

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

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВІДХОДІВ КРИЖОПІЛЬСЬКОГО ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано виробничу діяльність приватного акціонерного товариства «Крижопільський цукровий завод», 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 приватного акціонерного товариства «Крижопільський цукровий завод».

Ключові слова: цукрова промисловість, виробництво цукру, відходи цукрового виробництва, газові викиди підприємств цукрової промисловості, забруднення атмосферного повітря, ресурсозбереження, енергозбереження.

Abstract

The production activities of the private joint-stock company "Kryzhopil Sugar Plant" 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. The proposed environmental protection measures are aimed at increasing the environmental safety of the private joint-stock company "Kryzhopil Sugar Plant".

Keywords: sugar industry, sugar production, sugar production waste, gaseous emissions of sugar industry enterprises, atmospheric air pollution, resource conservation, energy conservation.

Вступ

Цукрова галузь харчової промисловості завжди була найрозвинутішою серед інших галузей національної економіки України. Цукрова промисловість є найскладнішою за технологічними процесами посеред інших галузей харчової промисловості. Можна відзначити що цукрова промисловість дедалі частіше переходить на виробництво цукру в більших масштабах, а також на цукрових заводах збільшується період переробки цукрового буряку. Велика кількість складних технологічних процесів призводить до утворення значних викидів в атмосферне повітря, має значний показник водоспоживання і утворення промислових відходів.

Метою роботи є екологічна оцінка впливу виробництва цукру з цукрових буряків приватного акціонерного товариства «Крижопільський цукровий завод» та розроблення рекомендацій для підвищення рівня екологічної безпеки підприємства і зменшення його впливу на навколишнє середовище.

Загальні відомості про підприємство

Приватне акціонерне товариство «Крижопільський цукровий завод» входить до складу Приватного Акціонерного Товариства «Продовольча компанія «Поділля». Приватне акціонерне товариство «Крижопільський цукровий завод» спеціалізується на переробці цукрового буряка та виробництві цукру. Виробництво цукру-піску здійснюється по типовій технологічній схемі представлений на рисунку 1.

Промисловий майданчик ПАТ «Крижопільський цукровий завод» налічує загалом 41 джерело викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря: труба сатуратора I ступеню, труба сатуратора II ступеню, труба скиду сатураційного газу, труба сульфатації сиропу, труба сульфатації води, труба сушильного барабану, бункер розвантаження вапняку та вугілля, дробарка вапняку, грохот вапняку, транспортер вапнякового каменю та вугілля, відвантаження відходів вугілля, труба вапногасильного апарату, труба вивантаження негашеного вапна (4 шт.), розвантаження вугілля на склад, склад

зберігання вугілля, завантаження вугілля зі складу, розвантаження вапняку на склад, склад зберігання вапняку, завантаження вапняку зі складу, димова труба котла (для обшпарки цистерн), злив мазуту із залізничних цистерн, дихальний клапан приймального резервуару мазуту, насоси перекачування мазуту, дихальний клапан резервуару зберігання мазуту (2 шт.), труба котлів №1,2, труба опалювального котла (службові приміщення, 2 шт.), пост електрозварювання (2 шт.), заправні пристрої дизельного палива і бензину, дихальний клапан резервуару для зберігання нафтопродуктів (2 шт.), акумуляторна, бетонозмішувач, навантажувач буряків (2 шт.), труба опалювального котла, поля фільтрації [1].

Переробна потужність цукрового заводу становить 8000 т буряків на добу. Підприємство виробляє цукор I-II категорії та реалізує його під торговою маркою «ПрАТ «Продовольча компанія «Поділля»».

Основними відходами від виробництва цукру з буряків є жом, дифузійна вода, дефекаційний осад, меляса, а при збиранні цукрових буряків з поля – бурякове листя та стебло (бурячиння).

Вихід бурячиння складає 50-70, свіжого жому 70-90, дефекаційного осаду 8-12, меляси 70-90 відсотків від переробленої сировини.

Сто кілограм буряку містить близько 25 кілограм сухої речовини, з них 15-18 кілограм цукрози. Вихід цукру, готової продукції складає 12-15 кілограм. У відходи переходять 10-13 кілограм сухої речовини [1-4].

Від процесів основного виробництва утворюються відходи переробки цукрового буряка та виробництва цукру: жом, меляса некондиційна, дефекат. Ці відходи відносяться до IV класу небезпеки.

Побічні продукти виробництва, такі як меляса і гранульований жом, реалізуються, як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку.

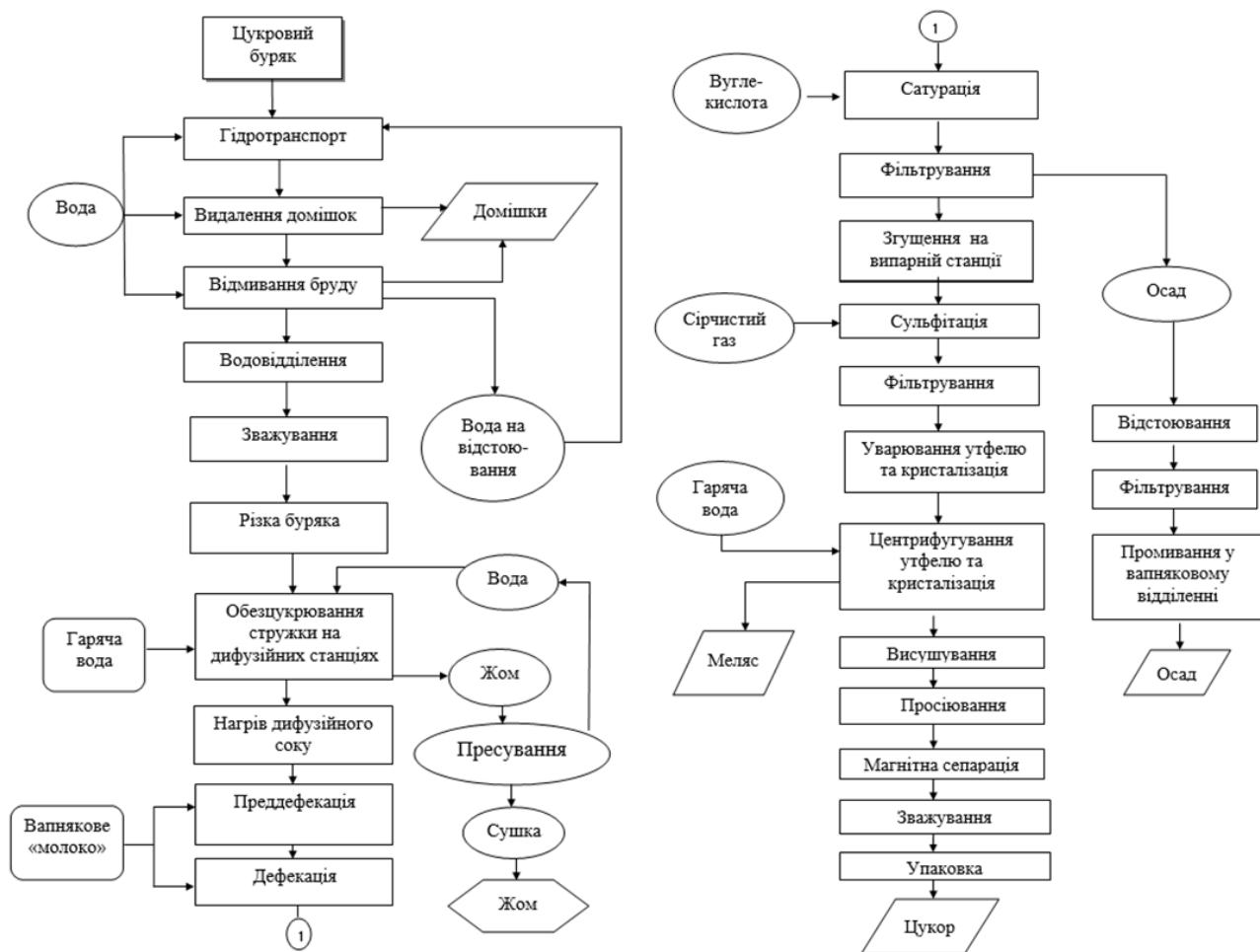


Рис. 1. Виробництво цукру-піску по типовій технологічній схемі.

При виробництві цукру утворюються тверді, газоподібні відходи і рідкі стічні води (рисунок 2) [4-8].

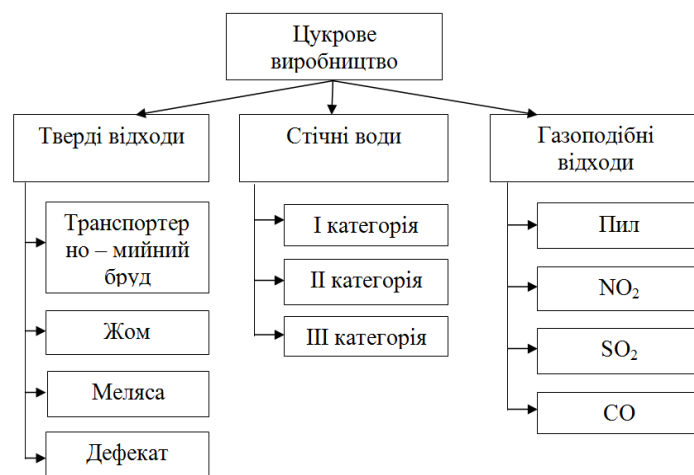


Рис. 2. Відходи цукрового виробництва

Фактичний викид забруднюючих речовин, що поступають в атмосферу від організованих та неорганізованих джерел викидів ПАТ «Крижопільський цукровий завод» наведено в таблиці 1.

З таблиці 1 видно, що дане підприємство викидає в атмосферу найбільше оксиду нітрогену (IV), оксиду сульфуру (IV) та оксиду карбону (II). До джерел утворення цих речовин належать: сатуратори, сульфітатор, випарні та вакуумні апарати, ТЕЦ, мазутне господарство, механічна майстерня, ковальський горн, транспортне господарство. Також під час процесів випалювання вапняку, його транспортування та зберігання в атмосферу виділяється пил оксиду кальцію та гідроксид кальцію [3, 5].

Підприємство відноситься до IV класу небезпеки із санітарно-захисною зоною - 100 м (основне виробництво), найкоротша відстань від джерел викидів до житлових будинків – 150 м.

Робота підприємства носить сезонний характер, а режим роботи з виробництва цукру становить 120 днів на рік. На заводі є цехи основного і допоміжного виробництва, складські площі і приміщення, автотранспортні засоби і служба управління заводом.

Основним продуктом цукрового заводу є цукор з цукрових буряків. В результаті їх переробки утворюються побічні продукти: жом, патока, дефекат.

Жом продається сільськогосподарським підприємствам і населенню в якості корму для худоби.

Патока продається на підприємствах спиртової промисловості для виробництва спирту, також використовується для виробництва кормових і хлібопекарських дріжджів, лимонної кислоти, частково використовується на корм худобі. Оскільки патока є дуже хорошим добривом для ґрунту, її також продають сільськогосподарським підприємствам та населенню.

Таблиця 1 – Фактичний викид забруднюючих речовин, що поступають в атмосферу від організованих та неорганізованих джерел викидів ПАТ «Крижопільський цукровий завод»

Назва речовини	Клас небезпеки	Фактичні викиди речовини, т/рік
Нітроген (IV) оксид	2	47,96
Сульфур (IV) оксид	3	34,3
Карбон (II) оксид	4	178,58
Сажа	3	0,5
Манган та його сполуки	2	0,0045
Амоніак	4	5,1
Кислота сульфатна	2	0,00017
Ксилол	3	0,023
Бензин	4	0,0041
Насичені вуглеводні	4	3,6866
Зола	3	0,178
Кальцію оксид	3	4,12
Кальцію гідроксид	3	1,411
Кальцію карбонат	3	0,61
Сірка елементарна	2	0,009
Уайт-спірит	4	0,069
Пил вугільний	3	0,215
Оксид феруму (III)	3	0,091

За призначенням готової продукції цукровий завод відноситься до групи "А", оскільки виробляє продукцію, яка поставляється в якості сировини в інші галузі харчової промисловості (кондитерські виробни, пекарні і т.д.), так і до групи "В", продукція якої поставляється безпосередньо споживачам.

Буряковий жом – це відходи, які залишаються після вилучення цукру з коренеплодів буряка шляхом віджиму соку з буряка дифузійним методом. Вихід жому при виробництві цукру становить до 90% від маси буряка. У таблиці 2 наведено приблизний хімічний склад жому. До складу м'якоті входить 5-6% сухих речовин, решта – вода. До сухих речовин відносяться цукор, пектин, білок, клітковина та ін. Крім легкозасвоюваних речовин, що не містять азоту, м'якоть містить лізин і треонін, яких найбільше не вистачає в зерновій сировині, амінокислоти, вітамін С і білки. М'якоть має досить високу харчову цінність, тому її дуже добре використовувати на комбикормових заводах. Після виходу з дифузора нестиснута м'якоть вважається свіжою і зберігається протягом трьох днів. У ній багато води і перевозити її на великі відстані недоцільно. Тому м'якоть, яку потрібно довго зберігати або перевозити на великі відстані, краще сушити. Свіжа м'якоть використовується для відгодівлі тварин і розміщується в жомні ями для тривалого зберігання або сушіння [6-8].

Таблиця 2 – Хімічний склад жому, %

Показники	Жом свіжий	Жом віджатий	Жом кислий
Вода	91 – 94	14 – 20	11 – 15
Суха речовина	6 – 9	80 – 86	85 – 89
Сирий протеїн	10	10,2	14
Білок	8,6	8,9	12,3
Сира клітковина	22,9	21,7	32,5
Безазотисті екстракційні речовини	62,9	65,8	43
Мінеральні речовини	4,2	4,2	7

Кислиця – це м'якоть, ферментація якої відбувалася під дією молочнокислих бактерій. При цьому з м'якоті видаляється частина води і її маса зменшується на 40%. Така м'якоть має неприємний запах через її утворення в несприятливих умовах і під впливом мікроорганізмів. Втрата поживних властивостей м'якоті може досягати 60%. Кисла вода, що утворюється при зберіганні кислиці, є стічною водою, яка підлягає очищенню і знезараженню.

Сушена целюлоза – це продукт, який був висушений до вологості 10-12%. Велика частина води видаляється за допомогою преса для віджиму целюлози. Після осадження та видалення осаду воду стерилізують у суміші з попередньо обробленим гарячим конденсатом і повертають у процес дифузії для виділення цукру з бурякової стружки. Суха целюлоза з добавками зберігається у вигляді брикетів з об'ємною вагою близько 750 кг/м³. Також суху целюлозу виготовляють у вигляді гранул, а цех сушіння целюлози оснащений гранулятором.

Меляса (патока) – є поширеним побічним продуктом вилучення або очищення цукру з буряка або цукрової тростини. Це коричнева або червона в'язка субстанція з вираженим вмістом цукру, з повільною швидкістю кристалізації. Основні фізико-хімічні показники меляси наведені в таблиці 3. Меляса також може бути у вигляді порошку. За хімічним складом меляса являє собою концентрований розчин сахарози і нецукрів, який містить близько 10% розчиненого цукру, що становить 15-50% від усіх цукрів, що містить буряк. Меляса містить органічні і неорганічні речовини. До складу органічних відносяться: бетаїн, піролідон, карбонова кислота, глутамінова кислота, аспарагінова кислота, лейцин, ізолейцин, гліколь, аланін, валін, нецукри, вуглеводи (зворотній цукор, рафіноза) і органічні кислоти (молочна, мурашина, оцтова, масляна, лимонна). Патока також містить невелику кількість заліза, кобальту, свинцю, бору, кремнію, срібла, йоду, марганцю та молібдену.

Таблиця 3 - Основні фізико-хімічні показники меляси

Показники	% за масою
Масова частка води	19 – 24
Масова частка сухих речовин	76 – 81
Масова частка сахарози	46 – 49
Масова частка нецукрів	30 – 33
Вміст загального азоту	1,5 – 2,0
Вміст молочної кислоти	4 – 6
Вміст оцтової та мурашиної кислот	0,2 – 0,5

Меляса є одним із відходів цукрового виробництва та сировиною для бродильних виробництв,

кормових (комбікормових) заводів, для боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур (як приманка з отруювачем) та в інших виробництвах. Також, меляса може бути використана, як напівфабрикат для отримання цукрози хімічним шляхом, методом сепарації [6-9].

Одним із способів використання патоки є її переробка, що дозволяє цукровому заводу отримувати додатковий цукор. Однак, цей спосіб не завжди економічно вигідний і вимагає врахування багатьох факторів, таких як кількість одержуваної патоки, можливість її використання в інших цілях, необхідність вилучення додаткових цукрів.

Подальше вилучення цукру з патоки неможливо за звичайною схемою її виробництва з буряка. Тому для отримання сахарози з меляси необхідно застосування спеціального методу осадження сахарози з меляси оксидами лужно-земельних металів (виділення вапняку, барію, стронцію).

Бурякова патока (або кормова патока) сама по собі, як правило, непридатна для споживання людиною, але деякі рафіновані фракції патоки з цукрової тростини придатні для вживання в їжу, і які використовуються у значних кількостях, як кормові добавки для виробництва комбінованих кормів та для ароматизації грубих кормів. Патока, також використовується для вирощування кормових дріжджів. На дріжджовому заводі з неї виробляють хлібопекарські дріжджі. Меляса, є сировиною для отримання шляхом ферментації лимонної, молочної та інших органічних кислот.

Дефекат - продукт взаємодії нецукрових виділень соку при очищенні з вапном, та із вуглекислим газом (IV). Дефекат є побічним продуктом при виробництві бурякового цукру. Складається на 60-80% з CaCO_3 , на 20-25% з органічних і мінеральних речовин, що не містять цукру, особливо з азотистих і безазотистих сполук: білків, пектинових речовин, солей кальцію, шавлевої і лимонної кислот. Відфільтрований дефекат містить до 0,15% K_2O і до 0,7% P_2O_5 . Фільтраційний осад утворюється на цукровому заводі в процесі попередньої і основної дефекації, а також при насиченні, сульфатації і проміжній фільтрації соку. Фільтраційний осад являє собою мінеральне (вапнякове) добриво, спеціально призначене для кальцифікації кислих ґрунтів. Він нейтралізує надлишкову кислотність ґрунту, покращує водостійкість і розпушує глинисту структуру ґрунту, а також сприяє засвоєваності добрив, особливо азотних і фосфорних. Попередньо насичені осади, збагачені органомінеральними речовинами, можна використовувати в якості добавок до кормів [6-9].

Висновки

Для підвищення рівня екологічної безпеки ПАТ «Крижопільський цукровий завод», збільшення потужності переробки та підвищення якості виробленого цукру було розпочато його масштабну модернізацію, яка включає:

1. Реконструкцію мийного відділення, продуктового цеху і введення в експлуатацію вертикальних мішалок-кристалізаторів.

2. Для збільшення енергоефективності та продуктивності заводу до 8000 т буряків на добу, на підприємстві було реконструйовано жомосушильне відділення, замінено жомопреси на преси глибокого віджиму, замінено фільтри транспортерно-мийної води.

3. Реалізовано проект переведення парових котлів з природного газу на вугілля. Реалізація цього проекту дозволила значно знизити вартість технологічного пару та оптимізувати собівартість продукції.

4. На підприємстві вдосконалили теплову схему, провадили заходи із збереження електроенергії.

5. З 2018 року на Крижопільському цукровому заводі встановлено нову станцію контрольної фільтрації соку; нову центрифугу II продукту, модернізовано фільтри соку II сатурації.

6. На ПАТ «Крижопільський цукровий завод» реалізовано безпрецедентний для України проект модернізації технологічної схеми зі встановленням нової станції декальцинації соку шляхом іонообміну.

7. ПАТ «Крижопільський цукровий завод» сертифіковано на відповідність стандарту ISO:9001.

8. Скорочення димових газів котлоагрегатів ПАТ «Крижопільський цукровий завод» можна досягнути за рахунок підвищення енергоефективності і скорочення розмірів втрат теплової енергії в процесі згорання за рахунок зниження температури димових газів, що викидаються в атмосферу. Це може бути досягнуто шляхом:

- підбору оптимальних розмірів та інших характеристик устаткування виходячи із необхідної максимальної потужності з урахуванням розрахункового запасу надійності;

- інтенсифікації передачі тепла технологічному процесу у вигляді збільшення питомого потоку тепла, збільшення площі або вдосконалення поверхонь теплообміну;
- рекуперації тепла димових газів з допомогою додаткового технологічного процесу (наприклад, виробництва пари);
- підігрівання повітря або води, або організації попереднього підігріву палива за рахунок тепла димових газів. Підігріта вода може використовуватись в системах гарячого водопостачання або централізованого опалення;
- очищення поверхонь теплообміну від накопичувальної золи і частинок вуглецю із метою підтримання високої теплопровідності. Очистка поверхонь теплообміну в зоні горіння, як правило, здійснюється під час зупинки обладнання для огляду і ТО;
- забезпечення рівня виробництва тепла, відповідного існуючим потребам. Теплову потужність котла можна регулювати, за рахунок підбору кількості необхідного палива.

Перераховані вище рекомендації (за винятком періодичної очистки) потребують додаткових інвестицій. Термін окупності може перебуває у діапазоні від п'яти до десяти років, залежно від багатьох параметрів, включаючи розмір установки, температуру димових газів тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Національної асоціації цукровиків України (НАЦУ) "Укрцукор". ПрАТ «Продовольча компанія «Поділля» (ПАТ «Крижопільський цукровий завод») URI: <http://ukrsugar.com/uk/ecm/factory/view/14>
2. Цукрова галузь України в цифрах. // Національна асоціація цукровиків України. – 2019. – С. 20–29.
3. «Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами», т 1, т 2, т 3. УНЦТЕ, Донецьк, 2010.
4. ДСТУ 4623:2006 Цукор білий. Технічні умови – Київ: Держспоживстандарт України, 2007. – 18 с.
5. Про затвердження Інструкції про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві від 10.02.95 № 7 // Зареєстровано в Міністерстві юстиції України. – 15.03.1995 р. – № 61/597.
6. Запольський А. К., Українець А.І. Екологізація харчових продуктів. – К.: Вища школа, 2005. – 423 с.
7. Домарецький В. А., Златев Т. П. Екологія харчових продуктів. – К: Урожай, 1993. – 192 с.
8. Чайка О. Г. Аналіз відходів цукрового виробництва, їх негативний вплив на довкілля / О. Г. Чайка, І. М. Петрушка // Цукор України, 2014. – № 3(99). – С. 37–38.
9. Васильківський І. В., Тітов Т. С., Гут І. С. Аналіз викидів Гайсинського цукрового заводу // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)», Вінниця, 15-16 червня 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/viewFile/25586>.

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

Кузнець Іван Олегович – студ. групи ТЗД-24м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kuznetsv487@gmail.com

Igor V. Vasylykivskiy – 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

Ivan O. Kuznets – student, Faculty of Civil Engineering, Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kuznetsv487@gmail.com