

## **BIOELECTRONICS AND REGULARITIES OF ACQUISITION OF HEALTH PROPERTIES WITH DRINKING WATER ENRICHED WITH HYDROGEN MOLECULES**

**Y. Bolshak**, A. Marynin, R. Svyatnenko, V. Shpak

*National University of Food Technologies*

---

### **Key words:**

*Bioelectronics*  
*Hydrogen*  
*Electrons*  
*Protons*  
*Reactive oxygen species*  
*Oxidation*  
*Hydrogen water*

---

### **Article history:**

Received 24.09.2021  
Received in revised form  
05.09.2021  
Accepted 19.10.2021

---

### **Corresponding author:**

A. Marynin  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

### **ABSTRACT**

---

For a long time, in the heyday of the achievements of electronics, people had no idea that their vital activity is essentially provided by the separation of charges (electrons, protons and ions). But unlike electronic devices, these processes occur directly in the cells, tissues and organs of living beings.

For a long time, the hydrogen molecule was perceived as chemically and biologically inert due to the strength of covalent bonds between H atoms. The simplest path of hydrogen to the body is recognized with drinking water enriched with H<sub>2</sub> molecules. The anti-inflammatory properties of hydrogen water and its unique selective antioxidant properties were also revealed: the ability to effectively neutralize the most active radicals — hydroxyl (H) and peroxynitrite (ONOO<sup>-</sup>). It is these radical active oxygen species (AOS) that are responsible for most diseases and pathological conditions of various organs and systems of the body. However, the vast majority of studies do not explain how chemically inert hydrogen molecules can participate in redox reactions, ensuring that the water acquires a reducing electron-donor state with a redox potential value of -200...-300 mV.

The scientific idea that the chemical and biological activity of hydrogen molecules in water can be achieved by their activation was confirmed. It has been suggested that the decay of hydrogen atoms directly in mitochondria creates the probability of the participation of their electrons and protons in bioenergetic processes in cells, positively affecting their physiological state.

A physicochemical bioelectronic model of the process of obtaining a reductive electron-donor state by water enriched with hydrogen molecules was formulated. A new method of obtaining hydrogen water by biochemical method has been developed by enriching the aquatic bioenvironment with hydrogen of metabolic origin from natural microbial cultures on substrates of plant origin.

## БІОЕЛЕКТРОНІКА І ЗАКОНОМІРНОСТІ НАБУТТЯ ОЗДОРОВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПИТНОЮ ВОДОЮ, ЗБАГАЧЕНОЮ МОЛЕКУЛАМИ ВОДНЮ

**Ю. В. Большак, А. І. Маринін, Р. С. Святненко, В. В. Шпак**

*Національний університет харчових технологій*

*Незважаючи на розквіт досягнень електроніки, люди й гадки не мали, що їхня життєдіяльність, по суті, забезпечується розділенням зарядів (електронів, протонів та йонів). Але, на відміну від електронних пристроїв, ці процеси відбуваються безпосередньо в клітинах, тканинах та органах живих істот.*

*Тривалий час молекула водню через міцність ковалентних зв'язків між атомами Н сприймалася як хімічно та біологічно інертна. Найпростіший шлях водню до організму визнано з питною водою, збагаченою молекулами  $H_2$ . Було виявлено також протизапальні властивості водневої води та унікальні її селективні антиоксидантні властивості: здатність до ефективної нейтралізації найбільш активних радикалів — гідроксилу (H) та пероксинітриду (ONOO<sup>-</sup>). Саме ці радикальні активні форми кисню (АФК) відповідальні за більшість хвороб і патологічних станів різних органів та систем організму. В переважній більшості досліджень проте не пояснюється, як хімічно інертні молекули водню можуть брати участь в окисно-відновних реакціях, забезпечуючи набуття водню відновного електронодонорного стану з величиною ОВП –200...–300 мВ.*

*У статті підтверджено наукову ідею про те, що хімічна та біологічна активність молекул водню у воді може досягатися шляхом їх активації. Припущено, що розпад атомів водню безпосередньо у мітохондріях створює ймовірність участі їх електронів і протонів у біоенергетичних процесах у клітинах, позитивно впливаючи на їхній фізіологічний стан.*

*Сформульовано фізико-хімічну біоелектронну модель процесу набуття водою, збагаченою молекулами водню, відновного електронодонорного стану. Розроблено новий метод отримання водневої води біохімічним методом, шляхом збагачення водного біосередовища воднем метаболічного походження від природних мікробних культур на субстратах рослинного походження.*

**Ключові слова:** біоелектроніка, водень, електрони, протони, активні форми кисню, окислення, воднева вода.

**Постановка проблеми.** В епоху електроніки на кожному кроці ми маємо справу з всеохоплюючим використанням електричної енергії, без якої важко уявити комфортне існування сучасної людини. Тривалий час, незважаючи на досягнення електроніки, люди й гадки не мали, що їхня життєдіяльність забезпечується тими ж розділенням і перенесенням зарядів, але не в дротах і електричних пристроях, а в клітинах, тканинах та органах живих істот. З'явилися такі самостійні галузі біофізики, як біоенергетика та біоелектроніка. Видатний фундатор цих наук, лауреат Нобелівської премії Альберт Сент-Дьєрдьї писав: «Цілком імовірно, що живий організм просякнутий «невидимим потоком», частинки якого — електрони — більш рухомі, ніж молекули, несуть у собі енергію, заряд та інформацію і є паливом для всіх життєвих процесів. Можливо також, що саме за

допомогою цих електронів молекули об'єднуються в організовані структури і від них же (електронів) залежить дивовижна досконалість біологічних реакцій» (Сент-Дьєрдьї, 1971). А. Сент-Дьєрдьї та П. Мітчел розробили модель джерела всієї енергії в клітинах і, відповідно, джерела енергії в усьому тілі. Відповідно до цієї моделі, водень відіграє головну роль у виробництві АТФ, а необхідна енергія генерується поляризацією та синтезом атомів і молекул водню внаслідок фотонної йонізації. Біоенергетика на планеті починається з фотосинтезу і це явище є важливим наочним свідченням нерозривної єдності біоенергетики та біоелектроніки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Біоелектроніка та біоенергетика в процесах життєдіяльності на землі починаються з явищ фотосинтезу. Збагачені енергією фотонів електрони заряджають поверхню мембрани тілакоїдів мінусовим зарядом, а протони накопичуються всередині тіла колоїдів, заряджаючи внутрішню поверхню мембрани позитивно. При досягненні критичної різниці потенціалів протони  $H^+$  починають протискатися крізь канали АТФ-синтази, при цьому вивільнюється енергія для синтезу АТФ. Саме тут маємо перетворення енергії сонячного світла в процесі фотолізу.

Під час фотосинтезу молекула хлорофілу поглинає квант світла і переходить у збуджений стан. При цьому електрон вибивається з молекули хлорофілу (Сент-Дьєрдьї, 1960). Збагачені енергією електрони надходять до особливого ланцюга переносників і передаються на зовнішню поверхню мембрани тіла колоїдів, де вони накопичуються і мембрана заряджається негативно (Сидоров, 2020). Молекула хлорофілу відновлює свій електрон за рахунок фотолізу (дисоціації) молекули води під дією кванта світла на  $H^+$  та  $OH^-$  (Ohsawa та ін., 2007). Протони накопичуються всередині тіла колоїду, створюючи  $H^+$ -резервуар, водночас внутрішня поверхня мембрани заряджається позитивно. При досягненні критичної різниці потенціалів з обох боків мембрани протони  $H^+$  набувають здатності протискатися крізь канали АТФ-синтази. При цьому вивільнюється енергія для синтезу АТФ.

Протони  $H^+$  на зовнішньому боці мембрани приєднують електрони молекули хлорофілу, відновлюючи атом Н, який за допомогою носія НАДФ (нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат) надходить до строми хлоропласту для синтезу глюкози:



Таким чином енергія сонячного світла породжує чотири фундаментальні процеси: збудження молекул хлорофілу, утворення кисню внаслідок фотолізу води, синтез АТФ, утворення атомів водню формі НАДФ $\cdot$ H $_2$ .

Темнова фаза відбувається в стромі хлоропласту як на світлі, так і в темряві і являє собою ряд послідовних перетворень  $CO_2$ . Ферменти зв'язують п'ятиуглецевий цукор з вуглекислим газом повітря. При цьому послідовно відновлюються до молекули глюкози.

У світловій фазі фотосинтезу енергія сонячного світла йде на збудження хлорофілу та утворення збуджених електронів, енергія світла — на фотоліз води, утворення кисню та протонів, енергія збуджених електронів перетворюється в енергію АТФ та НАДФ $\cdot$ H $_2$ , окисне фосфорилування.

У мітохондріях клітин енергія, необхідна для синтезу АТФ, одержується в процесі окисного фосфорилування, вивільняючись при русі електронів по електронно-транспортному ланцюгу. Ця енергія використовується для перекачування протонів з мітохондріального матриксу крізь внутрішню мембрану до міжмембранного простору. Водночас по обидва боки внутрішньої мембрани збільшується електрохімічний градієнт і різниця електричних потенціалів. Тобто накопичується енергія, яка вивільнюється при поверненні протонів до матриксу. Повернення протонів до матриксу проходить крізь особливий білковий комплекс — АТФ-синтазу, а сам процес повернення  $H^+$  до матриксу називається хеміосмосом. АТФ-синтаза використовує виділену при хеміосмосі енергію для синтезу АТФ з АДФ у реакції окисного фосфорилування. Ця реакція запускається при обертанні частинок АТФ-синтази і підтримується потоком протонів.

Усі хімічні реакції в клітинах організму відбуваються у водних розчинах або при розкладі молекул води. Молекули води потрапляють до організму ззовні, або, як доводиться у (Liu, Sun & Tao, 2012), також синтезуються у внутрішньоклітинному середовищі. Якщо припустити, що весь кисень, який надходить до організму, йде на синтез молекул води для поповнення водного розчину крові, то молекулярний баланс синтезу води для відновлення водного розчину крові матиме такий вигляд (Сидоров, 2020):



Кисень людина отримує з легень завдяки диханню, а от водень у кількості  $2,7 \times 10^{24}$  молекул необхідно виробляти в процесі обміну речовин при іонізації молекул води. За таким механізмом кисень перебуває разом з молекулами води в еритроциті і, проникаючи крізь мембрани клітин, присутній і зовні клітин. Для створення цього спільного руху в системі обміну речовин місці необхідне наведення зовнішніх та внутрішніх енергетичних потенціалів магнітно-електричних полів. Процесу гідратації підлягають як молекули кисню, так і окремі йони розчиненої у воді будь-якої речовини. Гідратація обумовлює хімічну стійкість йонів у валентному зв'язку з молекулами води в розчині крові, що не перешкоджає об'єднанню йонів у більш складні хімічні сполуки в процесі енергетичних взаємодій розчинених елементів у водних потоках крові. Гідратація молекул кисню сприяє збереженню кисню при його транспорті в потоках крові до споживачів кисню.

Молекула  $H_2$  може існувати лише при паралельній орієнтації спінів її електронів (Сидоров, 2020, Українець, Большак, Святненко & Прохоренко, 2018). Тому лише 25% атомів водню (в стані параводню) можуть синтезуватися у молекули  $H_2$  для подальшого синтезу інших сполук. Інші атоми руйнуються на йони  $H^+$  та  $H^-$  з часом перескоку  $10^{-12}$  с. Шляхом залучення протоном на вільну орбіталь електрона синтезується новий (відновлений) атом водню. Тож можна вважати, що молекули водню є донорами йон-молекулярних комплексів (йонів гідроксонію), які беруть участь у генерації електростатичного поля — джерела сил Лоренця. Цим твердженням ми визначаємо ще одну важливу фізичну роль водню в механізмі забезпечення життєдіяльності організму людини. Одночасно розкривається механізм народження атомів і молекул водню шляхом рекуперації вільних протонів, які виділяються з атомів інших елементів (при їх синтезі) та електронів, яких надзвичайно багато в зоні іонізації, та утворення заряджених частинок.

Альберт Сент-Дьєрдьї писав про водень як єдиний енергоносіє життєдіяльності: «...тіло людини знає лише один енергоносіє — водень. Продукти харчування, які містять у собі вуглеводні, є постачальниками водню і головний у часі процес згорання вуглеводів — це відщеплення водню від вуглеводнів поживного субстрату. Його згорання (руйнація та синтез) є енергопостачальною реакцією» (Сидоров, 2020). 98% усього організму складається з атомів С, О, Н, N. В організмі визначено  $4,22 \times 10^{27}$  атомів водню,  $1,61 \times 10^{27}$  — кисню;  $8,03 \times 10^{26}$  — вуглецю;  $3,9 \times 10^{25}$  — азоту. Тобто переважають водень і кисень (Сидоров, 2020). Щодо ролі електронів у процесі життєдіяльності, то А. Сент-Дьєрдьї писав: «Атом — це система електронів, стабілізована ядром, а молекули — це ніщо інше, як атоми, які утримуються разом поділеними між ними електронами. Те, що ми називаємо хімічною енергією, яка управляє життєвими процесами, — це енергія електронів» (Сент-Дьєрдьї, 1971).

Воднева вода є водою, збагаченою молекулярним воднем, який є гідрофобним газом, слаблорозчинним у воді (насичення при вмісті 1,8 мг/л) і до того ж хімічно і, відповідно, біологічно інертним. Через це тривалий час не було мотивацій для дослідження впливу водню на показники здоров'я організму людини. Лише у 2007 р. інноваційні дослідження японських вчених несподівано підтвердили, що  $H_2$  вибірково реагує з високореактивними цитотоксичними оксид аніонами, такими як гідроксильний радикал ( $OH^*$ ) та пероксинітрит ( $ONOO^-$ ) безпосередньо у внутрішньоклітинному середовищі (Ohsawa та ін., 2007; Liu, Sun & Tao, 2012). Саме ці радикальні активні форми кисню (АФК) відповідальні за більшість хвороб і патологічних станів різних органів та систем організму. При цьому той же водень жодним чином не впливає на менш активні сигнальні молекули АФК, які виконують в організмі фізіологічно корисні функції і наявність яких у клітинах є необхідною для їх нормального клітинного метаболізму. З моменту відкриття позитивний вплив  $H_2$  на здоров'я людини підтверджено численними дослідженнями в багатьох країнах світу. А в Японії, Південній Кореї та Китаї гідрогенотерапія набула повсюдного впровадження в лікувальних і профілактичних медичних установах. На ринках широко представлена як сама воднева вода, так і численні моделі генераторів водневої води. Суть парадоксу водневої води полягає в тому, що при очевидній терапевтичній ефективності вживання водневої води фізико-хімічні та фізіологічні ефекти її оздоровчої (антиоксидантної, проти-запальної, антиалергічної та антиапоптичної) дії на клітинному рівні сучасною наукою розкрито далеко не повно та переконливо. Це виглядає цілком логічно та узгоджується з хімічною та біологічною інертністю молекулярного водню. Проте відсутність чіткого фізико-хімічного тлумачення процесу набуття водневою водою унікальних властивостей об'єктивно стримує прогрес у такій перспективній новій галузі біології та медицини.

Перспективним напрямом у вирішенні вказаного парадоксу є наукова ідея про існування явища активації (дисоціації, йонізації) молекул та атомів водню безпосередньо у внутрішньоклітинному середовищі (Большак, Українець, Маринін & Святненко, 2019; Лихачев & Мысливец, 2007). У цьому дослідженні показано, що набуття відновного електронно-донорного стану католіту (продукту електрохімічної активації води) з величиною ОВП  $-200 \dots -300$  мВ може бути результатом дисоціації (активації) молекул водню, якими електрохімічно збагачений католіт. Утворені при цьому два атоми водню є достатньо реакційно здатними,

щоб брати участь у подальших окисно-відновних реакціях. Атом водню легко віддає воді електрон, з утворенням хімічно активного гідратованого електрона — визнаного активним відновником, протон легко приєднується до однієї з найближчих молекул води з утворенням стійкого хімічно йону гідроксонію ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) — міцного аквакомплексу. Вода, збагачена молекулами  $\text{H}_2$ , активованими завдяки їх дисоціації. Логічно припустити, що розпад атомів водню безпосередньо в мітохондріях забезпечує ймовірність участі їх електронів і протонів у біоенергетичних процесах у клітинах, позитивно впливаючи на їхній фізіологічний стан.

У праці (Лихачев & Мысливец, 2007) показано також, що хімічна активність молекулярного водню у водному розчині проявляється не одразу після введення водню у воду (що підтверджується нашими власними дослідженнями), а через певний час (від 9 до 24 год), що якісно пояснюється авторами взаємодією молекул водню у воді з квантами високореакційноздатних частинок космічного випромінення та радіаційного фону Землі (Старков, 2009). Відомо, що хімічній інертності молекула водню зобов'язана міцності молекули  $\text{H}_2$ , що обумовлена ковалентним хімічним зв'язком, який міцно пов'язує два атоми водню. Хімічний зв'язок атомів водню в молекулі ковалентний, не полярний, оскільки молекула утворена атомами з однаковою електронегативністю (атоми одного виду). Через ущільнення електронів атомів молекула водню стійкіша, ніж атоми водню окремо. Енергія дисоціації  $\text{H}_2$  досить велика — 436 кДж/моль. Хімічну активність  $\text{H}_2$  слід очікувати при його активації (дисоціації). У внутрішньоклітинному середовищі теоретично в тепловому русі молекул при зіткненні фотохімічно збуджених (квантами високоенергетичних фотонів) молекул з молекулами іншого виду (наприклад  $\text{H}_2$ ) іноді спостерігається дисоціація останніх. Якщо передана при зіткненні енергія збудження виявиться більшою, ніж енергія дисоціації, такі молекули розпадаються на атоми (удар другого роду, а дисоціація внаслідок такого удару називається сенсibilізованою дисоціацією). В принципі, дисоційовані атоми з певною ймовірністю можуть негайно асоціюватися в молекулу, але певна частина атомів водню — продуктів дисоціації  $\text{H}_2$  — залишаються вільними. Нам цікавий такий механізм дисоціації молекул водню тому, що спорідненість до електрона атома водню складає лише 67 кДж/моль при енергії дисоціації молекули водню 436 кДж/моль. Тобто дисоціація  $\text{H}_2$  створює два атоми водню, а не висока енергія йонізації останніх робить високоймовірним перехід у воду внаслідок йонізації атома водню електрона та протона. Яким би не був шлях водню до атомарного стану у воді, але подальше формування відновного редокс-стану води внаслідок присутності в ній саме атома водню відбувається внаслідок йонізації  $\text{H}$  з подальшою гідратацією електрона та протона. Причому вирішальним для формування відновного редокс-стану води є те, що при гідратації протона утворюється міцний аквакомплекс — йон гідраксонію  $\text{H}_3\text{O}^+$ . На відміну від утвореного гідратованого електрона, йон гідраксонію практично не здатний до участі у подальших окисно-відновних реакціях у воді. А вже за самим означенням гідратовані електронами є енергетично активними в умовах водного середовища. Гідратовані електрони відрізняються від вільних електронів меншою рухливістю, але більшою термодинамічною стійкістю і нагадують сольватовані аніони. Вони мають короткий час життя.

Загалом, гідратований електрон значно більш потужний відновлювач, ніж більшість відомих хімічних. При взаємодії з органічними речовинами він є найбільш сильним нуклеофільним реагентом, причому місцем його взаємодії, як правило, є електрично плюсовий центр молекули. Тож іонізація атома водню створює односпрямований наслідок — крок у напрямку підвищення електронної активності водного розчину.

Логічно припустити, що розпад атомів водню безпосередньо в мітохондріях клітин забезпечує ймовірність участі електронів і протонів — продуктів іонізації Н — у розглянутих вище електрохімічних процесах окисного фосфорилування і синтезу АТФ, що мусить підвищувати ефективність біоенергетичних процесів і, відповідно, фізіологічний стан клітин, тканин і органів та організму в цілому. Це може бути суттєвим доповненням до терапевтичного ефекту від набуття водневою водою відновного електронодонорного стану, з яким достеменно пов'язують антиоксидантні, протизапальні, антиалергічні, антиапоптозні властивості водневої води (Ohsawa, 2007).

Серед методів одержання водневої води домінує електроліз води в присутності каталізаторів. Виробники генераторів водню не розкривають тонкощів технології їх виробництва з комерційних міркувань. Тому розробка нового ефективного методу збагачення води воднем з прийнятною для масового споживання водневої води рентабельністю залишається важливим та актуальним завданням.

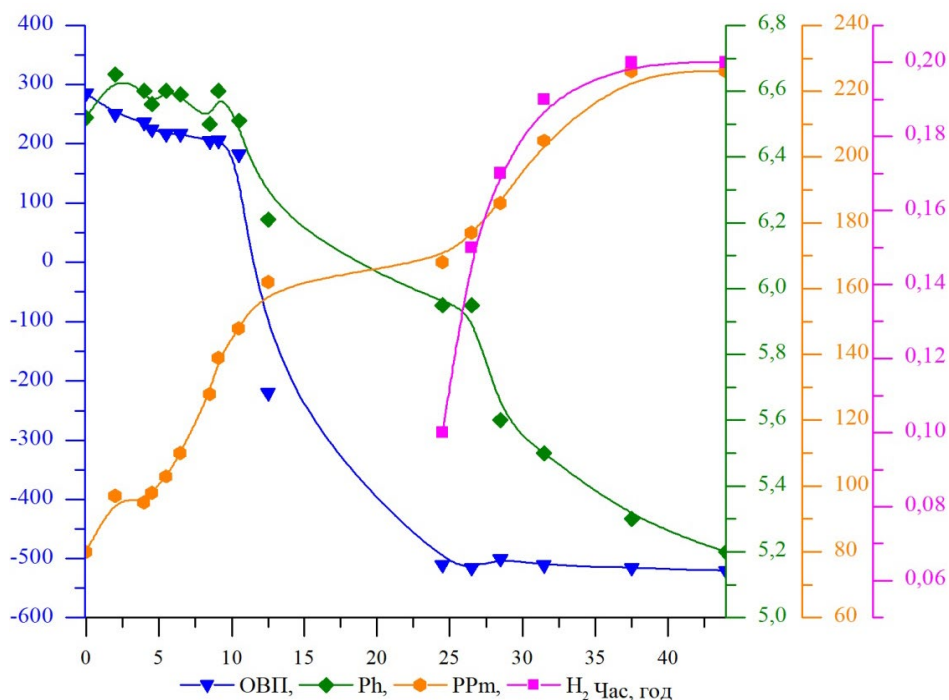
**Мета статті:** з позицій сучасної біоелектроніки дослідити фізико-хімічний механізм набуття водою, збагаченої молекулами водню, відновного електронодонорного стану, враховуючи хімічну та біологічну інертність молекул водню при сенсаційних терапевтичних ефектах вживання водневої води.

**Матеріали і методи.** Об'єкт дослідження — дистильована вода як біосередовище для природних мікробних культур (диких дріжджів) на рослинних субстратах і дистильована вода та водні розчини біогенних органічних кислот як хімічний реагент у процесі гідролізу магнію.

Для вибору напряму пошуку нового методу продукування водню була взята до уваги інформація про участь водню в метаболічних процесах організму людини. Відомо, що водень і метан утворюються в кишківнику винятково внаслідок бактеріальних метаболічних процесів (Козлов, 2011). Отже, наш організм від народження вже знайомий з дією на нього молекулярного водню. Природно, що з'явилася ідея мікробіологічного одержання водню для продукування водневої води. Про особливості одержання водню на рослинних субстратах йдеться в (Марков, 2007). Відомо також, що напої, одержані за технологією бродіння (квас, червоне вино, пиво і навіть горілка), а також деякі кисломолочні продукти характеризуються певною антиоксидантною активністю (АОА). Величина ОВП таких напоїв складає  $-70 \dots -200$  мВ залежно від типу напою та його бренду. Автор винаходу (Марков, 2007) пропонує посилювати АОА квасу шляхом додаткового насичення воднем під тиском (Марков, 2007). Отже, логічно видається спроба використати процес бродіння для одержання води з відновними електронодонорними властивостями (з ОВП із знаком мінус) завдяки водню метаболічного походження. Також досліджена поведінка в часі водного біосередовища на основі субстрату — зерна ряду цінних зернових культур, чаїв і фіточаїв. У всіх випадках з часом більше 10 год спостерігалось набуття водою відновного елек-

тронодонорного редокс-стану з величиною ОВП –400...–500 мВ. Процес бродіння відбувався завдяки природним дріжджовим культурам (дикі дріжджі), які присутні у зернових та інших рослинних субстратах природним шляхом.

**Викладення основних результатів дослідження.** На рис. 1 наведено результати дослідження кінетики (години) процесу набуття водним біосередовищем (напівфабрикат вівсяного зерна плюс дистильована вода) шляхом контролю таких показників води: рН; ОВП, мВ; загальний солевміст, мг/л; вміст у воді молекулярного водню, мг/л. Пряме визначення молекулярного водню проводилось за допомогою тестера водню у воді «H<sub>2</sub> Blue, США». Вміст водню визначається візуально за кількістю введених до досліджуваної води крапель тестової рідини за ефектом знебарвлення тестової води в мірній мензурці при перемішуванні проби води. Знебарвлення розчину, забарвленого однією краплею тестової речовини, відповідає вмісту у воді 0,1 мг/л водню, забарвленої двома краплями — 0,2 мг/л H<sub>2</sub> тощо.



**Рис. 1.** Кінетика процесу збагачення водного біосередовища молекулярним воднем метаболічного походження від природних мікробних культур на рослинному субстраті

Як відомо, насичення води воднем відбувається при його концентрації 1,8мг/л. Як видно з рис. 1, величини ОВП та рН водного біорозчину практично не змінюються протягом 10,5 год з початку процесу (введення субстрату у воду), що, ймовірно, пов'язано з адапційним періодом переходу мікробних культур від повітряного до водного довкілля з набуханням субстрату й екстракцією з нього у воді поживних для мікробів речовин. Такий тривалий адапційний період спо-



стерігається для більшості використаних рослинних субстратів і майже не залежить від хімічного складу води. У всіх випадках використовувалась дистильована вода і вода питної якості. В інтервалі часу від 10,5 до 12,5 год від початку процесу спостерігається швидка зміна величини ОВП біорозчину в бік відновних значень ОВП від +204 мВ до -220 мВ. Тобто спостерігаємо зміну величини ОВП на 424 мВ. Якби ми змінювали редокс-стан води електрохімічним методом, то, відповідно, до коваріантності (взаємопов'язаності) цих параметрів в електрохімічних окисно-відновних процесах закономірно спостерігали зміну рН на 6 одиниць у лужному напрямку (при зміні величини ОВП на 60 мВ величина рН повинна змінюватись за принципом коваріантності на одиницю і навпаки). У нашому випадку при значній зміні величини ОВП величина рН практично не змінюється, що притаманно біоелектронному механізму формування відновного стану води, збагаченої молекулами водню, в чому ми впевнимосся далі. За цим механізмом молекули водню (незалежно від їх походження) дисоціюють на атом водню, які, у свою чергу, віддають воді свої складові: електрони та протони. Відсутність у воді водню до досягнення водою величини ОВП — 220 мВ, вказує на те, що, ймовірно, весь виділений мікробами водень йде на формування відновного редокс-стану водного біосередовища. Така тенденція пояснюється тим, що протони, утворюючи з молекулами води аквакомплекси йону гідроксонію, втрачають хімічну активність, залишаючи гідратованим електронам визначати остаточний редокс-стан води.

Аналіз результатів (рис. 1) показує, що через добу з початку процесу і майже до двох діб досягнута і далі не змінюється максимальна відновна величина ОВП — -500мВ, при незначній тенденції до зниження величини рН.

Наше бачення механізму цього явища полягає в тому, що це може бути наслідком уповільнення процесу протонування води (нібито насиченням води протонами), яка збагачена як протонами, так і електронами й гідроксид йонами. На користь такого припущення вказують факти, наведені в (218.016.483В, «Квас с высокой антиоксидантной активностью»). Варто зазначити, що у водному розчині майже всі катіони гідратовані. Водночас при гідратації протона утворюється міцний аквакомплекс — йон гідроксонію  $H_3O^+$ . До нього можуть приєднуватися ще три молекули води, утворюючи аквакомплекс з чотирма молекулами води (218.016.483В, «Квас с высокой антиоксидантной активностью»). Формування численних аквакомплексів гідроксонію може змінити локальні умови для гідратації протонів і гальмувати утворення нових аквакомплексів йонів гідроксонію. Припускаємо, що тривалість життя протона до моменту його взаємодії з молекулою води й утворення йону гідроксонію може подовжитись настільки, що стане можливою асоціація протона з електроном з утворенням (відновленням) атома водню. На ймовірність такого розвитку подій вказує поява у воді молекул водню при досягненні максимальної відновної величини ОВП розчину. Визначено 0,15 мг/л водню в розчині при величині ОВП -515 мВ. Як бачимо з рис. 1, концентрація водню після його появи надалі зростає і стає вдвічі більшою наприкінці процесу. Незначне зменшення величини рН в кінці процесу може бути пов'язане зі збільшенням кількості реакційно здатних протонів у розчині при усталеній максимальній величині ОВП, які не увійшли з певних причин до складу новоутворених йонів гідроксонію.

Про особливий характер гідратації аніонів і катіонів у воді свідчить нова теорія, створена у Нью-Йоркському університеті. Згідно з теорією, взаємодія протонів і гідроксид аніонів, утворених внаслідок дисоціації молекул води, з оточуючими їх молекулами води, зовсім різна. Протони та гідроксил аніони рухаються у воді по-різному, що відповідає теоретичній моделі розкладу у воді атома водню з надходженням у воду протона та електрона з подальшою їх специфікою взаємодії з водою. І ця специфіка є критичним фактором, що визначає формування у воді її відновного електронодонорного стану, відповідального за антиоксидантні, протизапальні, антиалергійні, протиапоптичні властивості водневої води.

### Висновки

Отже, шляхом прискіпливого аналізу й узагальнення високофахових літературних джерел та результатів власних досліджень сформовано фізико-хімічну біоелектронну модель процесу набуття водою, збагаченої молекулярним воднем, відновного електронодонорного стану.

Розроблено новий перспективний метод одержання водневої води біохімічним методом шляхом збагачення водного біосередовища молекулярним воднем метаболічного походження від природних мікробних культур на субстратах рослинного походження, який характеризується винятковою маловитратністю та доступністю.

### Література

Большак, Ю. В., Українець, А. І., Маринін, А. І., & Святненко, Р. С. (2019). Вивчення впливу КВЧ-опромінення води на її структурно-енергетичний стан та можливі біологічні наслідки процесу. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 25(5), 217—225.

Козлов, В. А. (2011). Метаболізм кишечних газів и его роль в возникновении гастроинтестинальных симптомов. *Український медичний часопис*, 2, 116—118.

Лихачев, П. П., & Мысливец, Т. С. (2007). Окислительно-восстановительный потенциал воды, насыщенной водородом. *Электронный научный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ»*, 230—239.

Марков, С. А. (2007). Биоводород: Возможное использование водорослей и бактерий для получения молекулярного водорода. *Альтернативная энергетика и экология*, 1(45), 30—35.

Сент Дьердьи, А. (1971). *Биоэлектроника*. Москва: Издательство «Мир».

Сент Дьердьи, А. (1960). *Биоэнергетика*. Москва: Государственное издательство физико-математической литературы.

Сидоров, Е. П. (2020). Физическая роль рекуперации водорода в жизнедеятельности человеческого организма. *Universum: химия и биология*, 12(78).

Старков, В. Н. (2009). *Экология ближнего космоса (терминология)*. Справочное пособие. СПб: СОЛО.

Українець, А. І., Большак, Ю. В., Святненко, Р. С., & Прохоренко, Ж. І. (2018). Застосування фізично зміненої (активованої) води для підвищення ефективності технологій харчового виробництва та поліпшення якості продукції. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 24, (5), 218—224.

Liu, S., Sun, X., & Tao, H. (2012). Hydrogen: From a biologically inert gas to a unique antioxidant. *Oxidative stress-molecular mechanisms and biological effects*, 135—144.

Ohsawa, I., Ishikawa, M., Takahashi, K., Watanabe, M., Nishimaki, K., Yamagata, K., ... & Ohta, S. (2007). Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. *Nature medicine*, 13(6), 688—694.

Ohsawa, I. (2007). Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. *Nature Medicine*, 13, 688—694.