

RESEARCH OF ADSORPTION ACTIVITY OF ACTIVATED AND MODIFIED CARBON FIBER FOR CLEANING OF SORTING

I. Samchenko, S. Oliynyk

National University of Food Technologies

Key words:

*Liqueur-vodkas industry
Water-alcohol mixture
Filtering
Stability
Efficiency*

Article history:

Received 01.07.2020
Received in revised form
15.07.2020
Accepted 06.08.2020

Corresponding author:

S. Oliynyk
E-mail:
lana_ol@ukr.net

ABSTRACT

The main physicochemical characteristics were determined, the adsorption activity was investigated and a method of cleaning the sorting with the help of synthetic fibers — activated carbon fiber and activated modified carbon fiber was proposed. Quality indicators of carbon materials, sorting before and after its processing were determined by standardized methods using physicochemical, capillary electrophoretic and spectrometric methods of analysis, as well as generalization and comparison of experimental results using a systematic approach.

The sorption characteristics of the studied materials were determined. It was found that the activated modified carbon fiber had the best total pore volume by water and adsorption activity by iodine, alkalinity of the aqueous infusion more than 1.25 times, which confirms the amount of basic oxides by almost 20%. Adsorption activity by basic and acid groups also indicates better catalytic processes on the fiber surface during sorting processing, as well as better tasting evaluation.

According to the results of determining the chemical resistance, it was found that the chemical resistance of the activated modified carbon fiber was higher compared to ACF. When the activated modified carbon fiber was aged in distilled water, no leaching of impurities was observed, and a smaller increase in the mass concentration of calcium, magnesium, sulfates, chlorides and silicates was observed in the hydrochloric acid solution. When kept in the solution of sodium hydroxide increase in the mass concentration of magnesium, sulfates, chlorides in 2 times was revealed. The higher chemical resistance of the activated modified carbon fiber makes it possible to reduce the relative volume of water prepared for washing from residual ash and dust.

Minor changes in the microcomponent composition were observed in the water-alcohol mixture during exposure with activated modified carbon fiber. The high chemical resistance of activated carbon fiber and activated modified carbon fiber makes it possible to reduce the number of corrective and irreparable defects when draining from the column after stops.

ДОСЛІДЖЕННЯ АДСОРБЦІЙНОЇ АКТИВНОСТІ АКТИВОВАНОГО ТА МОДИФІКОВАНОГО ВУГЛЕЦЕВОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СОРТІВОК

І. О. Самченко, С. І. Олійник

Національний університет харчових технологій

У статті визначено основні фізико-хімічні характеристики, досліджено адсорбційну активність та запропоновано спосіб очищення сортівки за допомогою синтетичних волокон — активованого вуглецевого волокна й активованого модифікованого вуглецевого волокна.

Показники якості вуглецевих матеріалів, сортівки до та після її обробки визначено за стандартизованими методиками із застосуванням фізико-хімічних, капілярно-електрофоретичних і спектрометричних методів аналізу, а також узагальнення й порівняння результатів експериментальних досліджень з використанням системного підходу. Також визначено сорбційні характеристики досліджуваних матеріалів. Встановлено, що активоване модифіковане вуглецеве волокно має кращий загальний сумарний об'єм пор за водою та адсорбційну активність за йодом, лужність водного настою більш ніж 1,25 раза, що підтверджує більша майже на 20% кількість основних оксидів.

Адсорбційна активність за основними та кислотними групами також вказує на кращий перебіг каталітичних процесів на поверхні волокна під час обробки сортівки, а також кращу дегустаційну оцінку.

За результатами визначення хімічної стійкості виявлено, що хімічна стійкість активованого модифікованого вуглецевого волокна вища порівняно з АВВ. При витримці активованого модифікованого вуглецевого волокна в дистильованій воді вилучування домішок не проявлялось, а в розчині соляної кислоти спостерігався менший приріст масової концентрації кальцію, магнію, сульфатів, хлоридів і силікатів. При витримці в розчині гідроксиду натрію виявлено менший приріст масової концентрації магнію, сульфатів, хлоридів удвічі. Вища хімічна стійкість активованого модифікованого вуглецевого волокна дає змогу зменшити відносний об'єм води, підготовленої на відмивання від залишкових кількостей зольних речовин і пілу.

Менші зміни мікрокомпонентного складу спостерігаються у водно-спиртовій суміші під час витримки з активним модифікованим вуглецевим волокном. Висока хімічна стійкість активованого вуглецевого волокна й активованого модифікованого вуглецевого волокна дає змогу зменшити кількість виправного та невиправного браку при зливі з колони після зупинок.

Ключові слова: горілчане виробництво, водно-спиртова суміш, очищення, вуглецеве активоване та модифіковане волокно, активність, сорбційні властивості.

Постановка проблеми. Якість горілок і горілок особливих залежить від вихідних інгредієнтів спирту етилового ректифікованого і води підготовленої, а також способу очищення водно-спиртових сумішей (сортівок, ВСС). Очищення водно-спиртової суміші активним вугіллям (АВ) є одним з найбільш важливіших етапів у технології приготування горілок і горілок особливих [1]. Завдяки цій

стадії сортівки під впливом АВ набуває характерного горілчаного аромату й смаку [2].

На сьогодні у виробничій практиці горілчаних заводів України використовують відповідно до чинного Виробничого технологічного регламенту на виробництво горілок та горілок особливих такі основні способи очищення ВСС [1]:

- динамічний спосіб, що полягає в послідовному очищенні бортівки у вугільно-очисній батареї через одну або дві послідовно з'єднані колони, які завантажено активним вугіллям,

- спосіб послідовної обробки сортівки порошкоподібним АВ за подальшої обробки динамічним способом,

- спосіб послідовної обробки сортівки динамічним способом з подальшою обробкою системою адсорбційно-фільтрувальних елементів.

У вугільних колонах вугільно-очисної батареї використовують активне деревне вугілля марки БАУ-А, БАУ-ЛВ або АВ, одержане зі шкаралупи кокосових горіхів чи кісточок плодів фруктових дерев — персика, абрикоса, сливи, яке в Україні не виготовляють, тож воно надходить з Росії, Шри-Ланки, США, Німеччини тощо [1; 3—6]. Крім того, дослідження, які були проведені протягом останнього десятиліття, підтвердили, що вугілля наведених марок не задовольняє сучасні вимоги виробників високоякісної горілчаної продукції [1; 3—6]. Основними недоліками використання є [1; 3—7]:

- складне керування процесом унаслідок неритмічної роботи лікero-горілчаних заводів;

- необхідність значного підвищення швидкості обробки сортівки через збільшення масової концентрації альдегідів за рахунок інтенсивних каталітичних процесів;

- збільшення витрат АВ, тому що насипна густина та фракційний склад матеріалу не є стабільними. У колоні матеріал самосортується, неоднорідно розташовується, швидко руйнується, внаслідок чого швидкість руху сортівки за поперечним перерізом колонки неоднакова;

- збільшення витрат підготовленої води під час підготовки нового активного вугілля до основного виробничого циклу очищення сортівки внаслідок високої зольності, особливо деревного АВ;

- зменшення ресурсу роботи за рахунок каналотворення, самосортування, пристінкового ефекту, а також збільшення об'єму водно-спртової суміші (ВСС) під час обдержки АВ до досягнення стабільної міцності бортівки;

- неможливість багаторазового використання через неефективність регенерації парою, неможливість періодичної роботи і значні витрати під час підготовки до роботи і експлуатації.

Також суттєвим недоліком динамічного способу очищення є необхідність безперервної роботи вугільних колон за рекомендованої регламентом продуктивності, оскільки зменшення швидкості до 5 дал/год призводить до погіршення якості горілки, збільшення вмісту альдегідів ВСС до 5 разів, а зупинка на декілька діб — до 50 разів [1; 3—6].

На початку ХХІ ст. набули широкого поширення системи адсорбційно-фільтрувальних елементів срібної фільтрації, золотої фільтрації та платинової фільтрації (Росія) [1; 8]. Ці системи використовують після вугільних колон для додаткового очищення ВСС з метою підвищення органолептичних показників. В основі цієї технології доочищення лежить використання імпрегнованого АВ, при

цьому ефект досягається за рахунок нанесення срібла, золота чи платини (вміст 0,05—0,11%) на зарубіжні АВ зі шкаралупи кокосу марок AGC 0,05 і 0,1 на основі 207С або AGC 0,4 на основі 607С чи спеціальну нитку [1; 8; 9].

АВ марок БАУ-А, БАУ-ЛВ тощо, що застосовуються для очищення ВСС, мають лужний характер: вміст груп основного характеру становить 0,64—0,70 ммоль/г, кислотного характеру 0,15—0,17 ммоль/г, водневий показник водно-спиртової витяжки становить 8—12 одиниць, при цьому адсорбційна активність за лужністю водного настою становить 2—12 см³/0,1 см³ розчину соляної кислоти с(НСІ)=0,01 моль/дм³, оцтової кислоти — 60—80 см³ для деревного активного вугілля та 80—160 для кісточкових [10]. Тож на поверхні непідготовленого та додатково необробленого АВ переважають групи основного характеру, тому під час очищення сортівки відбувається часткова хемосорбція кислих груп з ВСС, що сприяє підвищенню водневого показника очищеної сортівки та збільшення масової концентрації альдегідів. Це призводить до погіршення якості готового продукту. Застосування систем адсорбційно-фільтрувальних елементів здійснюється за високих швидкостей фільтрації (до 1200 дал/год), потребує ретельного розрахунку кількості і висоти фільтр-елементів та об'єму АВ в них.

Імпрегноване сріблом АВ з метою визначення дисперсності нанесених каталізаторів досліджено з використанням малокутового розсіювання рентгенівських променів [11]. Доведено, що металеві каталізатори на поверхні АВ знаходяться у вигляді частинок, розміри яких більші за розміри мікропор, тобто переважно розташовуються не в мікропорах, а на поверхні мезопор і на поверхні макропор. Оскільки процеси очищення ВСС відбуваються в мікропорах, тобто срібло бере участь у цих процесах побічно і основну роль відіграють мікропори АВ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Створенню науково-практичних основ очищення ВСС ефективними способами та сучасними матеріалами під час виробництва горілок і горілок особливих присвячені праці В. А. Полякова, С. С. Морозової, І. І. Бурачевського, А. В. Тарасова, В. П. Ковальчука, А. Н. Макеєвої, В. О. Маринченка, І. Л. Славської, Л. М. Мельник та ін. [1; 2; 4—10; 13—15].

На сьогодні цікавим є застосування нових типів установок з невеликими габаритними розмірами та широким діапазоном продуктивності, а також сорбційних матеріалів з низькою каталітичною та сорбційною активністю для очищення ВСС. Такими є зокрема установки «ZetaCarbon» (Росія) дискового типу з фільтрувальними матеріалами «Зета Карбон», в яких частинки активного вугілля утримуються волокнами целюлози, спеціально введеної до складу матеріалу, а також імпрегнованої позитивно зарядженої смоли [16; 17].

Т. А. Єрмаковою та ін. запропоновано використання для очищення ВСС вуглецевих наноматеріалів — нанотрубок, що являють собою витягнуті довгі (до декількох мікрометрів) трубки діаметром декілька нанометрів, поверхня яких виконана правильними шестичленими вуглецевими циклами [18—20]. Обробка сортівки нанотрубками сприяє зменшенню в ній вмісту вищих спиртів [17—19].

Основною складністю застосування запропонованих матеріалів у виробництві є необхідність створення додаткового фільтраційного обладнання та відпрацювання технологічних режимів на відповідній установці [17; 18].

Метою статті є дослідження адсорбційної активності активованого вуглецевого волокна для очищення сортівки.

Матеріали і методи. Об'єкт дослідження — технологія очищення водно-спиртової суміші при виробництві горілок. Предмет дослідження — активоване

вуглецеве волокно (АВВ) та активоване вуглецеве модифіковане волокно (АМВВ) для очищення сортівки.

АВВ та АМВВ — виготовлені на основі синтетичних волокон, є мікропористими адсорбентами, основою яких є нетканий текстильний матеріал з активованим вугіллям. АВВ — новий тип високоефективного адсорбційного матеріалу, виготовленого з волокнистого попередника, активованого певним процесом карбонізації. АМВВ — високоефективний адсорбційний матеріал, виготовлений на основі волокнистого попередника, активованого певним процесом карбонізації та модифікації. АВВ та АМВВ мають розвинуту однорідну мікропористу структуру з діаметром мікропор 1—2 нм, товщина матеріалу — 5,0 мм. Матеріали не викликають розсіювання пилу і вугільного порошку, запобігаючи забрудненню навколишнього повітря.

Визначали основні показники сорбційної та каталітичної активності АВВ та АМВВ:

- адсорбційна активність за йодом згідно з [21];
- адсорбційна активність за водою та ВСС згідно з [21];
- адсорбційна активність за оцтовою кислотою згідно з ДСТУ 7508 [22];
- лужність водного настою, см^3 0,01 н розчину соляної кислоти згідно з ДСТУ 7417 [23];
- адсорбційна активність за вмістом груп основного та кислотного характеру згідно з [11; 21].

Хімічну стійкість матеріалів визначали згідно з [24; 25] та ДСТУ 4165 [26]. Приготування ВСС здійснювали змішуванням спирту етилового ректифікованого сорту «Люкс» та води підготовленої з отримуванням ВСС міцністю $(40 \pm 0,3)\%$ об. [1].

Прозорість ВСС визначали до та після підготовки матеріалів згідно з ДСТУ 5068 [27], фізико-хімічні показники — згідно з ДСТУ 4165 [26], ДСТУ 4222 [28]. Спектри оптичного поглинання промивних рідин і ВСС після «обдержки» та витримки — згідно з [21].

Під час досліджень застосовували також методи моделювання, планування та оброблення результатів.

Викладення основних результатів дослідження. Активоване та модифіковане вуглецеве волокно є допоміжним матеріалом, який використовують під час очищення сортівки, тому необхідним є визначання його основних показників сорбційної та каталітичної активності нового (до підготовки до роботи) АВВ та АМВВ (табл. 1, рис. 1). Адсорбційна активність за оцтовою кислотою та лужністю водного настою визначають каталітичну ресурсну властивість, активність за йодом — сорбційні властивості.

Таблиця 1. Основні показники сорбційної та каталітичної активності досліджуваних матеріалів

Назва показника	Результат випробувань для матеріалу ($n=3$; $P \geq 0,95$)	
	АВВ	АМВВ
1	2	3
Адсорбційна активність за йодом, %	35 ± 1	$45 \pm 1,5$
Адсорбційна активність за водою, $\text{см}^3/\text{г}$	$0,6 \pm 0,05$	$0,65 \pm 0,05$

Продовження таблиці 1

1	2	3
Адсорбційна активність за ВСС, $\text{см}^3/\text{г}$	$0,55 \pm 0,05$	$0,6 \pm 0,06$
Адсорбційна активність за оцтовою кислотою, од.	40 ± 5	50 ± 5
Лужність водного настою, $0,1 \text{ см}^3$ розчину соляної кислоти $c(\text{HCl})=0,01 \text{ моль/дм}^3$	$1,2 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,1$

Встановлено, що АМВВ має у 1,28 раза більший загальний сумарний об'єм пор за водою та адсорбційну активність за йодом, лужність водного настою — у 1,25 раза, що підтверджується більшою на 19% кількістю основних оксидів (рис. 1).

Адсорбційна активність за основними та кислотними групами вказує на сприяння перебігу каталітичних процесів на поверхні волокна під час обробки сортивки, а також дегустаційну оцінку.

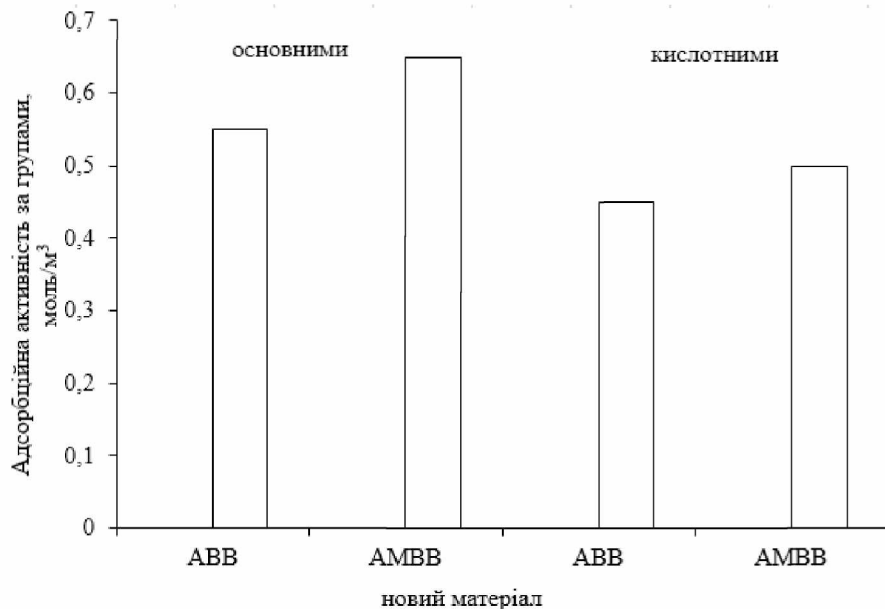


Рис. 1. Адсорбційна активність за основними та кислотними групами нових досліджуваних матеріалів

Сорбційні матеріали, що використовують для очищення сортівок досліджують за хімічною стійкістю в розчинах соляної кислоти, гідроксиду натрію, дистильованої води (табл. 2). Встановлено, що досліджувані зразки АВВ та АМВВ за всіма показниками відповідають чинним вимогам і мають мінімальні прирости за значеннями визначених показників.

Виявлено, що хімічна стійкість АМВВ є вищою порівняно з АВВ (табл. 2). При цьому під час витримки АМВВ у дистильованій воді вилужування домішок не проявлялось, а в розчині:

- соляної кислоти спостерігали менший приріст масової концентрації силікатів у 1,4 раза, кальцію, магнію, сульфатів, хлоридів — у 2 рази;
- гідроксиду натрію виявлено менший приріст масової концентрації магнію, сульфатів, хлоридів у 2 рази.

Таблиця 2. Хімічна стійкість досліджуваних зразків вуглецевого волокна ($n=3$; $P \geq 0,95$)

Приріст значення показника, одиниця виміру	Вимоги, не більше	Назва та концентрація розчину					
		соляна кислота, 5%		гідроксид натрію, 10%		дистильована вода	
		ABB	AMBB	ABB	AMBB	ABB	AMBB
Перманганатна окиснюваність, мг O_2 /дм ³	4,0	0,5	0,5	0,2	0,2	0,02	0,02
силікатів	5,0	0,07	0,05	0,05	0,05	0,01	0,01
заліза	0,2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
кальцію	0,2	0,02	0,01	0,02	0,01	0,002	0,002
магнію	0,2	0,02	0,01	0,02	0,01	0,002	0,002
сульфатів	0,2	0,04	0,02	0,02	0,01	0,002	0,002
хлоридів	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002	0,002
фосфатів	0,2	0,04	0,02	0,02	0,01	0,002	0,002

Вища хімічна стійкість AMBB сприяє зменшенню відносного об'єму води, підготовленої на відмивання від залишкових кількостей зольних речовин та пилу, у 1,25 раза (рис. 2). Відносний об'єм промивної рідини ВСС для промивки матеріалу після води підготовленої та доведення до стандартизованої міцності (обдержки) фільтрату є однаковими для ABB та AMBB (рис. 2). Одержані дані свідчать про забезпечення більш раціонального використання водних ресурсів, підвищення екологічності виробництва, а також зменшення питомих витрат водно-спиртової суміші та кількості утвореного виправного та невиправного браку.

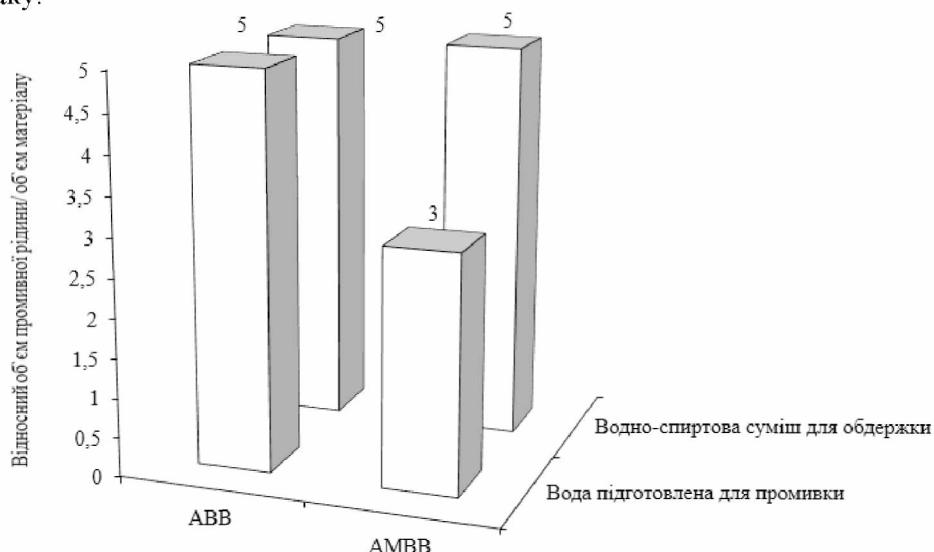


Рис. 2. Оптимальні технологічні параметри підготування вуглецевого волокна

У виробництві горілок сорбційний матеріал попередньо готують перед завантаженням його в колону або спеціальний додатковий фільтр з метою видалення

пилу та водорозчинних зольних елементів, зниження лужності із використанням води підготовленої.

Під час заповнення ВСС колони з матеріалом, що пройшов попередню підготовку, витримувати швидкісний режим (5 дал/год у перерахунку на стандартну колону висотою 4 м та діаметром 700 мм) для більш повного видалення повітря, насичення мікропор матеріалу молекулами етилового спирту, а також більш швидкого набору міцності. Після заповнення колони витримка (обдержка) становила 2 год.

Визначено залежність прозорості фільтрату від відносного об'єму рідини, що використовується на етапі промивки підготовленою водою та обдержки ВСС для стабілізації міцності сортівки (рис. 3), а також спектри оптичного поглинання ВСС на стадії підготування матеріалів до основного циклу очищення сортівки (рис. 4).

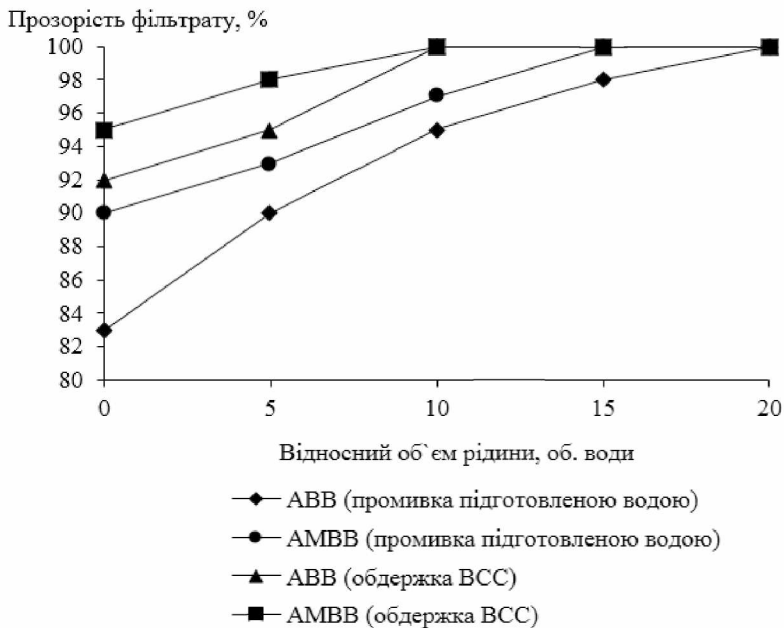


Рис. 3. Прозорість ВСС на стадії підготування матеріалів до основного циклу очищення сортівки

З рис. 3 видно, що для досягнення нормативного значення прозорості 98% фільтрату під час застосування АМВВ порівняно з АВВ необхідно використати менший відносний об'єм:

- води підготовленої у 1,1 раза;
- ВСС під час обдержки — у 1,03 раза.

На стадії підготування матеріалів до основного циклу очищення сортівки визначали прогнозовану ефективність очищення сорбційним матеріалом за спектрами оптичного поглинання ВСС оцінюванням властивостей органічних мікродомішок, наявних у сортівці і здатних поглинати світло в ультрафіолетовій

області спектра (рис. 4). Встановлено, що прогнозована ефективність очищення ВСС після обдержки за довжини світлової хвилі:

- 220 нм становить для АМВВ — 85%, АВВ — 83%;
- 260 нм становить для АМВВ — 10%, АВВ — 8%.

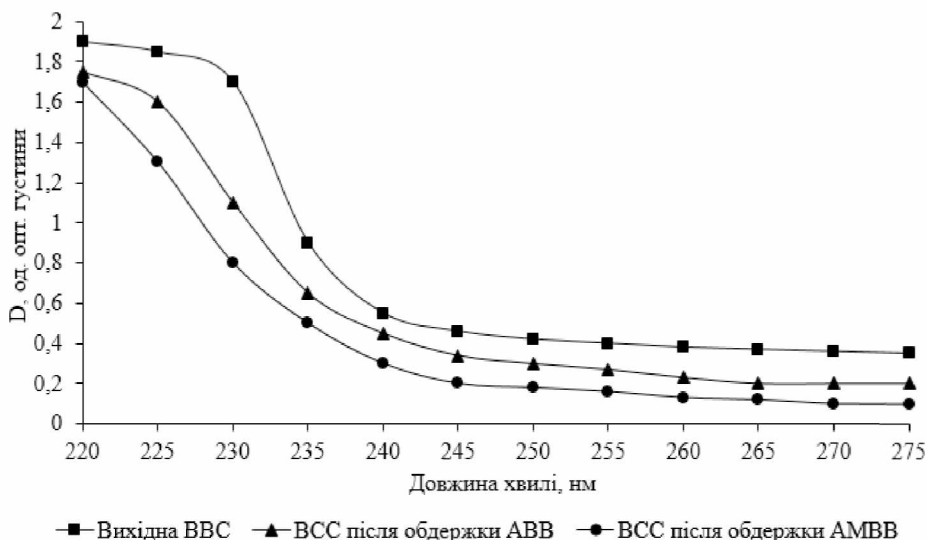


Рис. 4. Спектри оптичного поглинання ВСС на стадії підготування матеріалів до основного циклу очищення сортівки

Оскільки обов'язковою в технології горілок є стадія попередньої підготовки матеріалу, необхідно дослідити основні показники сорбційної та каталітичної активності матеріалів після їх промивки підготовленою водою до основного фільтрувального циклу (табл. 3). Результати досліджень (табл. 3) підтверджують, що матеріали є хімічно стійкими, оскільки показник лужності змінюється незначно — на 18%.

Таблиця 3. Основні показники сорбційної та каталітичної активності досліджуваних матеріалів після підготовки до основного фільтрувального циклу

Назва показника	Результат випробувань для матеріалу ($n=3$; $P \geq 0,95$)	
	АВВ	АМВВ
Адсорбційна активність за йодом, %	35 ± 1	$45 \pm 1,2$
Адсорбційна активність за оцтовою кислотою, од.	38 ± 5	45 ± 5
Лужність водного настою, $0,1 \text{ см}^3$ розчину соляної кислоти $c(\text{HCl})=0,01 \text{ моль/дм}^3$	$1,2 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,1$

Від якості вуглецевого матеріалу та швидкості очищення сортівки через його шар залежить якість продукту та його дегустаційні властивості. Особливо звертають увагу на збільшення масової концентрації альдегідів у ВСС під час її очищення. Масова концентрація альдегідів залежить від вмісту кисню в сортівці та на поверхні активного вуглецевого матеріалу. Надлишок оцтової кислоти, що

утворюється на поверхні активного вуглецевого матеріалу, нейтралізується групами основного характеру, тобто групи основного характеру хемосорбують оцтову кислоту та утримують її [1; 3; 10]. Активний вуглецевий матеріал буде працювати до тих пір, поки групи повністю не нейтралізуються надлишковою кількістю оцтової кислоти. Тож чим більше груп основного характеру та вища активність, тим більший ресурс роботи активного вуглецевого матеріалу, однак підвищений вміст груп основного характеру призводить до додаткового збільшення масової концентрації альдегідів, яке можна усунути тільки шляхом збільшення швидкості очищення.

Нині лікero-горілчані підприємства працюють не на повну потужність і можуть спостерігатись тривалі зупинки, тому є необхідним визначання хімічної стійкості досліджуваних зразків вуглецевого волокна за витримкою у ВСС (табл. 4, 5).

Таблиця 4. Фізико-хімічні показники ВСС при витримці з АВВ та АМВВ (n=3; P≥0,95)

Назва показника, одиниця вимірювання	Вимоги ДСТУ 4256 [12]	Результати випробувань		
		Вихідна ВСС	після витримки	
			АВВ	АМВВ
Міцність, %	39,8–40,2	39,95±0,1	39,95±0,1	39,95±0,1
Лужність — об'єм соляної кислоти $c(\text{HCl}) = 0,1$ моль/дм ³ , витрачений на титрування 100 см ³ горілки, см ³	не більше 3,5	0,3±0,03	0,3±0,03	0,3±0,03
Масова концентрація альдегідів у перерахунку на оцтовий альдегід у безводному спирті, мг/дм ³	не більше 4,0	1,7	3,0±0,15	2,5±0,15
Масова концентрація сивушного масла в перерахунку на суміші зоамілового та ізобутилового спиртів (1:1) у безводному спирті, мг/дм ³	не більше 3,0	0,80±0,15	0,70±0,15	0,60±0,15
Масова концентрація естерів у перерахунку на оцтовоетиловий естер у безводному спирті, мг/дм ³	не більше 5	1,2±0,25	1,9±0,25	1,6±0,25
Об'ємна частка метилового спирту в перерахунку на безводний спирт, %	не більше 0,01	0,002±0,001	0,0015±0,001	0,0015±0,001

Встановлено, що фізико-хімічні показники задовольняють нормативні вимоги до горілок, хоча внаслідок каталітичної активності спостерігається збільшення, порівняно з вихідною сортівкою, масової концентрації:

- альдегідів в 1,8 раза для АВВ та 1,5 раза для АМВВ;
- естерів в 1,6 раза за АВВ та в 1,3 раза за АМВВ.

Таблиця 5. Результати мікрокомпонентного складу ВСС при витримці з АВВ та АМВВ

№ п/п	Назва показника, одиниця вимірювання	Значення показника		
		вихідна ВСС	після витримки	
			АВВ	АМВВ
1.	Масова концентрація альдегідів, мг/дм ³ , у безводному спирті, у тому числі:	1,8±0,3	3,0±0,3	2,5±0,3
	ацетальдегід	1,7±0,3	2,5±0,3	2,2±0,3
2.	Масова концентрація сивушного масла, у безводному спирті, мг/дм ³ , у тому числі:	0,90±0,4	0,70±0,4	0,60±0,4
	н-пропанол	0,2±0,04	0,15±0,04	0,15±0,04
	ізобутанол	0,3±0,06	0,25±0,06	0,23±0,06
	н-бутанол	0,2±0,04	0,15±0,04	0,12±0,04
	ізоаміловий спирт	0,2±0,04	0,17±0,04	0,15±0,04
	н-аміловий спирт	менше 0,2	менше 0,2	менше 0,2
3.	Масова концентрація естерів, у безводному спирті, мг/дм ³ , у тому числі:	1,0±0,2	1,9±0,25	1,6±0,25
	метилацетат	0,5±0,04	1,4±0,04	1,5±0,04
	етилацетат	менше 0,3	менше 0,3	менше 0,3
	ізобутилацетат	менше 0,5	менше 0,5	менше 0,5
	етилбутират	менше 0,5	менше 0,5	менше 0,5
	ізоамілацетат	менше 0,5	менше 0,5	менше 0,5
4.	Об'ємна частка метанолу, у перерахунку на безводний спирт, %	0,002±0,0005	0,0015±0,0005	0,0015±0,0005

Результати мікрокомпонентного складу АВВ при витримці, порівняно з вихідною ВСС (табл. 5), свідчать, що масова концентрація:

- альдегідів збільшується в 1,6 раза для АВВ та в 1,4 раза для АМВВ;
- сивушного масла зменшується для АВВ в 1,28 раза, АМВВ в 1,5 раза;
- естерів збільшилася в 1,9 раза для АВВ і в 1,6 раза для АМВВ. Тож можна підсумувати, що менші зміни мікрокомпонентного складу спостерігаються після витримки ВСС з АМВВ.

Результати фізико-хімічних і газохроматографічних досліджень вказують на хімічну стійкість АВВ та АМВВ, що дасть змогу зменшити кількість виправного й невинного браку після зливу з колони після зупинок.

Висновки

Проведені теоретичні й експериментальні дослідження довели позитивний вплив активованого та модифікованого вуглецевого волокна під час очищення сортів у виробництві горілок.

Порівняно з вихідною ВСС при використанні АМВВ зменшуються у 1,25 раза відносний об'єм води, підготовленої на відмивання від залишкових костей зольних речовин і пилу.

Під час витримки АМВВ та АВВ, внаслідок його мікропористості, у сортівці зменшується масова концентрація сивушного масла в 1,5 та в 1,3 раза відповідно, що позитивно відзначається на якості готової продукції.

Встановлено, що на початковому етапі промивки під час обдержки ВСС прозорість є вищою на 12% для АМВВ, при цьому відносний об'єм рідини не перевищує 5 об. ВСС/об. матеріалу, а показник прозорості становить 100% і є незмінним.

Література

1. Иванов С. В., Домарецкий В. А., Прибыльский В. Л. Инновационные технологии продуктов брожения и виноделия: подруч. / за ред. С. В. Иванова. Київ: НУХТ, 2012. 487 с.
2. Мухин В. М., Соловьев С. Н., Поляков В. А., Шубина Н. А. Активные угли марки ВСК в производстве водок и их реактивация. *Ликероводочное производство и виноделие*. 2009. № 5. С. 15—17.
3. Бурачевский И. И., Зайнулин Р. А., Кунакова Р. В. Производство водок и ликероводочных изделий. Москва: ДеЛиПринт. 2009. 324 с.
4. Бурачевский И. И., Морозова С. С., Устинова Е. В. О перспективности применения углей «Norit» для очистки водно-спиртовых растворов. *Ликероводочное производство и виноделие*. 2010. № 7—8. С. 30—32.
5. Поляков В. А., Абрамова И. М., Морозова С. С., Устинова Е. В., Мухин В. М., Гурьянов В. В., Воропаева Н. Л. Применение новых активных углей на основе растительного сырья в производстве высокосортных водок. *Пиво и напитки*. 2014. № 4. С. 8—11.
6. Поляков В. А., Абрамова И. М., Морозова С. С., Устинова Е. В. Перспективные активные угли в технологии водок. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2015. № 2. С. 17—20.
7. Бурачевский И. И. Исследование возможности расширения спектра адсорбционных материалов при производстве водок. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2011. № 2. С. 22—23.
8. Тарасова С. А., Кочкуров А. Г. Серебряная фильтрация — ваш инструмент управления качеством. *Ликероводочное производство и виноделие*. 2008. № 1. С. 17—21.
9. Тарасов А. В. Применение установок «серебряной фильтрации» в технологии приготовления водок. *Индустрия напитков*. 2006. № 4. С. 10—13.
10. Кузьмин О. В. Водка: технология, качество, инновации. Донецк: ДонНУЕТ им. М. Туган-Барановского. 2011. 307 с.
11. Мухин В. М., Клупин В. Н. Производство и применение углеродных адсорбентов. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2012. 308 с.
12. Плавник Г. М., Цуряева Т. П., Курляндская И. И., Глазунова Е. Д. Пористая, дисперсная и кристаллическая структура каталитической системы ацетат цинка-активный уголь. Рентгенографическое исследование. *Современное состояние и перспективы развития теории адсорбции*: IX Международная конференция по теоретическим вопросам адсорбции и адсорбционной хроматографии к 100-летию со дня рождения академика М. М. Дубинина. (Москва. 24—28 апр. 2001 г). Москва: ИФХ РАН. 2001. С. 125.
13. Бурачевский И. И., Морозова С. С., Устинова Е. В., Шубина Н. А., Терентьев М. А., Киселев А. В. Исследование возможности расширения спектра адсорбционных материалов при производстве водок. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2011. № 2. С. 22—23.
14. Макеева А. Н., Шубина Н. А., Мухин В. М., Крайнова О. Л., Зубова И. Д. Новые марки активных углей для водочного производства. *Прогрессивные технологии и современное оборудование — важнейшие составляющие успеха экономического развития предприятий спиртовой и ликероводочной промышленности*: 4 Международная научно-практическая конференция, (Москва. 2003). Москва: Пищепромиздат, 2003. С. 152—157.
15. Манк В. В. Использование природных минералов для адсорбционной очистки водно-спиртовых растворов В. В. Манк, Л. Н. Мельник. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2005. № 1. С. 27—29.
16. Долгунина А. В., Хабарова Е. В. Вариант технического переоборудования отделения очистки водно-спиртовой смеси в производстве водок. *Оборудование для микрофильтрации*. 2002. № 1. С. 50—54.

17. Поликарпова Н. П., Запорожская И. В., Ермакова Т. А., Запорожцов П. А. Фильтр на основе углеродных нанотрубок для очистки спиртосодержащих жидкостей. *Вестник ВолГУ*. 2012. № 6. С. 75—80.
18. Запорожцова И. В., Ермакова Т. А., Перевалова Е. В., Степанова А. Ю., Борознин С. В., Марутич А. В., Запорожцова Н. П. Исследование влияния углеродных нанотрубок на процесс очистки спиртосодержащих жидкостей. *Вестник Волгоградского государственного университета*. 2009. № 4. С. 42—51.
19. Дьякова Т. Ю., Исаев А. В., Макарова А. И., Ваганова Е. С., Давыдова О. А., Бузаева М. В., Климов Е. С. Фильтровальные материалы на основе многостенных углеродных нанотрубок для очистки гиджкостей. *Вестник ЮУрГУ*. 2017. № 3. С. 5—11.
20. Елецкий А. В. Сорбционные свойства углеродных наноструктур. *Успехи физических наук*. 2004. № 11. С. 1191—1231.
21. Польшалина Г. В. Технохимический контроль спиртового и ликеро-водочного производств. Москва: Колос. 1999. 333 с.
22. ДСТУ 7508:2014. Вугілля активне для лікеро-горілочного виробництва. Метод визначання активності за адсорбцією оцтової кислоти. [Чинний від 2015-01]. Вид. офіц. Київ, 2013. 11 с.
23. ДСТУ 7417:2013 Вугілля активне для лікеро-горілочного виробництва. Метод визначання лужності водного настою. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2013. 10 с.
24. ДСТУ EN 12902:2004 Матеріали для очищення води, призначеної для споживання людиною. Матеріали неорганічні для підтримувального пару і фільтрувальні. Методи випробувань. [Чинний від 2006-01-04]. Вид. офіц. Київ, 2006. 34 с.
25. ДСТУ EN 12915-1:2004 Матеріали для очищення води, призначеної для споживання людиною. Гранульоване активоване вугілля. Частина 1. Чисте гранульоване активоване вугілля [Чинний від 2006-01-04]. Вид. офіц. Київ, 2006. 12 с.
26. ДСТУ 4165:2003 Горілки і горілки особливі. Правила приймання і методи аналізу. [Чинний від 2015-06-22]. Вид. офіц. Київ, 2016. 24 с.
27. ДСТУ 5068:2008 Горілки, горілки особливі, напої лікеро-горілочні. Визначання прозорості спектрофотометричним методом. [Чинний від 2008-09-15]. Вид. Офіц. Київ, 2009. 7 с.
28. ДСТУ 4222:2003 Горілки, спирт етиловий та водно-спиртові розчини. Газо-хроматографічний метод визначення вмісту мікрокомпонентів. [Чинний від 2003-10-14]. Введ. офіц. Київ, 2004. 14 с.