

Технічні науки

УДК 663.6:663.5

**Кузьмін Олег Володимирович**

*кандидат технічних наук,*

*доцент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції*

*Національний університет харчових технологій*

**Кузьмин Олег Владимирович**

*кандидат технических наук,*

*доцент кафедры технологии ресторанной и аюрведической продукции*

*Национальный университет пищевых технологий*

**Kuzmin Oleg**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

*National University of Food Technologies*

**ВПЛИВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ ВОДИ НА  
РІВНОВАЖНИЙ СТАН ВОДНО-СПИРТОВИХ СУМІШЕЙ  
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ВОДЫ НА  
РАВНОВЕСНОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНО-СПИРТОВЫХ СМЕСЕЙ  
EFFECT OF ELECTROCHEMICAL ACTIVATION OF WATER ON  
THE EQUILIBRIUM STATE OF WATER-ALCOHOL MIXTURES**

*Анотація.* Метою роботи є дослідження механізму встановлення рівноважного стану водно-спиртових сумішей на основних етапах створення горілки при використанні електрохімічної активації води..

*Ключові слова:* релаксація, електрохімічна активація, водно-спиртова суміш, алкогольна продукція.

*Аннотация.* Целью работы является исследование механизма установления равновесного состояния водно-спиртовых смесей на основных этапах создания водки при использовании электрохимической

*активации воды.*

**Ключевые слова:** *релаксация, электрохимическая активация, водно-спиртовая смесь, алкогольная продукция.*

**Summary.** *The aim of the paper is to study the mechanism for establishing the equilibrium state of water-alcohol mixtures at the main stages of vodka creation using the electrochemical activation of water.*

**Key words:** *relaxation, electrochemical activation, water-alcohol mixture, alcoholic products.*

**Вступ.** Проблема підвищення якості алкогольної продукції (АП) залишається актуальною для будь-якого лікеро-горілчаного, винно-коньячного підприємства та припускає виготовлення з тією ж кількістю сировини і матеріалів продукцію, що більш повно задовольняє громадські потреби. Дотримання вимог чинних в Україні національних стандартів на основні складові АП – технологічну воду (ТВ), спирт етиловий ректифікований (СЕР), та готової АП не завжди приводить до успіху на ринку. Тому зростаючий попит і конкуренція на ринку АП роблять актуальними завдання по удосконаленню процесів обробки ТВ, СЕР, водно-спиртової суміші (ВСС) і пошуку оптимальних умов процесів виробництва АП, які забезпечують кращі фізико-хімічні характеристики готової продукції в комплексі з органолептичними показниками.

При цьому продукти, отримані на кожному підприємстві, відрізняються індивідуальною формулою, що забезпечують їх якісні характеристики. Кожне підприємство індивідуально вибирає стратегію свого розвитку і способи досягнення кінцевої мети – створення конкурентоспроможного на ринку продукту. На сьогодні відсутні науково-обґрунтовані висновки та знання, які пов'язані з адаптацією технології створення АП до конкретних виробничих умов, з урахуванням великої різноманітності характеристик основних та

допоміжних складових. Ураховуючи ці характеристики, підприємством інтуїтивно вибираються: схема водопідготовки; оптимальні пропорції ТВ; умови створення ВСС; способи обробки напівфабрикатів та інші, що дозволили б забезпечити стабільну якість готової продукції. Оскільки питна вода, що використовується у виробництві, має непостійний склад, тому не існує єдиних рекомендацій по досягненню оптимального складу ТВ.

У зв'язку з цим особливу **актуальність** набувають роботи таких провідних вчених, як Бурачевського Й.І., Ковальчука В.П., Полякова В.А., Федоренко В.І. [1-5], які присвячені усебічному вивченню характеристик основних складових АП – ТВ і СЕР, їх впливу на якість АП, як окремо, так і в комплексі.

Основними вимогами до ТВ є: поліпшення органолептичних властивостей (освітлення, знебарвлення, дезодорація та ін.); забезпечення епідеміологічної безпеки (хлорування, озонування, ультрафіолетове опромінення та ін.); кондиціонування мінерального складу (фторування і обезфторування, витягання важких металів, знезалізнення, деманганація, зм'якшення, демінералізація) [1-10].

У виробництві АП виділяють три типу ТВ, в залежності від мети використання: фільтровану і дезодоровану; зм'якшену за рахунок *Na*-катіонування; демінералізовану за рахунок зворотного осмосу. ТВ повинна відповідати вимогам нормативної документації (НД) на воду, з дотриманням технологічного регламенту, технологічної інструкції, санітарних норм і правил для кожного виду АП.

Технологія отримання фільтрованої і дезодорованої технологічної води включає наступні елементи: фільтр для знезалізнення – окислення  $Fe^{2+}$  до  $Fe^{3+}$  киснем з подальшим видаленням; багат шаровий фільтр – фільтрація мікрофлори,  $Fe^{3+}$ , кремнію, ін. домішок; фільтр для видалення колоїдних органічних забруднень через шар іонообмінної смоли в *H*-формі; карбоновий фільтр – знижує концентрації вільного хлору і органічних сполук, за

допомогою сорбції на активному вугіллі; УФ-стерилізатор – знешкоджує бактерії.

Технологія отримання зм'якшеної води для зниження вмісту солей твердості відбувається за рахунок  $Na$ -катіонного обміну між іонами  $Na^+$  у катіоніті (КУ-2-8) та іонами  $Ca^{2+}$  та  $Mg^{2+}$  у воді. Завдяки різниці концентрацій цих іонів катіоніт сорбує із води  $Ca^{2+}$  та  $Mg^{2+}$  та віддає у воду еквівалентну кількість  $Na^+$ . На відміну від кальцію та магнію натрій не утворює осаду, а має у воді добре розчинні з'єднання [3-5].

При отриманні демінералізованої води за рахунок зворотного осмосу відбувається розподіл розчину шляхом переважного проникнення розчинника через мембрану під впливом зовнішнього тиску, який значно більше різниці осмотичних тисків розчинів по обидві сторони мембрани. Мембрана – тверда селективно-проникна перегородка, що розділяє масообмінний апарат на дві робочі зони, в яких підтримуються різні тиски та утворюються різні склади сумішей (пермеат, концентрат) [4, 5].

Альтернативними методами підготовки ТВ для виробництва АП є: хлорування; озонування; обробка сріблом; магнітна обробка; електрохімічна активація (ЕХА); термічна обробка; відстоювання, фільтрація; коагуляція; дезодорація; деманганация; освітлення і знебарвлення; обезфторування; декарбонізація; фторування; усунення сульфатів; усунення газів. З існуючих практичних методів знезараження води: реагенті (за допомогою окисників, іонів металів – міді, срібла та ін.); безреагентні (термічний, ультразвуковий, УФ-випромінювання, радіоактивне випромінювання), найширше застосовують окислювальну дезінфекцію. Як окисники використовують хлор, діоксид хлору, гіпохлорит натрію і кальцію, а також озон, рідше пероксид водню, перманганат калію та ін. [1, 6-10].

За нашими дослідженнями [11-28], можна зробити висновок, що на сьогодні не існує універсальної системи водопідготовки для виробництва АП, яка б задовольнила усі виробничі потреби у воді, тому кожне підприємство

індивідуально визначає необхідні комбінації як у обладнанні так і у визначенні раціональних умов виробництва.

Тому **метою роботи** було вивчення всілякої інформації стосовно розширення характеристик ТВ за рахунок використання ЕХА водних розчинів при створенні АП.

Одним з можливим кроком є аналіз існуючих технологій та альтернативної інформації щодо ЕХА. На сьогодні відомо, що ЕХА з'явилась у результаті робіт, початих Бахиром В.М. у 1972 році [29], при подальшому розвитку [6, 9, 30-36], а також вивчалась ін. науковцями [7, 8, 10, 37], в результаті чого сформувався новітній напрям прикладної електрохімії – ЕХА.

У спрощеному вигляді під «ЕХА» розуміють «активацію» при «електролізі» через «перегородку» у подвійному електричному шарі анода/катода з аномальною фізико-хімічною і каталітичною активністю – у період «релаксації» [6, 9, 10, 30-36]. Детальний розгляд всіх цих питань потребують певного уточнення:

- активація – сума явищ (ефектів, властивостей), що виникають при застосуванні технічних прийомів для управління реакційною здатністю речовин, без зміни їх елементного хімічного складу, що відбуваються за певний проміжок часу – від початку до завершення процесу релаксації;
- електроліз – розкладання води електричним струмом з фізико-хімічною модифікацією її складу, з появою в ній іонів  $H^+$ ,  $OH^-$ , гідратів, оксидів металів, кислот, перекисних з'єднань і радикалів, вільного хлору, перекису водню і т.п.;
- перегородка – діафрагма або мембрана, що розділяє між собою електроди (катод від аноду) та утворює при розділенні робочі камери (катодну, анодну), що дозволяє проникати іонам для перенесення струму через електроліт та не дозволяє продуктам електролізу проникати у початкову речовину;
- релаксація – поступовий перехід системи із нерівноважного стану, під

зовнішньою дією, у стан термодинамічної рівноваги. За даними Бахира В.М. [6], релаксація визначається не лише тиском і температурою, а ще й взаємодією між частками, що складається з 2-х етапів: рівновага в окремих мікрооб'ємах; при повільних процесах релаксації (в'язкість, дифузію, теплопровідність, електропровідність, ОВП, рН, поверхневе натягнення та ін.) – до стаціонарних значень параметрів.

Механізм дії ЕХА: у міжелектродному просторі, усі молекулярні структури розпадаються на іони, вода насичується високоактивними речовинами: відновниками (на катоді утворюється атомарний водень, що перетворюється на молекулярний); окисниками (на аноді утворюється атомарний кисень, що з'єднується у молекули); радикалами, що мають малий час життя; в результаті чого відбувається зміна кислотно-основних, окислювально-відновних і каталітичних властивостей, які призводять до зміни рівня рН, ОВП та ін. параметрів [6, 7, 10, 31-37].

У спрощеній формі на аноді відбувається: окислення води ( $2H_2O - 4e \rightarrow 4H^+ + O_2$ ), утворення газоподібного хлору ( $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$ ), утворення високоактивних окисників ( $Cl_2O$ ,  $ClO_2^-$ ,  $ClO^-$ ,  $HClO$ ,  $Cl^\bullet$ ,  $O_2^-$ ,  $O_3$ ,  $HO_2^\bullet$ ,  $OH^\bullet$ ,  $H_2O_2$ ). На катоді відбувається: відновлення води ( $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$ ) та утворення високоактивних відновників ( $OH^-$ ,  $H_3^-O_2^-$ ,  $H_2$ ,  $HO_2^\bullet$ ,  $HO_2^-$ ,  $O_2^-$ ) [6, 33, 34, 36]. Ці процеси потребують більш детального уточнення.

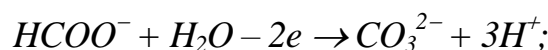
Анодна ЕХА (табл. 1) передбачає [6, 7, 10, 30-37]:

- зміну структури води;
- зниження рівня рН води при подальшому збільшенні кислотності;
- збільшення ОВП до крайніх позитивних (окислювальних) значень за рахунок утворення кислот (сірчаної, соляної, хлорнуватистої, надсірчаних), пероксиду водню, пероксосульфатів, пероксикарбонатів, кисневмісних з'єднань хлору та ін. проміжних з'єднань;
- зменшення поверхневого натягнення;

## Хімічні реакції, що відбуваються при ЕХА

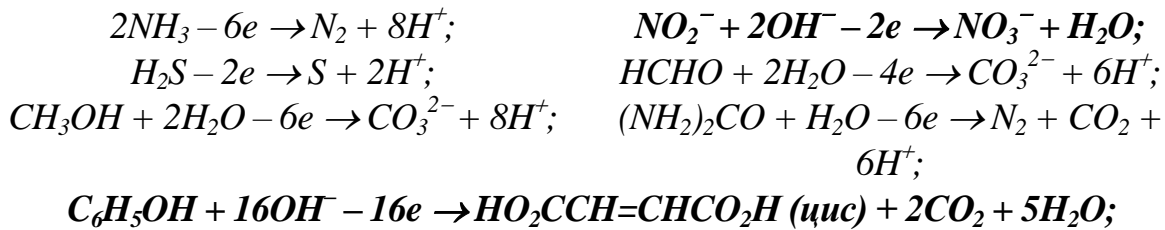
Реакції на аноді	Реакції на катоді
$2H_2O - 4e \rightarrow 4H^+ + O_2$ [6, 30, 31, 34, 35]	$2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$ [6, 30, 31, 34, 35]
$2H_2O - 2e \rightarrow 2H^+ + H_2O_2$ [6, 30, 31]	$O_2 + e \rightarrow O_2^-$ [6, 31]
$O_2 + H_2O - 2e \rightarrow O_3 + 2H^+$ [6, 30, 31]	$O_2 + H_2O + 2e \rightarrow HO_2^- + OH^-$ [6, 30, 31]
$OH^- - e \rightarrow OH^\cdot$ [6, 31, 35]	$HO_2^- + H_2O + e \rightarrow HO^\cdot + 2OH^-$ [6, 30, 31]
$3H_2O - 6e \rightarrow O_3 + 6H^+$ [6, 30, 31]	$O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow H_2O_2$ [6, 31]
$O_2 + 2OH^- - 3e \rightarrow O_3 + H_2O$ [6, 31, 35]	$e_{cathode} + H_2O \rightarrow e_{aq}$ [6, 31]
$H_2O - e \rightarrow HO^\cdot + H^+$ [6, 31]	$H^+ + e_{aq} \rightarrow H^\cdot$ [6, 31]
$H_2O_2 - e \rightarrow HO_2^\cdot + H^+$ [6, 31]	$H_2O + e_{aq} \rightarrow H^\cdot + OH^-$ [6, 31]
$3OH^- - 2e \rightarrow HO_2^- + H_2O$ [6, 31]	$CO_3^{2-} + 6H^+ + 4e \rightarrow HCHO + H_2O$ [6, 31]
$H_2O - 2e \rightarrow 2H^+ + O^\cdot$ [6, 30, 31]	$CO_3^{2-} + 8H^+ + 6e \rightarrow CH_3OH + 2H_2O$ [6, 31]
$H_2O - e \rightarrow H^+ + OH^\cdot$ [6, 30, 31]	$2CO_3^{2-} + 4H^+ + 2e \rightarrow C_2O_4^{2-} + 2H_2O$ [6, 31]
$3OH^- - 2e \rightarrow HO_2^- + H_2O$ [6, 31]	$2CO_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow H_2C_2O_4$ [6, 31]
$2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$ [6, 31, 34, 35]	$CO_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow HCOOH$ [6, 31]
$Cl^- + H_2O - 2e \rightarrow HClO + H^+$ [6, 30, 31]	$CO_3^{2-} + 2H_2O + 2e \rightarrow HCO_2^- + 3OH^-$ [6, 31]
$Cl^- + 2H_2O - 5e \rightarrow ClO_2 + 4H^+$ [6, 31]	$2SO_4^{2-} + 5H_2O + 8e \rightarrow S_2O_3^{2-} + 10OH^-$ [6, 31]
$HCl + 2H_2O - 5e \rightarrow ClO_2 + 5H^+$ [6, 31]	$2SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e \rightarrow S_2O_6^{2-} + 2H_2O$ [6, 31]
$Cl^- + 4OH^- - 4e \rightarrow ClO_2^- + 2H_2O$ [6, 31]	$SO_4^{2-} + 4H_2O + 2e \rightarrow SO_3^{2-} + 2OH^-$ [6, 31]
$Cl^- + 4OH^- - 5e \rightarrow ClO_2 + 2H_2O$ [6, 31, 35]	$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e \rightarrow H_2SO_3 + H_2O$ [6, 31]
$Cl^- + 2OH^- - 2e \rightarrow ClO^- + H_2O$ [6, 31, 35]	$NO_3^- + 5H_2O + 6e \rightarrow NH_2OH + 7OH^-$ [6, 31]
$Cl^- + 2H_2O - 4e \rightarrow HClO_2 + 3H^+$ [6]	$2NO_3^- + 2H_2O + 4e \rightarrow N_2O_4^{2-} + 4OH^-$ [6, 31]
$2SO_4^{2-} - 2e \rightarrow S_2O_8^{2-}$ [6, 31]	$N_2 + 5H^+ + 4e \rightarrow N_2H_5^+$ [6, 31]
$2H_2CO_3^{2-} - 2e \rightarrow C_2O_6^{2-} + 4H^+$ [6, 31]	$Fe^{3+} + 3e \rightarrow Fe$ [6, 31]
$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2$ [35]	$Fe^{2+} + 2e \rightarrow Fe$ [6, 31]
$HO_2 - e \rightarrow HO_2^\cdot$ [35]	$2H_2O + 2Na^+ + 2e \rightarrow 2NaOH + H_2$ [35]
$ClO^- + H_2O_2 \rightarrow {}^1O_2 + Cl^- + H_2O$ [35]	
$Cl_2 + H_2O \leftrightarrow HClO + HCl$ [35]	

- збільшення електропровідності;
- збільшення вмісту розчинених хлору та кисню;
- зменшення концентрації водню та азоту;
- окислювальну деструкція органічних сполук бактерійної, вірусної, грибкової етіології;
- розкладання проміжних продуктів до нетоксичних з'єднань:

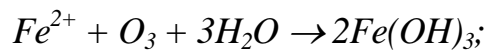


- деструкцію аміаку ( $NH_3$ ), нітриту ( $NO_2^-$ ), сірководню ( $H_2S$ ), формальдегіду ( $HCHO$ ), метилового спирту ( $CH_3OH$ ), карбаміду ( $(NH_2)_2CO$ ); фенолів:

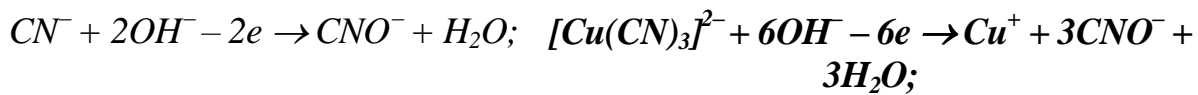




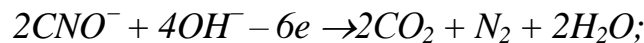
- перетворення двоцвалентного заліза:



- розкладання ціанід-іонів ( $\text{CN}^-$ ) або комплексних іонів ціанідів ( $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ ,  $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$  та ін.) при їх наявності у воді до ціанат-іонів [6, 33, 36]:



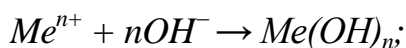
- з подальшим окисленням та утворенням безпечних продуктів [6, 33, 36]:



Під час переходу електронів з органічних сполук на анод зазвичай зростає число (чи кратність) кисневмісних зв'язків ( $\text{C-O}$ ,  $\text{N-O}$ ,  $\text{S-O}$  і т.п.), або зменшується число водневих зв'язків ( $\text{C-H}$ ,  $\text{N-H}$ ,  $\text{S-H}$  і т.п.) [6, 33, 36].

Катодна ЕХА (табл. 1) передбачає [6, 7, 10, 30-37]:

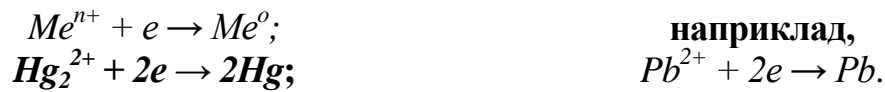
- збільшення рівня  $\text{pH}$  при подальшому збільшенні лужності;
- зменшення ОВП до крайніх негативних (відновних) значень;
- зменшення поверхневого натягнення;
- зниження вмісту розчинених кисню, азоту;
- зростання концентрації водню, вільних гідроксильних груп;
- зменшення електропровідності;
- насичення води високоактивними відновниками:  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{HO}_2^-$ ,  $\text{O}_2^-$ ,  $e_{aq}$ ;
- утворення нерозчинних гідроксидів важких металів:



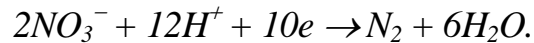
- електролітичне відновлення (на поверхні електроду), а також



електрокаталітичне відновлення (у об'ємі води) багатозарядних катіонів важких металів, за рахунок переведення їх у неактивну форму:



– відновлення нітрат-іонів до азоту:



– зміна структури не лише оболонки гідратів іонів, але і вільного об'єму води.

**Результати.** На рис. 1 представлено залежність водневого показника (рівня рН) від окисно-відновного показника (ОВП) для води питної, ВСС, ВСС після АВ без обробки та після ЕХА. При цьому можна спостерігати три області зразків:  $a_0$  – без обробки (1.0 – вода питна; 3.0 – ВСС на воді питній; 4.0 – ВСС на воді питній після обробки АВ);  $a_1$  – зразки на катоді;  $a_2$  – зразки на аноді.

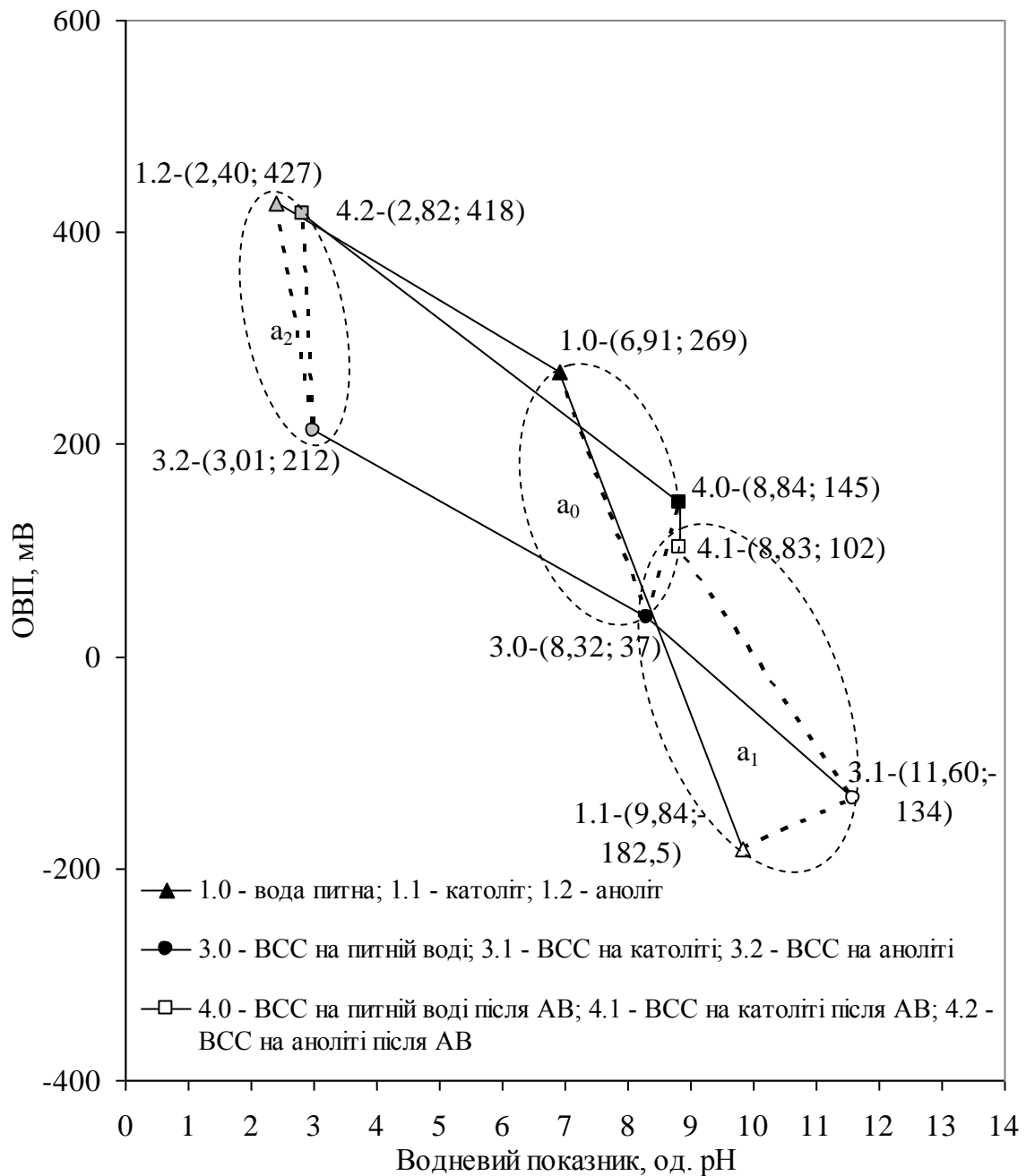
Встановлено, що зразки аноді та катоді характеризуються різкими змінами рівня рН і ОВП відносно первинних значень (рН=6,91, ОВП=269 мВ):

- при анодній ЕХА водневий показник набуває більш кислотну реакцію (рН=2,40); ОВП – збільшений до позитивних (окислювальних) значень (ОВП=427 мВ);
- при катодній – рівень рН=9,84 набуває більш лужну реакцію; ОВП – зменшений до негативних (відновних) значень (ОВП= –182,5).

Таким чином, електрохімічні реакції, які протікають в анодній та катодній камерах діафрагмового електролізера, призводять до зміни усієї системи міжмолекулярних взаємодій, при цьому різні зарядові стани молекул в аноді та катоді призводять до відмінностей в електронному розподілі.

За рахунок ЕХА при створенні ВСС на аноді з рівнем рН=2,40 і СЕР, отримана ВСС має рівень рН=3,01, що характеризує кисле середовище. ВСС на катоді з рівнем рН=9,84 має сильно лужове середовище (рН=11,60). Ці полярні співвідношення концентрацій  $H_3O^+$  до  $OH^-$  для аноді та катоді

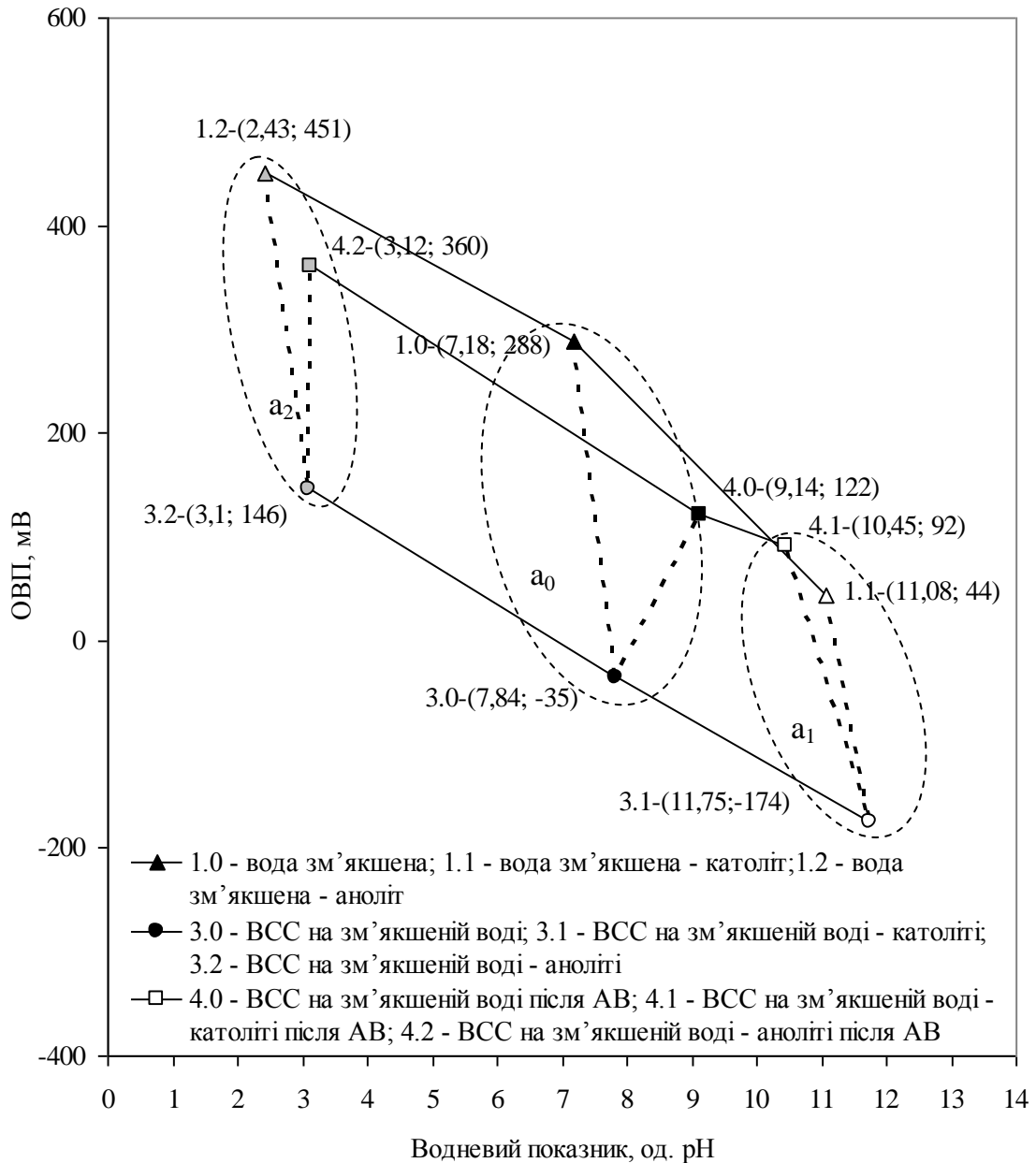
призводять до перебудови структури в системі спирт/вода.



**Рис. 1. Залежність водневого показника від ОВП для питної води:**

a<sub>0</sub> – область зразків без обробки; a<sub>1</sub> – область зразків після ЕХА (католіт); a<sub>2</sub> – область зразків після ЕХА (аноліт)

На рис. 2 представлено залежність водневого показника від ОВП для води зм'якшеної Na-катіонуванням, ВСС, ВСС після АВ без обробки та після ЕХА.



**Рис. 2. Залежність водневого показника від ОВП для зм'якшеної води:**

a<sub>0</sub> – область зразків без обробки (контроль); a<sub>1</sub> – область зразків після ЕХА (католіт); a<sub>2</sub> – область зразків після ЕХА (аноліт)

При цьому можна спостерігати три області зразків: a<sub>0</sub> – без обробки (1.0 – вода зм'якшена за рахунок Na-катіонування; 3.0 – ВСС на воді зм'якшеної; 4.0 – ВСС на воді зм'якшеної після обробки АВ); a<sub>1</sub> – зразки на католіті; a<sub>2</sub> – зразки на аноліті.

Вода зм'якшена Na-катіонуванням має підвищений рівень рН=7,18

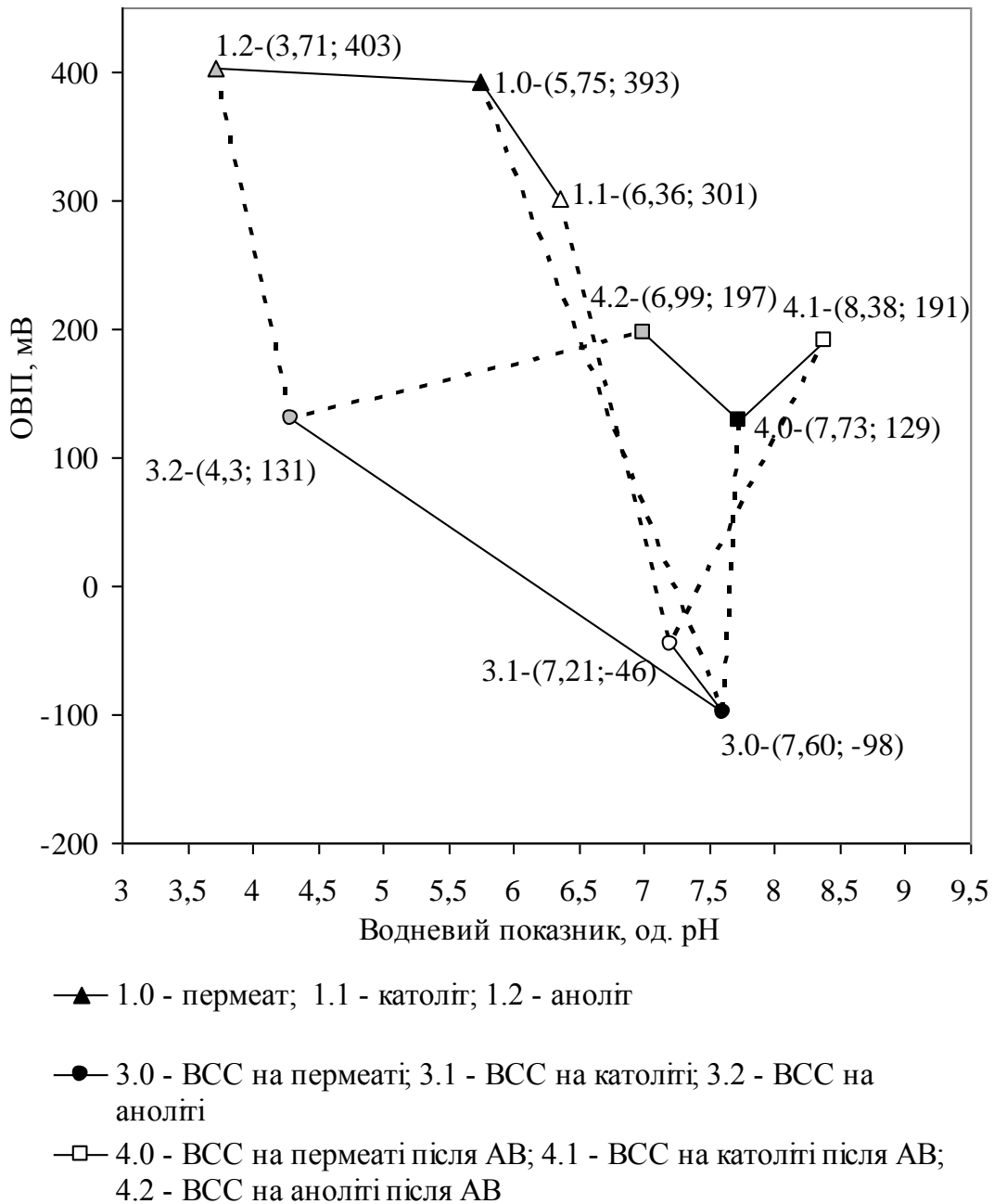
відносно води питної (рН=6,91), а також підвищений ОВП=+288,0 мВ відносно води питної (ОВП=+269,0 мВ).

Зразки аноліту і католіту характеризуються зміною рівня рН і ОВП відносно первинних значень: при анодній ЕХА водневий показник набуває більш кислотну реакцію (рН=2,43); ОВП – збільшений до позитивних (окислювальних) значень (ОВП=+451 мВ); при катодній – рівень рН=11,08 набуває більш лужну реакцію; ОВП=+44,0 мВ.

Можна стверджувати, що в процесі створення горілки відбувається релаксація ВСС за показниками – рівень рН та ОВП, які у даному випадку є «маркерами» стабілізації. Значення рН та ОВП прагнуть до переходу у стаціонарну область значень, які не будуть зазнавати критичних змін на усьому «життєвому циклі» готового продукту при дотриманні оптимальних умов зберігання. Хоча в реальних умовах зберігання – відбувається незначне підвищення рівня рН та зниження ОВП, які вже залежать від взаємодії продукту зі склотарою, в якій продукт зберігається.

На рис. 3 представлено залежність водневого показника від ОВП для води демінералізованої зворотним осмосом, ВСС на воді демінералізованій, ВСС на воді демінералізованій після обробки АВ – до обробки ЕХА та після обробки ЕХА.

Завдяки проведеним дослідженням встановлено, що вода демінералізована після зворотного осмосу має знижений рівень рН 5,75 відносно води питної (рН 6,91), а також підвищене ОВП (Е=393,0 мВ) відносно води питної (Е=269,0 мВ). Зразки аноліту і католіту характеризуються різким зрушенням рівня рН і ОВП відносно первинних значень: при анодній ЕХА водневий показник набуває більш кислотну реакцію (рН 3,71); ОВП – збільшений до позитивних (окислювальних) значень (Е=403 мВ); при катодній – рівень рН 6,36 набуває нейтральних значень; Е=301,0 мВ.



**Рис. 3. Залежність водневого показника від ОВП для демінералізованої води**

При цьому можна спостерігати появу наступних закономірностей на ділянках: (1.0; 3.0; 4.0) – без обробки ЕХА, де 1.0 – пермеат, 3.0 – ВСС на пермеаті, 4.0 – ВСС на пермеаті після обробки АВ; (1.1; 3.1; 4.1) – після обробки ЕХА – на католіті, де 1.1 – католіт, 3.1 – ВСС на католіті, 4.1 – ВСС на католіті після обробки АВ; (1.2; 3.2; 4.2) – після обробки ЕХА - на аноліті, де 1.2 – аноліт, 3.2 – ВСС на аноліті, 4.2 – ВСС на аноліті після

обробки АВ.

Можна стверджувати, що значення рН та ОВП після обробки ВСС АВ прагнуть до переходу у стаціонарну область – область релаксації, яка не буде зазнавати критичних змін на всьому «життєвому циклі» готової продукції.

**Висновки.** Проведено дослідження, які дозволяють визначити перспективність застосування ЕХА при створенні ТВ як альтернативного методу або додаткового до існуючих у виробництві АП процесам: зм'якшення за допомогою *Na*-катионного обміну; демінералізації за рахунок зворотного осмосу. При цьому ЕХА-технологія дозволяє без застосування хімічних реагентів направлено змінювати в дуже широких межах кислотно-основні, окисно-відновні і каталітичні властивості розбавлених водних розчинів і власне води та використовувати такі рідини замість традиційних розчинів хімічних реагентів в різних технологічних процесах з метою економії витрат праці, часу й матеріалів.

Враховуючи вище проведений аналіз сучасних тенденцій технології виробництва АП і наукових уявлень про процеси формування її якісних характеристик, подальший розвиток наукових досліджень має бути спрямований на відшукування оптимальних умов проведення основних процесів з метою підвищення якості вітчизняної продукції по широкому комплексу показників і його стабілізації. Це дозволить виробляти і поставляти на ринок конкурентоздатну продукцію і задовольняти попит на високоякісну АП.

### **Література**

1. Бурачевский И.И. Подготовка технологической воды и её влияние на качество водок / И.И. Бурачевский, В.И. Федоренко // Ликероводочное производство и виноделие. – 2003. – № 44. – С. 20–23.

2. Физико–химический и микроэлементный состав технологической воды и водок и его влияние на стабильность водок в процессе хранения / В.А. Поляков, И.И. Бурачевский, С.С. Морозова [и др.] // Теоретические и практические аспекты развития спиртовой, ликероводочной, ферментной, дрожжевой и уксусной отраслей промышленности. – М.: ВНИИПБТ, 2006. – С. 60–68.
3. Ковальчук В.П. Критерии оценки качества воды и сорбционных материалов в ликероводочном производстве / Ковальчук В.П., Олейник С.И., Кравчук З.Д. // Прогрессивные технологии и современное оборудование – важнейшие составляющие успеха экономического развития предприятий спиртовой и ликероводочной промышленности : 4 междунар. науч.–практ. конф., 23–24 апр. 2003 г. : тезисы докл. – М.: Пищевая промышленность, 2003. – С. 135-151.
4. Федоренко В.И. Современные системы водоподготовки для пищевых производств / Федоренко В.И. // Ликероводочное производство и виноделие. – 2000. – № 5. – С. 1–6.
5. Бобин Н.Н. Многофункциональная система водоподготовки / Бобин Н.Н., Дерусов А.А., Федоренко В.И. // Ликероводочное производство и виноделие. – 2001. – № 20. – С. 4–6.
6. Бахир В.М. Современные технические электрохимические системы для обеззараживания, очистки и активирования воды / Бахир Витольд Михайлович. – М.: ВНИИИМТ, 1999. – 84 с.
7. «Живая» вода – мифы и реальность / [Алехин С.А., Байбеков И.М., Гариб Ф.Ю. и др.]. – М.: «МИС–РТ», 1998. – 120 с.
8. Куртов В.Д. Об удивительных свойствах электроактивированной воды / Вениамин Дмитриевич Куртов. – К.: НПФ «ЭкоВод», 2010. – 236 с.
9. Прилуцкий В.И. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия / В.И.



- Прилуцкий, В.М. Бахир. – М.: ВНИИИМТ, 1997.– 228 с.
- 10.Старикова Т.А. К вопросу о воде и водоподготовке / Старикова Т.А., Лебедева С.А., Кольцов С.В. // Ликероводочное производство и виноделие. – 2005. – № 62. – С. 7–9.
- 11.Кузьмин О.В. Водка: технология, качество, инновации: [монография] / О.В. Кузьмин, В.Г. Топольник, А.Н. Ловягин, В.В. Кузьмин. – Донецк: ДонНУЭТ, 2011. – 307 с.
- 12.Кузьмин О.В. Усовершенствование процессов производства алкогольной продукции : монография / О.В. Кузьмин. – Донецк : ДонНУЭТ, 2014. – 488 с.
- 13.Топольник В.Г. Комплексна кількісна оцінка якості горілки, виготовленої на спиртах різного класу / В.Г. Топольник, О.В. Кузьмін // Вісник ДонДУЕТ. – 2009. – № 1 (41). – Технічні науки. – С. 135-140.
- 14.Топольник В.Г. Управління інноваціями й технологіями на підприємствах лікєро-горілкової промисловості за умов розробки нових видів продукції / В.Г. Топольник, О.В. Кузьмін, Баширов І.Х. // Товарознавство та інновації : зб. наук. пр. – 2009. – № 1. – С. 224-229.
- 15.Топольник В.Г. Системний аналіз виробництва горілки на вітчизняних підприємствах / В.Г. Топольник, О.В. Кузьмін // Вісник ДонДУЕТ. – 2010. – № 1 (45). – Технічні науки. – С. 46-54.
- 16.Kuzmin O. <sup>1</sup>H NMR analysis of the aqueous-alcoholic mixtures, prepared with drinking water of south-eastern region of Ukraine / O. Kuzmin, V. Topol'nik, S. Sujkov // The advanced science journal. – United States. Torrance, 2013. – Issue 8, august 2013. – pp. 21-31.
- 17.Kuzmin O. The change of the hydroxyl protons in aqueous alcoholic mixtures under the process of making vodkas / O. Kuzmin, S. Sujkov, V. Topol'nik // The advanced science journal. – Special issue in China,

December, 2013. – pp. 15-27.

18. Кузьмін О.В. Использование  $^1\text{H}$  ЯМР-спектроскопии в процессе создания водок / Кузьмін О.В. // Вісник ДонНУЕТ. – Технічні науки. Донецьк: ДонНУЕТ, 2014. – № 1 (61). – С. 169-184.
19. Kuzmin O.  $^1\text{H}$  NMR analysis of the aqueous-alcoholic mixtures, prepared with softened water using Na-cationization / O. Kuzmin, V. Topol'nik, A. Fatiukha, G. Volkova // The advanced science journal. – United States. Torrance, 2014. – Issue 7, 2014. – pp. 9-14.
20. Kuzmin O.  $^1\text{H}$  NMR analysis of the aqueous-alcoholic mixtures, prepared in demineralized by reverse osmosis water / O. Kuzmin, V. Topol'nik, A. Fatiukha, G. Volkova // The advanced science journal. – Special issue for China, 2014. – Issue 8, 2014. – pp. 235-240.
21. Kuzmin O. Eduction of unsteady equilibrium in vodkas by means of  $^1\text{H}$  NMR spectroscopy / O. Kuzmin, V. Topol'nik // The advanced science journal. – United States. Torrance, 2014. – Issue 10. – pp. 43-46.
22. Kuzmin O. Eduction of transitional equilibrium in vodkas by means of  $^1\text{H}$  NMR spectroscopy / O. Kuzmin, V. Topol'nik // The advanced science journal. – United States. Torrance, 2014. – Issue 12. – pp. 61-64.
23. Кузьмін О.В. Трансформація гідроксильних протонів в процесі створення водно-спиртових сумішей / Кузьмін О.В., Мирончук В.Г., Топольник В.Г. // Харчова промисловість. – К.: НУХТ, 2014. – №16. – С. 87-93.
24. Kuzmin O. Eduction of equilibrium state in vodkas by means of  $^1\text{H}$  NMR spectroscopy / O. Kuzmin, V. Topol'nik, V. Myronchuk // Ukrainian journal of food science. – Kyiv: NUFT, 2014. – Volume 2. Issue 2. – pp. 220-228.
25. Кузьмін О.В. Встановлення релаксації у водно-спиртових системах у процесі електрохімічної активації зм'якшеної води / Кузьмін О.В. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. –

- К.: НУХТ, 2015. – т. 21, №3. – С. 243-255.
26. Кузьмін О.В. Релаксація водно-спиртових систем у процесі електрохімічної активації демінералізованої води / Кузьмін О.В. // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – К.: НУХТ, 2015. – т. 21, №4. – С. 234-247.
27. Стабілізація водно-спиртових сумішей у процесі електрохімічної активації питної води / [Кузьмін О.В., Топольник В.Г., Мирончук В.Г., Суйков С.Ю.] // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – Харків : ХДУХТ, 2015. – Вип. 2 (22). – 374-386 с.
28. Kuzmin O. Determination of systems with a steady equilibrium in vodkas, depending on transformation of hydroxyl protons / O. Kuzmin // Ukrainian journal of food science. – Kyiv: NUFT, 2015. – Volume 3. Issue 1. – pp. 33-41.
29. Мамаджанов У.Д. Магнитоэлектрические свойства буровых растворов и их использование для повышения эффективности бурения / Мамаджанов У.Д., Бахир В.М., Дергач Г.И. – М.: ВНИИЭГАЗПРОМ, 1975. – 39 с.
30. Бахир В.М. Электрохимическая активация 2012: новые разработки и перспективы / Бахир В.М. // Водоснабжение и канализация. –2012. – № 5-6. –С. 65-74.
31. Бахир В.М. Теоретические аспекты электрохимической активации / В.М. Бахир // Электрохимическая активация – 99: II междунар. симпозиум. «ЭХА в медицине, сельском хозяйстве, промышленности», Москва, 28–29 октября 1999 г. : доклады и тезисы. В 2-х частях. Ч I. М.: ВНИИИМТ, 1999. – С. 39–49.
32. Бахир В.М. Электрохимическая активация / Бахир В.М. - М.: ВНИИИМТ, 1992. – 2 ч. – 657 с.
33. Бахир В.М.. Медико-технические системы и технологии для синтеза

электрохимически активированных растворов/ Бахир В.М. – М., ВНИИИМТ, 1998. – 66 с.

- 34.Леонов Б.И. Физико-химические аспекты биологического действия электрохимически активированной воды : [монография] / Леонов Б.И., Прилуцкий В.И., Бахир В.М. – М.: ВНИИИМТ, 1999. – 244 с.
- 35.Некоторые аспекты получения и применения электрохимически активированного раствора – анолита АНК / [Бахир В.М., Вторенко В.И., Задорожний Ю.Г. и др.] // Электрохимическая активация – 2001: III межд. симпозиум, Москва, 28–29 октября 2001 г. – М.: Всероссийский научно–исследовательский и испытательный институт медицинской техники, 2001. – С. 3-25.
- 36.Электрохимическая активация: история, состояние, перспективы. Научно-технический обзор под редакцией проф. Бахира В.М. / [Бахир В.М., Задорожний Ю.Г., Леонов Б.И. и др.]. – М.: ВНИИИМТ, 1999. – 256 с.
- 37.Петрушанко И.Ю. Физико-химические свойства водных растворов, полученных в мембранном электролизере / И.Ю. Петрушанко, В.И. Лобышев // Биофизика. – 2004. – Т. 49. – Вып. 1. – С. 22–31.