

АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ БРОДИЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВ

Наталія Душечкіна

канд. пед. наук, доцент кафедри хімії та екології,

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

ORCID: 0000-0002-4203-7122

E-mail: nataxeta74@gmail.com

У статті розглядаються проблеми виробництва та утилізації відходів підприємств пивоварної та спиртової промисловості. За результатами дослідження розкрито питання переробки основних відходів пивоварного та спиртового виробництв, які забезпечують сільськогосподарські комплекси кормами. До основних відходів пивоваріння та спиртового виробництва відносять пивну дробину та спиртову барду. Встановлено, що утилізація відходів бродильних виробництв побудована на вирішенні проблем екологічного, економічного і технологічного напрямку, серед яких актуальною є технологічна складова переробки відходів.

За результатами дослідження підтверджено, що пивна дробина, яка містить БАР, має високу поживність і може використовуватися при виготовленні кормів для сільськогосподарської промисловості. Однак застосування сирової дробини як кормового засобу не завжди є придатною для подальшого використання збалансованого харчування, а також виникають значні труднощі з транспортуванням, пов'язані з наявністю великої кількості води.

Утилізація відходів спиртового виробництва в Україні потребує застосування низки технологій та високоякісного обладнання.

Ключові слова: утилізація відходів; бродильні виробництва; пивна дробина; спиртова барда; технологія переробки відходів; комбікормова промисловість; біологічно активні речовини; поживна цінність; застосування.

ANALYSIS OF THE PROBLEM OF WASTE DISPOSAL OF BREEDING INDUSTRIES

Nataliia Dushechkina

candidate of pedagogical sciences, associate professor at the department of chemistry and ecology,
Pavlo Tychyna Uman state pedagogical university

ORCID: 0000-0002-4203-7122

E-mail: nataxeta74@gmail.com

The article deals with the problems of production and disposal of waste of enterprises of the brewing and alcohol industry. Based on the results of the research, the issue of processing the main waste of brewing and alcohol production by ensuring the fodder base of the agricultural complex and preventing environmental pollution was revealed. The main waste of brewing is beer grain, and of alcohol production - alcohol bard. It has been established that the utilization of waste from fermentation industries requires the solution of a complex of ecological, economic and technological problems, among which the technology of waste processing is decisive.

Solid and liquid wastes from fermentation industries can be considered as secondary material resources (SRM) because they contain protein and mineral substances, carbohydrates and vitamins. Brewing waste draws attention as a source of a complex of substances with nutritional value and biological activity. Brewer's grain has been found to be a valuable feed product with a high crude protein content, but is poor in water-soluble vitamins. It has been established that feeding raw grain enriches the diet of cows with protein and helps to improve its metabolism in the animal's body; increases the body's assimilation of animal calcium and phosphorus; increases the productivity of dairy cows, and increases growth during fattening of pigs and cattle.

According to the results of the research, it was confirmed that the main part of brewing waste is beer grain, which contains a significant amount of biologically active substances, has high nutrition and, as a result, can be successfully used in the animal feed industry. However, the use of raw grits as a feed disrupts the nutritional balance and leads to incomplete digestibility of its individual ingredients, as well as significant transportation difficulties due to the presence of a large amount of water.

Therefore, all the above technologies reduce the amount of bard produced and lead to a certain decrease in alcohol yield.

The disposal of alcohol production waste in Ukraine requires the use of a number of technologies and high-quality equipment.

Keywords: *waste disposal; fermentation production; beer grain; alcohol bard; waste processing technology; feed industry; biologically active substances; nutritional value; application.*

На сьогодні основними відходами бродильних виробництв є відходи органічного походження. Ці відходи є цінною кормовою базою для сільськогосподарських комплексів, але вони не завжди є непридатними для подальшого використання. Тому пріоритетним завданням на пивоварному та спиртовому виробництві є розробка ефективних методів переробки основних відходів для забезпечення кормової бази сільськогосподарського комплексу.

Частка матеріальних витрат за придбання сировини виробництва продукції для підприємств харчової промисловості перевищує 90% всіх виробничих витрат. Підвищення ефективності виробництва у таких умовах потребує раціонального використання відходів.

Утилізація відходів бродильних виробництв побудована на вирішенні проблем екологічного, економічного і технологічного напрямку, серед яких актуальною є технологічна складова переробки відходів.

Тому розробка ефективних способів використання і переробки відходів бродильних виробництв, підвищення цінності кормових добавок, що випускаються з дробини є актуальною проблемою нашого дослідження.

Особливості розвитку галузей харчової промисловості України досліджували: К. Самойчук, Н. Паляничка, В. Верхоланцева [4], О. Римар, І. Мазуркевич, О. Гаврилук, Ю. Терещенко, Ю. Сухенко, О. Серьогін, В. Сухенко, Н. Рябоконт [5] та інші. Проблемами розвитку пивоварної промисловості займалися такі відомі вчені як Н. Корчик, Н. Буденкова, С. Кирилюк [9], Т. Мельниченко, В. Кадошніков, К. Жебровська, М. Кошель, Ю. Каранов [7], В. Старун [10] та ін. Сучасні та перспективні методи переробки та утилізації зернової післяспиртової барди досліджували: С. Бухкало, О. Ольховська, В. Ольховська, М. Зіпунніков [8], В. Бомко, Є. Сиваченко, О. Сметаніна [2], Н. Голуб, М. Потапова [6], О. Малюжко, Г. Нікітін, А. Салюк [3].

Аналіз наукових джерел показав, що дослідниками опрацьовані значні масиви питань, стосовно проблеми переробки та утилізації після спиртової барди. Проте маловивченим залишається аспект розробки ефективної технології ресурсозберігаючої переробки бродильних виробництв у поживні кормові продукти.

Метою статті є створення методологічної основи проектування технологічної лінії отримання сухого компонента кормів на основі відходів бродильних виробництв.

Під час виробництва пива утворюється значна кількість твердих і рідких відходів, з яких 25% перетворюється у поживні речовини вихідної сировини. Багато цих відходів після обробки можуть розглядатися як ВМР [1].

У процесі виробництві пива, з'являються відходи від очищення ячменю і солоду, пивна дробина, залишкові пивні дріжджі, хмелева дробина, осад білків і твердих частинок. На початку процесу бродіння відбуваються технологічні втрати сухих речовин, а також втрати на змочування контактних поверхонь трубопроводів та технологічного обладнання [4, с. 67].

На підприємствах пивоварної промисловості щорічно скупчується велика кількість дробини з високим рівнем протеїну (12–15%) [10, с. 33].

Пивоварні заводи зацікавлені у продажу пивної дробини, особливо в теплий період року, коли вона схильна до інтенсивного розкладання, а також економічно не вигідно складувати її на полігонах [7].

Утилізації відходів пивної дробини впливає на екологічну ситуацію, і потребує вирішення питання запобігання забруднення довкілля.

Характеристика сухої і вологої дробини за хімічним складом представлена табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад пивної дробини (середня кількість у %)

| Стан дробини | Сира | Суха |
|---|-----------|------|
| Вода | 76,0–78,0 | 10,0 |
| Сирий протеїн | 4,8 | 20,5 |
| Жирні речовини | 1,5 | 7,2 |
| Екстрактивні безазотисті речовини (БЕР) | 10,0 | 40,0 |
| Целюлоза (клітковина) | 5,0 | 16,0 |
| Зола | 1,3 | 6,0 |

До складу пивної дробини входять амінокислоти (гістидин, лізин, лейцин, ізолейцин, метіонін, валін, гліцин, треонін, серії, аланін, аргінін, фенілаланін, тирозин) та мінерали (фосфор, калій, кальцій та магній) [4, с. 68].

Середній вихід сухої дробини із сирої становить близько 27%.

Поживна цінність 1 кг сирої дробини коливається в межах 0,17–0,23 кормових одиниць. Вона має високу засвоюваність. Встановлено, що згодовування сирої дробини підвищує приріст при відгодівлі свиней і великої рогатої худоби [4].

Вводячи в раціон кормів для тварин пивну дробину спостерігається краще засвоєння організмом тваринного кальцію та фосфору, а також знижується собівартість раціону тварин.

Однак застосування сирої дробини як кормового засобу не завжди є придатною сировиною для подальшого використання збалансованого харчування [2].

Використання хмелевої дробини можна виключити з технологічного процесу пивоваріння, якщо застосовувати хмелеві екстракти, брикетований або гранульований хміль. Вологість хмелевої дробини становить 80–85%. Поживність становить 0,08 кормової одиниці на 1 кг.

Зернові відходи (відсів ячменю) утворюються на стадії сортування зерна в процесі виробництва солоду і є сухим сипким продуктом. До зернових відходів відноситься дрібне зерно ячменю та домішки, які проходить через сито з розміром отворів 2,2x20 мм.

У виробничих умовах відсів ячменю утворюється на стадіях попереднього очищення та сортування ячменю. Кількість відсіву залежить від сорту ячменю та умов його вирощування. При виході сухого пивоварного солоду 79% відсів ячменю становить 42% від решти відходів [3].

Склад та поживність спиртової барди залежать від виду сировини, що переробляється на спирт. Розрізняють барду зернову, картопляну, змішану (зерно-картопляну) і паточну (мелясну) [9, с. 39].

Під час проведення дослідження було виявлено, що існує зарубіжна технологія використання спиртової барди DDGS (Dried Distillers Grains with Solubles). За цією технологією відбувається розподіл барди на тверду (кек) та рідку (фугат) фази.

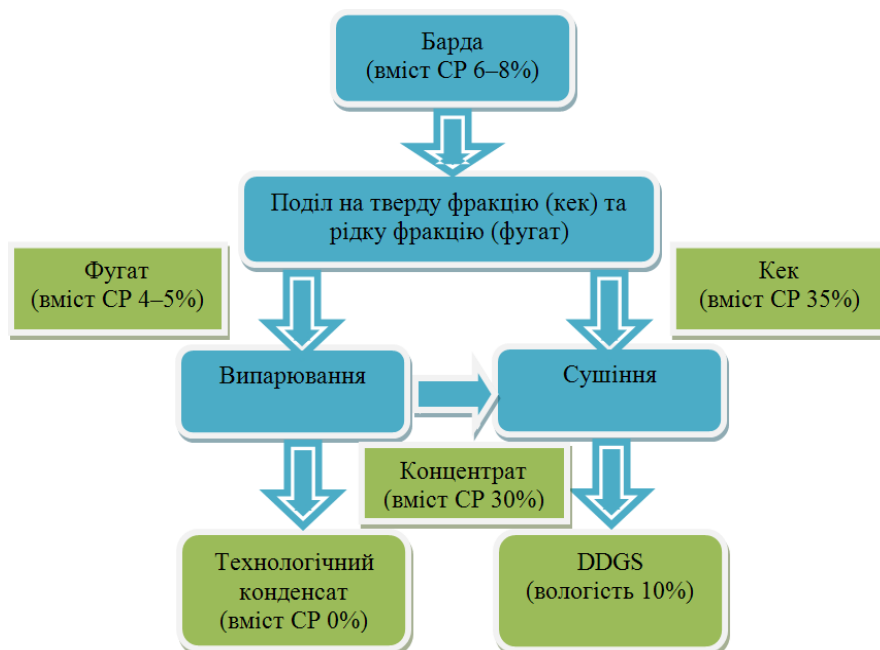


Рис.1. Схема виробництва DDGS

Барда містить всі поживні речовини сировини, за винятком цукрів і крохмалю. Порівняльна характеристика різних видів післяспиртової барди представлена в таблиці 2.

У складі барди присутні такі амінокислоти: лейцин, лізин, ізолейцин, метіонін, фенілаланін, цистин, треонін, триптофан, валін, аргінін, глютамінова кислота, гістидин, тирозин.

Таблиця 2

Хімічний склад різних видів післяспиртової барди (середня кількість у %)

| Вигляд барди | | Вологість | Сирий | | Сира | | БАР | Кормових од. в 100 кг |
|--------------|--------|-----------|---------|------|------------|------|------|-----------------------|
| | | | протеїн | жир | клітковина | зола | | |
| Картопляна | Свіжа | 95,3 | 1,2 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 1,8 | 3,2 |
| | Сушена | 10,0 | 24,3 | 3,7 | 9,6 | 11,7 | 40,7 | 60,2 |
| Кукурудзяна | Свіжа | 88,2 | 2,7 | 1,0 | 1,1 | 0,5 | 6,5 | 12,2 |
| | Сушена | 8,5 | 22,0 | 10,9 | 10,6 | 3,5 | 44,5 | 102,0 |
| Ячмінна | Свіжа | 93,1 | 1,5 | 0,5 | 0,6 | 0,3 | 4,0 | 3,8 |
| | Сушена | 4,7 | 25,8 | 8,7 | 6,6 | 3,0 | 51,2 | 93,8 |
| Житня | Свіжа | 92,2 | 1,7 | 0,4 | 0,7 | 0,4 | 4,6 | 4,7 |
| | Сушена | 10,0 | 16,5 | 8,2 | 16,2 | 1,3 | 47,8 | 77,8 |
| Вівсяна | Свіжа | 91,9 | 2,9 | 0,6 | 0,4 | 1,2 | 3,0 | 6,5 |
| Паточна | Свіжа | 92,5 | 2,1 | 0,6 | – | 1,7 | 3,1 | 3,5 |
| Змішана | Свіжа | 92–95 | 1,2–2,7 | 0,7 | 0,6–1,1 | 0,45 | 2,8 | н/д |

До складу барди входять, в основному, такі мінерали: фосфор, калій, кальцій та натрій. З мінеральних речовин у барді багато калійних та фосфорнокислих солей, але мало кальцієвих та натрієвих солей.

Кормова цінність 1 дал свіжої зернової барди дорівнює майже 1 кг концентратів, а вартість її в 10–20 разів менша. Основна цінність барди полягає в протеїні, вміст якого в сухій речовині зернової барди становить у середньому 26–28%, картопляної 18–19%, а

також у наявності цілого ряду вітамінів і мікроелементів, що дає можливість використовувати її в як цінний компонент кормового раціону тварин.

Тваринам можна згодовувати досить багато свіжої барди. На одну голову в літрах можна давати: бикам – 30–40, коровам – 60–70, нетелям – 40–45, телятам до одного року – 20–25, ВРХ на відгодівлі – 40–50, вівцям дорослим – 4–5, молодняку овець – 1,5–2, свиноматкам і кнурам – 10–15, молодняку старше двох місяців – 5–10, свиням на відгодівлі – 15–20.

Доцільно одночасно з бардою, що містить велику кількість білка, що перетравлюється, згодовувати худобі сухі корми, бідні білком.

При використанні барди у свіжому вигляді основною проблемою є її нетранспортабельність через велику кількість води та неможливість тривалого зберігання.

Консервована барда містить більше сухих речовин, ніж свіжа, і охоче поїдається великою рогатою худобою та свинями.

Розробляються технології утилізації барди на більш ранніх технологічних етапах виробництва спирту, що дозволяє знизити витрати на виробництво і підвищити якість продукції [8].

У процесі виробництва спирту слід допускати в барду зайву воду. При розгоні промивів бродильних апаратів рідину, що виварюється, слід направляти в каналізацію.

Збільшити концентрацію барди на 18–20% можна, обігриваючи брагоперегінний апарат закритою (глухою) парою, вводячи тепло через поверхню нагрівання таким чином, щоб пар, що надходить на перегонку, конденсувався в закритому обсязі. Тепло пари, передане барді, у свою чергу утворює пару, призначену для багаторазового виварювання спирту з бражки при її перегонах. Паровий конденсат може бути використаний як теплоносіє.

Для збільшення концентрації барди можна повертати фільтрат на станцію розварювання, замінивши до 30% води фільтратом барди. При такій заміні прискорюється розварювання, оскільки кислоти та солі, які містяться у фільтраті, сприяють розварюванню сировини та клейстеризації крохмалю. При цьому вміст сухих речовин у барді збільшується на 10–12%.

Крім перелічених заходів, мають бути використані і біологічні фактори, що також сприяють збільшенню вмісту сухих речовин. До таких факторів відноситься насамперед тридобове бродіння концентрованих заторів із застосуванням сильніших роз дріжджів, здатних зброджувати такі затори.

Наведені методи вимагають великих капіталовкладень. Їх спільне використання дозволяє в 1,4–1,5 рази збільшити вміст сухих речовин в барді.

Можливе зменшення об'єму барди або підвищення вмісту сухих речовин у ній обмежене тим, що у зрілій бражці вміст етилового спирту не може перевищувати 11–12%, тому що при цій концентрації спирт повністю пригнічує спиртове бродіння [5].

З метою вдосконалення технології виробництва спирту виділяють диференційовані фракції переробки зерна з одночасним одержанням білкових препаратів. Можуть також використовуватися побічні продукти переробки зерна, що вже утворюються на заводах, що діють, і використовуються, як правило, на кормові цілі. Частина білка з виділених диференційованих фракцій зерна пшениці, може бути видалена з технологічного процесу виробництва етанолу і використана у вигляді білкових препаратів для виробництва різних продуктів харчування, а крохмале-білковий продукт і сироватку як джерело вуглеводів, що зброджуються, амінокислот і вітамінів доцільно повернути в спиртове виробництво для харчування дріжджів. Це підвищить рентабельність виробництва та покращить якість спирту.

Перспективним напрямом удосконалення спиртового виробництва може виявитися виділення спиртової дробини.

Для цього після оцукрювання сусло поділяють на дві фракції: рідку (освітлене сусло) використовують у технологічному процесі одержання спирту, тверду (спиртова дробина)

відмивають від розчинних вуглеводів і виводять із технологічного процесу вологістю 70–75% і нижче.

Спиртова дробина є щільною масою однорідної консистенції темно-жовтого або коричневого кольору. При вологості 70% її вихід становить 100–110% до маси введеної зернової сировини, а при вологості 56% (після пресування) відповідно 70–75% [9].

Дробина має відносно високу вологість, що не дозволяє її довго зберігати. Тому доцільніше її сушити. Висушена спиртова дробина за своїм складом близька до сухих пивної дробини та барди спиртової, але перевершує їх за вмістом сирого протеїну та сирого жиру. Порівняльний склад цих продуктів представлений у таблиці 3.

Таблиця 3

Склад сухих відходів бродильних виробництв (%)

| Продукт | Вологість | Сирий протеїн | Клітковина | Зола | Сирий жир | БЕР |
|------------------|-----------|---------------|------------|------|-----------|-------|
| Дробина спиртова | 12 | 23–25 | 11–13 | 3–4 | 6–8 | 40–55 |
| Дробина пивна | 11,5 | 20–22 | 15–17 | 3–5 | 5–7 | 35–45 |
| Барда спиртова | 12,2 | 14–16 | 24–26 | 5–7 | 5–7 | 35–40 |

Поживна цінність спиртової дробини 1,31 кормових одиниць, а що йде на виробництво спирту, пшениці – 1,19 кормових одиниць.

Спиртова дробина може бути використана як цінний корм для сільськогосподарських тварин у натуральному, висушеному вигляді, а також у складі комбікормів [2, с. 15].

Ці відходи виробництва не використовуються у чистому вигляді, оскільки рідина дуже швидко псується, а транспортувати її невігодно з економічної точки зору.

Через це утилізація відходів спиртового виробництва в Україні потребує застосування низки технологій та високоякісного обладнання, такого як: роторні насоси, подрібнювачі, шредери та сепаратори.

Основною проблемою підприємств, що займаються виробництвом спирту, є утилізація післяспиртової барди. Існують такі рішення:

- вивіз побічного продукту на очисні споруди. З ними слід укласти відповідний договір;
- зведення власної очисної споруди;
- використання лінії переробки барди.

Вигода від співпраці з очисними спорудами залишається сумнівною для багатьох підприємств, тому найбільш раціональною буде повна переробка післяспиртової барди.

Основним напрямом використання пивної дробини в даний час є реалізація на корм худобі в натуральному вигляді.

Переробка дробини шляхом гідролізу з подальшим вирощуванням кормових дріжджів дозволяє отримати кормову добавку – біотрин.

Крім використання дробини як кормового продукту, з неї виділяють білок, що використовується в харчових цілях. Через високий вміст клітковини та білка пивну дробину застосовують у хлібопеченні.

Слід зазначити, що основним відходом спиртового виробництва є спиртова барда, цінність якої, як кормового засобу, полягає у значному вмісті протеїну. Однак, при використанні барди у свіжому вигляді виникають значні труднощі з транспортуванням, пов'язані з наявністю великої кількості води.

Відтак, всі вищенаведені технології зменшують кількості барди, що виробляється, та призводять до деякого зниження виходу спирту.

Утилізація відходів спиртового виробництва в Україні потребує застосування низки технологій та високоякісного обладнання, а також для усунення загроз забруднення довкілля.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 7345:2021 Дробина пивоваріння. Технічні умови. [Чинний від 15.09.2021]. Київ. 2021. 18 с.
2. Бомко В. С., Сиваченко Є. В., Сметаніна О. В. Корми і кормові добавки та ефективність їх використання в годівлі тварин: навч. посіб. Біла Церква, 2023. 225с.
3. Малюшко О., Нікітін Г., Салюк А. Раціональна переробка пивоварних відходів. *Харчова і переробна промисловість*. 2021. № 4. С. 16–17.
4. Самойчук К. О., Паляничка Н. О., Верхоланцева В. О. Технологічне обладнання галузі: конспект лекцій. Мелітополь: Forward press, 2020. 255 с.
5. Сухенко Ю. Г., Серьогін О. О., Сухенко В. Ю., Рябоконт Н. В. Ресурсозберігаючі технології в харчових і переробних виробництвах. Київ: ЦП «КОМПРИНТ», 2016. 338 с.
6. Голуб Н. Б., Потапова М. В. Сучасні методи переробки й утилізації зернової післяспиртової барди. *Innov. Biosyst. Bioeng.* 2018. Vol. 2(2). P. 125–134.
7. Мельниченко Т. І., Кадошніков В. М., Жебровська К. І. Впровадження прогресивних технологій утилізації відходів на об'єктах спиртової промисловості – запорука збереження довкілля. *Гігієна населених місць*. 2018. № 68. С. 75–81.
8. Бухкало С. І., Ольховська О. І., Ольховська В. О., Зіпунніков М. М. Дослідження та аналіз інноваційних заходів з технології комплексної утилізації післяспиртової барди. *Вісник Національного Технічного Університету*. 2019, № 15 (1340). С. 66–74.
9. Корчик Н. М., Буденкова Н. М., Кирилюк С. В. Розробка технологій переробки рідких відходів спиртового виробництва. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*. 2019. Вип. 7, № 25. С. 38–41.
10. Старун В. Ю. Попередня обробка для підвищення виходу та якості біогазу в результаті анаеробного зброджування відходів пивоварних заводів. *Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів: Матеріали ІХ міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпро, 06–07 жовтня 2021 р.)*. Дніпро: ІППЕ НАН України, 2021. С. 33–35.

References

1. DSTU 7345:2021. (2021). Drobyna pyvovarinnia. Tekhnichni umovy. [Chynnyi vid 15.09.2021]. Kyiv. [in Ukrainian].
2. Bomko, V. S., Syvachenko, Ye. V., Smetanina, O. V. (2023). Kormy i kormovi dobavky ta efektyvnist yikh vykorystannia v hodivli tvaryn. Bila Tserkva [in Ukrainian].
3. Maliuzhko, O., Nikitin, H., Saliuk, A. (2021). Ratsionalna pererobka pyvovarnykh vidkhodiv. *Kharchova i pererobna promyslovist*, 4, 16–17 [in Ukrainian].
4. Samoichuk, K. O., Palianychka, N. O., Verkholantseva, V. O. (2020). Tekhnolohichne obladdannia haluzi. Melitopol: Forward press [in Ukrainian].
5. Sukhenko, Yu. H., Serohin, O. O., Sukhenko, V. Iu., Riabokon, N. V. (2016). Resursozberihaiuchi tekhnolohii v kharchovykh i pererobnykh vyrobnytstvakh. Kyiv: TsP “KOMPRYNT” [in Ukrainian].
6. Holub, N. B., Potapova, M. V. (2018). Suchasni metody pererobky y utylizatsii zernovoi pislispyrtovoi bardy. *Innov. Biosyst. Bioeng.*, 2(2), 125–134 [in Ukrainian].
7. Melnychenko, T. I., Kadoshnikov, V. M., Zhebrowska, K. I. (2018). Vprovadzhennia prohresyvnykh tekhnolohii utylizatsii vidkhodiv na ob'ektakh spyrtovoi promyslovosti – zaporuka zberezhennia dovkillia. *Hihiena naselenykh mists*, 68, 75–81 [in Ukrainian].
8. Bukhhalo, S. I., Olkhovska, O. I., Olkhovska, V. O., Zipunnikov, M. M. (2019). Doslidzhennia ta analiz innovatsiinykh zakhodiv z tekhnolohii kompleksnoi utylizatsii pislispyrtovoi bardy. *Visnyk Natsionalnoho Tekhnichnoho Universytetu*, 15, 66–74 [in Ukrainian].
9. Korchuk, N. M., Budenkova, N. M., Kyryliuk, S. V. (2019). Rozrobka tekhnolohii pererobky ridkykh vidkhodiv spyrtovoho vyrobnytstva. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*, 7(25), 38–41 [in Ukrainian].
10. Starun, V. Yu. (2021). Poperednia obrobka dlia pidvyshchennia vykhodu ta yakosti biohazu v rezultati anaerobnoho zbrodzhuvannia vidkhodiv pyvovarnykh zavodiv. *Problemy pryrodokorystuvannia, staloho rozvytku ta tekhnohennoi bezpeky rehioniv*. Materials of IX international scientific-practical conference (Dnipro, 06–07 October 2021). Dnipro: IPPE NAN Ukrainy, 33–35 [in Ukrainian].