

## Перелік використаних джерел:

1. Радзюкевич А.В. Красивая сказка о «золотом сечении» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sibdesign.ru/index.php?text=1&razdel=stat&textnew=20030615041954>.
2. Зубов В.П. Архитектурная теория Альберти / В.П. Зубов. – Санкт-Петербург : Алетейя, 2001. – 464 с.
3. Тиммердинг Г.Е. Золотое сечение: пер. с нем. / Г.Е. Тиммердинг; под ред. Г. М. Фихтенгольца. – 2-е изд. – М. : КомКнига, 2005. – 88 с.
4. Ермакова С.В. Антропометрический атлас / С.В. Ермакова, Т.П. Подставкаина, А.Н. Строкина. – М.: ВНИИТЭ, 1977. – 138 с.
5. Ле Корбюзье. Модульор / Ле Корбюзье. – М. : Стройиздат, 1976. – 239 с.
6. Кучин В. Пирамида чисел Фибоначчи-Кучина / В. Кучин. – М. : Литагент, 2020. – 179 с.
7. Аракелян Г. Математика и история золотого сечения / Г. Аракелян. – М. : Логос, 2014. – 404 с.
8. Воробьев Н.Н. Числа Фибоначчи / Н.Н. Воробьев. – М. : Наука, 1969. – 112 с.
9. Волошин В.С. Природа отходаобразования / В.С. Волошин. – Мариуполь: Рената, 2007. – 666 с.

## References:

1. Radziukevich A.V. *Krasivaia skazka o «zolotom sechenii»* (A beautiful fairy tale about the «golden section») Available at: [www.sibdesign.ru/index.php?text=1&razdel=stat&textnew=20030615041954](http://www.sibdesign.ru/index.php?text=1&razdel=stat&textnew=20030615041954) (accessed 15 February 2022). (Rus.)
2. Zubov V.P. *Arkhitekturnaia teoriia Al'berti* [Alberti's architectural theory]. St. Petersburg, Aleteia Publ., 2001. 464 p. (Rus.)
3. Timmerding G.E. *Zolotoe sechenie* [Golden ratio]. Moscow, KomKniga Publ., 2005. 88 p. (Rus.)
4. Ermakova S.V., Podstavkina T.P., Strokina A.N. *Antropometricheskii atlas* [Anthropometric atlas]. Moscow, VNIITE Publ., 1977. 138 p. (Rus.)
5. Le Korbiuz'e. *Modulor* [Modulator]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1976. 239 p. (Rus.)
6. Kuchin V. *Piramida chisel Fibonachchi-Kuchina* [Pyramid of Fibonacci-Kuchin numbers]. Moscow, Litagent Publ., 2020. 179 p. (Rus.)
7. Arakelian G. *Matematika i istoriia zolotogo secheniia* [Mathematics and history of the golden section]. Moscow, Logos Publ., 2014. 404 p. (Rus.)
8. Vorob'ev N.N. *Chisla Fibonachchi* [Fibonacci numbers]. Moscow, Nauka Publ., 1969. 112 p. (Rus.)
9. Voloshin V.S. *Priroda otkhodoobrazovaniia* [The nature of waste generation]. Mariupol, Renata Publ., 2007. 666 p.

Рецензент: О.А. Хлестова  
канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 07.03.2022

УДК 628.16:620.17.3

doi: 10.32782/2225-6733.44.2022.7

© Волошин В.С.\*

## ДИНАМІЧНА СТІЙКІСТЬ ТА УПРАВЛІННЯ НАДМОЛЕКУЛЯРНИМИ СТРУКТУРАМИ ВОДИ

*Кластерна структура води є визнаною основою для вивчення особливих властивостей цієї рідини і, зокрема, при її взаємодії з біологічними системами. Зроблена спроба виявити закономірності появи недовговічних кластерних надмолекулярних*

\* д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, [rektor2591@gmail.com](mailto:rektor2591@gmail.com)

структур в складі води. Вони визначають її ефективність по відношенню до таких біологічних систем. Їх поява заснована на закономірностях біфуркаційного переходу з подвоєнням кількості взаємопов'язаних молекул  $H_2O$ . Це можливо на межі стану хаосу в міжмолекулярних зв'язках з координатами макростану води. Запропоновано застосування принципу І. Пригожина про високоінтенсивні коливання у триатомних структурах. Вони з'являються, незалежно від змін кластерних структур, в триатомних, молекулярних асоціаціях, заснованих на накопиченні внутрішньої енергії для мінімізації дисипативних процесів. Це є основою для організації таких стійких структур з мінімальною зміною ентропії всієї системи. Був використаний алгоритм І. Пригожина щодо розрахунку термодинамічної нестійкості в поведінці триатомних молекул, як метод управління, з залученням індексу оператора Ліувілля і порівнянного з ним критерія стійкості Ляпунова. Були досліджені процеси миттєвої оборотності та стійкості короткоживучих кластерів на основі молекул  $H_2O$  в повній відповідності до існуючих положень про динамічні структури води. Показані особливості дії високочастотних випадкових коливань на структури води, що визначають періодичність створення короткоживучих асоціацій в складі цієї рідини. А також показана стабільність таких періодичних процесів в обмежений проміжок часу, як основа для виявлення повторюваних станів системи. Енергетичний взаємозв'язок в таких системах пропонується розглядати як основу для підтримки їх оптимального стану в структурі води. Це також показник її відношення до біологічних систем, які її сприймають.

**Ключові слова:** управління структурою води, надмолекулярні структури води, біологічні системи, триатомна молекулярна система, кластери, термодинамічна нестійкість, фазові переходи, оператор Ліувілля, критерій стійкості Ляпунова, ентропія.

**V.S. Voloshyn. Dynamic stability and control of supermolecular structures of water.** The cluster structure of water is a recognized basis for studying the special properties of this liquid and, in particular, when interacting with biological systems. An attempt has been made to identify patterns for the appearance of short-lived cluster supramolecular structures in the composition of water. They determine its effectiveness in relation to such biological systems. Their appearance is based on the patterns of bifurcation transition with a doubling of the number of bound molecules  $H_2O$ . This is possible in a border area with chaos in intermolecular of bonds water. The use of I. Prigogine's principle of high-intensity fluctuations is proposed. They appear independently of changes in cluster structures in triatomic molecular associations based on the accumulation of internal energy to minimize dissipative processes. This is the basis for the organization of such stable structures with minimal change in the entropy of the entire system. Prigozhin's algorithm was applied to calculate the thermodynamic instability and behavior of triatomics as a control method. The index of the operator Liouville and the comparable criterion of stability of Lyapunov are involved. The processes of instantaneous reversibility and stability of short-lived clusters based on molecules were investigated, in full accordance with the existing provisions on the dynamic structure of water. The features of the action of high-frequency random oscillations are shown, which determine the periodicity of the creation of short-lived associations in the composition of water. It also shows the stability of such periodic processes in a limited period of time, as a basis for identifying repetitive states of the system. Energy interrelation in such systems is proposed to be considered as the basis to maintain their optimal state in the structure of water. This is also an indicator of its relationship to the perceiving biological systems.

**Key words:** water structure management, supramolecular water structures, biological systems, triatomic molecular system, clusters, thermodynamic instability, phase transitions, Liouville operator, Lyapunov stability criterion, entropy.

**Постановка проблеми.** Сучасні уявлення про воду, як джерело життєзабезпечення як людини, так і всього живого на планеті, дозволяють розраховувати на те, що максимально можлива

кількість цього життєвого ресурсу буде спрямована на потреби суспільства. Для цього необхідно навчитися управляти структурними станами води в будь-якому з її джерел і не тільки природних. Такі дослідження можуть наблизити нас до вирішення проблеми забезпечення людства якісною прісною водою не тільки з висотні анклавів, а й з інших доступних джерел.

**Мета статті** – визначити умови щодо управління короткоживучими кластерними структурами води для додання їй необхідних властивостей корисності для біологічних систем.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Структурні властивості води слід розглядати як один з найважливіших показників її якості, що впливають на біологічні процеси в цілому [1]. Загальновідомі особливості кластерної структури води дозволяють пояснити багато її «аномальних» властивостей, зокрема, узгодження з законами термодинаміки, температурні відхилення для існування багатьох фізико-хімічних параметрів, а також показники впливу на організм людини [2, 3]. Найпростішими відомими людині системами управління водною структурою є фазові переходи стану води через температурні точки плавлення і кипіння, електролітичні методи її структурування та ін. Існують деякі узагальнені підходи до вирішення цієї проблеми, зокрема, в масштабах відомих уявлень про миттєвих у часі кластерних асоціаціях в структурі води [4]. Як показує у своїх дослідженнях І. Пригожин [5], вони можуть базуватися на механізмах коливання міжмолекулярних відносин, зокрема, в єдиній еволюції розподілу ймовірностей миттєвих станів кластерних водних структур на основі квантового рівняння руху Шредінгера для поведінки квантових ОРТО-ПАРА-спінових молекул води.

Матриця щільності будь-якого миттєвого конгломерату надмолекулярних асоціацій, як великої квантової системи Пуанкаре, має свої особливості, а саме:

- суперпозиційна енергетична залежність (яка порівнянна зі структурними коливаннями надмолекулярних водних асоціацій);
- незворотність, що є операторно-незалежною від попередніх станів (що також впливає з вихідної змішаної кластерно-молекулярної моделі С.В. Зеніна [6]);
- відсутність імовірних перетинів імовірнісних станів з областю переходу в хаотичний стан.

Згідно з дослідженнями І. Пригожина [5], саме флуктуація і, особливо, її висока інтенсивність, відповідно до швидкості зміни кластерів в надмолекулярних структурах, *дозволяє не тільки акумулювати внутрішню міжмолекулярну енергію для мінімізації дисипативних процесів, але і енергетично забезпечувати всі структурні перетворення в міжмолекулярних водних асоціаціях таким чином, щоб досягти мінімуму розсіювання енергії для системи в цілому.*

Тоді виникає питання про можливість і механізми управління такими триатомними структурами на прикладі молекул  $H_2O$ , в їх відомій кластерній інтерпретації.

**Виклад основного матеріалу.** Для триатомних структур, схожих на воду, можна виділити три взаємопов'язані складові, що забезпечують синергетичний стані незалежно від її властивостей [5]. Це функції системи, її структура і можливість флуктуації, в основі яких лежать різноманітність надвисокочастотних перетворень (рис. 1). Функції системи виражаються рівняннями динаміки, в яких вона існує. І. Пригожин посилається, як приклад, на хімічні рівняння, хоча, в принципі, такими станами є і дифузійні процеси, і закони великих чисел, і системи, що описуються рівняннями гідродинаміки та ін.

Уявімо в геометричній формі відображення процесу надмолекулярної взаємодії в кластерній моделі води (рис. 2), що отримана за алгоритмом І. Пригожина [5] для триатомних термодинамічно нестійких систем з урахуванням рівняння стійкості, що з'єднує воедино ермітовий  $L_t$  –інваріантний оператор Ліувілля з критерієм стійкості Ляпунова  $\Lambda$ , а саме

$$\Lambda^*(L) = \Lambda^+(-L) . \quad (1)$$

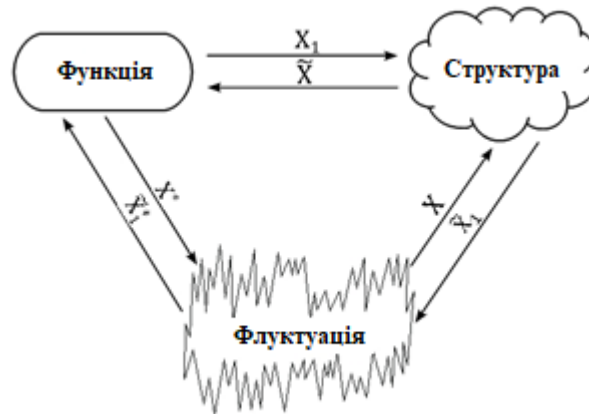


Рис. 1 – Механізм запуску процесів дестабілізації як основа нерівноважності і незворотності у триатомних молекулярних системах [5].

Тут об'єктивно існує фактор оборотності для триатомних структур типу  $H_2O$ . У координатах  $(X_1, X_2)$ , під якими для випадку води зручно брати, наприклад, її температуру і тиск відповідно, отримуємо дві чітко обмежені області: стійкість і біфуркацію. Точка  $A^a$  з координатами  $(X_1^a, X_2^a)$  представляється початковим стійким аттрактором, що відображає деякий кінцевий стан в процесі зміни надмолекулярної структури води. Враховуючи, що стабільність такого стану може бути гіпотетичною та лише в нескінченно малий проміжок часу, отже, тому що міжмолекулярна структура води зазнає постійних і миттєвих змін, можна лише умовно позначити цей стан як дане. Для миттєво стабільного стану кластерної структури повинна бути виконана умова його інтегрального енерговитрачання  $E = X_1 \cdot X_2 < X_1^a \cdot X_2^a$ , як похідна ентропійних змін (див. рис. 2). Кінцевий стан системи апіорі має бути пов'язаний з мінімумом дисипації. Куди потрібно рухатися системі, щоб мати цей стан? Звичайно, до аттрактора  $A^a$ , який, в даному випадку, більше схожий на «дивний аттрактор», що з'являється в результаті складних і віддалених від нього біфуркаційних змін, коли починається межа з  $E = X_1 \cdot X_2 \geq X_1^a \cdot X_2^a$ . При цьому точки  $A^b, A^c, A^d$  (див. рис. 2) повинні виконувати роль проміжних аттракторів (від області нестійкості до області стійких надмолекулярних структур), від процесів біфуркації до процесів послідовної передачі властивостей, від однієї структури (читай, кластерів) до іншої, в суворій відповідності з гіпотезою С.В. Зеніна [4, 7].

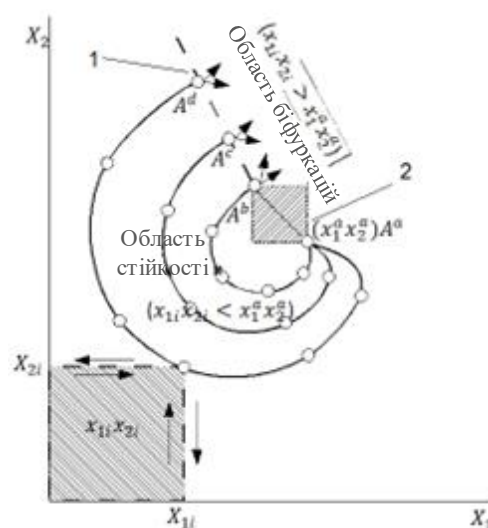


Рис. 2 – Траєкторії еволюції енергоентропійних станів надмолекулярних об'єднань  $H_2O$  в параметрах  $(P, T)$

Принаймні, це те, до чого ми прагнемо. І, в кожен наступний момент часу (який, нагадаємо, вимірюється в значеннях  $1 \cdot 10^{-15} \div 1 \cdot 10^{-12}$ с) енергоентропійна характеристика системи

прагне до максимального значення для неї  $E = X_1 \cdot X_2 \rightarrow X_1^a \cdot X_2^a$ , маючи обмеження тільки у вигляді внутрішніх джерел енергії системи. Слід розуміти, що саме тому між точками  $A^b, A^c, A^d$  з одного боку і точкою  $A^a$  з іншого відбувається впорядкування надмолекулярних структур води до цілком стабільного миттєвого стану. Питання в тому, чи можливий такий стан системи в принципі? Не варто забувати, що до такого висновку ми прийшли, використовуючи штучний поділ траєкторій зміни енергоентропійних станів на передатракторні та на область «дивного аттрактора» (при  $\tau \rightarrow 0$ ), яке не має права на самостійне існування.

Якщо запропонований геометричний опис об'єктивно реальний, можна очікувати, на якомусь етапі траєкторії еволюції водних структур, прояву їх здібностей не тільки до утримання, але і до квантової трансформації, що зафіксовано за допомогою ОРТО-ПАРА-спін-ефектів інформації [8]. Цю, на перший погляд, складну систему синергетичних проявів можна значно спростити, якщо з рівняння для стабільності енергетичного стану коливальної системи з амплітудою  $C_k$  такою, що  $|C_k \cdot C_k| = C_k \exp(-iE_k\tau) \cdot C_k \exp(+iE_k\tau) = C_k^2$ , прийняти умову, що описана як:  $|C_k|^2 \neq f(\tau)$ . При цьому наше припущення про існування подвійного аттрактора, висловлене раніше, приймає форму визначеності. Наскільки достовірно виглядає стійкість таких областей, можна судити з наступних міркувань.

Ще засновники статистичної фізики Дж. У. Гіббс та Л. Больцман розглядали велику кількість мікрочастинок, атомів, молекул і їх структур, як фазовий простір для дисипативних систем [9, 10]. Вода при різноманітних одночасних фазових станах і траєкторіях їх зміни завжди може відповідати таким системам. М. Дж. Кляйн, посилаючись на П. Еренфеста, показав, що для таких систем спочатку існує тільки одна фазова траєкторія в часі. Вона проходить надзвичайно близько до якоїсь сингулярної точки на енергетичній поверхні системи [11]. Кількісні характеристики таких траєкторій визначаються критеріями стійкості або нестійкості, зокрема, критеріями стійкості руху, введеними математиком А.М. Ляпуновим, який розробив для таких систем, зокрема, критерії КС-ентропії.

Процес взаємного молекулярного обміну в надмолекулярних структурах води може передбачати періодичність флуктуаційних рухів в режимі випадкової частоти як для окремих молекул, так і, зокрема, для надмолекулярних асоціацій. Для нормального періодичного процесу будь-яка зміна параметрів призводить до чітко визначених змін структур, які як би відбуваються в водних кластерах. Для оцінки стійкості таких коливальних процесів в динаміці процесів, які несуть чітко визначену назву – випадкові періодичні цикли, скористаємося відомим методом поперечного перерізу Пуанкаре для тривимірного фазового простору [12, 13], коли переріз приймає умовну форму типового двовимірного відображення Пуанкаре

$$x' = f(x, y) \text{ і } y' = \varphi(x, y). \quad (2)$$

Для таких періодичних циклів завжди є хоча б одна фіксована точка відображення (її координати:  $x = f(x_0, y_0), y = \varphi(x_0, y_0)$ ). Координати будь-якої іншої точки на цій поверхні поперечного перерізу можна записати в поточних значеннях  $\tilde{x}$  і  $\tilde{y}$ , як  $x = x_0 + \tilde{x}, y = y_0 + \tilde{y}$ . Тоді рівняння відображення Пуанкаре (2) можна розв'язати за допомогою стандартного Якобіана

$$\hat{j} = \begin{pmatrix} f_x(x_0, y_0) & f_y(x_0, y_0) \\ \varphi_x(x_0, y_0) & \varphi_y(x_0, y_0) \end{pmatrix} \quad (3)$$

у вигляді

$$\mu \begin{pmatrix} \tilde{x}_s \\ \tilde{y}_s \end{pmatrix} = \hat{j} \begin{pmatrix} \tilde{x}_s \\ \tilde{y}_s \end{pmatrix} \text{ для } s=1,2 \quad (4)$$

Динамічна стійкість коливальної системи в координатах: слід  $S$  і детермінант  $D$  матриці Якобі

$$S = f_x(x_0, y_0) + \varphi_y(x_0, y_0) \quad (5)$$

та

$$D = f_x(x_0, y_0) \cdot \varphi_y(x_0, y_0) - f_y(x_0, y_0) \cdot \varphi_x(x_0, y_0) \quad (6)$$

відповідно, визначається з рівняння (4) через мультиплікативне власне число  $\mu = \pm 1$ , як розв'язок квадратного рівняння

$$\mu^2 - S\mu + D = 0. \tag{7}$$

Межі динамічної стійкості такої системи в координатах (D,S) знаходяться в межах області, обмеженої лініями  $1 \pm S + D = 0$  і  $D = 1$ . Стан системи в межах  $\mu > \pm 1$  свідчить про її вихід з області стійкості за межі ліній  $1 \pm S + D = 0$  і  $D = 1$ . Це означає, що при єдиному русі впродовж циклу мультиплікатор змінює знак на протилежний. Але траєкторія руху не буде завершеною. Завершення траєкторії можливе тільки при наявності ще одного повторення циклу. Період траєкторії при цьому подвоюється (рис. 3, а).

Такий сценарій транзитивного хаосу в надмолекулярних асоціаціях, по відношенню до води, можливий тільки при зовнішньому збудженні, наприклад, шляхом зміни якогось параметра  $\alpha(x, y)$  цієї системи, внаслідок чого в структурі води відбуваються миттєві зміни форм і станів клатратів, кластерів і їх співвідношення з окремими молекулами  $H_2O$  в напрямку їх руйнування (в нашому випадку це параметр, наприклад, температура або тиск у водному середовищі, наявність сторонньої домішки та ін.). Під впливом такого збудження змінюється амплітуда несподіваних сплесків, що відображається на кроці нестабільного циклу (рис. 3, б). Причиною такої зміни може бути лише певна біфуркація негативного мультиплікатора, коли стабільне початкове положення точки відображення  $x_0 = f(x_0, y_0)$ ,  $y_0 = \varphi(x_0, y_0)$  дає нестабільний цикл. Це називається біфуркацією подвоєння періоду [14]. Ці результати в достатній мірі співвідносяться з розрахунковими даними, отриманими в роботах І. Пригожина та І. Стінгерса (див. рис. 3).

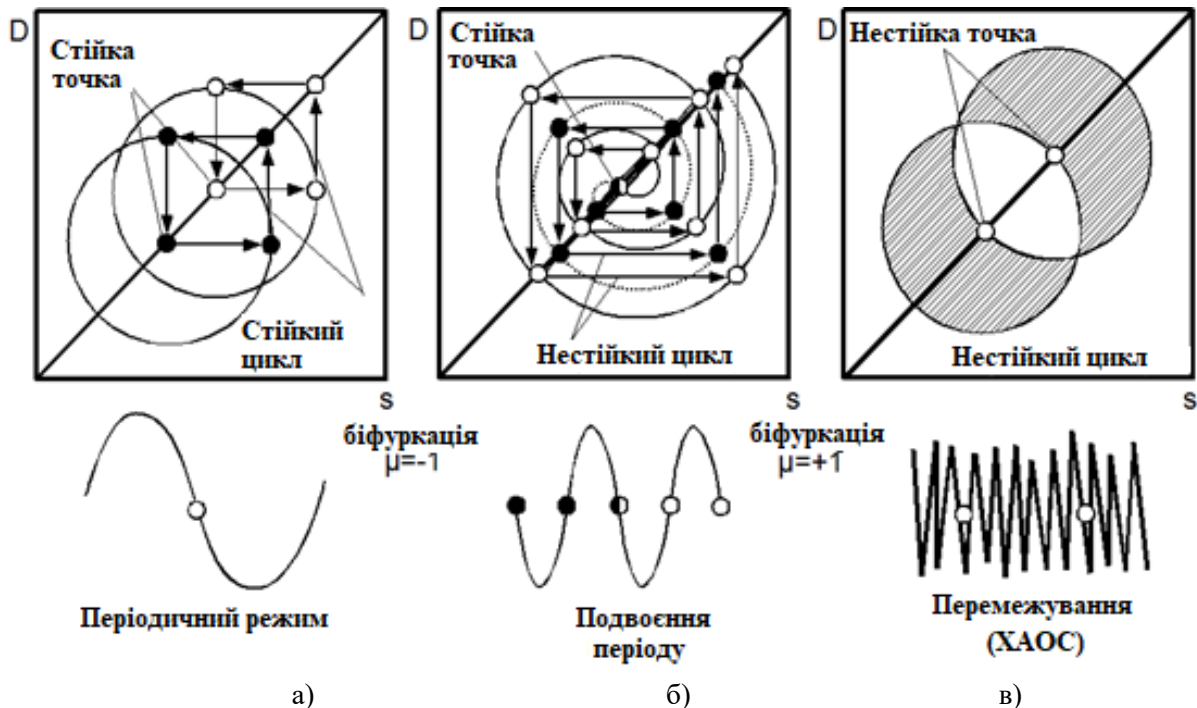


Рис. 3 – Ітераційний варіант сценарію Фейгенбаума щодо процедури біфуркації подвоєння періоду для триатомних молекулярних структур

При подальшій зміні параметра  $\alpha$  біфуркаційної системи такого типу її стан повторюються, але з іншим набором молекул і, при найменше, при збереженні інтегральної ентропії системи. І наприкінці, динамічна система переходить до хаотичної переривчастості (рис. 3, в), коли частота подвоєння циклу нескінченно збільшується, а нестабільний цикл вже стає похідною від нестабільної точки перетину з координатами площини відображення Пуанкаре. Це відбувається як результат нескінченної процедури біфуркаційного подвоєння періоду цього циклу. Аналогічний алгоритм переходу від регулярності до хаосу за допомогою біфуркацій, що приводять до

подвоєння періоду, носять назву «сценарія Фейгенбаума» [15]. Такий сценарій сам по собі є підтвердженням взаємообразності кластерних мікросистем води з її квантовою природою і їх загальною енергоентропією.

Модель подвоєння періоду, як відображення перехідних процесів упорядкування у водних структурах, не є єдиною. Динамічний режим надмолекулярних кластерів дуже різноманітний. Численні флуктуації не дозволяють поглянути на таку систему з точки зору спадкоємності станів, наприклад,

$$f(x_{n-1}) \rightarrow f(x_n) \rightarrow f(x_{n+1}). \quad (8)$$

У кожному кластері знаходиться величезна кількість молекул, які здійснюють коливання в чотирьох з половиною ступенях свободи, деякі з них синхронізують свої коливальні рухи, деякі рухаються в протифазі, а ще більше молекул знаходяться в проміжному стані. І все це відбувається за мільярдні частки секунди, після чого структура розпадається, і з'являється нова, така, що енергетично пов'язана з першою. Тому існує висновок, що сценарія Фейгенбаума відносно таких модифікацій явно недостатньо для пояснення вищеописаних процесів. Навряд чи сьогодні можна уявити собі процеси, окреслені на рис. 3, не в двовимірному, а в багатовимірному просторі.

Проте, щоб отримати картину об'єктивних стохастичних процесів в надмолекулярних структурах води, хоча б з метою з'ясування їх здатності до деякої послідовності і керованості, що дозволяло би бачити в ній впорядкованість квантових перетворень, необхідно звернути увагу на їх квантову природу. Зокрема, нас не може не цікавити питання про спадкоємності властивостей окремих кластерів з миттєво сформованою картиною ОРТО(80)-ПАРА(20)-переходів в певній кількості молекул  $H_2O$ . Чи може нова структура кластерів мати хоча б частину властивостей свого попередника в кожен наступний момент часу? Відповідь на це питання могла би дати можливість правильно оцінити здатності квантово-механічного підходу до води, як до інформаційного ретранслятора.

### Висновки

Стабільний стан кластерних систем  $H_2O$  знаходиться в певному проміжку між хаосом і контрольованою ними біфуркацією. Управління такими триатомними молекулярними і короткоживучими надмолекулярними системами можливо, наприклад, в рамках координат  $(P, T)$ , що може однозначно вказувати на незмінність взаємних перетворень між узгодженими кластерами. Енергетична живучість і взаємна незворотність таких кластерів дозволяє на основі граничних перетворень, стабільно підтримувати в структурі води її оптимальний стан, наприклад, для біологічних систем, що її сприймають.

### Перелік використаних джерел:

1. Волошин В.С. Питьевая вода. Невостребованные требования / В.С. Волошин, В.А. Бурко // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: Міжн. наук.-практ. конф. – Харків, 2017. – С. 124-131.
2. Лобышев В.И. Вода как сенсор и преобразователь слабых воздействий физической и химической природы на биологические системы / В.И. Лобышев // Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине: тезисы II Международного конгресса. – Санкт-Петербург, 2000. – С. 99-100.
3. Калниньш К.К. Каталитические свойства «живой» и «мертвой» воды / К.К. Калниньш, Л.П. Павлова / Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине: тезисы V Межд. конгресса. – Санкт-Петербург, 2009. – С. 56.
4. Зенин С.В. Исследование структуры воды методом протонного магнитного резонанса / С.В. Зенин // Доклады Академии наук. – 1993. – Т. 332, № 3. – С. 328-329.
5. Пригожин И. Время, хаос, квант / И. Пригожин, И. Стингерс; под ред. В.И. Аршинова. – М. : КомКнига, 2005. – 232 с.
6. Зенин С.В. Структурированное состояние воды как основа управления поведением и безопасностью живых систем : дис. ... д-р биол. наук : 05.26.02 / Зенин Станислав Валентинович. – Москва, 1999. – 208 с.
7. Зенин С.В. Гидрофобная модель структуры ассоциатов молекул воды / С.В. Зенин,

- Б.В. Тяглов // Журнал физической химии. – 1994. – Т. 68, № 4. – С. 636-641.
8. Pershin S.M. Coincidence of rotational energy of H<sub>2</sub>O ortho-para molecules and translation energy near specific temperatures in water and ice / S.M. Pershin // Physics of Wave Phenomena. – 2008. – Vol. 16(1). – Pp. 15-25. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/s11975-008-1003-x>.
  9. Гиббс Дж. В. Термодинамика. Статистическая механика / Дж. В. Гиббс. – М. : Наука, 1982. – 584 с.
  10. Больцман Л. Избранные труды. Часть 1 / Л. Больцман. – М. : Наука, 1984. – 590 с.
  11. Klein M.J. Entropy and the Ehrenfest urn model / M.J. Klein // Physica. – 1956. – Iss. 6-12. – Pp. 569-575. – Mode of access: [https://doi.org/10.1016/S0031-8914\(56\)90001-5](https://doi.org/10.1016/S0031-8914(56)90001-5).
  12. Зенин С.В. Водная среда как информационная матрица биологических процессов / С.В. Зенин // Фундаментальные науки и альтернативная медицина: тезисы докладов I Межд. Симпозиума (22-25 сентября 1997 г.; Пушино). – 1997. – С. 12-13.
  13. Кодратьев А.С. Сечение Пуанкаре при описании поведения нелинейных систем / А.С. Кодратьев, А.В. Рябцев // Компьютерные системы в образовании. – 2012. – № 1. – С. 38-47.
  14. Кузнецов С.П. Динамический хаос / С.П. Кузнецов. – М. : Физматлит, 2001. – 296 с.
  15. Фейгенбаум М. Универсальность в поведении нелинейных систем / М. Фейгенбаум // Успехи физических наук. – 1983. – № 141, том 2. – С. 343-374. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3367/UFNr.0141.198310e.0343>.

#### References:

1. Voloshin V.S., Burko V.A. Pit'evaia voda. Nevostrebouvannye trebovaniia. *Tezi Mizhn. nauk. kong. «Ekologichna bezpeka: problemi i shliakhi virishennia»* [Drinking water. Unclaimed claims. Proceedings of Int. Sci. Conf. «Environmental safety: problems and solutions»]. Kharkiv, 2017, pp. 124-131. (Rus.)
2. Lobyshev V.I. Voda kak sensor i preobrazovatel' slabykh vozdествii fizicheskoi i khimicheskoi prirody na biologicheskie sistemy. *Tezi II Mizhn. kong. «Slabye i sverkhslabye polia i izlucheniia v biologii i meditsine»* [Water as a sensor and converter of weak effects of physical and chemical nature on biological systems. Proceedings of II Int. Congress «Weak and superweak fields and radiation in biology and medicine»]. St. Petersburg, 2000, pp. 99-100. (Rus.)
3. Kalnin'sh K.K., Pavlova L.P. Kataliticheskie svoistva «zhivoi» i «mertvoi» vody. *Tezi V Mizhn. kong. «Slabye i sverkhslabye polia i izlucheniia v biologii i meditsine»* [Catalytic properties of «living» and «dead» water. Proceedings of V Int. Congress «Weak and superweak fields and radiation in biology and medicine»]. St. Petersburg, 2009, pp. 56. (Rus.)
4. Zenin S.V. Issledovanie struktury vody metodom protonnogo magnitnogo rezonansa [Investigation of the structure of water by the method of proton magnetic resonance]. *Doklady Akademii nauk – Reports of the Academy of Sciences*, 1993, vol. 332, № 3, pp. 328-329. (Rus.)
5. Prigozhin I., Stingers I. *Vremia, khaos, kvant* [Time, chaos, quantum]. Moscow, KomKniga Publ., 2005. 232 p. (Rus.)
6. Zenin S.V. *Strukturirovannoe sostoianie vody kak osnova upravleniia povedeniem i bezopasnost'iu zhivykh sistem*. Diss. dokt. biol. nauk [The Structured State of Water as a Basis for Controlling the Behavior and Safety of Living Systems. Doct. biol. sci. diss.]. Moscow, 1999. 208 p. (Rus.)
7. Zenin S.V., Tiaglov B.V. Gidrofobnaia model' struktury assotsiatov molekul vody [Hydrophobic model of the structure of associates of water molecules]. *Zhurnal fizicheskoi khimii – Journal of Physical Chemistry*, 1994, vol. 68, № 4, pp. 636-641. (Rus.)
8. Pershin S.M. Coincidence of rotational energy of H<sub>2</sub>O ortho-para molecules and translation energy near specific temperatures in water and ice. *Physics of Wave Phenomena*, 2008, vol. 16(1), Pp. 15-25. doi: 10.1007/s11975-008-1003-x.
9. Gibbs Dzh.V. *Termodinamika. Statisticheskaiia mekhanika* [Thermodynamics. Statistical mechanics]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 584 p. (Rus.)
10. Bol'tsman L. *Izbrannye trudy. Chast' I* [Selected works. Part 1]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 590 p. (Rus.)
11. Klein M.J. Entropy and the Ehrenfest urn model. *Physica*, 1956, iss. 6-12, pp. 569-575. doi: 10.1016/S0031-8914(56)90001-5.
12. Zenin S.V. Vodnaia sreda kak informatsionnaia matritsa biologicheskikh protsessov. *Tezi dokladov I Mizhn. simp. «Fundamental'nye nauki i al'ternativnaia meditsina»* [Aquatic environment as an



- information matrix of biological processes. Proceedings of I Int. Simp. «Basic sciences and alternative medicine». Pushchino, 1997, pp. 12-13. (Rus.)
13. Kodrat'ev A.S., Riabtsev A.V. Sechenie Puankare pri opisaniі povedeniia nelineinykh sistem [The Poincare section in describing the behavior of nonlinear systems]. *Komp'iuternye sistemy v obrazovanii – Computer systems in education*, 2012, № 1, pp. 38-47. (Rus.)
  14. Kuznetsov S.P. Dinamicheskii khaos [Dynamic chaos]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2001. 296 p. (Rus.)
  15. Feigenbaum M. Universal'nost' v povedenii nelineinykh sistem [Universality in the behavior of nonlinear systems]. *Uspekhi fizicheskikh nauk – Advances in the physical sciences*, 1983, vol. 141, iss. 2, pp. 343-374. doi: 10.3367/UFNr.0141.198310e.0343. (Rus.)

Рецензент: О.А. Хлестова  
канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 30.04.2022