

УДК 663.551

TECHNOLOGY OF COMPLEX PROCESSING OF POST-ALCOHOLIC GRAIN BARD

Y. Bulii, R. Mukoid*National University of Food Technologies***I. Olshakovskii, I. Mihailov, V. Ivanchuk, V. Ivanchuk***Limited Liability Company "Organika"***Keywords:**

bard,
cake,
fugate,
decanter centrifuge,
filtrate

Article history:

Received 28.11.2022

Received in revised form
13.12.2022

Accepted 20.12.2022

Corresponding author:

yvbuliy@gmail.com

ABSTRACT

Grain post-alcohol bard in concentrated form is a high-protein fodder product for animals, containing dry protein, easily digestible carbohydrates, fiber, proteins, fats, amino acids, vitamins, micro- and macroelements. Therefore, the development of sustainable ways of its processing is an urgent task for alcohol production.

Two fundamentally different technological solutions of bard processing are known: thickening of bard at multicompartiment evaporation unit and its thickening by mechanical methods (by decanting, separating) with subsequent drying of the thickened residue. The first method is energy-intensive because of the high cost of thermal energy.

Graduates of the Department of Biotechnology of Fermentation Products and Winemaking NUFT, and now the employees of LLC "Organics" have achieved significant results in this direction. Innovative technology they have developed provides the separation of bard into a wet cake with a dry matter content of 30...35% and fugate (6...9%) in a decanter centrifuge, thickening of fugate to 28...32% in SE decanter, and fugate after SE decanter from 3...4 to 14...18% in ultrafiltration installation, drying of cake and concentrate and getting dry bard (DDGS) with humidity 10...12% and protein content 30...35%. Cleaning and desalting of a mixture of luther water, leachate after the ultrafiltration unit and condensate after the drying unit by nano-filtration made it possible to obtain water suitable for process purposes and to ensure a waste-free cycle in alcohol production.

The technological solutions adopted have made it possible to reduce energy costs for the production of the dry fodder product and to ensure a waste-free cycle of alcohol production.

After production trials, the innovative technology has been introduced at the alcohol plants..

DOI: 10.24263/2225-2916-2022-31-32-11

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНОВОЇ ПІСЛЯСПИРТОВОЇ БАРДИ

Ю. В. Булій, канд. техн. наук

Р. М. Мукоїд, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

І. М. Ольшаківський,

І. М. Михайлов,

В. І. Іванчук,

В. В. Іванчук, канд. техн. наук

Товариство з обмеженою відповідальністю «Органіка»

Розробка раціональних способів переробки зернової післяспиртової барди є актуальним завданням, для вирішення якого запропонована енергозберігаюча технологія, що передбачає отримання вологого кеку з вмістом сухих речовин 30...35%, згушення фугату — від 6...9 до 28...32% в SE-декантері, а фугату після SE-декантера — від 3...4 до 14...18% в ультрафільтраційній установці та висушування кеку і концентрату з отриманням сухої барди (DDGS) вологістю 10...12% і вмістом протеїну 30...35%. Очищення і знесолення суміші фільтрату після ультрафільтраційної установки, лютерної води і конденсату після сушильної установки шляхом нанофільтрації дало змогу отримати воду, придатну для використання на технологічні потреби. Після виробничих досліджень інноваційна технологія була впроваджена на спиртових заводах.

Ключові слова: барда, кек, фугат, декантерна центрифуга, фільтрат.

Постановка проблеми. Зернова післяспиртова барда (ПСБ) відноситься до відходів спиртового виробництва. Навіть при падінні річного виробництва спирту до 11 млн дал на заводах щорічно утворюється близько 1 млн т нативної зернової барди. Наприклад, на заводі потужністю 3000 дал спирту на добу кожної доби утворюється 270 т барди. У барді містяться білки, клітковина, геміцелюлози, зольні речовини, жири, вітаміни А, D, E, групи В, фолієва кислота (В₉), біотин (Н), каротиноїди, амінокислоти (лізин, метіонін, цистин, триптофан), макроелементи (кальцій, фосфор, азот) і мікроелементи (залізо, цинк, мідь), що дає змогу застосовувати барду як рідку кормову добавку за умови, якщо поруч знаходиться потужна відгодівельна кормова база [1; 2]. У концентрованому (сухому) вигляді барда є високобілковим продуктом і використовується для виробництва високоякісних білково-вуглеводних кормів. На кожні 1000 дал спирту у барді міститься близько 10000 корм. од. Вартість 1 корм. од. нативної барди у 10 разів нижча, ніж у концентрованих кормах. У Франції та США близько 90...95% ПСБ переробляють у сухий кормовий продукт, в якому довго зберігається протеїн, легкоперетравлювані вуглеводи, вітаміни, а також мікро- і макроелементи.

Разом з тим нативна барда є одним із основних органічних забруднювачів. Її скидання у водойми або ґрунтові поля фільтрації вже набуває характеру екологічної катастрофи в ряді регіонів України. За рахунок високих показників хімічного та біохімічного споживання кисню, високого вмісту завислих речовин, специфічного кольору та неприємного запаху, низького значення рН очищення таких відходів на полях фільтрації неможливе. Через відсутність поблизу спиртових заводів великих комплексів для відгодівлі поголів'я сільськогосподарських тварин реалізація барди в натуральному вигляді дуже обмежена, а її транспортування потребує суттєвих витрат. З розвитком біоетанольного виробництва, де потужності підприємств сягають

10000 дал на добу і більше, а об'єми нативної барди становлять 700...800 т на добу, відгодівельні комплекси повинні містити близько 25000 голів рогатої худоби, що важко собі уявити. За таких умов актуальною є розробка технології комплексної переробки сухої ПБС для виробництва кормових продуктів. Вирішення цього завдання дасть змогу підвищити рентабельність спиртового виробництва, забезпечити екологічну безпеку навколишнього середовища та зменшити споживання артезіанської води на 70...80%.

Мета статті: дослідження ефективності енергозберігаючої технології комплексної переробки зернової ПБС з отриманням високобілкового кормового продукту DDGS, вологого концентрату та очищеної технологічної води, розробленої співробітниками ТОВ «Органіка», у виробничих умовах та обґрунтування її переваги порівняно з відомими способами.

Матеріали і методи. Методи досліджень — аналітичні, хімічні, фізико-хімічні з використанням приладів і методики досліджень, що застосовуються у виробництві спирту етилового ректифікованого [3]. Фізико-хімічні показники сухого кормового продукту DDGS визначали згідно з методикою аналізів, наведених у ДСТУ 4478:2005, токсичних елементів — згідно з ДСТУ 3570-97, очищеної стічної води методами, вказаними в ДСанПіН 2.2.4-171-10 [4; 5].

Результати дослідження. Одним із відомих способів переробки барди у спиртовому виробництві є використання фільтрату барди для приготування замісів і розведення концентрованого оцукреного суслу на стадії його бродіння. Технічне рішення дає змогу суттєво зменшити енерговитрати і водоспоживання на головних стадіях виробництва, включаючи оцукрювання, підтримувати концентрацію спирту в зрілій бражці в межах 12...12,5 об. %, підвищити буферність зброджуваного суслу та покращити умови для ферментативного дооцукрювання вуглеводів і збільшення виходу спирту.

Фільтрат барди містить 31,67 мг/100 см³ суміші амінокислот, зокрема, 9,39 — глютамінової кислоти, 1,20 — аспарагінової кислоти, 0,42 — тирозину, 0,68 — лейцину, які є ефективним джерелом азоту для сахароміцетів. За умови його використання на стадії приготування замісів у кількості 20...0% щодо води в дистилатах зменшується концентрація альдегідів, вищих спиртів, складних ефірів та органічних кислот. Але багаторазове використання фільтрату барди на стадії приготування замісів призводить до зменшення виходу спирту та погіршення його якості через зниження рН субстрату, накопичення СР та солемісту у ферментованому суслі [1].

Співробітники компанії «Гріндфілд» (Ірландія) розробили технологію паливного біостанолу «Biostil 2000», яка передбачає виділення дріжджів з бражки шляхом її сепарування і повернення дріжджів у бродильний апарат. Отриману за цією технологією барду з вмістом сухих речовин близько 30% подавали на сушіння без попереднього концентрування у випарній установці. Підвищена концентрація дріжджів у ферментаційному середовищі забезпечувала високий вміст протеїну в сухому концентраті барди порівняно з кормовим продуктом, отриманому за традиційною технологією. Але через втрати спирту в навколишнє середовище, інфікованість ферментативної маси та високі енерговитрати на сепарування і перекачку бражки такий спосіб не знайшов широкого використання [6].

Відомі два принципово різні технологічні рішення комплексної переробки зернової ПБС. Перше передбачає випаровування води з фугату барди на багатокорпусній випарній установці та отримання сухого залишку для подальшого перероблення

[7; 8]. Друге передбачає фільтрацію фугату барди з подальшим висушуванням концентратів продукту, отриманих після фільтрації.

Іх аналіз показав, що перший спосіб відноситься до енергоємних через високі витрати теплової енергії. Використання випарних апаратів для розділення ПБС потребує високих експлуатаційних витрат, необхідних для збільшення паросилового господарства, очищення обладнання від накипу і нагару та конденсування випареної вологи, яка в подальшому потребує доочищення для повторного використання в технологічному процесі. Більш технологічними в роботі і надійнимив плані автоматизації процесує фільтраційні установки. Другий спосіб передбачає відділення води шляхом фільтрування на установках ультрафільтрації (УФ) та нанофільтрації (НФ). Спосіб дає змогу ефективно очищувати всі стічні води, крім побутових, у тому числі лютерну воду, об'єми якої на потужних спиртових заводах сягають 200 м³ на добу і більше, яка також є загрозою для екосистеми. При цьому суттєво зменшуються витрати води, яку направляють на очисні споруди.

Останнім часом для розділення барди на рідку та густу фракції на першій стадії використовують центрифуги-декантери, які виготовляються як в Україні, так і поставляються із закордону. Співробітниками НВ ТОВ «Інтермаш» розроблено конструкцію вітчизняного декантера й апаратурно-технологічну схему переробки ПБС з отриманням сухої зернової барди та вологого концентрату [9]. Інноваційна технологія впроваджена у виробничих умовах ДП «Червонослобідський спиртовий завод» і представлена на рис. 1.

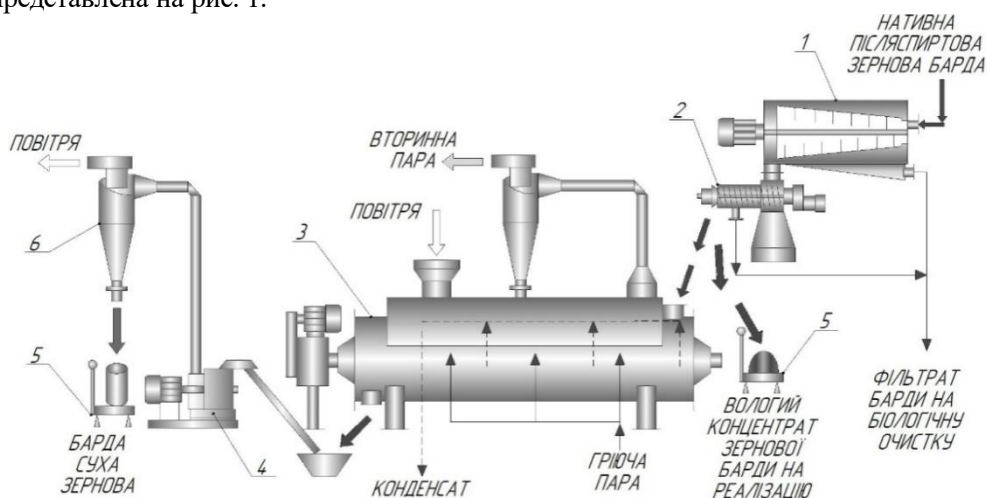


Рис. 1. Технологічна схема переробки зернової ПСБ:

1 — сепаратор; 2 — декантер; 3 — сушарка СКМ-200 (ВАТ «НМЗ»); 4 — дробарка; 5 — ваги;
6 — циклон

Потужність установки по барді становила 350 м³/добу, вміст вологи в згущеній барді після сепаратора — 87...88%, після декантера — 68...70%.

Досліджено, що концентрація протеїну у вологому концентраті після декантера досягала 30% в перерахунку на суху речовину (СР). Незважаючи на отримані позитивні результати, технічне рішення не вирішило завдання комплексної переробки ПСБ, оскільки не передбачало висушування вологого концентрату й очистку фільтрату барди. Як наслідок, у відходівому фільтраті залишався високий відсоток СР, що призводило до зниження кормової цінності барди.

Перспективні результати були отримані під час переробки фугату барди з використанням процесів ультрафільтрації та зворотного осмосу на рівні нанофільтрації. Очищена від органічних домішок вода використовувалась як заміник технологічної води в процесі виробництва етанолу, концентрована — як корм у необробленому або висушеному вигляді. Недоліками способу були додаткові енерговитрати на підсушування концентратів, які в гелевому стані (14...18% СР) також можливо легко транспортувати та згодовувати ВРХ [10].

На підприємствах США і Європи, що виробляють паливний біоетанол, використовують технологію комплексної переробки ПСБ, яка передбачає отримання цінного білкового продукту «Distillers Dried Grains with Solubles» (DDGS). Згідно з відомим способом зважені частинки барди відділяють під час її центрифугування. Фугат частково використовують у головному виробництві, а більшу його частину упарюють на багатокорпусній випарній установці до концентрації сухих речовин 30...35%. Концентрат змішують з кеком і частиною основного продукту (вологість суміші становить до 45%) і висушують у сушарці барабанного типу. Така технологія потребує підвищених енерговитрат на обезводнення барди і суттєвих витрат на обслуговування випарної установки. Крім того, конденсат після випарної установки має високий рівень забрудненості (1500...3000 мг/дм³ O₂ поХПК), тому потребує додаткового очищення, яке технологією не передбачено [1].

У зв'язку з розширенням виробництва паливного біоетанолу в Україні ряд компаній пропонують свої послуги щодо постачання обладнання та розробки технологічних схем для комплексної переробки ПСБ з отриманням DDGS: «BTS Engineering», ПрАТ «Українська технологічна компанія», ТОВ «ВГ «Техінсервіс», компанія «Агротехнолоджи» та ін. Значних результатів у цьому напрямку досягли випускники кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства НУХТ, а нині співробітники ТОВ «Органіка». Запропонована ними технологічна схема утилізації нативної барди з отриманням DDGS, збагаченого білками, дріжджами та іншими поживними речовинами, представлена на рис. 2.

Згідно з наведеною схемою кукурудзяна нативна барда, яка містить 10...14% СР, безперервно подається із збірника в горизонтальну декантерну центрифугу, в якій відбувається її розділення на вологий кек (30...35% СР) і фугат (6...9% СР). Після декантера кек через шнек-змішувач подається на висушування в сушильній установці № 1 типу СКС-1,1-750БМ, а фугат через проміжний збірник-накопичувач надходить на горизонтальну високооборотну центрифугу — SE-декантер, в якій відбувається його розділення на кек (28...32% СР) і фугат (3...4% СР).

Кек через шнек-змішувач подається на висушування в сушильну установку, а гарячий фільтрат (фугат), температура якого становить 70...80 °С, направляють на очищення в ультрафільтраційній установці (УФ-установці), оснащений керамічними мембранами. В ній відбувається відділення і концентрування залишків білкових речовин барди, згущення фугату до концентрації в ньому СР 14...18% й отримання прозорої рідини з легким солом'яним відтінком — фільтрату УФ, що містить 2...3% СР, до складу яких входять водорозчинні солі, залишки органічних сполук і цукри.

Отриманий в УФ-установці концентрат через шнек-змішувач направляють у сушильну установку, а фільтрат УФ — у реактор. Також у реактор подають лютерну воду з кубової частини ректифікаційної колони, конденсат із сушильної установки та розчини для корегування рН суміші з метою зміщення ізоелектричної точки залишків білків, присутніх у суміші, до їх переходу у водонерозчинну форму.

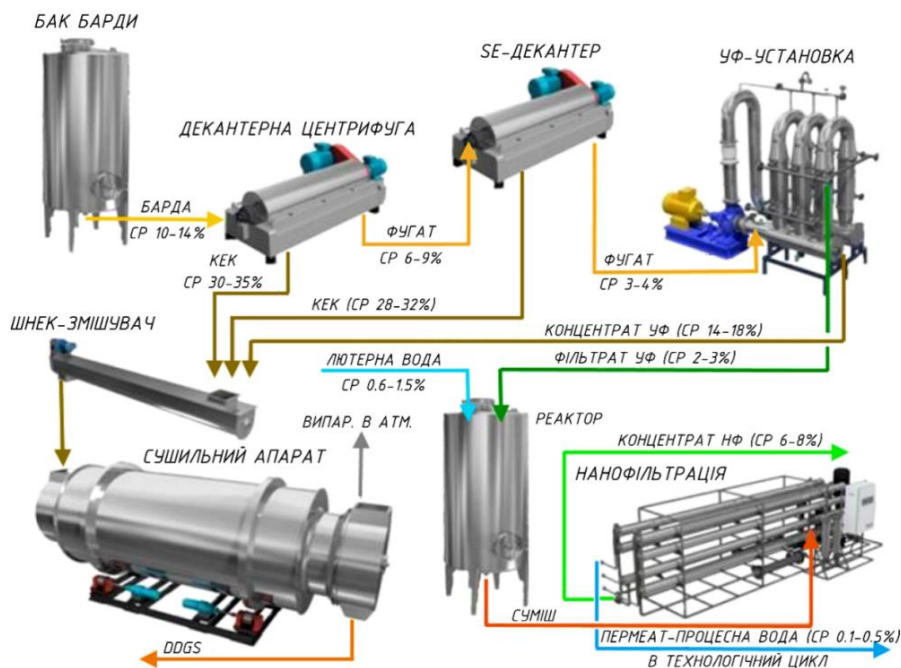


Рис. 2. Технологічна схема комплексної переробки зернової ПСБ

Підготовлену в реакторі суміш подають на доочищення в нанофільтраційну установку (НФ-установку), оснащену полімерними мембранами. В цій установці суміш розділяється на концентрат і пермеат НФ (знесолену процесну воду). Отриманий після нанофільтрації суміші концентрат НФ, вміст СР у якому становить 10...12%, направляють на поля фільтрації. Його кількість становить 10...15% від загальної кількості відфільтрованих вод. До його складу входять залишки мінеральних солей, амінокислот і цукрів. Але через малі об'єми і низький вміст вуглеводів концентрат НФ недоцільно переробляти разом з іншими концентратами на корм.

Пермеат НФ, вміст СР в якому становить 0,06...0,5% залежно від якості вхідної води для приготування замісу, повертають на основне виробництво і використовують на технологічні потреби (для приготування замісу, живлення градирні тощо). Вологий кек після декантерної центрифуги, кек після SE-декантера та концентрат УФ надходять в шнек-змішувач, і далі суміш подається на висушування. Після висушування отримують суху барду (DDGS) вологістю 10...12% і вмістом протеїну 30...35%.

Дослідження ефективності інноваційної технології проводились у виробничих умовах на Бороському спиртовому заводі і частково на заводі «Бікорм». Фізико-хімічні показники отриманого у виробничих умовах кормового продукту DDGS наведені в табл. 1.

Аналіз результатів, наведених у табл. 1, свідчить про те, що фізико-хімічні показники сухої зернової барди (DDGS) відповідають вимогам ДСТУ 4478:2005, а концентрація мікотоксинів, пестицидів, радіонуклідів і токсичних елементів не перевищує нормативних значень.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники сухого кормового продукту DDGS

Найменування показника	МДР за нормативними документами	Результати досліджень	Позначення НД на метод випробувань	Відмітка про відповідність
<i>Фізико-хімічні випробування</i>				
Масова частка вологи, % не більше	11,0	6,2	ДСТУ ISO 6496:2005	відповідає
Масова частка сирової клітковини, не більше	17,0	13,1	ДСТУ ISO 6865:2004	відповідає
Масова частка жиру, в перерахунку на СР, %	не менше 5,0	5,1	ДСТУ ISO 6492:2003	відповідає
Масова частка сирового протеїну, % на СР, не менше	26	27,5	ДСТУ 7169:2010	відповідає
Масова частка сирової золи, % на СР, не більше	10	1,3	ДСТУ ISO 5984:2004	відповідає
Наявність металомagnetних домішок: часток розміром до 2 мм включно, мг/кг барди, не більше	30	не виявлено	ГОСТ 13496.9-96	відповідає
Токсичність	не допускається	не токсична	ДСТУ 3570-97	відповідає
<i>Токсичні елементи</i>				
Свинець, мг/кг	0,3	0,17	ДСТУ EN 14082:2003	відповідає
Кадмій, мг/кг	0,03	0,018	ДСТУ EN 14082:2003	відповідає
Миш'як, мг/кг	0,2	0,025	ДСТУ ISO 6634:2004	відповідає
Ртуть, мг/кг	0,005	0,0075	ДСТУ ISO 6637:2001	відповідає
Мідь, мг/кг	5,0	2,12	ДСТУ 8123:2015	відповідає
Цинк, мг/кг	10,0	4,44	ДСТУ 8123:2015	відповідає

Порівняльна характеристика очищеної технологічної стічної води, питної води і вимоги до якості стічних вод, дозволених до скидання в поверхневі вододжерела, наведені в табл. 2. Дані, наведені в табл. 2, підтверджують, що якісні показники очищеної за вищенаведеним способом технологічної стічної води відповідають нормативним згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10. Очищені стічні води доцільно використовувати на технологічні потреби спиртового виробництва, що дає змогу на 60...70% зменшити витрати технологічної води.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика очищеної технологічної стічної та питної води

Показник, одиниця виміру	Чисельне значення			
	за результатами аналізу	водопровідної	за нормою ДСанПіН 2.2.4-171-10	
			колодязів і каптажів, джерел	фасованої, пунктів розливу та бюветів
Показник рН	6,7	6,5...8,5	6,5...8,5	6,5...8,5
Електропровідність, мкс/см	1086	2500	не визначається	не визначається
Азот амонійний, мг/дм ³	0,13	0,5	в межах ГДК	в межах ГДК

Продовження таблиці 2

Нітрати, мг/дм ³	1,82	50	50	10
Нітриди, мг/дм ³	0,046	0,5	3,3	0,5
Хлориди, мг/дм ³	44,5	250	350	350
Фториди, мг/дм ³	1,5	0,7	1,5	0,7
Сульфати, мг/дм ³	29,8	250	500	250
Оксиди заліза, мг/дм ³	0,01	0,2	в межах ГДК	в межах ГДК
Марганець, мг/дм ³	0,05	0,05	0,5	0,5
Перманганатна окислюваність, мг/дм ³	5,0	5,0	не нормується	4,0
Загальна окислюваність, ммоль/дм ³	не більше 0,05	не нормується	не нормується	не нормується
Розчинений кисень, мг/дм ³	не визнач.	не нормується	4,0	4,0
Збудники кишкових інфекцій	не містить	—	вода не повинна містити	
Життєздатні яйця гельмінтів	не містить	—	не повинні міститися в 25 см ³ води	
(аскарид, волосоголовець, токсокар, фасціол), онкосфери тенід і життєздатні цисти патогенних кишкових найпростіших	відсутні	—	не повинні міститися в 25 см ³ води	
Термотолерантніколіформні бактерії	відсутні	—	не більше 100 КУО на 100 см ³	
Загальні коліформні бактерії	відсутні	—	не більше 1000 КУО на 100 см ³	не більше 500 КУО на 100 см ³
Коліфаги	відсутні	—	не більше 10 БОЮ на 100 см ³	

Висновки. Використання інноваційної технології комплексної переробки зернової ПСБ дає змогу:

1. У виробничих умовах отримати високобілковий кормовий продукт DDGS вологістю 10...12%, вмістом протеїну 30...35% і вологий концентрат зернової барди, якісні показники яких відповідають вимогам ДСТУ 4478:2005 і ТУ У 15.7-30219014-001-2003.

2. Забезпечити високу ступінь очистки всіх стічних вод спиртового виробництва і відповідність їх якісних показників вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10.

3. Зменшити енерговитрати на реалізацію інноваційної технології через відсутність у технологічній схемі багатокорпусної випарної установки для випаровування води з барди й отримання сухого залишку.

4. Зменшити витрати технологічної води завдяки очищенню фугату після згущення і розділення барди, лютерної води спиртової колони і колони дегідратації, а також конденсату пари після сушильної установки і повернення очищеної стічної води на основне виробництво для її повторного використання.

5. Підвищити довговічність роботи технологічного обладнання шляхом обезсолювання суміші фільтрату після ультрафільтраційної установки, лютерної води та інших промивних вод у процесі її нанофільтрації.

6. Забезпечити безвідходний цикл спиртового виробництва.

7. Впровадити енергозберігаючу технологію на спиртових заводах без збільшення потужності паросилового господарства.

7. Скоротити або відмовитись від очисних споруд, що надає можливість суттєво зменшити капітальні та експлуатаційні витрати на підприємстві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шиян, П. Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія. / П. Л. Шиян, В. В. Сосницький, С. Т. Олійнічук. К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. 424 с.
2. Казаков, Д. Д. Розробка технологічного процесу переробки післяспиртової барди для використання її в харчовій промисловості / Д. Д. Казаков, Ю. П. Рожевський // Вісник Сумського національного аграрного університету. 2017. № 10. С. 113—116. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_mekh_2017_10_27.
3. Янчевський, В. К. Інструкція по хіміко-технологічному контролю лікєро-горілчаного виробництва / В. К. Янчевський, В. П. Ковальчук, З. Д. Кравчук, В. М. Попова, С. І. Олійник. Київ: УкрНДспиртбіопрод, 1999. 459 с.
4. ДСТУ 4478:2005. Продукти перероблення барди зернової післяспиртової. Загальні технічні умови. [Чинний від 2006-07-01]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2006. 13 с.
5. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Вода питна. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. [Чинний від 2010-12-05]. Зареєстровано в міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за № 452/17747. (Державні санітарні правила і норми), 2010. 45 с.
6. Голуб, Н. Б. Сучасні методи переробки й утилізації зернової післяспиртової барди / Н.Б. Голуб, М.В. Потапова // Innovative Biosystems and Bioengineering. 2018. Т. 2, вип. 2. С. 125—134. DOI:10.20535/ibb.2018.2.2.125733.
7. Бухкало, С. І. Дослідження та аналіз інноваційних заходів з технології комплексної утилізації післяспиртової барди / С. І. Бухкало, О. І. Ольховська, В. О. Ольховська, М. М. Зіпунніков // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». 2018. № 15. С. 66—74. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpiind_2019_15_14.
8. Переробка післяспиртової барди (DDGS) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://agrotechnology.com.ua/ua/ddgs/>.
9. Барда зернова суха ТУ У 15.7-30219014-002-2003. Технічні умови. ДКПП 15.96.20.000. УКНД 65.120; затверд. 30.07.2003; зареєстр. Укрметртестстандарт ідент. код 02568182. [Чинний від 23-01-2004]. К.: Держспоживстандарт України, 2004. 4 с. (Національний стандарт України).
10. Belyea, R. L. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing / R. L. Belyea, K. D. Rausch, and M. E. Tumbleson // Bioresource Technology. 2004. № 94. P.293—298.