

І. В. Васильківський
Т. С. Тітов
Т. І. Сидорук
О. В. Шеверук

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВІДХОДІВ НЕМИРІВСЬКОГО СПИРТОВОГО ЗАВОДУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано виробничу діяльність Немирівського спиртового заводу, та його вплив на довкілля. Дана характеристика джерел утворення газових викидів забруднюючих речовин, рідких стоків та твердих відходів підприємства. Запропоновані природоохоронні заходи спрямовані на підвищення екологічної безпеки Немирівського спиртового заводу та використання хімічних відходів спиртового виробництва.

Ключові слова: спиртова промисловість, етиловий спирт, бражка, забруднюючі речовини, викиди спиртового виробництва, відходи спиртового виробництва, дріжджі, після спиртова барда, біопаливо.

Abstract

The production activities of the Nemyriv Distillery and its impact on the environment are analyzed. The sources of gaseous emissions of pollutants, liquid effluents and solid waste of the enterprise are characterized. Environmental protection measures are proposed to improve the environmental safety of the Nemyriv Distillery and the use of chemical waste from alcohol production.

Keywords: alcohol industry, ethyl alcohol, mash, pollutants, alcohol production emissions, alcohol production waste, yeast, after-alcohol lees, biofuel.

Вступ

Спиртова промисловість є однією з бюджетоутворюючих і найприбутковіших галузей української економіки, вона відіграє важливу роль у ефективному функціонуванні інших галузей: харчової, а також фармацевтичної, агропромислового та паливно-енергетичного комплексів. Спирт є основним продуктом для виготовлення лікєро-горілчанних виробів. Останнім часом набуває значного поширення біоетанол, досить перспективний вид палива. Заводи спиртової промисловості, окрім основного продукту – спирту, виробляють ще близько 30 видів продукції, а саме: плодоовочевих консервів, солоду житнього, солоду пивоварного, концентрату квасного сусла, мінеральної води, слабоалкогольних напоїв, кондитерських виробів, оцту спиртового харчового, майонезу, екстракту хмелю, дріжджів, вина, парфумів, розчинників, морилки, незамерзаючих миючих рідин тощо.

Спиртова промисловість України — одна з провідних галузей за утворенням відходів і стічних вод. На сьогоднішній день в спиртовій промисловості склалася достатньо складна екологічна ситуація з утилізацією основного відходу виробництва – барди, яка в натуральному вигляді не має попиту на ринку, і її потрібно утилізувати. На 80 спиртозаводах України протягом року утворюється близько 4 млн м³ мелясної та 3,6–3,8 млн м³ зернової барди, а також близько 8 млн м³ слабозабруднених стічних вод. Ці стічні води не можуть без очищення скидатися у водойми. Мелясна барда на більшості заводів не утилізується і без очищення разом зі стічними водами скидається у відстійники, де загниває, забруднюючи ґрунтові води і повітря. Складність технологічних процесів призводить до утворення значних викидів в атмосферне повітря, стічних вод і утворення промислових відходів.

Метою роботи є екологічна оцінка відходів Немирівського спиртового заводу та розроблення рекомендацій для підвищення рівня екологічної безпеки підприємства і зменшення його впливу на навколишнє середовище.

Основна частина

Спиртова галузь Вінниччини, яка сьогодні переживає не кращі часи, становить всього 14

спиртзаводів, з них 12 входили до складу вінницького об'єднання "Поділля спирт". В рамках затвердженої Кабінетом міністрів України програми реформування та розвитку спиртової галузі на 2020-2023 роки, відбулася «мала приватизація» і всі спиртзаводи Вінниччини отримали своїх нових власників. На сьогоднішній день, на повну потужність працює лише Немирівський спиртзавод, придбаний у Фонду державного майна України компанією "Nemiroff", яка інвестувала у реконструкцію і модернізацію підприємства великі фінансові ресурси. Компанія "Nemiroff" інвестувала від \$1,2 млн до \$1,5 млн в модернізацію придбаного заводу, зокрема в обладнання, технології та персонал для того, щоб зробити виробництво відповідним до стандартів компанії [1, 2].

ТОВ «Nemiroff» – горілчана компанія харчової промисловості, заснована 1992 року в Україні. Сьогодні це провідний світовий виробник високоякісного алкоголю і один з лідерів світового ринку алкоголю, відомий в 80-ти країнах світу. Близько 40% всієї експортованої з України горілки - виробництва Nemiroff. Компанія входить в топ-3 постачальників горілки в магазинах безмитної торгівлі Duty Free в світі. Виробництво і розлив продукції Nemiroff здійснюється на власних потужностях заводу в місті Немирові (Вінницька область України). У 2024 році компанія Nemiroff завершила модернізацію Немирівського спиртозаводу, потужності підприємства становлять 9 тис. дал на місяць, що повністю закриває потреби в харчовому спирті лікєро-горілкового заводу компанії [2].

Загальний вигляд Немирівського спиртового заводу представлений на рисунку 1 [1]. Промисловий майданчик Немирівського спиртового заводу загалом налічує 27 джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря [1].



Рис. 1. Центральний вхід Немирівського спиртового заводу

Основними джерелами виникнення забруднюючих речовин є спиртовий завод з котельнею та допоміжними дільницями. Основними забруднюючими речовинами є: оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид заліза, оксид марганцю, пил мучний, пил зерновий, спирт етиловий, хлор, пари дизпалива, діоксид вуглецю, формальдегід. Викиди забруднюючих речовин на підприємстві здійснюються через вихлопи циклонів, вентиляційні труби, дефлектори, димові труби. Найбільші викиди забруднюючих речовин в атмосферу – від котельні: вуглецю оксид і діоксид вуглецю. Частково викиди на підприємстві носять неорганізований характер. Перевищень гранично-допустимих концентрацій забруднюючих речовин на межі санітарно-захисної зони підприємства та в контрольних точках не виявлено [3].

Спиртовими заводами Вінницької області виробляється зернова та мелясна барда і лише незначна частина якої використовується для кормів. На Немирівському спиртовому заводі, що переробляє зерно, утворюється після спиртова барда, яка містить практично всі компоненти вихідної сировини, окрім крохмалю. До того ж, барда збагачується залишковими спиртовими дріжджами, що збільшує її кормову цінність. Технологія виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини (зерна) реалізована на Немирівському спиртовому заводі представлена на рисунку 2.

Технологія етилового спирту ґрунтується на ферментативному гідролізі крохмалю, який міститься в рослинній сировині, і зброджуванні дріжджовими мікроорганізмами утворених цукрів (а також цукрів з меляси і цукрового буряку) в спирт, тобто, це – біохімічна технологія [4, 5]. Головні технологічні процеси:

- 1) розварювання рослинної сировини з водою;
- 2) охолодження розвареної рослинної маси і обробка крохмалю ферментами солоду для утворення цукрів;
- 3) зброджування цукрів дріжджами;
- 4) відгін з бражки спирту і його ректифікація.

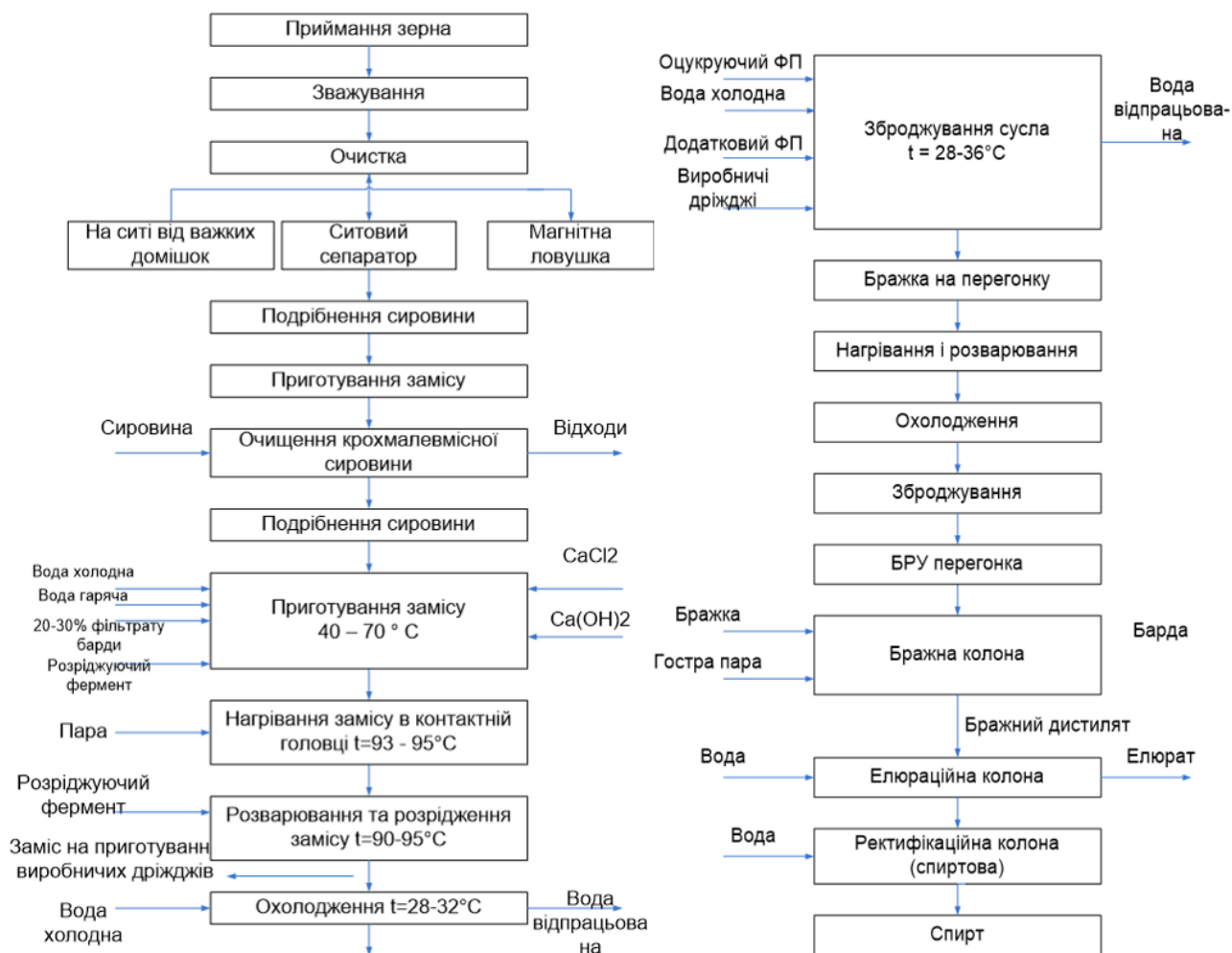


Рис. 2. Загальна схема спиртового виробництва

В процесі виробництва спирту утворюються побічні продукти – вуглекислий газ, сивушна олія, ефіри та альдегіди, а також відходи – барда (залишок після відгону спирту з бражки). Барди утворюється в 11-12 разів більше, ніж вихід спирту [4, 5]. Стічні води спиртової промисловості, що зливаються на поля фільтрації, відкриті водойми, швидко загнивають, виділяють неприємні запахи, а також є причиною розмноження комах. Ці забруднення розповсюджуються в межах повітряного басейну досить нерівномірно, їхня концентрація у повітрі в окремих районах може досягати загрозливих для здоров'я населення розмірів. Крім того, з бардою втрачаються корисні речовини, що в ній містяться. Несвоєчасна утилізація барди, тривале зберігання на території заводу, скидання на поля фільтрації, де природним шляхом (повільно) відбувається механічне, хімічне і біологічне очищення, призводить до зараження і забруднення ґрунтових вод, водойм і атмосферного повітря. Згідно з Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів [6] і Правилами безпеки для спиртового та лікеро-горілчаного виробництва [7], санітарно-захисна зона (СЗЗ) підприємства з виробництва харчового спирту має бути не меншою 100 м [6, 7].

Стічні води, які утворюються на Немирівському спиртовому заводі і підприємствах спиртової промисловості, за наявності і складом органічних забруднювачів належать до категорії висококонцентрованих, які характеризуються високим ступенем забруднення. Стічні води в спиртовій промисловості поділяють на три основні групи:

- промислові води, що утворюються безпосередньо при використанні води в технологічних операціях. Ці води забруднені усіма речовинами, які використовуються в технологічних процесах даного виробництва.
- промислові води від допоміжних операцій та процесів, які утворюються під час поверхневого охолодження технологічної апаратури та енергетичних агрегатів. Такі води в основному характеризуються підвищеною температурою.
- промислові води після санітарно-гігієнічної дезінфекції приміщень, трубопроводів, машин і апаратів. Такі стічні води забруднені лугами та іншими токсичними сполуками. Їх бажано відводити кількома самостійними потоками, але на більшості спиртових заводах їх відводять загальним потоком. Об'єднуючи забруднені стічні води на заводах спиртової промисловості, слід враховувати можливість взаємодії компонентів різних вод з виділенням значної кількості газоподібних речовин (вибухонебезпечних та інших), а також утворенням осадів, токсичних, канцерогенних речовин тощо.

На різних підприємствах склад і кількість стічних вод істотно розрізняються. В таблиці 1 наведено характеристику стічних вод спиртових підприємств, на яких в якості сировини використовують мелясу [4, 8].

Таблиця 1 – Характеристика стоків вод спиртових заводів

Показники	Категорія стічних вод				Барда первинна	Барда вторинна
	перша	друга	третя	четверта		
Температура, С	30-60	20-100	80-100	20-90	95-98	25-30
Запах, бали	0-3	3-5	4-7	3-64	5,0	5,0
pH	7,0-8,0	8-12	4,4-6,4	5,5-6,2	5,0-5,5	4,5-5,0
Прозорість, см	12-30	10-25	15-25	0-2	0	0
Сухий залишок, г/л	0,35-0	13-20	0,3-0,6	0,45-10,0	70-85	50-65
ХСК, мг О ₂ /л	5-40	10-40	60-350	1000-4000	49000-66900	20000-48000
БСК _{повн} , мг О ₂ /л	5-12	5-80	180-300	950-4500	44000-59000	18000-4:000
БСК ₅ , мг О ₂ /л	2-10	2-40	100-2500	600-3700	29000-48000	15500-29900
Азот загальний, мг/л	-	-	-	-	2500-3860	940-2500
Легкі кислоти, мг/л	-	-	-	-	2300-3900	300-720

Воду класифікують за забрудненням за величиною біохімічного споживання кисню (БСК) на 4 категорії, які відображають рівень органічного забруднення. Ці категорії визначають якість води, де вищі значення БСК вказують на значне забруднення.

Категорія 1 (чиста вода): Має низький рівень БСК, що свідчить про відсутність або мінімальну наявність органічних забруднень.

Категорія 2 (слабозабруднена вода): БСК трохи вище, вказує на незначне забруднення.

Категорія 3 (забруднена вода): Має помірно високий рівень БСК, що вказує на суттєве забруднення органічними речовинами.

Категорія 4 (дуже забруднена вода): Характеризується високим значенням БСК, що свідчить про значне забруднення, яке може бути небезпечним для водних екосистем.

Основним технологічним відходом спиртового виробництва, що утворюється після перегонки, є барда. В результаті розкладання барди утворюються аміак, окисли азоту, метан, діоксид вуглецю, сірководень, оцтова, молочна і масляна кислоти, що призводить перевищення допустимих показників шкідливих речовин. Саме тому необхідні технології утилізації після спиртової барди. Основною проблемою при утилізації після спиртової барди є переробка рідкої фази, так званого «фугату». За своїм хімічним складом свіжа зернова барда є досить поживним кормом, і раніше вона традиційно використовувалася для відгодівлі худоби на великих відгодівельних комплексах. У сушеному вигляді її можна використовувати для годівлі свиней, птиці, дрібних сільськогосподарських тварин і риб.

Проте останніми роками тваринницькі комплекси у багатьох регіонах ліквідовано, і значна кількість барди не використовується. Шляхом переробки з неї отримують гліцерин, глютамінову кислоту і глютамат натрію, бетаїн, ацидін медичного призначення, кормові дріжджі, кормовий концентрат КМБ-12, склад якого вказано в таблиці 2 [8].

Перспективним є використання барди як добрива. Разом з тим, при неконтрольованому внесення в ґрунт великих обсягів можливий розвиток ряду негативних змін, барда має кислу реакцію, через що поступово відбувається закислення ґрунту. Для отримання добрива спиртову барду змішують з

негашеним вапном в кількості 10-15% від її загальної маси, норма витрати такого добрива становить 0,6-0,8 т/га. Але кількість внесеного вапна 15% – гранична, так як при перевищенні даного показника знижується вміст азоту і, відповідно, ефективність такого добрива (табл. 3) [4, 8].

Таблиця 2 – Склад кормового концентрату КМБ-12

Вітаміни	Кількість, мг/кг натуральної маси
B12 (ціанокобаламін)	25-30
Рибофлавін	50-60
Піридоксин	30-40
Тіамін	1-2
Пантотенова кислота	12-15
Нікотинова кислота	80-90
Фолієва кислота	180-200
Холін	5000

Таблиця 3 – Залежність хімічного складу добрива від кількості внесеного вапна в після спиртову барду

Дози внесеного вапна	Загальний азот, %	Вміст білкових речовин, %	pH
Спиртова барда (без внесення вапна)	4,87	30,45	5,0
Спиртова барда + 2-9% вапна	3,12	23,12	5,9
Спиртова барда + 10-15% вапна	2,63	18,18	9,8
Спиртова барда + 16-20% вапна	1,53	7,18	13,4

Враховуючи західноєвропейський досвід, доцільно на спиртових заводах України переводити барду в сухий стан для підвищення ефективності її використання. Суха барда придатніша до тривалого зберігання, крім того, її можна використовувати для виготовлення комбікормів. Таким продуктом є суха гранульована барда, відома у всьому світі як DDGS (Distillers Dried Grainwith Solubles). Цей продукт є цінним білковим кормом і має великий попит на світовому ринку. Технологічний процес отримання продукту DDGS полягає в концентрації зернової барди, висушуванні отриманого концентрату і гранулюванні останнього. Ринкова вартість сухої гранульованої після спиртової барди (DDGS) складає 8000-10000 грн за тону в залежності від виробника. Технологічна схема виробництва DDGS можна розкласти на 4 стадії: стадія декантування сирої барди, упарювання фугата, сушка вологого залишку і гранулювання сухої барди (рисунок 3).



Рис. 3. Схема виготовлення сухої гранульованої барди

Декантування барди відбувається розділенням барди на рідку (фугат) і дисперсну (вологий залишок) фазу, яка здійснюється з використанням декантерних центрифуг. Упарювання фугату барди проводиться до вмісту 40% сухих речовин. Сушка суміші вологого залишку з концентрованим фугатом здійснюється на роторно-трубчастих сушках. Завершальна стадія виробництва - гранулювання сухої барди. Крім того, при гранулюванні сухої барди з метою використання її в якості корму для тварин можна вводити до її складу інші компоненти, наприклад різні вітаміни і добавки, тобто отримувати повноцінні готові комбікорми і таким чином підвищувати цінність готового продукту.

Встановлено, що в раціон великої рогатої худоби доцільно додавати висушену барду, яка містить всі корисні речовини рідкої барди, але кормова цінність якої вища на 30 % завдяки більшій засвоюваності білка. Фізико-хімічний склад натуральної, упареної і сухої барди наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Фізико-хімічний склад натуральної, упареної і сухої барди

Вигляд барди	СР, %	Структура сухих речовин					
		Азот			Протеїн	Білок	Зола
		загальний	білковий	небілковий			
Натуральна	7,5-8,5	4,2	3,1	1,1	26,25	19,37	5,7
Упарена	15-16	4,2	3,2	1,0	26,25	20,00	5,36
Суша	86-60	4,86	3,2	1,66	26,68	24,00	5,38

За органолептичними і фізико-хімічними показниками DDGS відповідає вимогам, представленим у таблиці 5.

Таблиця 5 – Фізико-хімічні показники сухої гранульованої післяспиртової барди

Найменування показника	Характеристики
Зовнішній вигляд	Розсипний продукт або гранули
Колір	Від ясно-жовтого до коричневого
Запах	Хлібний-дріжджовий, властивий зерновій сировині і дріжджам, без стороннього запаху
Масова частка вологи, %, не більше	10,0
Для гранульованих продуктів %, не більше	11,0
Масова частка сирого протеїну, не менше	25,0 (30,0)
	18,0
Масова частка вуглеводів (на СР), не більше	25,0
Масова частка золи (на СР), не більше	10,0
Діаметр гранул, мм, не більше	10,0
Металомагнітна домішка: частинки розміром до 2 мм включно в 1 кг продукту, міліграм, не більше	30,0
Токсичність	Не допускається

Примітка: СР – суха речовина

Гранульована після спиртова барда має теплофізичні властивості співрозмірні із деревиною і може використовуватися в якості біопалива (таблиця 6).

Таблиця 6 – Теплофізичні властивості зернової барди

Показники		Барда гранульована	Деревина
Вологість	W %	8,285	35
Зольність	A %	1,7	0,6
Леткі речовини	V %	81,39	85
Теплота згоряння:	кДж/кг	20 158	18800
по сухій речовині (СР)			

Таким чином, суха гранульована після спиртова барда є екологічно чистим біопаливом з високою теплотворною здатністю, порівняно із деревиною і деревним вугіллям.

Після спиртову барду, зважаючи на значний вміст в ній білкових речовин, можна використати для виробництва біогазу. Біогаз є продуктом бродіння (метанової ферментації) органічних відходів будь-якого походження. Ефективною з точки зору енергозбереження та охорони довкілля є біологічна очистка після спиртової барди метаноутворюючими бактеріями з отриманням біогазу. З 1 т зернової барди можна отримати 40 м³ біогазу, а з 1 т мелясної барди – 45 м³, з вмістом метану 65-70 % [9].

Висновки

Екологія спиртової промисловості знаходиться у катастрофічному стані. Спиртові заводи практично не мають очисних споруд. Причиною цього стало те, що в процесі створення цих виробництв не передбачалося будівництво очисних споруд по очищенню і переробці відходів. Основним напрямком екологізації спиртової галузі є створення максимально безвідходного виробництва за рахунок вдосконалення і модернізації технологічних процесів.

Для підвищення рівня екологічної безпеки відходів Немирівського спиртового заводу необхідно налагодити процес утилізації після спиртової барди шляхом її висушування з подальшим гранулюванням. Висушена барда є цінною речовиною і може бути використана як корм або паливо. Кормові гранули з барди - це екологічний та економічний корм, що містить багато корисних речовин і покращує продуктивність тварин. Вони легко перетравлюються, підходять для великої рогатої худоби, свиней і птахів, сприяють зростанню маси та поліпшенню молочної продуктивності, легко зберігаються та транспортуються, можуть бути додатком до інших кормів.

Це дозволить значно поліпшити екологічну ситуацію навколо заводу, а крім того підвищити ефективність спиртового виробництва. Прибуток від реалізації сухої гранульованої барди дозволить покрити 35-40% виробничих витрат і понизити собівартість спирту на 20-30%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мельничук, О. А. (2023). Немирівський спиртовий завод (Вперше опубліковано 2021). І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін. (Редкол.), Енциклопедія Сучасної України (Т. 23). Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України. <https://esu.com.ua/article-73530>
2. Nemiroff [Електронний ресурс]: <https://www.nemiroff.vodka> - Режим доступу <https://www.nemiroff.vodka>: вільний. Назва з екрану.
3. На Вінниччині влада райцентру збирає докази для закриття через суд спиртзаводу, сморід від якого перетворив життя людей на пекло, 23.08.2018. URL: <http://www.vinnitsa.info/news/na-vinnichchini-vlada-raytsentru-zbiraye-dokazi-dlya-zakrittya-cherez-sud-spirtzavodu-smorid-vid-yakogo-peretvoriv-zhittya-lyudey-na-peklo.html>
4. Маринченко В.О. Технологія спирту / В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, В.М. Швець, П.С. Циганков, І.Д. Жолнер. – Вінниця: «Поділля-2000», 2003. – 496 с.
5. Довідник працівника спиртової промисловості (виробництво спирту з м'яси), за загальною ред. В.П. Рудницького. Київ: Техніка, 1972, – 384 с.
6. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів (Затверджено Наказом МОЗ України від 19 червня 1996 р. – №173. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96>.
7. НПАОП 15.9-1.11-97. Правила безпеки для спиртового та лікеро-горілчаного виробництва. URL: https://dnaop.com/html/32405_29.html
8. Кошель М., Дудник А., Каранов Ю., Ліптус В., Добриловський Б. Утилізація післяспиртової барди й очищення стоків з одержанням білкового корму й біогазу. Пропозиція, 2002, – №11. – 19 с.
9. Інноваційні аспекти виробництва біопалива в Україні: стан, проблеми, перспективи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/portal/chem_biol/nvnu/2009_142_1/09sva.pdf

Васильківський Ігор Володимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: igor.vntu@gmail.com

Тітов Тарас Сергійович – канд. хім. наук, доцент кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Сидорук Тетяна Іванівна – канд. хім. наук, доцент, доцент кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Шевчук Олександр Васильович – студ. групи ТЗД-24м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: sasaseveruk95@gmail.com

Igor V. Vasyukivskiy – Ph.D., Docent, Associate Professor of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: igor.vntu@gmail.com

Taras S. Titov – Ph.D. (Chem.), Associate Professor of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Tetiana I. Sydoruk – Ph.D. (Chem.), Docent, Associate Professor of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Oleksandr V. Shevchuk – student, Faculty of Civil Engineering, Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sasaseveruk95@gmail.com