

УДК 628.1.663.6

doi:10.20998/2413-4295.2020.02.13

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДИ, ОБРОБЛЕНОЇ БЕЗРЕАГЕНТНИМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ МЕТОДОМ

А. І. МАРИНІН, Ю. В. БОЛЬШАК, Р. С. СВЯТНЕНКО*, Д. В. ШТЕПА

*проблемна науково-дослідна лабораторія, Національний університет харчових технологій, Київ, УКРАЇНА
e-mail: Svyatnenko@i.ua

АНОТАЦІЯ Тенденція збереження антропогенного навантаження на довкілля та гідросферу зокрема, ставить перед наукою гігієни харчування та технологій водообробки нові виклики та завдання з подолання зростаючих проблем питного водозабезпечення та технологій водообробки для харчового виробництва, де доброякісна вода повсюдно є критично важливим обов'язковим та особливим сировинним компонентом харчових продуктів. До традиційних вимог забезпечення безпеки та фізіологічної повноцінності води в умовах, коли існуючі технології водообробки практично вичерпали свої можливості вдосконалення і підвищення ефективності, додалися нові фактори, пов'язані зі створенням принципово нових можливостей зміни фізико-хімічних та медико-біологічних властивостей води без жодної зміни хімічного складу шляхом впливу ряду фізичних безреагентних чинників на воду і набуття нею зміни її структурно-енергетичного стану – нового та інтенсивно досліджуваного явища природи. Базовим ефектом в цьому напрямку є електроліз води в діафрагмовому електролізері з розділенням продуктів електрохімічних реакцій в катодній (католіт) та анодній (аноліт) зонах. Вода в процесі електрохімічної обробки набуває аномальних фізико-хімічних та біологічних властивостей, підвищується хімічна та біохімічна активність, за що вона одержала назву нового класу речовин – електрохімічної активованої води (ЕХАВ). Нині така активована вода знайшла практичне застосування в гігієнічній медицині, у вирішенні підвищення біологічної цінності питної води та створенні води з оздоровчими властивостями. Вивчення закономірностей електрохімічної активації води при цьому досі не втрачають своєї актуальності і наукової та практичної цінності, особливо в харчовій промисловості.

Ключові слова: вода; електрохімічне оброблення; аноліт; католіт; окисно-відновний потенціал

RESEARCH OF PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF WATER PROCESSED BY REAGENT-FREE ELECTROCHEMICAL METHOD

A. MARYNIN, Y. BOLSHAK, R. SVYATNENKO, D. SHTEPA

Problem Research Laboratory, National University of Food Technologies, Kyiv, UKRAINE.

ABSTRACT The tendency to maintain anthropogenic load on the environment and in the hydrosphere in particular, poses new challenges and tasks to the science of food hygiene and water treatment for the growing problems of drinking water supply and water treatment for food production, where good quality water is a critical and essential raw material component of the food products. To the traditional requirements of ensuring the safety and physiological integrity of water in an environment where existing water treatment technologies have practically exhausted their possibilities of improvement and increase of efficiency, new factors have been added, connected with creation of fundamentally new possibilities of change of physicochemical and biomedical properties of water without any change of chemical composition by a number of physical reagent-free factors on water and its acquisition of its structural and energy state – a new and intensively studied phenomenon of nature. The main effect in this direction was the electrolysis of water in the diaphragm electrolyzer with the separation of the products of electrochemical reactions in the cathode (catholyte) and anode (anolyte) zones. Water in the process of electrochemical treatment acquires anomalous physicochemical and biological properties, first of all increase of chemical and biochemical activity, for which it was named the new class of substances - electrochemical activated water (ECAW). Today, such activated water has found practical application in hygienic medicine, in solving the increase in the biological value of drinking water and the creation of water with health properties. The study of the laws of electrochemical activation of water still does not lose its relevance and scientific and practical value, especially in the food industry.

Keywords: water; electrochemical treatment; anolyte; catholyte; redox potential

Вступ

Сучасна наука гігієни харчування приділяє все більшу увагу якості питної води та технологічної води для харчової промисловості. Адже вода є обов'язковим і особливим компонентом харчових

продуктів складаючи значну частку останніх, досягаючи, наприклад, у складі напоїв більше 90 %. Слід зазначити, що в Україні продовжується антропогенна руйнація гідросфери, що тягне за собою погіршення якості води природних джерел, що значно ускладнює підтримку належної якості питної води,

так і води, яка є критично важливим сировинним компонентом харчової промисловості без попередньої водопідготовки. Все це вимагає підвищення ефективності та впровадження інноваційних методів водообробки перед зростаючими викликами. В таких умовах традиційні технології водообробки у певній мірі вичерпують свої можливості забезпечувати безпеку питного водопостачання та нові вимоги підтримки фізіологічної повноцінності та біологічної цінності води, призначеної для споживання людиною. Для цільової підготовки води перед її використанням традиційно широко використовують сорбційні та баромембранні методи обробки, зокрема іонообмінне пом'якшення та зворотний осмос [1]. Вода, отримана після такої обробки, зазвичай відповідає регламентованим вимогам відповідних галузей харчових виробництв. Проте, новітні дослідження показують, що контакт з розвиненою поверхнею іонообмінних матеріалів викликає певне вторинне забруднення води органічними продуктами деструкції іонообмінних смол [2]. Це відбувається на фоні перегляду сучасною гігієнічною медициною критеріїв оцінки віддалених наслідків для здоров'я людей від використання у водопідготовці високомолекулярних полімерних реагентів, які успішно використовуються вже протягом тривалого часу.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є розробка та впровадження нових безреагентних екологічно досконалих методів водообробки, одним із прикладів успішного просування в цьому напрямку є використання електрохімічного діафрагмового методу очистки та активації води.

Рядом дослідників [3–7] доведено ефективність та перспективність електрохімічної обробки води для покращення якості продуктів на її основі, зокрема для виробництва пива, молочної сироватки, замісу тіста, модифікації розсолів, тощо.

Для практичного одержання води з відновними електронодонорними властивостями широко використовують електрохімічний метод [8–15] з розділенням катодних та анодних зон електропровідною мембраною, яка, проте, перешкоджає змішанню продуктів електролізу. Катодліт являє собою слабо лужний розчин з відновними електронодонорними властивостями, які забезпечують чудовий електронодонорний антиоксидантний ефект. Проте електрохімічні йонатори води не відносяться до розряду широкодоступних та мають деякі медичні застереження. Механізм їхньої дії пов'язують з процесами: імовірною дисоціацією молекул води у градієнті електростатичного поля подвійного електричного прошарку катоду, або ж зі збагаченням води воднем, що електрохімічно генерується на катоді. Нами експериментально підтверджена гіпотеза, що пов'язує набуття катодлітом відновного стану з проявом електронодонорних властивостей аніонів хлору під дією енергійного елетрополяризаційного впливу на ангіон хлору

градієнту напруженості електростатичного поля в зоні подвійного електричного прошарку катоду. Це сприяє відділенню електрона від аніону хлору і переходу його в гідратований вільний стан у воді, що збагачує воду електронами без конкурентного збагачення протонами, як це має місце при електролізі води.

Мета роботи

Метою роботи є вивчення кінетичних закономірностей формування електрохімічно-активованих водних систем шляхом контролю зміни окисно-відновного потенціалу (ОВП) аноліту та катодліту від часу процесу електрохімічної обробки води, і пов'язаної з часом зміни швидкості масопереносу оброблюваної води на діафрагмовому електролізері «Изумруд».

Виклад основного матеріалу

Вода є дуже чутливою стосовно зовнішнього фізичного впливу на неї. Вона здатна сприймати цей вплив, накопичувати енергію, змінюючи структуру та інформаційні фактори зовнішнього впливу й передавати набуті структурно-енергетичні та інформаційні фактори тим системам, які призначені природою для їх сприйняття [16–18]. Чимало прикладів застосування безреагентно модифікованої (активованої) води в удосконаленні харчових технологій, переважно хімічних та мікробіологічних. Найбільш опрацьованим та науково обґрунтованим нині є метод обробки води в електрохімічному двокамерному мембранному електролізері.

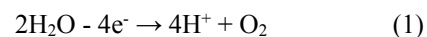
Електроактиватор води УОВ-«ИЗУМРУД»-КФТО (Алмаз) (рис. 1) призначено для очищення питної води від мікроорганізмів усіх видів і форм, токсичних органічних сполук, іонів важких металів, кількісний вміст яких в питній воді не відповідає санітарним нормам, а також для отримання розчинів аноліту (мертвої води) і катодліту (живої води). В процесі очищення у воді зберігаються необхідні організму людини іони кальцію, магнію, калію, натрію, тощо, та важливі для забезпечення нормальної життєдіяльності мікроелементи.

Вода насичується киснем, змінює свій енергетичний стан, прискорює виведення метаболічних відходів і сприяє найбільш повному засвоєнню поживних речовин.

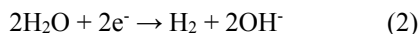
Технологія електрохімічної активації є одним із найдоступніших методів переведення води у метастабільний збуджений стан за допомогою уніполярного електрохімічного впливу.

У спрощеній формі основні процеси, що відбуваються в електролізері, можна представити наступним чином [12]:

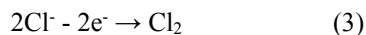
1) окислення води на аноді:



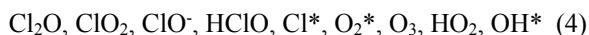
2) відновлення води на катоді:



3) утворення на аноді газоподібного хлору в розчинах солей соляної кислоти:



4) утворення в анодній камері високоактивних окиснювачів:



5) утворення в катодній камері високоактивних відновників:

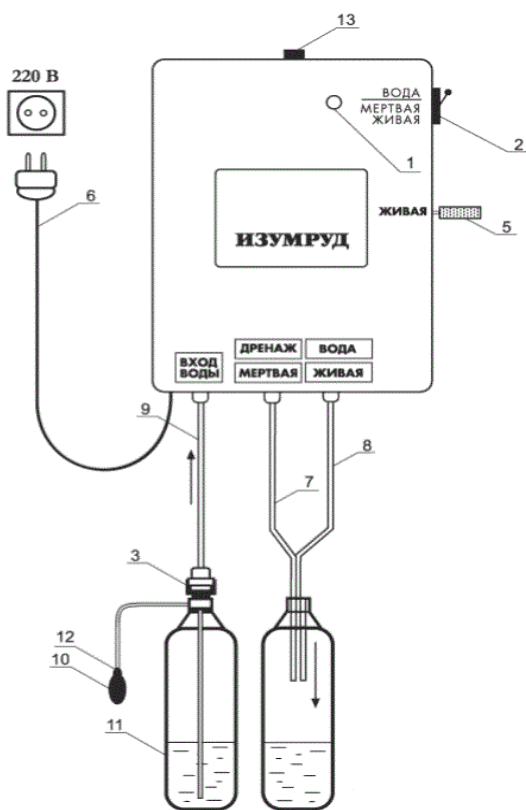
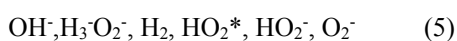


Рис. 1 – Схема установки УОВ-«ИЗУМРУД»-КФТО (Алмаз)

Наявність в аноліті достатньої кількості сильних окиснювачів і вільних радикалів перетворює його в розчин з сильно вираженими біоцидними властивостями. Завдяки посиленню окисних реакцій в організмі аноліт сприяє процесам детоксикації шкідливих органічних сполук в організмі. Католіт, насичений відновниками, має високі антиоксидантні властивості завдяки здатності ефективно нейтралізувати надлишок вільних радикалів в організмі.

На першому етапі досліджень визначали залежність зміни рН та ОВП аноліту та католіту від часу обробки на діафрагмовому електролізері «Изумруд» Фірми ООО НПП «ИЗУМРУД».

Для досліджень використовували водопровідну воду вироблену підприємством АТ «Київводоканал». Воду обробляли на діафрагмовому електролізері «Изумруд» та шляхом регулювання на виході отримували два зразки води з різними заданими параметрами ОВП: католіту та аноліту.

При дослідженні параметрів ОВП, водопровідну воду обробляли при різних швидкостях та тривалості контакту води із селективною мембраною у контактній камері. Сприятливим фактором для цього є наявність створеної у Проблемній науково-дослідній лабораторії НУХТ модульної комплексної лабораторії водообробки, що має у своєму складі модуль електрохімічного діафрагмового електролізера «Изумруд (КФТО)». Для фіксації зміни параметрів води застосовувалися наступні прилади: ОВП-метр – Ezodo РСТ-407, рН-метр – И-160М.

Дослідження проводились при температурі $t=19\pm 1^\circ\text{C}$. Параметри обробленої води визначалися взяттям проби води (після 3 хвилин роботи електролізера) при наступних швидкостях витрат води (мл/хв: 200, 300, 350, 500, 600, 700, 750, 800, 900, 1000).

Обговорення результатів

На рис. 2–5 показано залежність зміни властивостей аноліту та католіту від часу обробки на діафрагмовому електролізері «Изумруд».

У межах термодинамічної стійкості води діаграми стану являють собою групу залежностей ОВП від рН між верхньою і нижньою діаграмами термодинамічної стійкості води, які є її межами.

Одержані залежності відображають кінетику формування електрохімічно активованої води з окисними та відновними властивостями. Динаміка зміни параметрів католіту та аноліту цілком очікувані з точки зору теоретичних уявлень про механізми формування активованих водних розчинів та досягають критичних значень: для католіту ОВП=-690 мВ при рН=10,4 та аноліту: ОВП=+451 мВ при рН=3,5. Зауважимо, що пара параметрів води, що характеризують її кислотно-лужний та окисно-відновний баланс також взаємозалежні (коваріантні): зміна рН води на одну одиницю тягне за собою зміну величини ОВП приблизно на 60 мВ. Зміна рН в кислий бік збільшує величини ОВП, а в лужний – зменшує.

На рис. 6, показана залежність ОВП обробленої води від швидкості витрат води в електролізері.

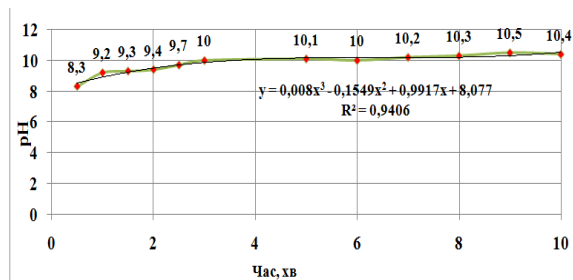


Рис. 2 – Залежність зміни рН католіту від часу обробки

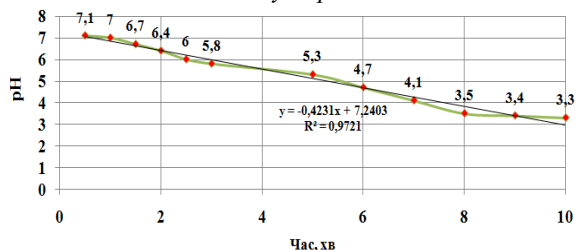


Рис. 3 – Залежність зміни рН аноліту від часу обробки на діафрагмовому електролізері.

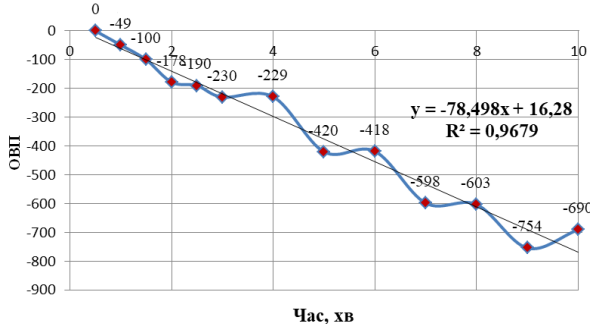


Рис. 4 – Залежність зміни ОВП католіту від часу обробки

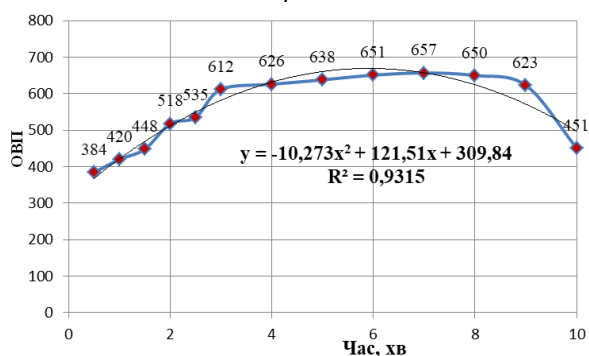


Рис. 5 – Залежність зміни ОВП аноліту та католіту від часу обробки

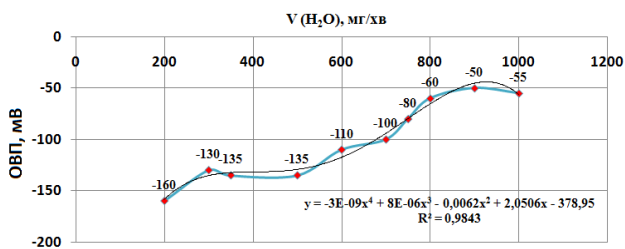


Рис. 6 – Залежність ОВП обробленої води від швидкості витрат води в електролізері.

Хімічні перетворення води при уніполярній електрохімічній обробці тим більш інтенсивні, чим більше мікрооб'ємів води потрапляють у зону дії надвисокої напруженості електричного поля подвійного електричного шару біля поверхні аноду та катоду.

Аналіз результатів показує, що збільшення величини робочого потоку води в електролізері призводить до зниження динаміки набуття водою відновного електрондонорного стану (пропорційне зменшення ОВП з -160 мВ до -55 мВ). Це означає, що для отримання води із заданим редокс-станом необхідне цілеспрямоване регулювання швидкості води в електролізері залежно від поставленої задачі: чим сильніший католіт, тим менша швидкість обробки води в електролізері, та навпаки.

Висновки

Встановлено кількісні закономірності залежності процесу формування у реакційному просторі електролізера продуктів електрохімічних реакцій на катоді та аноді від швидкості масопереносу вхідної води в реакційній зоні, що дозволяє одержувати активовані розчини з наперед заданим редокс-станом. Експериментально підтверджено справедливості теоретичних уявлень щодо кінетичних особливостей процесу електрохімічної активації води, що сприятиме підвищенню якості обробленої води та ефективності результатів наступних досліджень та їх практичного застосування.

Отримані результати свідчать про доцільність продовження роботи у цьому напрямку, особливо при дослідженні розбавлених розчинів солей соляної кислоти, враховуючи одержані раніше нами результати спостереження електрондонорних властивостей енергізованих аніонів хлору.

Список літератури

1. Михайленко В. Г., Князева О. І., Любавіна О. О. Електрохімічні методи обробки води: переваги та перспективи. *Харчова наука і технологія*. 2013. Т. 4. С. 153–155.
2. Бальшев А. В., Тимаков А. А., Гаврилова М. М., Смирнов А. Н., Матвеева І. С., Лебедев І. М., Лапшин В. Б., Сыроешкин А. В. Биологическая активность воды с измененным соотношением Н/Д: является ли дейтерий компонентом минерального питания? *Вестник РУДН. Сер. Медицина. Специальность «Фармация»*. 2004. № 4 (28). С. 26226.
3. Бахир В. М., Задорожний Ю. Г., Леонов Б. И. *Электрохимическая активация: универсальный инструмент зеленой химии*. М.: Маркетинг Саппорт Сервисиз. 2005. 176 с.
4. Петрушанко І. Ю., Лобьшев В. І. Неравновесное состояние электрохимически активированной воды и ее биологическая активность. *Биофизика*. 2001. Т. 46, № 3. С. 389–401.
5. Святненко Р. С., Маринін А. І., Українець А. І., Кочубей-Литвиненко О. В. Вплив імпульсного електромагнітного поля на життєздатність *Escherichia*

- Coli в модельному розчині води. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2016. № 252. С. 185191.
6. Лепеш Г. В., Грицай Е. И., Хотулев В. А. Исследование сущности электрохимического процесса, как технологической составляющей очистки воды. *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2013. №. 2 (24). С. 42–49.
 7. Мосин О. В. Электрохимическая обработка воды. *Сантехника, отопление, кондиционирование*. 2012. №. 12. С. 20–26.
 8. Мишанов А. П., Маркова А. Е., Судаченко В. Н., Колянова Т. В. Экологически безопасная технология подготовки воды и питательных растворов в интенсивной светокультуре. *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. 2010. 8.
 9. Surdu I., Vătuui D., Jurcoane Ș., Olteanu M., Vătuui I. The antimicrobial activity of neutral electrolyzed water against germs and fungi from feedstuffs, eggshells and laying henhouse. *Romanian Biotechnological Letters*. 2018. Vol. 3. № 3. С. 13607–13614.
 10. Jirotková D., Šoch M., Kernerová N., Pálka V., Eidelpesová L. Use of electrolyzed water in animal production. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2020. V. 9(4). P. 477–483.
 11. Qijun Ma, Baoming Li, Chaoyuan Wang, Yingying Ji, Shuhua Wang, Wei Cao. Efficiency of electrolyzed oxidizing water for inactivation of salmonella spp. and inoculated shell eggs. *International journal of food engineering*. 2009. V. 5(3). doi: 10.2202/1556-3758.1651.
 12. Thorn R. M. S., Robinson G. M., Reynolds D. M. Comparative antimicrobial activities of aerosolized sodium hypochlorite, chlorine dioxide, and electrochemically activated solutions evaluated using a novel standardized assay. *Antimicrobial agents and chemotherapy*. 2013. V. 57. №. 5. P. 2216–2225. doi:10.1128/AAC.02589-12
 13. Cloete T. E., Thantsha M. S., Maluleke M. R., Kirkpatrick R. The antimicrobial mechanism of electrochemically activated water against *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* as determined by SDS-PAGE analysis. *Journal of applied Microbiology*. 2009. V. 107. №. 2. P. 379–384. doi: 10.1111/j.1365-2672.2009.04233.x.
 14. Danylkovych A. G., Lishchuk V. I., Romaniuk O. O. Use of electrochemically activated aqueous solutions in the manufacture of fur materials. *SpringerPlus*. 2016. Vol. 5. №1. С. 214.
 15. Українець А. І., Большак Ю. В., Святненко Р. С., Прохоренко Ж. І. Застосування фізично зміненої (активованої) води для підвищення ефективності технологій харчового виробництва та поліпшення якості продукції. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2018. Т. 24. № 5. С. 219–224.
 16. Українець А. І., Большак Ю. В., Маринін А. І., Святненко Р. С., Позняковський, С. В. Теоретико-емпірична оцінка змін структурно-енергетичного стану фізично зміненої води та їх біологічних наслідків. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. Харків: ХДУХТ, 2019. Вип. 1 (29). С. 172–184.
 17. Українець А. І., Большак Ю. В., Маринін А. І., Святненко Р. С. Окисно-відновний баланс питної води – показник її якості та фізіологічної повноцінності. *Харчова промисловість*. 2018. № 24. С. 6–14.
 18. Большак Ю. В., Українець А. І., Маринін А. І., Святненко Р. С. Вивчення впливу КВЧ-опромінення води на її структурно-енергетичний стан і можливі біологічні наслідки процесу. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Т. 25. № 5. С. 217–225.

References (transliterated)

1. Mykhailenko V. H., Kniazeva O. I., Liubavina O. O. Elektrokhimichni metody obrobky vody: perevahy ta perspektyvy [Electrochemical methods of water treatment: advantages and prospects]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia [Food science and technology]*, 2013, V. 4, p. 153–155.
2. Balyshev A. V., Timakov A. A., Gavrilova M.M. Smirnov A. N., Matveeva I. S., Lebedev I. M., Lapshin V. B., Syroeshkin A. V. Biologicheskaja aktivnost' vody s izmenennym sootnosheniem H/D: javljaetsja li dejterij komponentom mineral'nogo pitaniija? [Biological activity of water with a modified H / D ratio: is deuterium a component of mineral nutrition?]. *Vestnik RUDN. Ser. Medicina. Special'nost' «Farmacija» [Bulletin of the RUDN University. Ser. Medicine. Specialty "Pharmacy"]*, 2004, no. 4 (28), p. 26226.
3. Bahir V. M. Zadorozhnij Ju. G. Leonov B. I. Jelektrohimicheskaja aktivacija: universal'nyj instrument zelenoj himii [Electrochemical activation: a universal tool for green chemistry]. M., Marketing Sapport Servisiz, 2005. 176 p.
4. Petrushanko I. Ju. Lobyshev V. I. Neravnovesnoe sostojanie jelektrohimicheski aktivirovannoj vody i ee biologicheskaja aktivnost' [The nonequilibrium state of electrochemically activated water and its biological activity]. *Biofizika [Biophysics.]*, 2001, V. 46, no. 3, p. 389–401.
5. Sviatnenko R. S., Marynin A. I., Ukrainets A. I., Kochubei-Lytvynenko O. V. Vplyv impulsnoho elektromahnytnoho polia na zhyttiezdatnist Escherichia Coli v modelnomu rozchyni vody [Influence of pulsed electromagnetic field on the viability of Escherichia Coli in a model water solution]. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Serija: Tekhnika ta enerhetyka APK [Scientific Bulletin of NULES of Ukraine. Series: Engineering and energy of agro-industrial complex]*, 2016, no. 252, p.185191.
6. Lepesh G. V., Gricaj E. I., Hotulev V. A. Issledovanie sushhnosti jelektrohimicheskogo processa, kak tehnologicheskaj sostavljajushhej ochistki vody [Investigation of the essence of the electrochemical process as a technological component of water purification]. *Tehniko-tehnologicheskije problemy servisa [Technical and technological problems of service.]*, 2013, no. 2 (24), p. 42–49.
7. Mosin O. V. Jelektrohimicheskaja obrabotka vody [Electrochemical water treatment]. *Santehnik, otoplenie, kondicionirovanie [Plumbing, heating, air conditioning]*, 2012, no. 12, p. 20–26.
8. Mishanov A. P., Markova A. E., Sudachenko V. N., Koljanova T. V. Jekologicheskij bezopasnaja tehnologija podgotovki vody i pitatel'nyh rastvorov v intensivnoj svetokult'ure [Environmentally friendly technology for the preparation of water and nutrient solutions in intense light culture]. *Tehnologii i tehnichekije sredstva mehanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva [Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products]*, 2010, 8.
9. Surdu I., Vătuui D., Jurcoane Ș., Olteanu M., Vătuui I. The antimicrobial activity of neutral electrolyzed water against

- germs and fungi from feedstuffs, eggshells and laying henhouse. *Romanian Biotechnological Letters*, 2018, V. 3, no. 3, p. 13607–13614.
10. Jirotková D., Šoch M., Kermerová N., Pálka V., Eidelpesová L. Use of electrolyzed water in animal production. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2020, V. 9(4), p. 477–483.
 11. Qijun Ma, Baoming Li, Chaoyuan Wang, Yingying Ji, Shuhua Wang, Wei Cao. Efficiency of electrolyzed oxidizing water for inactivation of salmonella sp. and inoculated shell eggs. *International journal of food engineering*, 2009, V. 5(3), doi: 10.2202/1556-3758.1651.
 12. Thorn R. M. S., Robinson G. M., Reynolds D. M. Comparative antimicrobial activities of aerosolized sodium hypochlorite, chlorine dioxide, and electrochemically activated solutions evaluated using a novel standardized assay. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 2013, V. 57, no. 5, p. 2216–2225, doi: 10.1128/AAC.02589-12.
 13. Cloete T. E., Thantsha M. S., Maluleke M. R., Kirkpatrick, R. The antimicrobial mechanism of electrochemically activated water against *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* as determined by SDS- PAGE analysis. *Journal of applied Microbiology*, 2009, V. 107, no. 2, p. 379–384, doi: 10.1111/j.1365-2672.2009.04233.x.
 14. Danylkovych, A. G., Lishchuk, V. I., & Romaniuk, O. O. Use of electrochemically activated aqueous solutions in the manufacture of fur materials. *SpringerPlus*, 2016, V. 5, no.1, p. 214.
 15. Ukrainets A. I., Bolshak Yu. V., Sviatnenko R. S., Prokhorenko Zh. I. Zastosuvannia fizychno zminenoi (aktyvovanoi) vody dla pidvyshchennia efektyvnosti tekhnologii kharchovoho vyrobnytstva ta polipshennia yakosti produktsii [The use of physically modified (activated) water to increase the efficiency of food production technologies and improve product quality.]. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnologii [Scientific works of the National University of Food Technologies]*, 2018, V. 24, no .5, p. 219–224.
 16. Ukrainets A. I., Bolshak Yu. V., Marynin A. I. Sviatnenko R. S., Pozniakovskiy S. V. Teoretyko-empyrychna otsinka zmin strukturnoenerhetychnoho stanu fizychno zminenoi vody ta yikh biolohichnykh naslidkiv [Theoretical and empirical assessment of changes in the structural and energy state of physically altered water and their biological consequences]. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli [Advanced techniques and technologies of food production, restaurant business and trade]*, Kharkiv: KhDUKhT, 2019, Iss. 1 (29), p. 172–184.
 17. Ukrainets A. I., Bolshak Yu. V. Marynin A. I., Sviatnenko R. S. Okysno-vidnovnyi balans pytnoi vody – pokaznyk yii yakosti ta fiziolohichnoi povnotsinnosti [Redox balance of drinking water - an indicator of its quality and physiological value]. *Kharchova promyslovist [Food Industry]*, 2018, no. 24, p. 6–14.
 18. Bolshak Yu. V., Ukrainets A. I., Marynin A. I., Sviatnenko R. S. Vyvchennia vplyvu KVCh-oprominennia vody na yii strukturno-enerhetychnyi stan i mozhyvi biolohichni naslidky protsessu [Study of the influence of EHF irradiation of water on its structural and energy state and possible biological consequences of the process.]. *Naukovi pratsi NUKhT [Scientific works of NUHT]*, 2019, V. 25, no. 5, p. 217–225.

Відомості про авторів (About the Authors)

Маринін Андрій Іванович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач Проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна; ORCID: 0000-0001-6692-7472; e-mail: andrii_marynin@ukr.net

Андрій Маринін – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Problem Research Laboratory, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine; ORCID: 0000-0001-6692-7472; e-mail: andrii_marynin@ukr.net

Большак Юрій Васильович – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник Проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна.

Юрій Большак – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of Problem Research Laboratory, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine.

Святненко Роман Сергійович – кандидат технічних наук, науковий співробітник Проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна. ORCID: 0000-0003-0895-6982; e-mail: svyatnenko@i.ua

Roman Svyatnenko – Candidate of Technical Sciences, researcher, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine; ORCID: 0000-0003-0895-6982; e-mail: svyatnenko@i.ua

Штепа Денис Володимирович – технік першої категорії Проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна. e-mail: den4ik171819@gmail.com

Denis Shtepa – first class technician of Problem Research Laboratory, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine; e-mail: den4ik171819@gmail.com

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Маринін А. І., Большак Ю. В. Святненко Р. С., Штепа Д. В. Дослідження особливостей фізико- хімічних показників води, обробленої безреагентним електрохімічним методом. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». 2020. № 2 (4). С. 03- 0 . doi:10.20998/2413-4295.2020.02.13.

Please cite this article as:

Marynin A., Bolshak Yu., Svyatnenko R., Shtepa D. Research of peculiarities of physicochemical indicators of water processed by reagent-free electrochemical method. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2020, no. 2 (4), pp. 03- 0 , doi:10.20998/2413-4295.2020.02.13.

Пожадуїста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Маринин, А. И., Большак Ю.В., Святненко Р. С., Штепа Д. В. Исследование особенностей физико-химических показателей воды, обработанной безреагентным электрохимическим методом. *Вестник Национального технического университета «ХПИ».* Серия: *Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». 2020. № 2 (4). С. 03- 0 . doi:10.20998/2413-4295.2020.02.13.

АННОТАЦИЯ Тенденция сохранения антропогенной нагрузки на окружающую среду, и гидросферу в частности, ставит перед наукой гигиены питания и технологий водообработки новые вызовы и задачи по преодолению растущих проблем питьевого водоснабжения и технологий водообработки для пищевого производства, где доброкачественная вода повсеместно является критически важным обязательным и особым сырьевым компонентом пищевых продуктов. К традиционным требованиям обеспечения безопасности и физиологической полноценности воды в условиях, когда существующие технологии водообработки практически исчерпали свои возможности совершенствования и повышения эффективности, добавились новые факторы. Последние связаны с созданием принципиально новых возможностей изменения физико-химических и медико-биологических свойств воды без всякого изменения химического состава путем ряда физических безреагентных факторов на воду и изменения ее структурно-энергетического состояния - нового и интенсивно исследуемого явления природы. Базовым эффектом в этом направлении стал электролиз воды в диафрагменном электролизере с разделением продуктов электрохимических реакций в катодной (католит) и анодной (анолит) зонах. Вода в процессе электрохимической обработки приобретает аномальные физико-химические и биологические свойства, в первую очередь это повышение химической и биохимической активности, за что она получила название нового класса веществ – электрохимической активированной воды (ЕХАВ). Сейчас такая активированная вода нашла практическое применение в гигиенической медицине, в решении повышения биологической ценности питьевой воды и создании воды с оздоровительными свойствами. Изучение закономерностей электрохимической активации воды при этом до сих пор не теряет своей актуальности и научной и практической ценности, особенно в пищевой промышленности.
Ключевые слова: вода; электрохимическая обработка; анолит; католит; окислительно-восстановительный потенциал

Надійшла (received) 30.04.2020