

FEATURES OF THE USE OF ACTIVATED CARBONS IN ALCOHOLIC BEVERAGE PRODUCTION

L. Levandovsky

Kyiv National University of Trade and Economics

T. Shendrik

L. M. Litvinenko Institute of Physical-Organic Chemistry

and Coal Chemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine

A. Kuts, N. Stukalska

National University of Food Technologies

Key words:

Alcohol

Activated carbon

*Adsorption activity for
iodine*

Fractional composition

Sorption indicators

Article history:

Received 13.01.2021

Received in revised form
27.01.2021

Accepted 10.02.2021

Corresponding author:

L. Levandovsky

E-mail:

levandov7@gmail.com

ABSTRACT

The paper deals with the development and modern functioning of the food industry of Ukraine in the XXI century. The analysis of economic and energy indicators of the industry is carried out according to the information of the State Statistics Service of Ukraine and scientific papers of other experts. A comparative analysis of the functional indicators of the industry at different stages of its development has been performed. The indices of consumption of fuel and energy resources by the enterprises of the branch have been determined.

The analysis of indicators describing the activity of food industry of Ukraine during 2010—2017 has been carried out, the level of consumption of energy resources by the enterprises of the industry and the heterogeneity of their consumption have been estimated. The need for further, detailed analysis of energy consumption indicators, for the increase of their efficiency and reduction of unit costs per unit of production has been substantiated.

The development of food industry in Ukraine has recently been characterized by a sharp decline in the technological level of production, by the tooling of labor, by the reduction of volumes and range of products, the deterioration of its quality, the decay of investment and innovation processes, the displacement of domestic food products from the internal and external markets of food products, decreasing the volume of income to budget and currency revenues from the country's export operations, etc. Nowadays a significant proportion, 20—30%, of the value of the final product, is the cost of fuel and energy resources that were spent on the production unit.

Despite the fact that most companies in their practice have already taken certain steps towards energy efficiency, carried out energy audits and implemented a number of measures to increase energy efficiency, this does not have a significant effect due to their fragmentary and non-systematic nature. This requires the creation of new effective approaches to the analysis and evaluation of objects that don't have corresponding values of electricity consumption against the background of similar objects of the food industry.

DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-1-20

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АКТИВНОГО ВУГІЛЛЯ У ЛІКЕРО-ГОРІЛЧАНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Л. В. Левандовський

Київський національний торговельно-економічний університет

Т. Г. Шендрік

Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії

імені Л. М. Литвиненка НАН України

А. М. Куц, Н. М. Стукальська

Національний університет харчових технологій

У статті оцінено переваги та недоліки активного вугілля природного походження (БАУ-А), що традиційно використовується для очищення водно-спиртових сумішей від домішок у технології горілки, запропоновано підхід зі створення різних комбінацій сорбентів з оптимальними властивостями, де низькі показники якості одного з видів активного вугілля компенсовані високими показниками іншого вугілля. Завдяки критичному аналізу літературних джерел зроблено висновки, що активне вугілля марки БАУ-А не повністю відповідає вимогам лікеро-горілчаного виробництва, саме тому потрібен пошук альтернативних типів сорбентів і розробка додаткових вимог до активного вугілля. Визначення властивостей активного вугілля проводили за такими фізико-хімічними параметрами: адсорбційна активність за оцтовою кислотою; адсорбційна активність за йодом; адсорбційна активність за метиленовим блакитним; сумарний об'єм пор за водою; насипна щільність, стійкість до стирання.

У результаті проведених досліджень встановлено, що перспективним для застосування у лікеро-горілчаному виробництві є підхід зі створення різних комбінацій сорбентів на базі вугілля марки БАУ-А з активним вугіллям іншого походження — кісточковим, кокосовим і активним вугіллям з викопної сировини. Низькі показники одного з видів активного вугілля можуть бути компенсовані високими показниками іншого вугілля. Так, невисока стійкість на стирання активного вугілля БАУ-А (51,5%) може бути компенсована за рахунок вугілля кісточкового (91,5%), кокосового (85,5%) або активного вугілля з викопного вугілля (79%), які можна використовувати у вугільних колонках. Комбінований склад дасть змогу підвищити загальну міцність сорбенту та витримувати натиск рідини у вугільних колонках при терті вугільних часток. Композиційне активне вугілля матиме оптимізовані сорбційні і каталітичні властивості, загальна розвинена пориста структура надасть можливість екстрагувати з водно-спиртових розчинів і утримувати в сорбуючих порах органічні домішки, які погіршують дегустаційні властивості горілок.

Ключові слова: алкогольні напої, активне вугілля, адсорбційна активність за йодом, фракційний склад, сорбційні показники.

Постановка проблеми. Для очищення лікєро-горілочаної продукції від домішок: альдегідів, кетонів, складних естерів, карбонових кислот і високомолекулярних речовин — сивушних масел, а також для формування смаку отриманої продукції за рахунок хімічних процесів використовують активне вугілля рослинного походження.

Від якості активного вугілля залежить якість готової продукції [1—4]. Найчастіше, основною сировиною для отримання активного вугілля є широке коло прекурсорів (природне вугілля, деревина, вуглецевмісні відходи різного походження та ін.) [5—7]. Продукція, отримана з використанням деревного активного вугілля БАУ, за інших рівних умов, мала органолептичну оцінку завжди кращу, ніж горілки, отримані обробкою іншими марками вугілля. Але лікєро-горілочана галузь розвивається, і для поліпшення якості алкогольної продукції шукає нові види активного вугілля.

Пошук нових видів активного вугілля, яке використовується для лікєро-горілочаного виробництва, пов'язаний з низкою труднощів. Це пояснюється високою складністю технологічного процесу отримання активного вугілля, а також подальшим процесом очищення сортівок активним вугіллем. Ці процеси характеризуються великою кількістю і різноманітністю внутрішніх зв'язків між активним вугіллем і водно-спиртовою сумішшю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для вибору оптимального технологічного процесу обробки сортівок активним вугіллем необхідно порівняти різні режими технологічного процесу. При цьому необхідно врахувати і проаналізувати вплив великої кількості факторів на параметри технологічного процесу. Все це потрібно робити в обмежені терміни розробки технологічного процесу. Тому нерідко вибираються не найкращі варіанти технологічного регламенту, а також не найкращі умови (режими) його проведення.

Природно, що такий стан справ не може задовольняти швидкозростаюче лікєро-горілочане виробництво. Поява нових сорбентів для лікєро-горілочаної промисловості викликає значні зміни при оптимізації технологічного процесу обробки сортівки активним вугіллем.

У лікєро-горілочаному виробництві можна виділити основні типи активного вугілля [8—9]. Їх виробляють з матеріалів, які містять складні органічні сполуки, здатні за певних умов утворювати твердий вуглецевий залишок. Активне вугілля, що застосовується в лікєро-горілочаному виробництві, за природою походження поділяється на таке: природного походження (вугілля активне деревне подрібнене БАУ-А; модифіковані активні вугілля БАУ-А для лікєро-горілочаного виробництва; модифіковані активні вугілля іонами металів; активні вугілля з кісточок плодів, шкаралупи горіхів; активні вугілля з різних органічних відходів; активні вугілля з викопного вугілля; природні мінерали); синтетичного походження.

За структурою порового простору активне вугілля класифікують [10—11] за формою пор (переважно сферичне, щілиновидне, пляшкоподібне); за розміром пор (макропоровате, мезопоровате, мікропоровате), за пористістю (великопористе, тонкопористе, активний кокс і вуглецеве молекулярне сито).

Традиційно в лікero-горілчаному виробництві використовують активне вугілля марки БАУ-А, одержане методом фізичної активації водяною парою за $T \geq 800^\circ\text{C}$, що має такі характеристики: $\rho = 200 \text{ г/дм}^3$, $V_\Sigma = 1,50 \text{ см}^3/\text{г}$; $V_{ma} = 1,19 \text{ см}^3/\text{г}$; $V_{me} = 0,08 \text{ см}^3/\text{г}$; $V_{mi} = 0,23 \text{ см}^3/\text{г}$; $S_{me} = 57 \text{ м}^2/\text{г}$ [3].

Основні переваги активного вугілля марки БАУ-А [3]: висока питома поверхня ($S = 500\text{—}800 \text{ м}^2/\text{г}$) та достатній адсорбційний простір, які забезпечують добрі органолептичні показники горілок.

Основні недоліки активного вугілля марки БАУ-А [12—15]: висока лужність поверхні (рН 9—11); низька механічна твердість (37—42%); наявність водорозчинної золи 0,5—0,7%; нерівномірний фракційний склад. Відпрацьоване активне вугілля марки БАУ-А регенерують за температури 700...900°C піролізом та активують за температури 110—115°C водяною парою [1; 2].

На підставі критичного аналізу літературних джерел зроблено висновки, що активне вугілля марки БАУ-А не повністю відповідає вимогам лікero-горілчаного виробництва, саме тому потрібен пошук альтернативного активного вугілля та розробка додаткових вимог до активного вугілля за показниками: твердість; адсорбційна активність (метод Шульмана-Бабкової); адсорбційна активність за оцтовою кислотою (метод Ошмяна).

У лікero-горілчаному виробництві перспективним вважається активне вугілля з фруктових кісточок, шкаралупи кокосової, волоських горіхів тощо, що має більшу насипну щільність; вищу адсорбційну активність по оцтовій кислоті (УАК — 130 одиниць, БАУ-А — 60 одиниць); суттєву різницю в окислюваності між горілкою та водно-спиртовою сумішшю (УАК — 3,8 хвилини; БАУ-А — 3,0 хвилини); меншу кількість водорозчинної золи; більший міжрегенераційний ресурс активного вугілля; вищу твердість, ніж активне вугілля марки БАУ-А [1—3].

Мета статті: оцінка переваг і недоліків активного вугілля природного походження (БАУ-А), що традиційно використовується для очищення водно-спиртових сумішей від домішок у технології горілки, розробка підходу зі створення різних комбінацій сорбентів з оптимальними властивостями, де низькі показники якості одного з видів активного вугілля компенсовані високими показниками іншого вугілля.

Викладення основних результатів дослідження. Об'єкт дослідження активне вугілля різних типів:

- 1 — вугілля активне березове марки БАУ-А;
- 2 — вугілля активне з кокосу;
- 3 — вугілля активне з викопного вугілля;
- 4 — вугілля активне імпрегноване сріблом;
- 5 — вугілля активне з кісточок плодів дерев;
- 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікero-горілчаного виробництва.

Проведені дослідження засновані на методах визначення властивостей активного вугілля за фізико-хімічними параметрами: адсорбційна активність за оцто-

вою кислотою; адсорбційна активність за йодом; адсорбційна активність за метиленовим блакитним; сумарний об'єм пор за водою; насипна щільність, стійкість до стирання.

У результаті експериментальних досліджень активного вугілля для лікоро-горілочного виробництва отримані нижченаведені характеристики.

Вугілля активне березове марки БАУ-А: адсорбційна активність за оцтовою кислотою — 61 мл; адсорбційна активність за йодом — 66%; адсорбційна активність за метиленовим блакитним — 123 мг/г; сумарний об'єм пор за водою — 1,66 см³/г; насипна щільність — 211 г/дм³; стійкість до стирання — 51,5%; масова частка вологи 3,8%.

Вугілля активне з кокосу: адсорбційна активність за оцтовою кислотою — 69 мл; адсорбційна активність за йодом — 85%; адсорбційна активність за метиленовим блакитним — 270 мг/г; сумарний об'єм пор за водою — 1,25 см³/г; насипна щільність — 529 г/дм³; стійкість до стирання — 85,5%; масова частка вологи 2,4%.

Вугілля активне з викопного вугілля: адсорбційна активність за оцтовою кислотою — 60 мл; адсорбційна активність за йодом — 57%; адсорбційна активність за метиленовим блакитним — 122 мг/г; сумарний об'єм пор за водою — 1,40 см³/г; насипна щільність — 688 г/дм³; стійкість до стирання — 79%; масова частка вологи 3%.

Вугілля активне, імпрегноване сріблом: адсорбційна активність за оцтовою кислотою — 79 мл; адсорбційна активність за йодом — 70%; адсорбційна активність за метиленовим блакитним — 165 мг/г; сумарний об'єм пор за водою — 2,20 см³/г; насипна щільність — 219 г/дм³; стійкість до стирання — 63,5%; масова частка вологи 3,7%.

Вугілля активне з кісточок плодових дерев: адсорбційна активність за оцтовою кислотою — 108 мл; адсорбційна активність за йодом — 99%; адсорбційна активність за метиленовим блакитним — 271 мг/г; сумарний об'єм пор за водою — 1,50 см³/г; насипна щільність — 562 г/дм³; стійкість до стирання — 91,5%; масова частка вологи — 3,7%.

Вугілля активне деревне, адаптоване для лікоро-горілочного виробництва: адсорбційна активність за оцтовою кислотою — 70 мл; адсорбційна активність за йодом — 66%; адсорбційна активність за метиленовим блакитним — 133 мг/г; сумарний об'єм пор за водою — 1,80 см³/г; насипна щільність — 220 г/дм³; стійкість до стирання — 57,7%; масова частка вологи — 4,0%.

Вугілля БАУ-А є стандартним активним вугіллям для лікоро-горілочного виробництва. «Динамічний спосіб» очистки водно-спиртових сумішей активним вугіллям від домішок — класична технологія горілки. У подальшому аналізі використовуватимемо характеристики активного вугілля марки БАУ-А як базові для подальшого аналізу та порівняння з іншими активним вугіллям.

Обсяг адсорбованої вугіллям оцтової кислоти знаходиться в прямій залежності від адсорбційної активності вугілля (рис. 1).

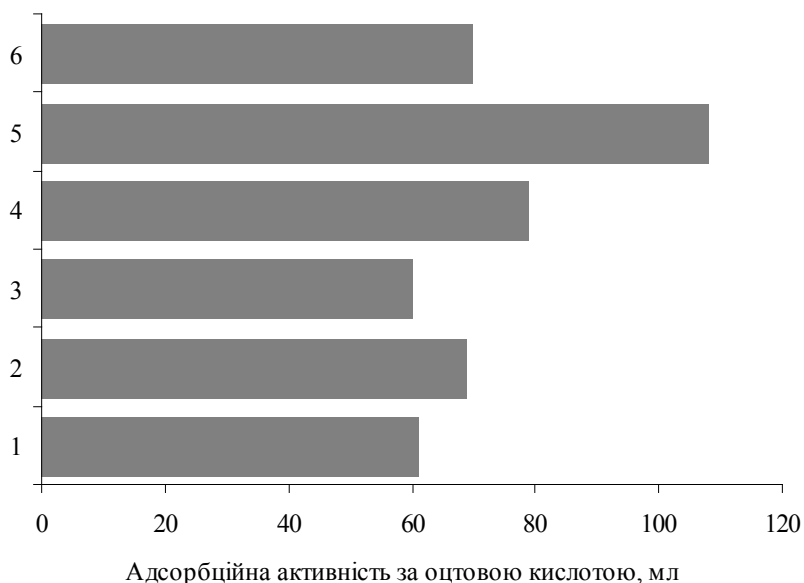


Рис. 1. Залежність адсорбційної активності за оцтовою кислотою від типу активного вугілля: 1 — вугілля активне березове марки БАУ-А; 2 — вугілля активне з кокосу; 3 — вугілля активне з викопного вугілля; 4 — вугілля активне, імпрегноване сріблом; 5 — вугілля активне з кісточок плодів дерев; 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва

Вугілля БАУ-А має адсорбційну активність за оцтовою кислотою 61 мл. Активне вугілля кокосове марки має сорбційну активність за оцтовою кислотою — 69 мл, що на 11,6% більше ніж БАУ-А. Активне вугілля з викопного вугілля має найнижче значення сорбційної активності за оцтовою кислотою (60 мл), яке менше на 1,7%. Активне вугілля, імпрегноване сріблом, має адсорбційну активність за оцтовою кислотою 79 мл, що на 22,8% більше, ніж стандартне активне вугілля марки БАУ-А. При цьому активне вугілля кісточкове на 43,5% більше адсорбує оцтову кислоту і має найвищу сорбційну здатність за оцтовою кислотою серед розглянутого активного вугілля (108 мл). Активне вугілля деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва на 12,9% більше адсорбує оцтову кислоту і має сорбційну активність 70 мл за оцтовою кислотою.

Активне вугілля марки БАУ-А має адсорбційну активність за йодом 66% (рис. 2). Кісточкове активне вугілля та кокосове активне вугілля мають більшу адсорбційну активність за йодом, що на 14% та 19% більше чим БАУ-А. Низьку сорбційну активність за йодом стосовно БАУ-А має активне вугілля із викопного вугілля (–9%). Вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва, та вугілля активне, імпрегноване сріблом, має адсорбційну активність за йодом відповідно 66% та 70%. Вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва, має однакові значення з БАУ-А. Вугілля активне, імпрегноване сріблом, має адсорбційну активність за йодом на 4% більше, ніж базовий БАУ-А. Можна зробити перший висновок, що кокосове активне вугілля має найвищі сорбційні показники за йодом серед представлених сорбентів.

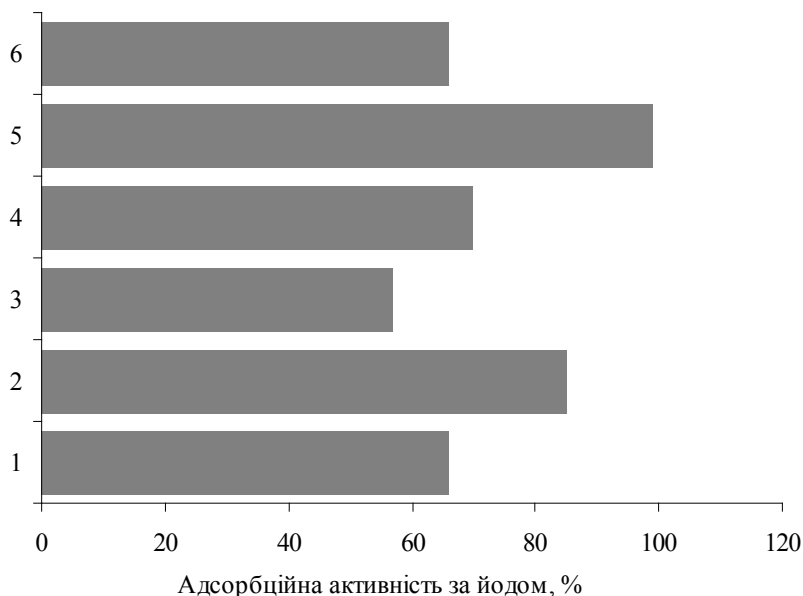


Рис. 2. Залежність адсорбційної активності за йодом від типу активного вугілля:

1 — вугілля активне березове марки БАУ-А; 2 — вугілля активне з кокосу; 3 — вугілля активне з викопного вугілля; 4 — вугілля активне, імпрегноване сріблом; 5 — вугілля активне з кісточок плодівих дерев; 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва

Вугілля БАУ-А має адсорбційну активність за метиленовим блакитним — 123 мг/г (рис. 3). Вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва, та вугілля активне, імпрегноване сріблом, має адсорбційну активність за метиленовим блакитним 133 мг/г і 165 мг/г, що на 7,5% та 25,5% більше ніж стандартний зразок — активне вугілля марки БАУ-А. При цьому вугілля активне з кісточок плодівих дерев та активне вугілля кокосове на 54,6% та 54,4% більше адсорбує метиленовий блакитний і має велику сорбційну активність за метиленовим блакитним серед усього активного вугілля (271 мг/г та 270 мг/г відповідно). Активне вугілля з викопного вугілля має найменше значення сорбційної активності за оцтовою кислотою (122 мг/г).

Вугілля БАУ-А має більший сумарний об'єм пор за водою 1,66 см³/г (рис. 4). Активне вугілля кокосове марки має сумарний об'єм пор за водою — 1,25 см³/г, що на 32,8% нижче ніж БАУ-А. Активне вугілля з викопного вугілля має значення сумарного об'єму пор за водою (1,40 см³/г), яке менше на 18,6%. Активне вугілля, імпрегноване сріблом, має сумарний об'єм пор за водою 2,20 см³/г, що на 24,5% більше ніж стандартне активне вугілля марки БАУ-А. При цьому активне вугілля з кісточок плодівих дерев має на 10,7% менший сумарний об'єм пор за водою (1,50 см³/г). Активне вугілля деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва, має сумарний об'єм пор за водою 1,80 см³/г, що на 7,8% більше ніж активне вугілля марки БАУ-А. Можемо зробити висновок, що активне вугілля, імпрегноване сріблом, має більший обсяг сорбуючих пор і велику поглинальну здатність за органічними домішками.

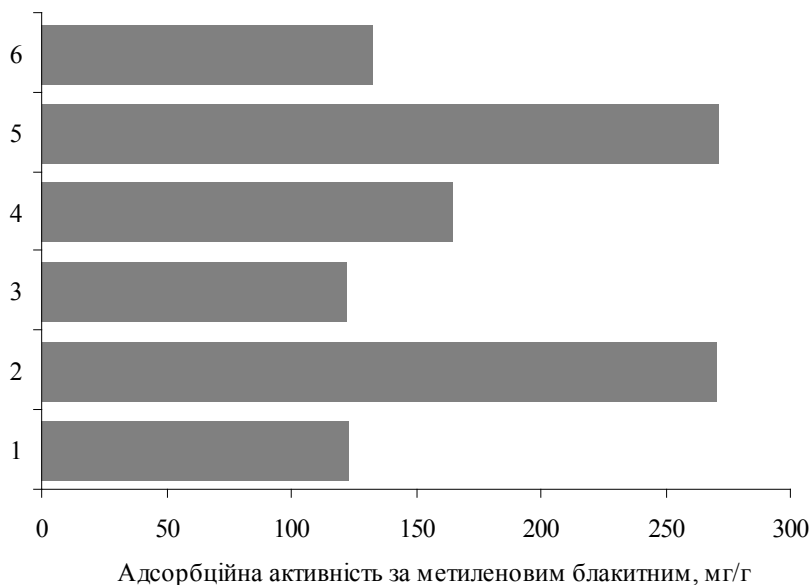


Рис. 3. Залежність адсорбційної активності за метиленовим блакитним від типу активного вугілля:

1 — вугілля активне березове марки БАУ-А; 2 — вугілля активне з кокосу; 3 — вугілля активне з викопного вугілля; 4 — вугілля активне, імпрегноване сріблом; 5 — вугілля активне з кісточок плодкових дерев; 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва

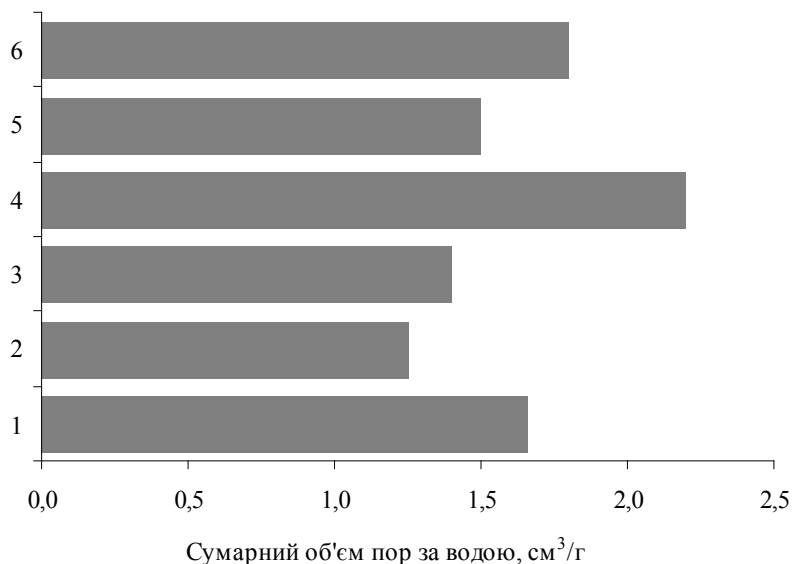


Рис. 4. Залежність сумарного об'єму пор за водою від типу активного вугілля:

1 — вугілля активне березове марки БАУ-А; 2 — вугілля активне з кокосу; 3 — вугілля активне з викопного вугілля; 4 — вугілля активне, імпрегноване сріблом; 5 — вугілля активне з кісточок плодкових дерев; 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікєро-горілочного виробництва

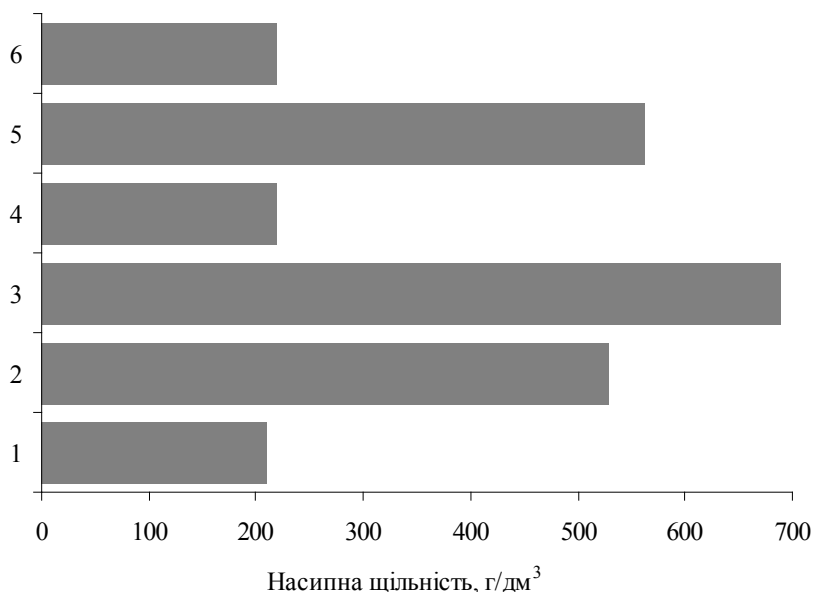


Рис. 5. Залежність насипної щільності від типу активного вугілля:
 1 — вугілля активне березове марки БАУ-А; 2 — вугілля активне з кокосу; 3 — вугілля активне з викопного вугілля; 4 — вугілля активне, імпрегноване сріблом; 5 — вугілля активне з кісточок плодкових дерев; 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікеро-горілчаного виробництва

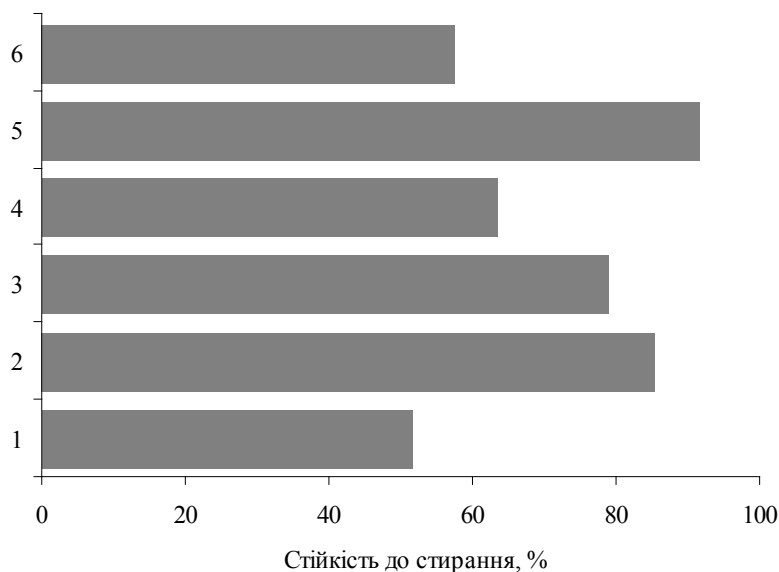


Рис. 6. Залежність міцності на стирання від типу активного вугілля:
 1 — вугілля активне березове марки БАУ-А; 2 — вугілля активне з кокосу; 3 — вугілля активне з викопного вугілля; 4 — вугілля активне, імпрегноване сріблом; 5 — вугілля активне з кісточок плодкових дерев; 6 — вугілля активне деревне, адаптоване для лікеро-горілчаного виробництва

Насипна щільність активного вугілля кісточкового (562 г/дм³), кокосового (529 г/дм³), активного вугілля з викопного вугілля (688 г/дм³) більше ніж в 2 рази вища за насипну щільність групи вугілля БАУ-А (211 г/дм³) (рис. 5). Їх застосування дасть змогу збільшити швидкість фільтрування сортівок при тій же ефективності очищення. Насипна щільність активного вугілля активного, імпрегнованого сріблом та адаптованого для лікєро-горілчаного виробництва, має стандартні значення 219 г/дм³ та 220 г/дм³ порівняно з БАУ-А (211 г/дм³).

Міцність на стирання активного вугілля БАУ-А (51,5%) нижча, ніж у вугілля кісточкового (91,5%), кокосового (85,5%) та активного вугілля з викопного вугілля (79%), що дає змогу при їхньому застосуванні скоротити витрати активного вугілля (рис. 6).

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що перспективним для застосування у лікєро-горілчаному виробництві є підхід зі створення різних комбінацій сорбентів на основі вугілля марки БАУ-А з активним вугіллям іншого походження — кісточковим, кокосовим і активним вугіллям з викопною сировини. Низькі показники одного з видів активного вугілля можуть бути компенсовані високими показниками іншого вугілля. Так, невисока стійкість на стирання активного вугілля БАУ-А (51,5%) може бути компенсована за рахунок вугілля кісточкового (91,5%), кокосового (85,5%) або активного вугілля з викопного вугілля (79%), які можна використовувати у вугільних колонках. Комбінований склад дасть змогу підвищити загальну міцність сорбенту та витримувати натиск рідини у вугільних колонках при терті вугільних часток. Композиційне активне вугілля матиме оптимізовані сорбційні і каталітичні властивості, загальна розвинена пориста структура дасть змогу екстрагувати з водно-спиртових розчинів і утримувати в сорбуючих порах органічні домішки, які погіршують дегустаційні властивості горілок.

Література

1. Высокопрочные активные угли и блочные фильтры на их основе. Мухин В. М. и др. *Ликєроводочное производство и виноделие*. 2004. № 55. С. 8—9.
2. Мухин В. М., Поляков В. А., Макеева А. Н., Шубина Н. А. Новые активные угли для ликєроводочного производства. *Производство спирта и ликєроводочных изделий*. 2003. № 3. С. 36—37.
3. Петров А. Н., Олонцев В. Ф., Лимонов Н. В. Тенденции в использовании активных углей в ликєро-водочной отрясли. *Ликєроводочное производство и виноделие*. 2004. № 57. С. 5—7.
4. Петров А. Н., Лимонов Н. В. Тенденции в использовании активных углей в ликєро-водочной отрясли. *Ликєроводочное производство и виноделие*. 2005. № 67. С. 8—9.
5. Marsh H., Rodriguez-Reinoso F. Activated carbon. Amsterdam: Elsevier, 2006. 542 p.
6. Activated carbon modifications to enhance its water treatment applications. An overview. Rivera-Utrilla J. et al. *J. Hazardous Materials*. 2011. 187, 1—3, pp. 1—23.
7. Preparation, characterization and evaluation of adsorptive properties of leather waste based activated carbon via physical and chemical activation, Jiaojiao Kong et al. *Chemical Engineering Journal*. 2013. № 221. P. 62—71.
8. Menéndez-Díaz J. A., Martín-Gullón I. Chapter I. Types of carbon adsorbents and their production. *Interface Science and Technology*. № 7. 2006. P. 1—47.

9. Манк В. В., Мельник Л. Н. Использование природных минералов для адсорбционной очистки водно-спиртовых растворов. *Производство спирта и ликероводочных изделий*. 2005. № 1. С. 27—29.
10. Zubkova V. Study on relation of solvent extractable material and resistivity of pyrolysed coal. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2011. № 92. P. 50—58.
11. Brunauer S., Emmett P. H., Teller E. Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.* 1938, 60(2). P. 309—319.
12. Высокопрочные активные угли и блочные фильтры на их основе. Мухин В. М. и др. *Ликероводочное производство и виноделие*. 2004. 55. С. 8—9.
13. Мухин В. М., Поляков В. А., Макеева А. Н., Шубина Н. А. Новые активные угли для ликёроводочного производства. *Производство спирта и ликёроводочных изделий*. 2003. № 3. С. 36—37.
14. Kuzmin O., Shendrik T., Zubkova V. Substantiation of the conditions of obtaining porous carbon materials from pyrolyzed wood wastes by chemical activation of H_3PO_4 . *Ukrainian Food Journal*. 2017. № 6(1). P. 103—116.
15. Production of active coal from pyrolyzed wood wastes by alkaline activation of KOH. Kuzmin O. et al. *Ukrainian Food Journal*. 2017. № 6(3). P. 443—458.