-15]. Тим не менш, видається перспективним подальше вивчення коронного газового розряду зразків води поряд з іншими фізичними методами

та порівняльним аналізом отриманих результатів.

Мета дослідження: зіставлення показників яскравості світіння коронного розряду зразків штучно приготовленої та природної води з результатами їх дослідження стандартними фізичними методами.

Матеріал і методи дослідження. Зображення коронного газового розряду навколо крапель води фіксували на рентгенівській плівці, оскільки експериментально встановлено наявність спектральних ділянок поглинання як R-, так і L-поляризованої води в ультрафіолетовому діапазоні, яка реєструється рентгенівською плівкою.

Для реєстрації газорозрядного світіння рідкофазних об'єктів використовувався спеціальний пристрій (рис. 1) [16].

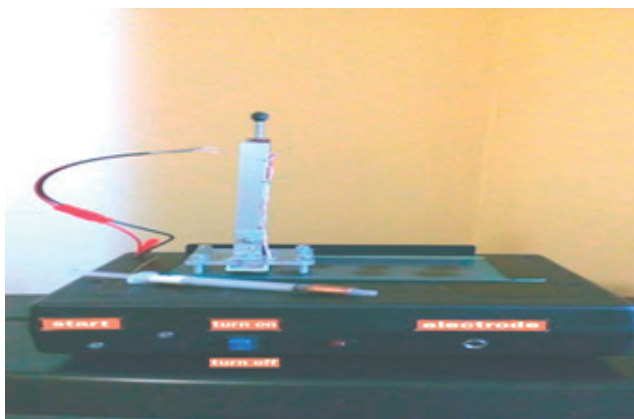


Рис. 1. Пристрій для реєстрації зображень газорозрядного випромінювання

Фотографування п'ятдесяти крапель кожного зразка здійснювали на рентгенівській плівці під впливом імпульсного електромагнітного поля. Зображення газорозрядного випромінювання, зареєстровані на рентгенівській плівці, були надалі перетворені на цифрову форму шляхом аналого-цифрового перетворення. Для оцінювання властивостей досліджуваних проб води було використано комп'ютерний аналіз зображень.

Інтегральною характеристикою зображення є його гістограма, для якої в сучасних програмах обробки зображень застосовуються стандартні значення діапазону яскравості. Для півтонових цифрових

зображень кількість стовпців гістограми відповідає кількості відтінків сірого і становить 256.

Крім того, використовувалася інформаційна методологія, що ґрунтується на розрахунку медіанних значень [17]. Вона передбачала обчислення медіан для 12 стовпців гістограми та різниці між ними в сусідніх інтервалах яскравості. Закон розподілу яскравості у вибірках зображень CGD-випромінювання не відповідає стандартній гаусовій моделі розподілу. Тому для обчислення середніх значень яскравості пікселів у межах певних інтервалів поділу оцінювалися медіанні значення, а не середнє арифметичне.

З метою оптимізації обчислювальних процедур та можливості обліку експертних оцінок в алгоритмі було розроблено інформаційно-вимірювальну технологію на основі побудови, аналізу та класифікації зображень за гістограмами їх яскравості, що містять 12 стовпців (піддіпазонів). Обґрунтування вибору саме такої кількості інтервалів з точки зору оптимізації обчислювальних процедур та метрологічних вимог до обґрунтованого вибору кількості інтервалів гістограми наведено в інших дослідженнях [18-20]. Оцінку точності аналізу зображень газорозрядного випромінювання було здійснено в попередніх дослідженнях [21-23].

У межах роботи було досліджено дистильовану воду – зразок №1; талу апаратну воду – зразок №2; бутильовану воду – зразок №3; воду з криниці – зразок №4.

Із стандартних фізичних методів оцінювання води використовували такі показники: кислотно-лужний баланс (рН); електропровідність – σ ($\mu\text{S}/\text{cm}$); концентрацію розчинених домішок – TDS (мг/л); окисно-відновний потенціал – ОВП (mV). Дослідження стандартними фізичними методами проводили під керівництвом проф. М. В. Курика в Інституті екології людини (м. Київ). Експериментальні зразки води аналізували з побудовою графіків медіан яскравості світіння коронного розряду та різниці між значеннями сусідніх піддіпазонів, що визначалися за кількістю пікселів.

Результати та їх обговорення. У табл. 1 наведено результати дослідження зразків води.

Таблиця 1

Характеристика основних алгоритмів DL та їх роль у медичному III

№ п/п	Тип води	рН	σ ($\mu\text{S}/\text{m}$)	TDS (мг/л)	ОВП (mV)
1	Дистильована вода	5.95	12	6	+230
2	Тала апаратна вода	5.90	17	8	+285
3	Бутильована вода	5.82	34	21	+280
4	Вода з криниці	9.00	605	700	+150

На рис. 2 наведено зображення коронного розряду навколо крапель досліджуваних зразків води.

У табл. 2 наведено результати аналізу коронного розряду досліджуваних зразків води. Показники гістограми яскравості світіння (значення медіан у кожному піддіпазоні та різниці медіан між наступним та попереднім піддіпазоном) показані на рис. 3.

Аналіз параметрів газорозрядного світіння досліджуваних зразків води виявив наступні закономірності. Показники стандартних фізичних досліджень води зразка №2 (тала апаратна) були близькі до аналогічних у дистильованій воді (зразок №1). Однак гістограми яскравості світіння коронного розряду продемонстрували відмінності в енергетичних характеристиках, зумовлені різною структурою води. Зокрема, для талої апаратної

води спостерігається збільшення амплітуди медіани яскравості світіння на гістограмі третього піддіпазону, що відповідає активності вільної, незв'язаної води, здатної вступати в хімічні реакції з рентгенівською плівкою. Зростання інтенсивності світіння на гістограмі за віссю ординат у цих зразків зберігається і в наступних піддіпазонах, досягаючи максимуму в дев'ятому піддіпазоні.

У науковій літературі поширена думка, що хоча дистильована вода хімічно чиста, вона демонструє структурну динаміку, пов'язану з водневими зв'язками та іонними ефектами. Кооперативні ефекти на молекулярному рівні відображаються у макроскопічній діелектричній проникності об'ємної води. Діелектричні реакції у воді зумовлені не ізольованими молекулами, а колективними ефектами поляризації всередині кластерних структур.

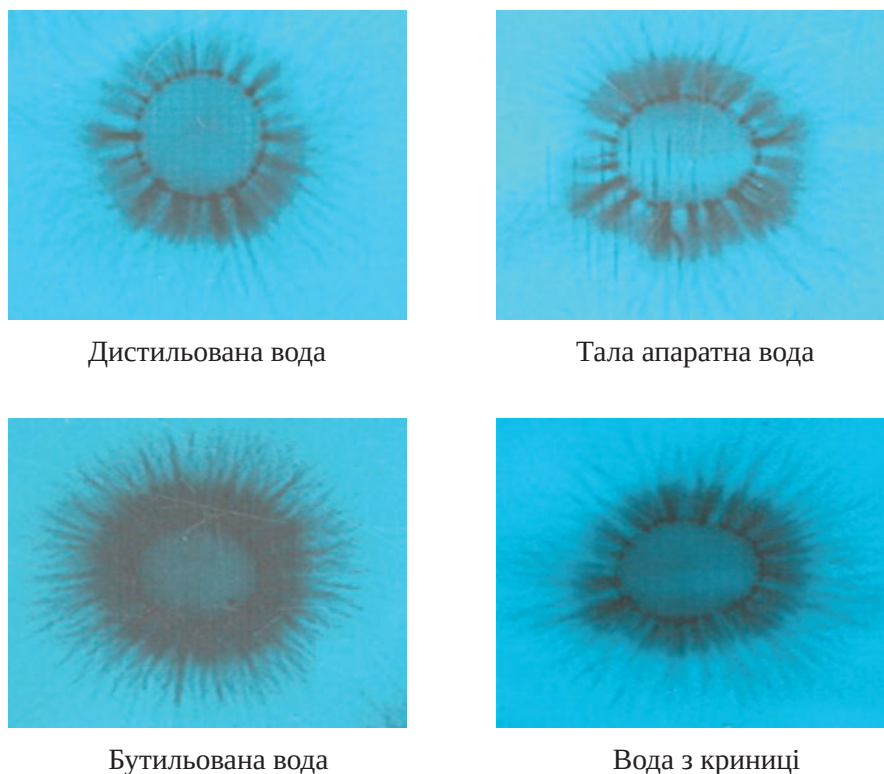


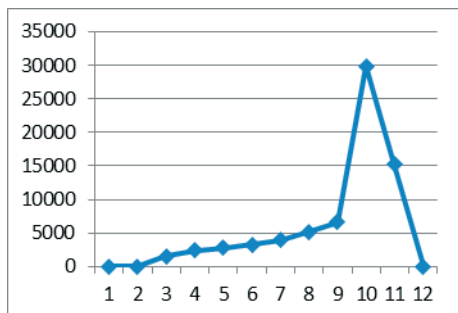
Рис. 2. Зображення коронного газового розряду навколо крапель досліджуваних зразків води

Таблиця 2

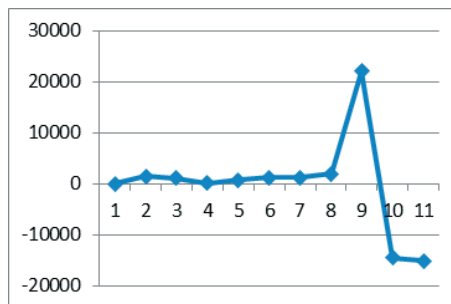
Значення медіан яскравості коронного розряду зразків води та відмінностей між медіанами

№	Значення яскравості (0–255)	Значення медіан				Різниця між медіанами			
		Дист. вода	Тала вода	Бутил. вода	Вода з кол.	Дист. вода	Тала вода	Бутил. вода	Вода з кол.
1	0-20	0	0	0	0	-	-	-	-
2	21-41	4	2	23	3	4	2	23	3
3	42-62	1540	2442	5541	1281	1536	2440	5518	1279
4	63-83	2426	3664	5476	2112	886	1222	-65	831
5	84-104	2783	4031	5474	2810	357	367	-2	698
6	105-125	3208	5011	6307	4318	425	980	833	1508
7	126-146	3972	4495	6504	5932	764	-516	197	1614
8	147-167	5195	4928	7886	4597	1223	433	1382	-1335
9	168-188	6582	6683	13228	5759	1387	1755	5342	1162
10	189-209	29870	35738	47187	35583	23288	29055	33959	29824
11	210-230	15202	16421	13618	20511	-14668	-19317	-33569	-15072
12	231-255	1	3	4	1	-15201	-16418	-13614	-20510

Медіани

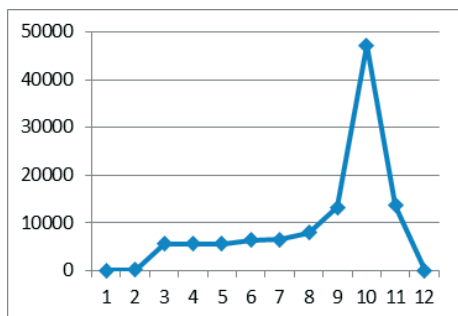


Різниці медіан

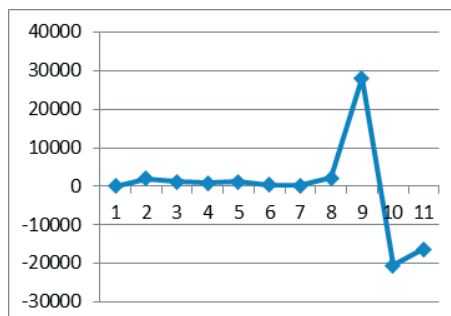


Зразок №1. Дистильована вода

Медіани

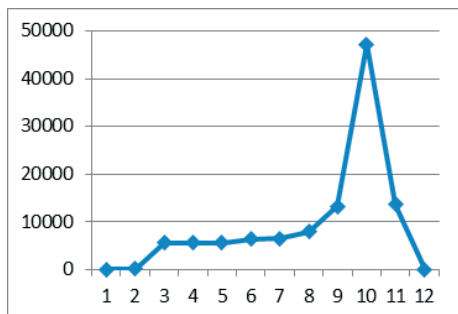


Різниці медіан

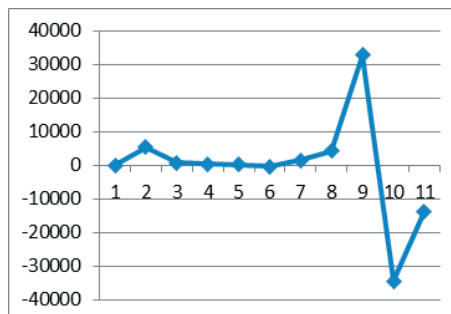


Зразок № 2. Тала апаратна вода

Медіани

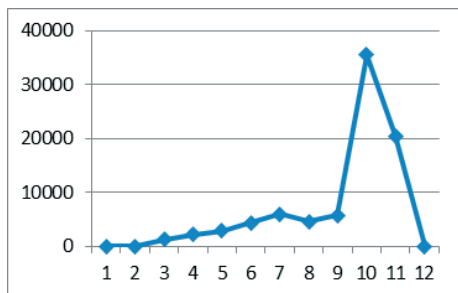


Різниці медіан

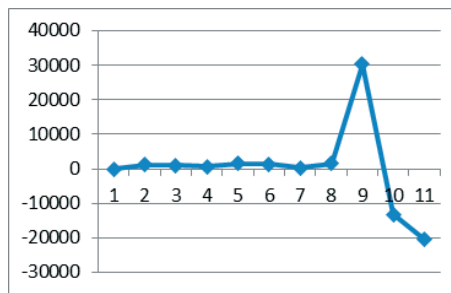


Зразок №3. Бутильована вода

Медіани



Різниці медіан



Зразок №4. Вода з криниці

Рис. 3. Гістограми медіан та значення відмінностей між медіанами яскравості коронного розряду зразків води

У зразка дистильованої води при впливі високочастотного поля має місце слабка поляризація через мінімальну кількість хімічних сполук. У талій апаратної води електропровідність і концентрація розчинених домішок були набагато вище, ніж у дистильованої води. Однак наявність у першого зразка вищої енергетики порівняно з дистильованою водою підтверджується відмінностями у середніх піддіапазах гістограми коронного розряду. Зокрема, у четвертому–восьмому інтервалах гістограми медіан амплітуда за віссю ординат (кількість пікселів) є більшою, ніж у дистильованої води. Це відповідає більшій ширині корони при зменшенні інтенсивності світіння. Така особливість характерна для фракції когерентної води з підвищеною здатністю до поляризації, незважаючи на незначні відмінності стандартних фізичних показників дистильованої води (табл. 2).

Враховуючи різну силу зовнішнього імпульсу для іонізації води, відповідно до ступеня її когерентності, очевидним буде отримання зображень газового розряду, що відрізняються між собою, її крапель у високочастотному полі на фотоматеріалі. Експериментально підтверджено факт отримання когерентної води з використанням спеціальної установки «Діполь» [24].

Максимальна амплітуда у найсвітлішій частині гістограми корони світіння (10-й піддіапазон) відображає тло плівки. Однак для талої води вона є більшою, що пояснюється наявністю в короні люмінесценції, інтенсивнішої за тло плівки, чого не спостерігається для дистильованої води. Різниця медіан яскравості світіння газорозрядної корони у

цих зразків після 10-го піддіапазону підтверджують зазначене. Інше дослідження визначає, що рідка вода містить сукупність когерентних доменів [25]. Зазначені особливості коронного розряду характерні для когерентної води на відміну від дистильованої [26, 27].

Раніше нами були отримані результати аналізу газорозрядного світіння зразків різних за структурою та енергетикою типів води (дистильована, водопровідна, природна вода з гірських джерел) [28-32]. Досліджувані зразки порівнюють із усередненими оцінками яскравості світіння коронного розряду води встановлених класів для розрахунку евклідової відстані для медіан та їх різниць у інтервалах гістограми. За отриманими результатами оцінюють до якого типу води за особливостями коронного газового розряду ближчий досліджуваний зразок.

У табл. 3 та табл. 4 наведено результати порівняння параметрів гістограми коронного розряду досліджуваних зразків води з відповідними параметрами класифікованих типів води.

Представлені результати оцінювання за евклідовою відстанню між параметрами експериментальних зразків води та типовими значеннями демонструють близькість експериментальної дистильованої води до типової дистильованої, а досліджуваних вод, отриманих апаратним способом, – до природної когерентної води. Показники гістограми яскравості світіння коронного розряду зразка бутильованої води (№ 3) у третьому піддіапазоні демонструють вищу амплітуду порівняно з дистильованою водою та ще більшою мірою – порівняно з талою

Таблиця 3

Евклідові відстані між значеннями медіан яскравості світіння коронного розряду в експериментальних зразків води порівняно з типовими зразками води

Зразки води	Дистильована експеримент	Тала апаратна	Бутильована	Вода з криниці
Дистильована вода (типова)	8521,67	8432,09	8890,94	8898,94
Водопровідна типова	10495,91	13816,34	14529,03	15081,03
Природна типова	10030,75	14784,27	15068,55	15362,55
Гірська типова	10009,09	6343,35	6289,45	5999,45

Таблиця 4

**Евклідові відстані між значеннями різниць медіан яскравості світіння коронного розряду
в експериментальних зразках води порівняно з типовими зразками води**

Зразки води	Дистильована експеримент	Тала апаратна	Бутильована	Вода з криниці
Дистильована вода (типова)	6162,33	8471,97	9649,10	10545,11
Водопровідна типова	9963,00	16321,00	17622,18	15652,88
Природна типова	14201,54	21594,53	19243,15	20245,25
Гірська типова	9022,16	4914,23	5822,54	6712,66

водою, отриманою апаратним способом. Значення електропровідності та концентрації розчинених домішок у зразку № 3 були у три і більше разів вищими, ніж у дистильованій воді, та у два і більше разів – ніж у талій апаратної води. Отримані результати узгоджуються з параметрами яскравості світіння у піддіапазоні, що відповідає фракції вільної, незв'язаної води з підвищеною зовнішньою реактивністю.

Відмінність параметрів газорозрядного випромінювання у талій воді, отриманої апаратним способом, може бути пов'язана не лише з меншою розчинністю домішок порівняно зі зразком бутильованої води, але й з особливостями її структури. У науковій літературі доводиться, що іонна провідність зменшується при $-0,1$ °C порівняно з $+0,1$ °C, що пояснюється утворенням стабільних гексагональних кластерів води, які перешкоджають перенесенню іонів.

У наступних піддіапазонах гістограми зразка води №3 спостерігалися стабільні величини амплітуд з поступовим підйомом кривої у правій частині графіка, на відміну від талій апаратної води. За нашими експериментальними даними, зазначеними вище, це характерно для когерентної води з природних гірських водних джерел. Така вода необхідна для перенесення енергії у клітинному метаболізмі. Відповідно до сучасних біофізичних уявлень про електромагнітні процеси, що лежать в основі феномена життя, на мікрорівні функціонування живих систем визначається переходом когерентної енергії (солітонів) з ланцюгів біополімерів на ланцюги кристалоподібних енергонапружених структур води. Ці структури поєднані з біополімерами

водневими зв'язками і здатні накопичувати енергію різної природи, перетворювати її на когерентну форму та транспортувати, зокрема водними ланцюгами, до молекулярних об'єктів, віддалених від біополімерів [33].

Загалом, величини амплітуд на гістограмі газорозрядного світіння у воді №3 вищі, ніж у дистильованій та талій апаратної води, що відображає більш високу її енергетику. Порівняно із зразками № 1 та 2 у цьому зразку спостерігалися вищі значення концентрації розчинених домішок (TDS) та електропровідності. Однак, співвідношення між цими показниками зменшувалося (2,0; 2,12; 1,62 відповідно).

У зразку води з криниці за гістограмою яскравості газорозрядного випромінювання зафіксовано параметри, аналогічні показникам когерентної води. Такими параметрами є: рівномірне збільшення амплітуди кривої за піддіапазонами, з невеликою різницею між ними. Нижчі амплітуди в лівій частині графіка відображають меншу частину в цьому зразку фракції незв'язаної води.

На відміну від попередніх досліджуваних зразків, зразок № 4 більшою мірою характеризувався властивостями зв'язаної води, важливої для клітинної організації. Для криничної води характерні вищі, порівняно з іншими зразками, значення електропровідності та концентрації розчинених домішок. Водночас співвідношення між цими показниками було найменшим (0,86). Це може зумовлювати її підвищену біологічну активність із лужними властивостями (pH = 9,0) та найнижчим значенням окисно-відновного потенціалу (ОВП = +150).

Таким чином, усі розглянуті зразки води, порівняно з типовими класифікованими водами, мають біологічні властивості, близькі до природної гірської води. У початкових піддіапазонах гістограми медіан коронного розряду (№ 1–3), що відповідають фракції вільної води, тала апаратна та бутильована вода демонструють подібні значення амплітуди. Обидва зразки характеризуються високою хімічною активністю взаємодії з реактивом плівки, на відміну від криничної води.

Для останньої показники яскравості світіння газорозрядної корони в цих інтервалах значно нижчі як за амплітудою медіан, так і за їх різницею, що свідчить про мінімальну інтенсивність у цій частині гістограми. У середніх піддіапазонах гістограми медіан (№ 5–7) за параметрами максимальної амплітуди (близько 500 пікселів) спостерігається подібність між усіма зразками води. Водночас як за положенням інтервалу з максимальною амплітудою, так і за різницею значень між сусідніми інтервалами вони відрізняються між собою. Найбільші значення амплітуди медіан коронного розряду для талої апаратної води зафіксовано в 6-му піддіапазоні, для бутильованої – у 6–7-му, а для криничної – у 7-му. Більш віддалені ділянки гістограми відповідають меншій інтенсивності засвічення плівки.

Для води з криниці характерною особливістю була стійкість величини яскравості світіння коронного розряду до дії зовнішнього імпульсного поля, що проявлялася у повторенні значень сьомого піддіапазону в наступних інтервалах аж до рівня яскравості фону плівки (10-й піддіапазон). Отже, вода зразка № 4 виявляла більш виражені

Література

1. Про природу кірліанівського світіння води / Курик М. В., Пісоцька Л. А., Лапицкий В. Н., Черепанова-Лагутенко Р. С. // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2012. – № 5. – С. 86–90. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2012_5_18.

2. Long-lived water clusters in hydrophobic solvents investigated by standard NMR techniques / Oka K.,

властивості когерентності порівняно зі зразками № 2 і № 3. В іншому дослідженні вказується, що водні кластери можуть самоорганізуватися у водному середовищі під впливом фізичних полів та хімічних сполук, що схоже на динаміку дисипативних структур. Особлива увага приділяється недавньому досягненню, що полягає в тому, що такі структури демонструють чудову стійкість навіть у твердій фазі [33].

У всіх досліджуваних зразках води показник яскравості світіння в інтервалі фону плівки (№ 10) був вищим, ніж у дистильованої води, що пов'язано з наявністю на зображеннях їхньої корони світіння люмінесценції, інтенсивнішої за фон засвічення плівки, що є характерним для когерентної води. Однак для води з криниці характерні вищі значення у світлій частині гістограми порівняно зі зразками води № 2 і № 3. Також для неї спостерігається більш рівномірна зміна значень яскравості світіння за інтервалами після 10-го піддіапазону, на відміну від інших зразків.

Висновки. 1. Встановлено відповідність між результатами дослідження зразків води стандартними фізичними методами та характеристиками коронного газового розряду.

2. Зображення коронного газового розряду води, зафіксовані на рентгенівській плівці, відображають специфічні структурно-енергетичні властивості води, що мають біологічне значення.

3. Метод реєстрації коронного газового розряду на рентгенівській плівці може бути використаний як доповнення до існуючих фізико-хімічних методів дослідження води.

Shibue T., Sugimura N. et al. // Sci. Rep. – 2019. – Vol. 9. – 223.

3. On the hydrogen bond strength and vibrational spectroscopy of liquid water / Ojha D., Karhan K., Kühne T. D. // Sci. Rep. – 2018. – Vol. 8. – 16888.

4. Development of a «first principles» water potential with flexible monomers. III: Liquid phase properties / Medders G. R., Babin V., Paesani F. // J. Chem. Theory Comput. – 2014. – Vol. 10. – P. 2906.

5. Nonlinear hydrogen bond network in small water clusters: combining NMR, DFT, FT-IR and EIS research / Ignatov I., Marinov Y. G., Vassileva P. et al. // *Symmetry*. – 2025. – Vol. 17. – 1062. – URL: <https://www.mdpi.com/2073-8994/17/7/1062>.
6. Nuclear magnetic resonance (NMR) and density functional theory (DFT) study of water clusters of hydrogen-rich water (HRW) / Vassilev N., Ignatov I., Popova T. P. et al. // *Water*. – 2024. – Vol. 16. – 3261. – URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/16/22/3261>.
7. Color coronal spectral analysis of bioelectrical effects of humans and water / Ignatov I., Antonov A., Neshev N. // *Contemp. Eng. Sci.* – 2021. – Vol. 14, № 1. – P. 61–72. – DOI: 10.12988/ces.2021.91781.
8. Influence of coherent properties of water on biological growth of plants / Mintser O. P., Pesotskaya L. A., Gorovaya A. I. et al. // *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports*. – 2021. – Vol. 6, № 6 (34). – P. 267–274.
9. Assessment of coherent properties of water from natural sources using Kirlian photography / Mintser O., Pisotska L., Stetsula N. et al. // *Periodyk Naukowy Akademii Polonijnej*. – 2021. – Vol. 47, № 4. – P. 158–170.
10. Computer-integrated technology for analyzing coherent properties of water / Mintser O., Pisotska L., Glukhova N., Tepla T. // *Scientific foundations in research in Engineering: collective monograph*. – Boston: Primedia eLaunch, 2022. – P. 175–190.
11. Methodology for assessing the influence of coherent properties of water samples and their energy-information copies on biological growth / Mintser O. P., Pisotska L. A., Glukhova N. V. et al. // *Sustainable Development*. – 2022. – № 1. – P. 35–44.
12. Method for determining the degree of coherence of the state of water / Pisotska L. A., Glukhova N. V. // Patent of Ukraine for a utility model № 100834. – 2015.
13. Gas-discharge photography device “Kirliograph” / Mintser O. P., Pisotska L. A., Churilov V. V. et al. // Patent of Ukraine for utility model № 148260. – 2021.
14. Method of forming a sample of a liquid-phase object for research using gas-discharge visualization methods / Pisotska L. A., Churylov V. V., Gulevska G. I. // Patent of Ukraine for utility model № 150821. – 2022.
15. Hardware and software complex for studying the quality of liquid-phase objects / Pisotska L. A., Churylov V. V., Mintser O. P. et al. // Patent of Ukraine for utility model № 151195. – 2022.
16. Registration of different types of water with corona gas discharge effects and parameters of brightness / Ignatov I., Pisotska L. A., Glukhova N. A. // *Portugaliae Electrochimica Acta*. – 2025. – Vol. 43, № 4. – P. 219–226. – DOI: 10.4152/pea.2025430401.
17. Device for recording gas-discharge glow of various objects “RGS-1” / Pisotska L. A., Churylov V. V., Glukhova N. V. et al. // Patent of Ukraine for utility model № 153884. – 2023.
18. Method for assessing the biological activity of water / Pisotska L. A., Glukhova N. V. // Patent of Ukraine for utility model № 91003. – 2013.
19. Development of a method for rapid assessment of biological properties of water / Glukhova N. V. // *Eastern European Journal of Advanced Technologies*. – 2014. – № 6/5 (72). – P. 18–25.
20. Method for assessing biological and quantum properties of water / Glukhova N. V., Pisotskaya L. A., Kuchuk N. G. // *Information Processing Systems*. – 2015. – № 7 (132). – P. 195–200.
21. Method for determining the measurement uncertainty of the detailing coefficients of the wavelet transform of image brightness profiles / Glukhova N. V. // *Measurement Techniques*. – 2020. – Vol. 63. – P. 77–183.
22. Integrated assessment of the state of sewage mine waters based on gas-discharge radiation method / Glukhova N., Khilov V., Kharlamova Y., Isakova M. // *E3S Web of Conferences*. – 2020. – Vol. 201. – 01032.
23. Application of wavelets transform for analysis of images of gas-discharge radiation of water / Glukhova N. V., Pesotskaya L. A., Kuchuk N. G., Kharlamova J. N. // *Information Processing Systems*. – 2016. – № 2. – P. 179–185.
24. Method and device for creating a coherent material environment / Krasnobryzhev V. G. // Patent application. – 2008. – № 200803310.

25. Coherent quantum electrodynamics in living matter / Del Giudice E. et al. // *Electromagnetic Biology and Medicine*. – 2005. – Vol. 24. – P. 199–210.

26. Method for determining the degree of coherence of the state of water / Pisotska L. A., Mintser O. P., Glukhova N. V. // Patent of Ukraine for invention № 112809. – 2015.

27. Analysis of coherent properties of water based on the histogram of its Kirlian photography / Mintser O. P., Pisotska L. A., Glukhova N. V. et al. // *Medical Informatics and Engineering*. – 2022. – № 4 (60). – P. 39–49.

28. Development of an express water classification system based on a database of gas-discharge radiation images / Glukhova N. V., Pisotska L. A., Kuchuk N. G. // *Collection of Scientific Papers of the Ivan Kozhedub Kharkiv Air Force University*. – 2015. – № 3 (44). – P. 112–118.

29. Kirlianography of the electrophysical properties of drinking and distilled water during its coherence / Mintser O., Pisotska L., Krasnobryzhev V. et al. //

References.

1. Kuryk, M. V., Pisotska, L. A., Lapytskyi, V. N., & Cherepanova-Lahutenko, R. S. (2012). Pro pryrodu kirlianivskoho svitinnia vody [On the nature of Kirlian glow of water]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, (5), 86–90. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2012_5_18 [In Ukrainian].

2. Oka, K., Shibue, T., Sugimura, N., Watabe, Y., Winther-Jensen, B., & Nishide, H. (2019). Long-lived water clusters in hydrophobic solvents investigated by standard NMR techniques. *Scientific Reports*, 9, 223.

3. Ojha, D., Karhan, K., & Kühne, T. D. (2018). On the hydrogen bond strength and vibrational spectroscopy of liquid water. *Scientific Reports*, 8, 16888.

4. Medders, G. R., Babin, V., & Paesani, F. (2014). Development of a “first principles” water potential with flexible monomers. III: Liquid phase properties. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 10, 2906.

5. Ignatov, I., Marinov, Y. G., Vassileva, P., Gluhchev, G., Pesotskaya, L. A., Jordanov, I. P., & Iliev, M. T.

Bioresources and Human Health. – Częstochowa: Polonia University Press, 2021. – P. 8–20.

30. Changes in the electrophysical properties of natural drinking water in its experimental coherence with different polarity and degree / Pisotska L., Kovalchuk H., Hlukhova N. et al. // *Human Health: Realities and Prospects*. – Drohobych: Posvit, 2021. – P. 49–59.

31. Using the Kirlian photography method for express assessment of coherent properties of water / Pisotska L., Krasnobryzhev V., Mintser O., Glukhova N. // *Sustainable Development*. – 2021. – № 2. – P. 21–29.

32. Method for identifying information copies of a bioactive liquid / Mintser O. P., Pisotska L. A., Glukhova N. V. // Patent of Ukraine for utility model № 148443. – 2021.

33. Modeling water clusters: spectral analyses, gaussian distribution, and linear function during time / Ignatov I., Marinov Y., Huether F. et al. // *Ukr. J. Phys.* – 2024. – Vol. 69, № 9. – P. 632–641.

(2025). Nonlinear hydrogen bond network in small water clusters: Combining NMR, DFT, FT-IR and EIS research. *Symmetry*, 17, 1062. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2073-8994/17/7/1062>.

6. Vassilev, N., Ignatov, I., Popova, T. P., Huether, F., Ignatov, A. I., Iliev, M. T., & Marinov, Y. (2024). Nuclear magnetic resonance (NMR) and density functional theory (DFT) study of water clusters of hydrogen-rich water (HRW). *Water*, 16, 3261. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2073-4441/16/22/3261>.

7. Ignatov, I., Antonov, A., & Neshev, N. (2021). Color coronal spectral analysis of bioelectrical effects of humans and water. *Contemporary Engineering Sciences*, 14(1), 61–72. doi: 10.12988/ces.2021.91781.

8. Mintser, O. P., Pesotskaya, L. A., Gorovaya, A. I., Glukhova, N. V., & Shchukina, O. S. (2021). Influence of coherent properties of water on biological growth of plants. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports*, 6(6), 267–274.

9. Mintser, O., Pisotska, L., Stetsula, N., Stakhiv, V., & Kutalo, L. (2021). Assessment of coherent

- properties of water from natural sources using Kirlian photography. *Periodyk Naukowy Akademii Polonijnej*, 47(4), 158–170.
10. Mintser, O., Pisotska, L., Glukhova, N., & Tepla, T. (2022). Computer-integrated technology for analyzing coherent properties of water. In *Scientific Foundations in Research in Engineering*. Boston: Primedia eLaunch, 175–190.
11. Mintser, O. P., Pisotska, L. A., Glukhova, N. V., Horova, A. I., & Yevdokymenko, N. M. (2022). Methodology for assessing the influence of coherent properties of water samples and their energy-information copies on biological growth. *Sustainable Development*, 1, 35–44.
12. Pisotska, L. A., & Glukhova, N. V. (2015). Method for determining the degree of coherence of the state of water. Patent of Ukraine for Utility Model, No. 100834.
13. Mintser, O. P., Pisotska, L. A., Churylov, V. V., & Gulevska, G. I. (2021). Gas-discharge photography device “Kirliograph”. Patent of Ukraine for Utility Model, No. 148260.
14. Pisotska, L. A., Churylov, V. V., & Gulevska, G. I. (2022). Method of forming a sample of a liquid-phase object for research using gas-discharge visualization methods. Patent of Ukraine for Utility Model, No. 150821.
15. Pisotska, L. A., Churylov, V. V., Mintser, O. P., Glukhova, N. V., & Gulevska, G. I. (2022). Hardware and software complex for studying the quality of liquid-phase objects. Patent of Ukraine for Utility Model, No. 151195.
16. Ignatov, I., Pisotska, L. A., & Glukhova, N. A. (2025). Registration of different types of water with corona gas discharge effects and parameters of brightness. *Portugaliae Electrochimica Acta*, 43(4), 219–226. doi: 10.4152/pea.2025430401.
17. Pisotska, L. A., Churylov, V. V., Glukhova, N. V., Gulevska, G. I., & Ignatov, I. (2023). Device for recording gas-discharge glow of various objects “RGS-1”. Patent of Ukraine for Utility Model, No. 153884.
18. Pisotska, L. A., & Glukhova, N. V. (2013). Method for assessing the biological activity of water. Patent of Ukraine for Utility Model, No. 91003.
19. Glukhova, N. V. (2014). Development of a method for rapid assessment of biological properties of water. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(5), 18–25.
20. Glukhova, N. V., Pisotskaya, L. A., & Kuchuk, N. G. (2015). Method for assessing biological and quantum properties of water. *Information Processing Systems*, 7, 195–200.
21. Glukhova, N. V. (2020). Method for determining the measurement uncertainty of the detailing coefficients of the wavelet transform of image brightness profiles. *Measurement Techniques*, 63, 77–183.
22. Glukhova, N., Khilov, V., Kharlamova, Y., & Isakova, M. (2020). Integrated assessment of the state of sewage mine waters based on gas-discharge radiation method. *E3S Web of Conferences*, 201, 01032.
23. Glukhova, N. V., Pisotskaya, L. A., Kuchuk, N. G., & Kharlamova, J. N. (2016). Application of wavelets transform for analysis of images of gas-discharge radiation of water. *Information Processing Systems*, 2, 179–185.
24. Krasnobryzhev, V. G. (2008). Method and device for creating a coherent material environment. Patent application, No. 200803310.
25. Del Giudice, E. et al. (2005). Coherent quantum electrodynamics in living matter. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 24, 199–210.
26. Pisotska, L. A., Mintser, O. P., & Glukhova, N. V. (2015). Method for determining the degree of coherence of the state of water. Patent of Ukraine for Invention, No. 112809.
27. Mintser, O. P., Pisotska, L. A., Glukhova, N. V., Krasnobryzhev, V. G., & Tepla, T. D. (2022). Analysis of coherent properties of water based on the histogram of its Kirlian photography. *Medical Informatics and Engineering*, 4(60), 39–49.
28. Glukhova, N. V., Pisotska, L. A., & Kuchuk, N. G. (2015). Development of an express water classification system based on a database of gas-discharge radiation images. *Collection of Scientific Papers of Ivan Kozhedub Kharkiv Air Force University*, 3(44), 112–118.

29. Mintser, O., Pisotska, L., Krasnobryzhev, V., Hlukhova, N., & Tepla, T. (2021). Kirlianography of the electrophysical properties of drinking and distilled water during its coherence. In *Bioresources and Human Health*. Częstochowa: Polonia University Press, 8–20.

30. Pisotska, L., Kovalchuk, H., Hlukhova, N., Tepla, T., & Evdokymenko, N. (2021). Changes in the electrophysical properties of natural drinking water in its experimental coherence with different polarity and degree. In *Human Health: Realities and Prospects*. Drohobych: Posvit, 49–59.

31. Pisotska, L., Krasnobryzhev, V., Mintser, O., & Glukhova, N. (2021). Using the Kirlian photography method for express assessment of coherent properties of water. *Sustainable Development*, 2, 21–29.

32. Mintser, O. P., Pisotska, L. A., & Glukhova, N. V. (2021). Method for identifying information copies of a bioactive liquid. Patent of Ukraine for Utility Model, No. 148443.

33. Ignatov, I., Marinov, Y., Huether, F., Gluhchev, G., & Iliev, M. T. (2024). Modeling water clusters: Spectral analyses, gaussian distribution, and linear function during time. *Ukrainian Journal of Physics*, 69(9), 632–641.

ORCID:

O. P. Mintser: 0000-0002-7224-4886

A. V. Pavlychenko: 0000-0003-4652-9180

L. A. Pisotska: 0000-0003-3425-6509

N. V. Glukhova: 0000-0003-0817-5465

O. O. Borisovska: 0000-0001-7309-0236