

УДК 663.551.5:544.6.076

СТАБІЛІЗАЦІЯ ВОДНО-СПИРТОВИХ СУМІШЕЙ В ПРОЦЕСІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ ПИТНОЇ ВОДИ

О.В. Кузьмін, В.Г. Топольник, В.Г. Мирончук, С.Ю. Суйков

Метою роботи є дослідження механізму встановлення рівноважного стану водно-спиртових сумішей на основних етапах створення горілки при використанні електрохімічної активації питної води. Експериментально доведена залежність швидкості і характеру встановлення термодинамічної рівноваги – релаксації водно-спиртових систем при стабілізації гідроксильної групи протонів етанолу та води. Методи: ^1H ЯМР-спектроскопія; методи оцінки фізико-хімічних та органолептичних показників.

Ключові слова: водно-спиртова суміш, горілка, ^1H ЯМР-спектроскопія, гідроксильні протони, електрохімічна активація.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ВОДНО-СПИРТОВЫХ СМЕСЕЙ В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

О.В. Кузьмин, В.Г. Топольник, В.Г. Мирончук, С.Ю. Суйков

Целью работы является исследование механизма установления равновесного состояния водно-спиртовых смесей на основных этапах создания водки при использовании электрохимической активации питьевой воды. Экспериментально доказана зависимость скорости и характера установления термодинамического равновесия – релаксации водно-спиртовых систем за счет стабилизации гидроксильной группы протонов этанола и воды. Методы: ^1H ЯМР-спектроскопия; методы оценки физико-химических и органолептических показателей.

Ключевые слова: водно-спиртовая смесь, водка, ^1H ЯМР-спектроскопия, гидроксильные протоны, электрохимическая активация.

STABILIZATION OF THE AQUEOUS-ALCOHOLIC MIXTURES UNDER THE PROCESS OF ELECTROCHEMICAL ACTIVATION OF DRINKING WATER

O. Kuzmin, V. Topol'nik, V. Mironchuk, S. Sujkov

The aim of the publication is to study the mechanisms of the equilibrium state of aqueous-alcoholic mixtures at key stages of the creation of vodka using electrochemical activation of drinking water. We have experimentally established the dependence rate of achievement of thermodynamic equilibrium and its character

of aqueous-alcoholic systems, through rational waveforms hydroxyl group protons of ethanol and water, to stabilize their positions. The study has proved that steady equilibrium is characterized by the presence of combined unitary signal EtOH+H₂O in hydroxyl group ($\Delta\delta=0$ ppm). Unsteady equilibrium is characterized by the presence of two separate signals of EtOH and H₂O in hydroxyl group. Methods: ¹H NMR-spectroscopy; methods of evaluation of physicochemical and organoleptic characteristics of water, ethanol, aqueous-alcoholic mixtures, vodkas.

Keywords: *aqueous-alcoholic mixture, vodka, ¹H NMR spectroscopy, hydroxyl protons, electrochemical activation.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. На сьогодні ¹H ЯМР-спектроскопія є найбільш популярною серед спектроскопічних методів за рахунок своєї простоти та повноти інформації, тим самим прискорюючи хімічні дослідження, особливо у харчовій промисловості.

З моменту отримання перших ¹H ЯМР спектрів води та етанолу пройшло більше 60 років, але й сьогодні є багато робіт [1-9] із дослідження цих зовні простих систем, які демонструють складну та різноманітну поведінку. Зокрема ¹H ЯМР-спектроскопія є високочутливим засобом для дослідження рівноваги у розчинах. Оскільки одним з основних процесів, що забезпечують стабільні та прогнозовані характеристики горілчаних виробів, є встановлення рівноважного стану розчину спирту у воді, для встановлення впливу способу попередньої підготовки води ми використали саме цей метод.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гідроксильний протон етанолу може обмінюватися з вільними іонами Н⁺ в матриці, які генеруються за рахунок дисоціації води, або слідовими кількостями кислоти [7, 10-11]. Швидкість обміну пропорційна числу вільних іонів Н⁺ [11], тому фактичне розташування центру ¹H ЯМР сигналу, що в даному випадку є усередненим для рухливих форм протонів, залежить від різниці в хімічних зсувах протонів двох середовищ - води та спирту (та відповідно зважених мольною часткою) [9].

На наш погляд, встановлення рівноважного стану розчину завдяки ¹H ЯМР може стати дієвим засобом контролю за ефективністю використання технічних рішень в процесі виробництва горілки.

Мета статті - з використанням методу ¹H ЯМР-спектроскопії дослідити механізм встановлення термодинамічної рівноваги – релаксації водно-спиртових сумішей (ВСС) на основних етапах створення горілки при використанні ЕХА питної води у діафрагмовому електродізері.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для проведення досліджень використовували наступні прилади, матеріали та сировину:

- Фур'є ЯМР-спектрометр Bruker Avance II - 400 МГц (рис. 1,с);

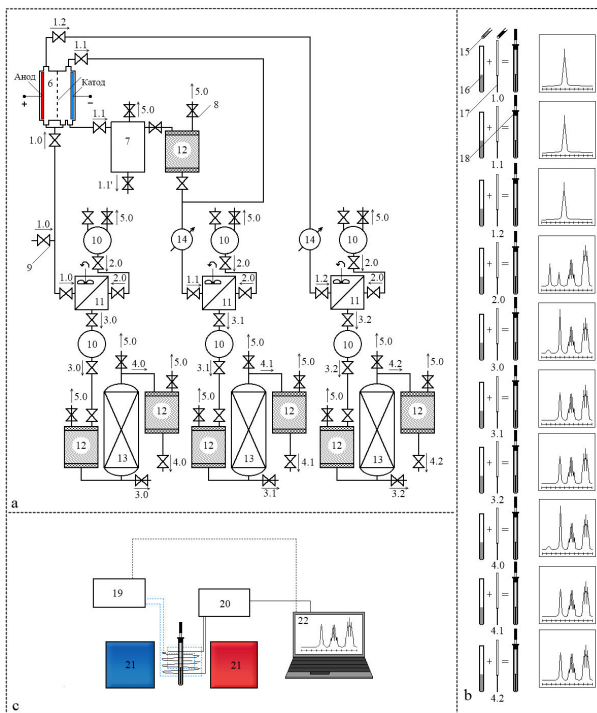


Рис. 1. Схема проведення дослідження: а – принципова схема експериментального стану; б – схема прободготовки для ^1H ЯМР дослідження; с – блок-схема ^1H ЯМР спектрометра; 1-5 – потоки (зразки); 6-14 – технологічне обладнання; 15-22 – лабораторне обладнання

- дозатор (15); ампули 5 мм зі зразками (16); капіляри із дейтероацетоном - зовнішній стандарт та сигнал для системи LOCK'a (ДАЦ) (17); ампули із капіляром (18) (рис. 1,б);
- вода питна за ГОСТ 2874-82 «Вода питна. Гігієнічні вимоги і контроль за якістю»; вода питна – католіт; вода питна – аноліт (табл. 1);
- спирт етиловий ректифікований (СЕР) класу «Люкс» (табл. 2) за ДСТУ 4221:2003 «Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови»;
- ВСС на воді деіонізованій (контроль) та СЕР класу «Люкс»; ВСС на воді питній; ВСС на католіті; ВСС на аноліті (табл. 3);
- ВСС (горілка за ДСТУ 4256:2003 «Горілки і горілки особливі. Технічні умови») на СЕР та воді питній після обробки активним вугіллям (АВ); ВСС на католіті після АВ; ВСС на аноліті після АВ (табл. 4).

Таблиця 1

Характеристика води

Найменування показника	Вода питна (1.0)	Вода після ЕХА - католіт (1.1)	Вода після ЕХА - аноліт (1.2)
Сухий залишок, мг/дм ³	874,0	508,5	687,5
Рівень рН	6,91	9,84	2,40
ОВП, мВ	+269,0	-182,5	+427,0
Твердість загальна, ммоль/дм ³	8,04	0,47	4,67
Лужність загальна, ммоль/дм ³	5,38	5,18	0,00

Таблиця 2

Характеристика СЕР класу «Люкс»

Найменування показника	Значення
Об'ємна частка етанолу, при Т=293 К, %	96,37
Масова концентрація (МК) альдегідів, мг/дм ³	1,28
МК сивушних масел, мг/дм ³	1,47
МК естерів, мг/дм ³	1,30
Об'ємна частка метанолу, %	0,0022

Таблиця 3

Характеристика ВСС

Найменування показника	ВСС на воді питній (3.0)	ВСС на католіті (3.1)	ВСС на аноліті (3.2)
Об'ємна частка етанолу, %	39,94	40,00	39,90
МК альдегідів, мг/дм ³	1,49	1,72	1,75
МК сивушних масел, мг/дм ³	1,07	1,52	1,25
МК естерів, мг/дм ³	1,24	1,58	1,72
Об'ємна частка метанолу, %	0,0021	0,0020	0,0021
Рівень рН	8,32	11,60	3,01
ОВП, мВ	+37	-134	+212
Лужність, см ³	2,50	2,20	0,00
Дегустаційна оцінка, бали	9,43	9,48	9,36
Зовнішній вигляд	безбарвна рідина		
	без осаду	з сильним осадом	
Запах	різкий спиртовий		
Смак	важкий	гірко-солодкий	кисло-гіркий

Таблиця 4

Характеристика ВСС (горілки) після обробки АВ

Найменування показника	ВСС на воді питній після АВ (4.0)	ВСС на католіті після АВ (4.1)	ВСС на аноліті після АВ (4.2)
Об'ємна частка етанолу, %	39,85	39,80	39,83
МК альдегідів, мг/дм ³	2,24	2,74	3,88
МК сивушних масел, мг/дм ³	1,42	1,30	1,49
МК естерів, мг/дм ³	1,55	2,00	2,58
Об'ємна частка метанолу, %	0,0024	0,0024	0,0024
Рівень рН	8,84	8,83	2,82
ОВП, мВ	+145	+102	+418
Лужність, см ³	2,5	2,5	0,0
Дегустаційна оцінка, бали	9,70	9,66	9,64
Зовнішній вигляд	безбарвна рідина без осаду		
Запах	характерний спиртовий		
Смак	м'який, повний	м'який, надмірно насичений	важкуватий

На рис. 1,а приведено принципову схему розробленого для цього дослідження експериментального стенду із діафрагмовим електрохімічним реактором.

Вода питна (1.0) через відкритий кран (9) поступає на дві лінії – лінію підготовки води ЕХА та лінію приготування ВСС. На лінії підготовки ЕХА вода потрапляє до електрохімічного реактору (6), анодний і катодний простір якого розділений пористою діафрагмою, що розділяє анодний та катодний простір. Надходження електронів у воду відбувається біля катоду, а видалення електронів із води - біля аноду, що призводить до утворення католіта (1.1) та аноліта (1.2).

В результаті електрохімічних реакцій в катодній камері утворюються важкорозчинні карбонати кальцію і магнію, а також гідроксиди важких металів і заліза. Для зливу та фільтрації концентрату католіту (1.1') є додаткова лінія з приймальною ємністю (7), пісочним фільтром (12) та повітряними кранами (8) - для видалення повітря (5.0).

Процес ЕХА супроводжується підвищенням температури води до $T_{1,2}=305\text{ K}$, що для виготовлення ВСС є неприпустимим, тому потоки води (1.1, 1.2) додатково охолоджуються за допомогою чиллеру (14).

На лінії підготовки ВСС із напірних ємностей (10) до сортувальних ємностей (11) додається СЕР (2.0), а потім - вода (1,0-1.2),

де вони перемішуються за допомогою швидкохідних пропелерних мішалок. В процесі перемішування відбувається стискування (контракція) загального об'єму ВСС із виділенням теплоти. Після перемішування за допомогою аналізатора щільності «Anton Paar DMA 4500» визначається міцність ВСС, при відхиленні від заданої, її коригують, повторно перемішують та проводять відбір проб (3.0-3.2).

Після перемішування ВСС потрапляє до напірних ємностей (10), після чого - фільтрується на пісочних фільтрах (12) та обробляється АВ у адсорберах (13). З метою звільнення від дрібних часток вугілля ВСС (горілку) знову фільтрують та проводять відбір проб (4.0-4.2).

Характеристика основних етапів та режимів виробництва горілки представлена у табл. 5.

Таблиця 5

Характеристика основних етапів та режимів виробництва горілки

Етап	Найменування режиму виробництва	Значення
ЕХА води	τ_1 - час обробки води ЕХА, с	2400
	T_0 – температура води на лінії 1.0, К	290
	$T_{1,2}$ - температура води ЕХА (католіт, аноліт) на лініях 1.1-1.2, К	305
	I - сила току, А	1,818
	U - напруга живлення, В	220
	P - потужність споживання, Вт	400
Охолодження	$T'_{1,2}$ - температура води після охолодження на лініях 1.1-1.2, К	290
Перемішування ВСС	T_3 - температура СЕР на лінії 2.0, К	285
	τ_2 - час перемішування ВСС, с	1200
	n_1 - частота обертання валу, об/с	11,5
Фільтрація та обробка ВСС АВ	T_4 - температура ВСС, К	295
	$d_{\text{ср.п.}}$ - середній розмір часток кварцового піску, м	$0,5 \cdot 10^{-3}$
	$d_{\text{ср.АВ}}$ - середній розмір часток АВ, м	$2,3 \cdot 10^{-3}$
	τ_3 - час обробки ВСС АВ, с	3600
	W_0 - середня швидкість потоку у порових каналах шару АВ, м ³ /с	$4,35 \cdot 10^{-4}$
Витримування	τ_4 - час витримування горілки, с	$24 \cdot 60^2$

Методика ¹H ЯМР дослідження: за допомогою дозатора (15) в ампулу (16) задається досліджуваний зразок. Необхідний для роботи системи LOCK'a - дейтерієвої стабілізації ЯМР спектрометра ДАЦ - зовнішній стандарт, який відокремлений від досліджуваної речовини,

вноситься до ампули (16) в капілярі спеціальної форми (17); відповідно до методики запису ^1H ЯМР спектрів записується спектр зразка в ДАЦ (18). Отримані первинні матеріали - спади вільної індукції оброблялися за допомогою програми Bruker TopSpin v2.6.

На рис. 2 зображено одномірні ^1H ЯМР спектри гідроксильних протонів досліджуваних речовин, з урахуванням хімічного зсуву.

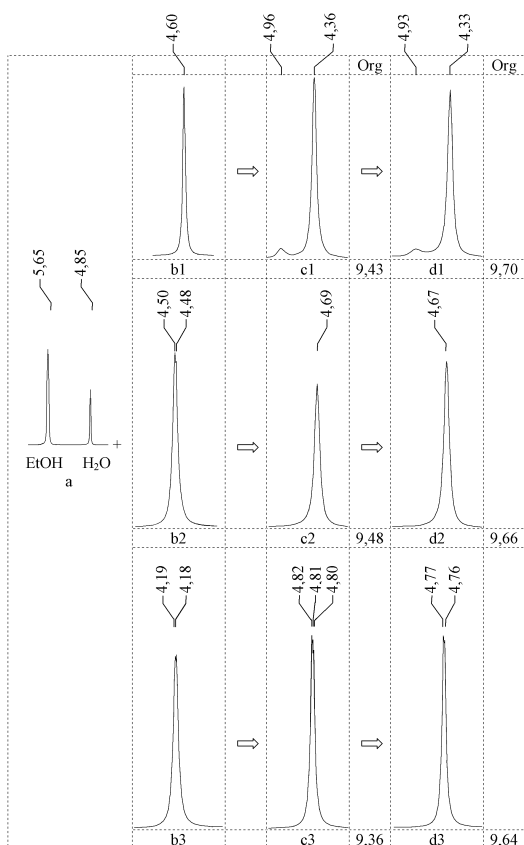


Рис. 2. ^1H ЯМР спектри гідроксильних протонів: а – СЕР; б – води питної; с – ВСС на СЕР та воді питній; д – ВСС після обробки АВ; в процесі: 1 – без обробки (контроль); 2 – ЕХА (аноліт); 3 – ЕХА (католіт)

В дослідженнях використовували СЕР класу «Люкс» з об'ємною часткою етанолу – 96,37 % та води - 3,63%, тому ^1H ЯМР спектри ОН-протонів СЕР представлено двома роздільними сигналами етанолу EtOH та

води H_2O (рис. 2, а). Компонента EtOH - симетричний синглет з розширеною основою і вершиною правильної форми з хімічним зсувом $\delta_{\text{EtOH}}=5,65$ м. ч. Компонента H_2O – синглет із $\delta_{\text{H}_2\text{O}}=4,85$ м. ч. Різниця в хімічних зсувах між EtOH і H_2O складає 0,80 м. ч.

У ^1H ЯМР спектрі води питної (рис. 2, b1) є єдиний сигнал у вигляді синглету з розширеною основою і вершиною неправильної форми при $\delta_{\text{H}_2\text{O}}=4,60$ м. ч. ^1H ЯМР спектри води питної після ЕХА: аноліт - синглет із $\delta_{\text{H}_2\text{O}}=(4,50; 4,48)$, два зразки м. ч. (рис. 2, b2); католіт - синглет із $\delta_{\text{H}_2\text{O}}=(4,19; 4,18)$, два зразки м. ч. (рис. 2, b3). По відношенню до питної води аноліт має зміщення гідроксильного протону у «сильне поле» на середню величину $\Delta\delta=0,110$ м. ч., католіт - має зміщення у «сильне поле» на $\Delta\delta=0,415$ м. ч.

При виробництві горілок із СЕР класу «Люкс» вода підготовлена повинна відповідати вимогами СОУ 15.9-37-237:2005 «Вода підготовлена для лікєро-горілкового виробництва. Технічні умови» та мати характеристики: сухий залишок – не більше 350 мг/дм^3 ; водневий показник – від 6,0 до 8,0 од. рН; твердість загальна – не більше $0,1 \text{ ммоль/дм}^3$; лужність загальна – від 1,0 до $2,0 \text{ ммоль/дм}^3$. Вода, яка є предметом дослідження, загалом (табл. 1), не задовольняє вимогам горілкового виробництва за фізико-хімічними показниками і потребує підготовки. Наші дослідження були направлені на з'ясування внутрішніх аспектів встановлення рівноваги ВСС при використанні ЕХА та визначення перспективності її використання як одного із попередніх етапів водопідготовки. Встановлено, що зразки аноліта і католіта характеризуються різкими змінами рівня рН і ОВП відносно первинних значень: при анодній електрохімічній обробці водневий показник набуває значно 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 аноліті та католіті призводять до відмінностей в електронному розподілі, що позначається на значеннях хімічних зсувів ОН-протонів.

В процесі змішування СЕР класу «Люкс» (рис. 2, а) з водою питною (рис. 2, b1) утворюється ВСС (рис. 2, c1), ^1H ЯМР спектри якої представлено двома сигналами гідроксильних протонів EtOH та H_2O . Компонента EtOH зображена у вигляді опуклості, яка знаходиться у «слабкішому полі» з $\delta_{\text{EtOH}}=4,96$ м. ч., компонента H_2O представлена у вигляді симетричного синглету із $\delta_{\text{H}_2\text{O}}=4,36$ м. ч. Різниця в хімічних зсувах між EtOH і H_2O складає $\Delta\delta=0,60$ м. ч.

При створенні ВСС (рис. 2, с2) на СЕР класу «Люкс» (рис. 2, а) з анолітом (рис. 2, b2) протонні спектри представлені одним сумарним синглетом - $\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}$ з розширеною основою і вершиною правильної форми та $\delta_{\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}}=4,69$ м. ч. При створенні ВСС (рис. 2, с3) на католіті (рис. 2, b3) протонні спектри характеризуються сумарним синглетом $\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}$ з $\delta_{\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}}=(4,82; 4,81; 4,80)$ м. ч. Форма сигналу $\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}$ – викривлена гаусова, з розширеною основою і певною асиметрією вершини, яка має один головний високопольний пік та два додаткових низькопольних піки. Таким чином, отримана ВСС на питній воді з рівнем $\text{pH}=6,91$ і СЕР класу «Люкс» має рівень $\text{pH}=8,32$, що відповідає зниженій концентрації іонів гідроксонію H_3O^+ відносно іонів гідроксилу OH^- . При постійній концентрації спирту у ВСС (об'ємна частка етанолу - 39,94 %) і термостатуванні системи при ^1H дослідженнях ($T=296,5$ К), швидкість обміну EtOH знаходиться у проміжній області, з можливістю роздільного спостереження сигналів.

За рахунок ЕХА при створенні ВСС на аноліті з рівнем $\text{pH}=2,40$ і СЕР класу «Люкс» отримана ВСС має рівень $\text{pH}=3,01$, що характеризує кисле середовище. ВСС на католіті з рівнем $\text{pH}=9,84$ має сильно лугове середовище ($\text{pH}=11,60$). Ці полярні співвідношення концентрацій H_3O^+ до OH^- для аноліту та католіту призводять до перебудови структури в системі спирт/вода, тому протонний обмін прискорюється і спостерігається тільки один загальний сигнал рухливих протонів $\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}$ несиметричної форми. При цьому ЕХА води інтенсифікує окислювально-відновні реакції при створенні ВСС, за рахунок збільшення МК альдегідів та естерів (табл. 3). Альдегіди представлені ацетальдегідом, який утворюється за рахунок окислення етанолу киснем. Естери представлені етилацетатом, за рахунок окислення киснем частини ацетальдегіду до оцтової кислоти та взаємодією частини оцтової кислоти з етанолом до утворення етилацетату.

Після обробки АВ ВСС на воді питній (рис. 2, d1), отримана горілка характеризується двома сигналами гідроксильних протонів EtOH та H_2O . Компонента EtOH представлена у вигляді опуклості, яка знаходиться у «слабкішому полі» із $\delta_{\text{EtOH}}=4,93$ м. ч., компонента H_2O представлена у вигляді симетричного синглета з $\delta_{\text{H}_2\text{O}}=4,33$ м. ч. Різниця у хімічних зсувах між EtOH і H_2O складає $\Delta\delta=0,60$ м. ч. В процесі обробки АВ ВСС на аноліті (рис. 2, d2), ^1H ЯМР спектри OH -групи характеризуються одним сумарним піком - $\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}$, представленим у вигляді симетричного синглета з хімічним зсувом $\delta_{\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}}=4,67$ м. ч. В процесі обробки АВ ВСС на католіті (рис. 2, d3), компонента характеризується одним сумарним піком - $\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}$, представленим у вигляді симетричного синглета з $\delta_{\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}}=(4,77; 4,76)$ м. ч. Форма сумарного сигналу - викривлена гаусова з розширеною основою і вершиною, яка має один головний високопольний

та додатковий низькопольний піки.

Згідно з ДСТУ 4256:2003 «Горілки і горілки особливі. Технічні умови» горілка із СЕР класу «Люкс» повинна відповідати наступним показникам: МК альдегідів у перерахунку на оцтовий альдегід – не більше 4 мг/дм³; МК сивушного масла у перерахунку на суміш пропілового, ізобутилового та ізомілового спиртів – не більше 4 мг/дм³; МК естерів у перерахунку на оцтово-етилловий естер – не більше 5 мг/дм³; об'ємна частка метилового спирту – не більше 0,01 %; лужність – від 0,5 до 3,5 см³. Цікаво, що при тому, як вода питна та вода питна після ЕХА – не відповідають вимогам нормативної документації (СОУ 15.9-37-237:2005), горілка, створена на цієї воді (табл. 4), відповідає вимогам ДСТУ 4256:2003, окрім лужності - для горілки на аноліті. При цьому є суттєві зміни рівня рН та ОВП у ВСС на католіті після обробки АВ та подальшого витримування. За первинного рН=11,60 для ВСС, після обробки АВ ВСС на католіті рівень рН=8,83, при цьому первинне ОВП=-134 мВ, після обробки АВ ВСС на католіті ОВП=+102 мВ. Можна стверджувати, що обробка АВ ВСС на воді ЕХА та подальше витримування горілки перед розливом ($\tau_d=24\cdot 60^2$ с) призводять до релаксації ВСС, за рахунок якої відбувається повернення значень рН і ОВП до нових рівноважних значень при одночасної стабілізації стану гідроксильних груп етанолу та води, та усереднення сигналів.

За зовнішнім виглядом усі три зразки після фільтрації та обробки ВСС АВ - рідини безбарвні та без осаду. Згідно з ДСТУ 4256:2003 термін придатності горілок складає 24 місяця, тому нами було проведено додаткові дослідження зразків на їх стабільність в процесі зберігання. Так, при оптимальних умовах зберігання впродовж двох місяців сталися зміни у зовнішньому вигляді: горілка на питній воді – безбарвна рідина з великою кількістю жовтуватого, зкоагульованого осаду; горілка на аноліті - безбарвна рідина з великою кількістю сіруватого, зкоагульованого осаду; горілка на католіті - безбарвна рідина з невеликою кількістю білого осаду. Тобто в процесі зберігання горілок проявилися усі невідповідності, які були зв'язані з водою питна та водою питною після ЕХА вже на етапі створення ВСС.

Висновки.

Встановлена принципова відмінність поведінки ВСС та горілок, які приготовлені на воді питній, та воді, що пройшла обробку ЕХА. Система з несталою рівновагою характерна для ВСС із СЕР класу «Люкс» і питної води.

Система спирт/вода зі сталою рівновагою та високою мірою узагальнення протонів, а також характерними для неї швидкостями обміну, характерна для ВСС із СЕР класу «Люкс» і води питної, яка

пройшла ЕХА у діафрагмовому електролізері. Таким чином, у роботі показано можливість та доцільність використання ^1H ЯМР спектроскопії для поточного контролю технологічного процесу створення ВСС з водою, що була піддана ЕХА. Показано, що цей метод є ефективним засобом встановлення повноти урівноваження системи спирт/вода у присутності типових для технологічних ВСС додаткових компонентів розчинів. Показана ефективність використання ЕХА для вирішення задач водопідготовки у виробництві горілчаних виробів.

Список джерел інформації / References

1. Albert, K. (2002), *On-line LC-NMR and related techniques*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 290 p.
2. Batta, G., Köver, K.E., Szantaz, C.J. (1997), *Methods for structure elucidation by high-resolution NMR. Application to organic molecules of moderate molecular weight*, Elsevier, Amsterdam, 357 p.
3. Holzgrabe, U., Wawer, I., Diehl, B. (2008), *NMR spectroscopy in pharmaceutical analysis*, Elsevier, Amsterdam, Oxford, 501 p.
4. Meusinger, R. (2010), *NMR-Spektren richtig ausgewertet : 100 Übungen für Studium und Beruf*, Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 191 p.
5. Rutledge, D.N. (1996), *Signal treatment and signal analysis in NMR*, Elsevier, Amsterdam, Lausanne, New York, Oxford, Shannon, Tokyo, 548 p.
6. Becker, E.D., Fisk, C.L., Khetrpal, C.L. (2002), The development of NMR, *Encyclopedia of nuclear magnetic resonance*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, v.1, pp. 1-154.
7. Becker, E.D. (2002), Hydrogen bonding, *Encyclopedia of nuclear magnetic resonance*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, v. 4, pp. 2409-2414.
8. Oliveira, I.S., Bonagamba, T.J., Sarthour, R.S. (2007), *NMR quantum information processing*, Elsevier, Amsterdam, Oxford, 250 p.
9. Richards, S.A., Hollerton, J.C. (2011), *Essential practical NMR for organic chemistry*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 216 p.
10. Abraham, R.J., Mobli, M. (2008), *Modelling ^1H NMR spectra of organic compounds: Theory, applications and NMR prediction software*, John Wiley & Sons Ltd, Wiltshire, 380 p.
11. Arnold, J.T. (2002), Early perceptions in nuclear magnetic resonance (NMR), *Encyclopedia of nuclear magnetic resonance*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, v.1, pp. 192-198.

Кузьмін Олег Володимирович, канд. техн. наук, кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601. Тел.: (044)269-72-33; e-mail: kuzmin_ovl@ukr.net.

Кузьмин Олег Владимирович, канд. техн. наук, кафедра технологического оборудования и компьютерных технологий проектирования, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601. Тел.: (044)269-72-33; e-mail: kuzmin_ovl@ukr.net.

Kuzmin Oleg, Ph.D., Department of Technological Equipment and Computer Technologies of Planning, National University of Food Technologies. Address: Volodymyrska str., 68, Kyiv, Ukraine, 01601. Tel.: (044)269-72-33; e-mail: kuzmin_ovl@ukr.net.

Топольник Віра Григорівна, д-р техн. наук, проф., кафедра готельної і ресторанної справи, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: пров. Театральний, 28, м. Донецьк, Україна, 83050. Тел.: (095)365-86-36.

Топольник Вера Григорьевна, д-р техн. наук, проф., кафедра гостиничного і ресторанного дела, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: пер. Театральный, 28, г. Донецк, Украина, 83050. Тел.: (095)365-86-36.

Топол'nik Vera, Dr. of Sciences, Professor, Department of Hotel and Restaurant Business, Donetsk National University of Economics and Trade named after M. Tugan-Baranovsky. Address: Theatrical pr., 28, Donetsk, Ukraine, 83050. Tel.: (095)365-86-36.

Мирончук Валерій Григорович, д-р техн. наук, проф., кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601. Тел.: (044)269-72-33.

Мирончук Валерий Григорьевич, д-р техн. наук, проф., кафедра технологического оборудования и компьютерных технологий проектирования, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601. Тел.: (044)269-72-33.

Mironchuk Valery, Dr. of Sciences, Professor, Department of Technological Equipment and Computer Technologies of Planning, National University of Food Technologies. Address: Volodymyrska str., 68, Kyiv, Ukraine, 01601. Tel.: (044)269-72-33.

Суйков Сергій Юрійович, канд. хім. наук, ст. наук. співр., відділ хімії біологічно активних сполук, Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України. Адреса: вул. Р. Люксембург, 70, м. Донецьк, Україна, 83114. Тел.: (050)750-03-98.

Суйков Сергей Юрьевич, канд. хим. наук, ст. науч. сотр., отдел химии биологически активных соединений, Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко НАН Украины. Адрес: ул. Р. Люксембург, 70, г. Донецк, Украина, 83114. Тел.: (050)750-03-98.

Sujkov Sergey, Ph.D. in Chemistry, Senior Researcher, Department of biologically active compounds, L.M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry and Coal Chemistry NAS Ukraine. Address: R. Luxemburg str., 70, Donetsk, Ukraine, 83114. Tel.: (050)750-03-98.

*Рекомендовано до публікації д-р. техн. наук Л.В. Левандовським
Отримано 01.02.2015. ХДУХТ, Харків.*