

Хмельницький національний університет

Гуманітарно-педагогічний факультет

Кафедра екології та біологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Екологізація діяльності підприємств з виробництва фарфорового посуду на
прикладі ТОВ «Полонський фарфоровий завод»

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Галузь знань – 10 Природничі науки

Спеціальність – 101 Екологія

Освітня програма – «Екологія»

КВРЕКОЛ. 024023.01.03.00

Виконала здобувачка 2 курсу група ЕКОЛм-24-1

Керівник кандидат пед. наук, доцент

Нормоконтролер

Ганна ФІЛІПІОВА

Андрій ДЯЧУК

Сергій ШЕВЧЕНКО

До захисту допускаю:

завідувач кафедри екології та

біологічної освіти

14 грудня 2025 р.

Ольга ЄФРЕМОВА

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет – Гуманітарно-педагогічний
Кафедра – Екології та біологічної освіти
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Галузь знань – 10 Природничі науки
Спеціальність – 101 Екологія
Освітньо-професійна програма – «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології
та біологічної освіти

Ольга ЄФРЕМОВА

«26» вересня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Філіпповій Ганні Олександрівні

1. Тема роботи «Екологізація діяльності підприємств з виробництва фарфорового посуду на прикладі ТОВ «Полонський фарфоровий завод»

керівник роботи Дячук Андрій Олександрович, доцент кафедри, кандидат педагогічних наук, доцент

Затверджено наказом ректора університету від 25 серпня 2025 року №65

2. Строк подання здобувачем роботи на кафедру 15 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: статистичні дані викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, дані виробничих показників підприємства, дані науково-методичної літератури, дані регіональних екологічних паспортів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити): 1 Аналіз інфраструктури та особливості розвитку фарфорової галузі промисловості України, 2 Дослідження впливу Товариства з обмеженою відповідальністю «Полонський фарфоровий завод» на навколишнє середовище, 3 Рекомендації та заходи зменшення негативного впливу на навколишнє середовище від підприємств з виробництва фарфорового посуду на прикладі Товариства з обмеженою відповідальністю «Полонський фарфоровий завод».

5 Дата видачі завдання 29 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1 Вступ	до 01.11	виконано
2 Аналіз інфраструктури та особливості розвитку фарфорової галузі промисловості України	до 10.11	виконано
3 Дослідження впливу Товариства з обмеженою відповідальністю «Полонський фарфоровий завод» на навколишнє середовище	до 25.11	виконано
4 Рекомендації та заходи зменшення негативного впливу на навколишнє середовище від підприємств з виробництва фарфорового посуду на прикладі Товариства з обмеженою відповідальністю «Полонський фарфоровий завод»	до 01.12	виконано
5 Висновки	до 4.12	виконано
6 Перелік джерел посилання	до 6.12	виконано
7 Додатки	до 8.12	виконано

Здобувачка



Ганна ФІЛІПОВА

Керівник

кваліфікаційної роботи



Андрій ДЯЧУК

АНОТАЦІЯ

Тема – Екологізація діяльності підприємств з виробництва фарфорового посуду на прикладі ТОВ «Полонський фарфоровий завод».

Автор – здобувачка групи ЕКОЛМ-24-1 Ганна ФІЛІППОВА.

Керівник – к.п.н., доцент кафедри екології та біологічної освіти Андрій ДЯЧУК.

Кваліфікаційна робота викладена на 74 сторінках, містить 3 таблиці, 20 рисунків, 4 додатки та перелік джерел посилань з 50 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ, ЕКОЛОГІЗАЦІЯ, ФАРФОРОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ, ЗАБРУДНЕННЯ, ВИКИДИ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано розвиток фарфорової галузі промисловості України, зокрема Хмельницької області, охарактеризовано технологію виробництва фарфорового посуду. Розглянуто об'єкт дослідження та вплив його діяльності на навколишнє природне середовище. Здійснено моделювання розсіювання забруднюючих речовин від джерел викидів та проаналізовано інші негативні впливи, на основі чого визначені рекомендації зі зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

15.12.2025 р.



Ганна ФІЛІППОВА

ВСТУП

В умовах сучасних глобальних екологічних викликів, загострення проблем деградації довкілля та необхідності переходу до принципів сталого розвитку особливої актуальності набуває екологізація діяльності промислових підприємств. Для України це питання є надзвичайно важливим з огляду на процеси євроінтеграції, а також необхідність відновлення та модернізації промислового потенціалу на засадах екологічної безпеки та ресурсоефективності.

Виробництво фарфору є галуззю виробництва, яка включає ряд технологічних процесів, які є енергоємними і ресурсозатратними, тож супроводжується негативним впливом та навантаженням на навколишнє природне середовище. Цей вплив зумовлює необхідність удосконалення технологій виробництва, переходу на екологічно безпечні матеріали, системи очищення у процесі виробництва відповідної фарфорової продукції та реалізацію заходів з енергоефективності.

Таким чином, актуальність обраної теми зумовлюється необхідністю вдосконалення екологічних підходів у діяльності підприємств з виробництва фарфору, підвищення рівня екологічної відповідальності промислового виробництва та зменшення негативного впливу господарської діяльності на навколишнє природне середовище. В умовах посилення екологічних вимог, зростання антропогенного навантаження та потреби у модернізації виробничих процесів особливої актуальності набуває науково обґрунтоване дослідження екологічних аспектів фарфорового виробництва й розроблення практичних заходів, спрямованих на покращення екологічної безпеки підприємств галузі.

Мета дослідження – розроблення шляхів екологізації виробництва фарфору та обґрунтування заходів зменшення впливу на навколишнє середовище на прикладі ТОВ «Полонський фарфоровий завод».

Для досягнення мети вирішувалися такі основні завдання:

- проаналізувати інфраструктуру та особливості розвитку фарфорової галузі промисловості в Україні;
- дослідити основні технологічні процеси виробництва фарфорового посуду на ТОВ «Полонський фарфоровий завод»;
- оцінити вплив діяльності підприємства на складові навколишнього середовища;
- розробити рекомендації та запропонувати заходи щодо зменшення негативного впливу ТОВ «Полонський фарфоровий завод на навколишнє середовище.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва фарфору на ТОВ «Полонський фарфоровий завод».

Предмет дослідження – екологічні аспекти та механізми екологізації діяльності ТОВ «Полонський фарфоровий завод».

Гіпотеза дослідження передбачає, що впровадження комплексу заходів, зокрема модернізації технологічних процесів та впровадження елементів екологічного менеджменту, дозволить знизити негативний вплив підприємств з виробництва фарфорового посуду на навколишнє середовище, забезпечивши при цьому екологічно орієнтований та сталий розвиток галузі.

Для досягнення поставлених завдань у роботі було використано методи аналізу та синтезу, узагальнення та прогнозування, математичного моделювання та екологічної оцінки, що забезпечило комплексне дослідження впливу діяльності ТОВ «Полонський фарфоровий завод» на навколишнє середовище та розроблення практичних рекомендацій.

Інноваційність кваліфікаційної роботи полягає у комплексному підході до екологізації виробництва фарфору на ТОВ «Полонський фарфоровий завод» і розробленні практичних рекомендацій щодо мінімізації негативного впливу підприємств даної галузі на довкілля.

Практичне значення одержаних результатів. Встановлені рекомендації з екологізації ТОВ «Полонський фарфоровий завод» можуть мати реальне їх

впровадження, які включають зокрема заходи з оптимізації технологічних процесів виробництва і з управління відходами та ресурсами на підприємствах галузі фарфорової промисловості, а також фаховій підготовці екологів у закладах вищої освіти, а саме з таких дисциплін: «Моделювання та прогнозування стану довкілля», «Екологічна безпека».

Апробація результатів кваліфікаційної роботи: окремі частини дослідження та одержані узагальнення були висвітлені в матеріалах Міжнародної науково-практичної конференції «Трансформаційні підходи до сталого розвитку: екологічна освіта, наука та природоохоронні практики для відбудови України» (22-26 вересня 2025 року, м. Житомир) (додаток А).

1 АНАЛІЗ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ФАРФОРОВОЇ ГАЛУЗІ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

1.1 Становлення, розвиток та інфраструктура підприємств фарфорової промисловості

Уперше виробництво фарфору в Україні було започатковано у 1783 році на околиці Корецького замку Правобережної України. Двоє польських інженерів на основі локальних каолінів розробили рецептуру фарфорової маси. Так було засновано Корецьку фаясарню (назва порцелянових виробництв на Волині). Це підприємство спеціалізувалося на випуску посуду та аптекарських засобів (рисунок 1.1) [1].



Рисунок 1.1 – Корецька порцеляна [1]

З того часу підприємство експлуатувалося приблизно 40 років. У 1832 році підприємство було знищено внаслідок пожежі. У XVIII столітті у

Межигір'ї з'явився центр розвитку фарфорової промисловості, через те що поблизу були поклади потрібної для виробництва глини [1].

Також було підприємство в Городниці, що виготовляло міцні, легкі та візуально естетичні вироби. Окрім цього були Баранівські вироби (назва від міста Баранівка на Житомирщині, де знаходилось однойменне підприємство), а саме столові, чайні та кавові сервізи, а також інші вироби з фарфору, в основі якого високоякісний каолін. Баранівські фарфорові вироби характеризувалися високою якістю, мали широкий попит і брали участь у виставках у різних містах світу: Венеція, Рим, Барселона і Лондон [1].

Наступними були підприємства у Волокитному (1838 року заснування), неподалік якого було відкрите Полошкинське родовище каоліну, і Белотині (1850 року заснування). Завод у Волокитному спеціалізувався на виготовленні багатьох керамічних виробів, серед яких були фарфорові іконостаси. Особливої популярності підприємство здобуло після того, як випустило іконостас для Волокитинської церкви святої Покрови. Виготовлення цього іконостасу започаткувало одну із найважливіших стадій розвитку фарфорової промисловості України в середині XIX століття [1].

У 1860 році підприємство у Белотині почало виготовляти фарфор, над яким працювали німецькі і чеські спеціалісти, а у 1887 році виробнича потужність була перенесена у місто Полонне на Хмельниччині [1].

З 1925 року по 1927 рік в Україні функціонувало монополістичне об'єднання, яке спеціалізувалося на виготовленні і розповсюдженні реклами на вироби фарфоро-фаянсової промисловості. Заводи, які були у складі цього об'єднання виготовляли фарфоровий та фаянсовий посуд, ізоляційний фарфор, для цього об'єднання мало кар'єри для видобутку глини та каоліну і майстерню фарб. У 1925 році у об'єднанні з'явилося художня секція, де займалися розробкою розписів продукції із фарфору і механізації та напрацювання нових зразків рисунків для декорування. З часом до виготовлення фарфорових виробів додаються малюнки і візерунки Петриківського розпису, які створюють народні майстри з однойменного селища на Дніпропетровщині [2].

В Україні на початку 1990-х років фарфорова промисловість налічувала близько 30 виробничих потужностей. Переважна кількість підприємств була на Поліссі. На той час різноманітна продукція, яка випускалася на заводах у Коростені, Полонному, Кам'яному Броді, Олевську, Довбиші, Городниці і Баранівці була відома у всьому світі (рисунок 1.2) [3].



Рисунок 1.2 – Український фарфор ХІХ століття – тарілка з портретом [1]

Продукція надавала широкий вибір керамічних виробів, у тому числі ті, які мали український орнамент. Стан розвитку і функціонування фарфорової промисловості до 1991 року наведений на рисунку 1.3 [2] – [3].

З 1991 року рівень попиту на вітчизняну продукцію знизився, адже у країні з'явилися імпорتنі товари. Це спричинило припинення експлуатації фарфорових підприємств, внаслідок чого рівень виробництва мінімізувався, а також занепали населені пункти, які отримували дохід з роботи однойменних заводів [3].

На 2007 рік в Україні функціонувало 11 фарфорових підприємств. Найбільший обсяг виготовлених товарів був у Житомирській області, який

становив 46,2 %, після неї Сумщина, де на АТЗТ «Сумський фарфоровий завод» було випущено 32 % від загального обсягу по країні. Останнє місце займав ЗАТ «Полонський фарфор» на Хмельниччині з обсягом випущеної продукції у 17,5 % (рисунок 1.4). Станом на 2000 рік цей завод був найбільшим виробником фарфорової продукції і ці товари були розповсюджені навіть за кордоном [3].

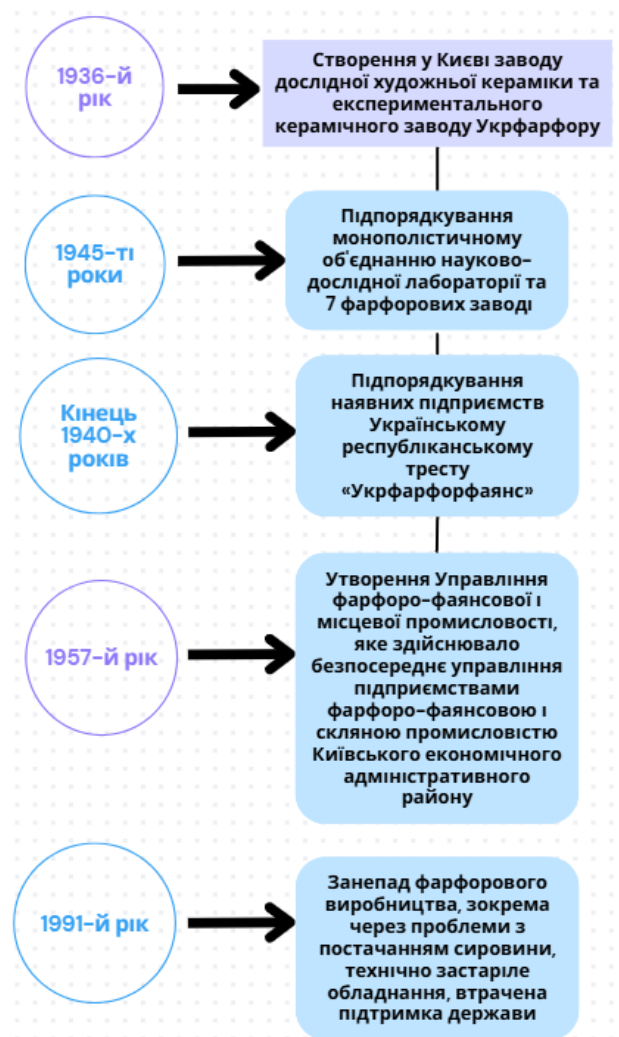


Рисунок 1.3 – Розвиток фарфорової промисловості в Україні до 1991 року, створено на основі даних джерела [3]

В період з 2009 року по 2012 рік кількість фарфорових підприємств скоротилася з 11 підприємств до 3 підприємств, а саме ПАТ «Сумський

порцеляновий завод», ТОВ «Дружківський фарфоровий завод» і «Корал» Довбиський фарфоровий завод. Проте у 2013 році ПАТ «Сумський порцеляновий завод» було ліквідовано. ТОВ «Дружківський фарфоровий завод» хоч і вкладав значні інвестиції у своє виробництво, але у 2021 році був виведений з експлуатації. На підприємстві «Корал» Довбиський фарфоровий завод у 2016 році значно скоротилася кількість працівників усього до 70 осіб [3].

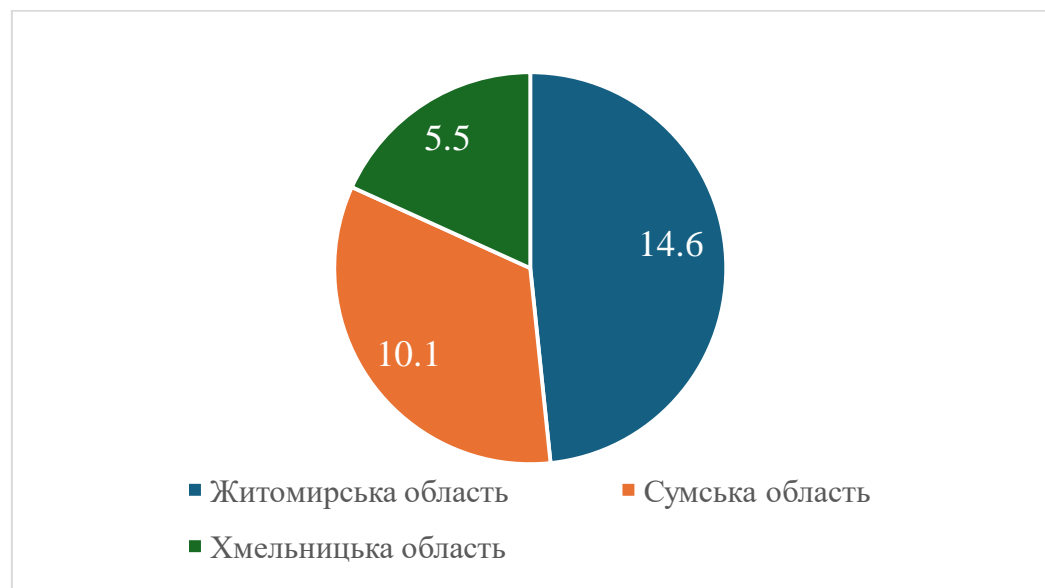


Рисунок 1.4 – Обсяг виробленої фарфорової продукції, млн шт. [3]

Станом на 2021 рік в Україні періодично функціонують лише колишні заводи, які спеціалізувалися на виготовленні технічної тонкої кераміки, у тому числі Олевський фарфоровий завод на Житомирщині, який випускає низьковольтні фарфорові електротехнічні вироби. Відсутність функціонування фарфорової промисловості спричинила набуття виготовленої продукції раритетного значення [3].

Загалом на теперішній час окрім вище зазначеного підприємства Олевського фарфорового заводу і ТОВ «Полонського фарфорового заводу» не перебувають в стані припинення наступні підприємства: ТОВ «Коростенський фарфоровий завод», ТОВ «Торговий дім «Єврофарфор», ТОВ ТД «Український

фарфор», ТОВ «Сумська фарфорова фабрика» і ТОВ «Промкерам-фарфор». Інші 25 фарфорових підприємств України не функціонують.

За кордоном підприємства з виробництва фарфорової продукції переважно розташовані в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні, Європі та Північній Америці. Провідними виробниками фарфорової продукції у світі є підприємства «Naviland and Co» і «Bernardaud» у Франції; корпорація «Narumi» і «Noritake» в Японії; «Richard Ginori» в Італії, «Villeroy and Boch» в Німеччині, «Fiskars group» – Фінляндія; «Fiskars group – Royal Doulton», «Fiskars group – Royal Copenhagen», «Fiskars group – Wedgwood» та «Portmeirion Group PLC» у Великій Британії; порцелянова мануфактура – «Herend»; корпорація «Lenox» – США; «Vista Alegre» – Португалія. [4] – [5].

Зазначені компанії виготовляють різноманітний посуд для дому (тарілки, салатники, блюдця, чашки, глечики, цукорниці, набори посуду, ємності для печива чи інших продуктів), готелів, ресторанів, авіакомпаній, вироби домашнього декору (порцелянові фігурки, вази).

За час розвитку фарфорової промисловості виробники починають зосереджуватися на сталому постачанні сировини, підвищенні енергоефективності технологічних процесів та здатності переробляти виготовлену продукцію. До прикладу політики з екологізації виробництва, який може бути застосований на ТОВ «Полонський фарфоровий завод», іспанське підприємство «Porcelanosa» у червні 2021 року (виготовляє керамічні вироби, зокрема, з порцеляни) у рамках боротьби зі зміною клімату реалізувала власну програму «Eco-Conscious», яка зазначає ключові ініціативи сталого розвитку, які були впроваджені у фабриках, логістичних каналах, магазинах, а також у екологічно чистих колекціях кераміки [5].

Ця ж компанія у 2011 року почала свій шлях зі зменшення вуглецевого сліду внаслідок своєї виробничої діяльності. Вуглецевий слід – показник, який являє собою вираження кількості парникових газів, що прямо чи опосередковано викидаються у світі внаслідок різноманітних видів діяльності [6].

Стабілізація такого показника досягається шляхом в першу чергу з визначення кількості свого вуглецевого сліду, за допомогою комплексної системи моніторингу та звітності, яка дозволяє вимірювати викиди парникових газів на всіх стадіях технологічного процесу та розраховувати непрямі викиди. Проведена кількісна оцінка дозволяє на основі встановлених прямих і непрямих викидів виокремити сфери, де потрібно впровадити певні зміни, які будуть сприяти зниженню викидів забруднюючих речовин [6].

Прикладами таких заходів впроваджених компанією «Porcelanosa» є електрифікація певних термічних процесів, заміна використання викопного палива електроенергією з відновлюваних джерел. Також такі заходи з енергоефективності: модернізація освітлювальних приладів, заміна металогалогенних та люмінесцентних ламп на світлодіодні. Ще однією ініціативою, розробленою компанією є інтеграція фотоелектричних сонячних панелей для виробництва електроенергії на своїх об'єктах, що допомагає мінімізувати викиди вуглекислого газу [6].

Також, до прикладу, зазначена вище компанія «Fiskars group» має політику сталого розвитку, окремою ланкою якої є саме екологічна політика.

Принципи екологічної політики «Fiskars group» наступні:

- зменшення використання шкідливих речовин у своїх виробках та виробничих процесах;
- мінімізація утворення відходів, їх переробка, відновлення і запобігання їх видалення на сміттєзвалища;
- зменшення викидів парникових газів відповідно до найновіших досліджень у галузі клімату, підвищення енергоефективності, перехід на відновлювальні джерела енергії;
- зменшення негативного впливу логістики на довкілля, за допомогою співпраці з партнерами, враховуючи види транспорту, підвищуючи ефективність та оптимізуючи маршрути;
- оптимізація споживання води (повторне використання води);

– заходи для збереження біорізноманіття, за допомогою сталого управління локальними лісами та співпраці в проєктах з місцевими громадами та неурядовими організаціями [7].

Таким чином фарфорова промисловість України знаходилася на найвищому рівні розвитку з XIX століття по XX століття, проте після 1991 року зазнала занепаду, що призвело до різкого скорочення кількості підприємств. Враховуючи малу кількість діючих на теперішній час підприємств, вітчизняна фарфорова промисловість може рівнятися на моделі фарфорових промислових підприємств зарубіжжя (екологізація і сталі практики), що дозволить відновити і розвивати цю переробну галузь на основі концепції сталого розвитку.

1.2 Технологічна схема виробництва фарфорового посуду

Фарфор, порцеляна – це тонкий і щільний, здебільшого білого кольору, керамічний матеріал. Для нього є характерним стійкість до рідин і газів, високі електроізоляційні властивості, термічна витривалість, а також стійкість до кислот і лугів [8].

Технологічний процес виготовлення фарфорового посуду складається з наступних стадій: приготування шлікеру для лиття, пластичної маси та прес-порошку, формування посуду, сушіння, перший бісквітний випал, глазурування посуду, декорування і другий политий випал.

Основні структурні елементи фарфору: склоподібна ізотропна маса, що складається з польовошпатового скла з різним ступенем насичення Al_2O_3 і SiO_2 ; частки кварцу, які розчинилися в склі; кристали мулліту (мінералу) $3Al_2O_3 \times 2SiO_2$, в основному розподілені в розплаві кремнезем-польовошпатового скла; пори [9].

Загальна схема виготовлення столового фарфорового посуду, представлена на рисунку 1.5.

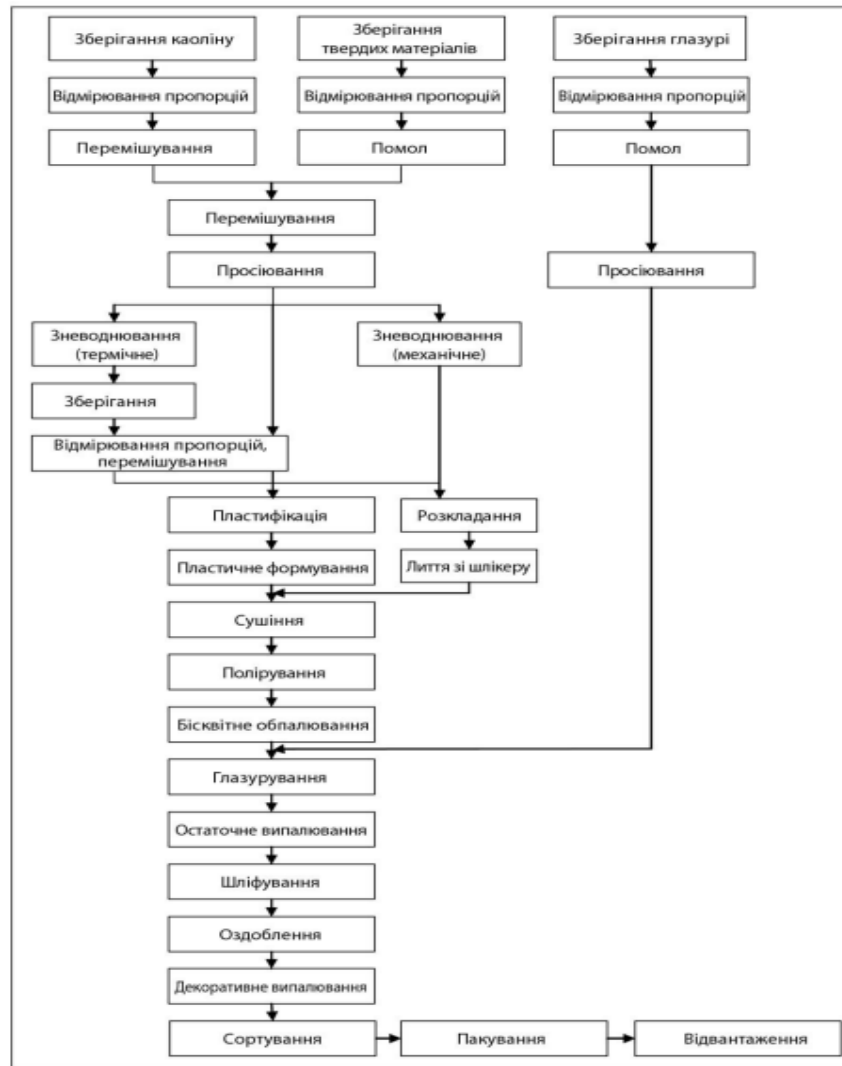


Рисунок 1.5 – Технологічна схема виробництва столового фарфору [12]

Виробництво фарфору, а відповідно і продукції з неї розпочинається безпосередньо з етапу приготування фарфорової маси, яке включає наступні процеси [10]:

- завантаження до кульових млинів відповідної сировини у такому співвідношенні одне до одного: польовошпатової шихти – 34 %, збагаченого каоліну – 30 % та каоліну первинного незбагаченого, глинозему – 12 % піску – 6 %;
- перемішування усіх вище зазначених сировинних матеріалів;
- перемішування суміші з водою, у результаті чого отримується однорідна рідка фарфорова маса;

- пропуск отриманої маси через вібросито;
- очищення електромагнітом від домішок заліза (таким чином отримання шлікеру (м'якої порцелянової маси) для лиття, вологістю від 45 % до 50 %, що складає 10 % від загальної кількості приготовленого шлікера);
- зневоднення 20 % маси від загальної кількості отриманого шлікера на фільтр-пресі;
- спрямування готових коржів на розвантажувальний конвеєр;
- спрямування коржів на вакуум прес для усереднення маси та видалення надлишкового повітря;
- укладання готових пластичних заготовок на візки і доставлення на формування;
- спрямування 70 % отриманого шлікеру до ємності, де його перемішують з сумішшю розведених з водою в'язучих речовин;
- сушіння в розпилувальній сушарці, унаслідок чого отримується порошок для пресування виробів.

Маючи вже готові шлікер, пластичну масу і прес-порошок наступною стадією є формування посуду. Формування може здійснюватися трьома наступними методами:

- пластичне формування в гіпсовій формі, що обертається, за допомогою формуючого шаблону або ролика. Суть такого формування полягає у отриманні відповідної форми виробів за допомогою автоматичної лінії, де для порожнистого посуду заготовку маси розміщується у форму і розкочується спеціальним профільним роликом. Найвний на внутрішній поверхні форми малюнок переноситься і зовнішню поверхню майбутнього посуду. На цій ділянці також присутня карусель ручного лиття ручок для кружок. Після цього сформовані вироби піддаються сушінню;
- шлікерне лиття в гіпсові форми – шлікер заливається у гіпсову форму, внаслідок перерозподілу вологи між першим та останнім на внутрішній робочій поверхні форми з шлікера утворюється шар глиняної маси. Потім форма звільняється від шлікеру, а залишається лише шар глиняної маси на

внутрішній поверхні форми. Після висихання цього напівфабрикату і відокремлення від форми здійснюється приклеювання носиків і ручок і сушіння;

– ізостатичне пресування – до шлікера додають пластифікатор, піддають сушінню в розпилювальній сушарці і отримують гранулят, який пропускають через вібросито, а далі направляють по конвеєру до системи автоматичного зважування та наповнення гнучких контейнерів. Надалі з цього грануляту формуються вироби завдяки великому тиску у 17 бар у прес-формах. Отриманий посуд направляється на бісквітний випал [11].

Далі слідує сушіння отриманих виробів у дві стадії: підв'ялювання – у гіпсових формах (після чого основу порожнистого посуду з'єднують з приставними деталями) і остаточна – без форм (в камерній сушарці) [10].

Наступним етапом є бісквітний випал посуду, який слідує перед глазуруванням. Випал відбувається у тунельних печах безперервної дії, де паливом для горіння слугує газ [10] – [13].

Бісквітний випал здійснюється при температурі 980 °С. Певна кількість посуду, яка пройшла бісквітний випал або декорується цифровим друком, глазурується, і знову проходить випал, а інша кількість глазурується та випалюється в тунельній печі [10].

Після вищезазначених етапів здійснюють глазурування на глазурувальній машині, яке здійснюється шляхом занурення, використовуючи тугоплавку глазур у вигляді суспензії (для кружок і тарілок), та пульверизації (для іншої спеціальної продукції). Глазурований посуд піддають политому випалу. Политий випал здійснюється при температурі у 1250 °С. Вироби розміщують на вогнетривких підставках, які після встановлення на вагонетку направляються у тунельну піч [13].

Останньою ланкою виробництва фарфорового посуду стає його декорування машиною цифрового друку.

1.3 Загальні відомості про Товариство з обмеженою відповідальністю «Полонський фарфоровий завод» та характеристика промислової діяльності

Полонська міська об'єднана територіальна громада, де знаходиться «Полонський фарфоровий завод» розташована в північно-східній частині Хмельницької області Шепетівського району на межі лісостепової та поліської зон. Загалом до складу Полонської ОТГ входять 35 населених пунктів, зокрема місто Полонне, яке розташоване на річці Хомора, згадки про яке датуються ще 996 роком. Чисельність населення міста Полонного станом на 1 січня 2022 року (найактуальніші відомості) становило 20172 тис. осіб [13] – [15].

Основними галузями виробництва є будівельна, переробна, видобувна і текстильна, а найголовніша – сільське господарство [16].

Загалом Полонська ОТГ налічує наступні основні промислові підприємства, які продукують викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря: ТОВ «Полонський спецкар'єр», Полонське підприємство теплових мереж (котельні № 1 – № 9), Полонська хлібоприймальна дільниця ТОВ «Лотівка еліт», ПАТ «Укртрансгаз» Бердичівське ЛВУМВГ філії УМГ «Київтрансгаз» (ГРС Полонне), КМП «МРІЯ», ТОВ «Новошляхбуд» АЗ ДС-158, ДП «Хмельницький облавтодор» ВАТ ДАК «Автомобільні дороги України» (асфальто-бетонний завод філії «Полонський райавтодор»), ПАТ «Полонський хлібзавод», ТОВ «Агро Азот», СГВК «Лабунський», КП «Полоннетепловодопостачання», ТОВ «Біо Хіт», ПрАТ «Полонське підприємство «Агрофірм», АТ «Укртрансгаз» філія «УМГ «Київтрансгаз» Бердичівське ЛВУМГ Газорозподільча станція Полонне, ПП «Вікам», ТзОВ «Тепле Місто», ФОП Куц Віктор Васильович, ФОП Тарасюк Олександр Миколайович [17].

Згідно з даними Головного управління статистики у Хмельницькій області за період з 2017 року по 2020 рік від стаціонарних джерел забруднення було по Полонській громаді викинуто 12887 т поллютантів (рисунок 1.6),

зокрема 9 594 т діоксиду сірки і 21 233,3 т оксидів азоту у перерахунку на NO_2 (рисунок 1.7) [19] – [20].

Статистичні дані по громаді показників викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря наявні тільки на період з 2017 року по 2020 рік, тому що на теперішній час вони надаються сумарно по новим утвореним районам згідно з постановою Верховної Ради України № 807-IX «Про утворення та ліквідацію районів».

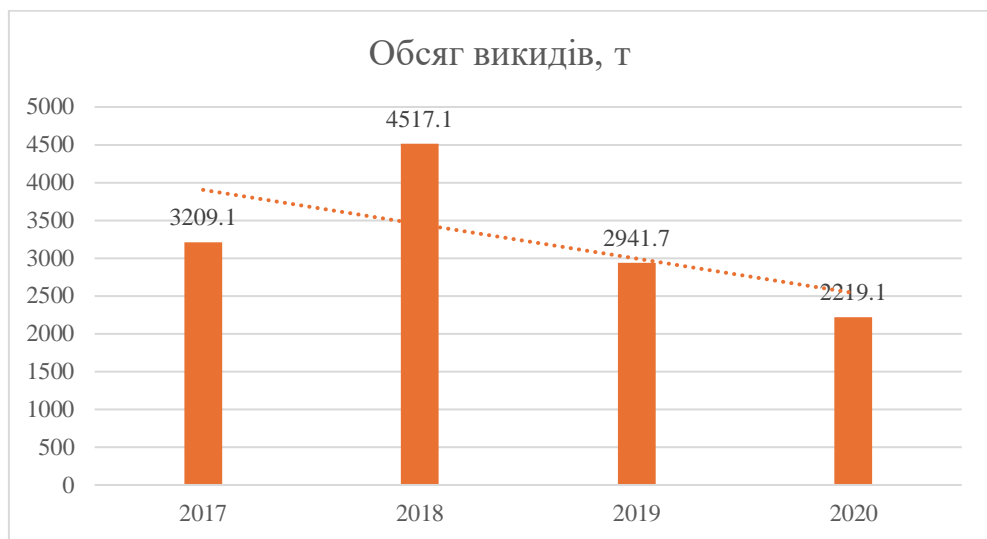


Рисунок 1.6 – Обсяг викидів забруднюючих речовин у Полонській ОТГ

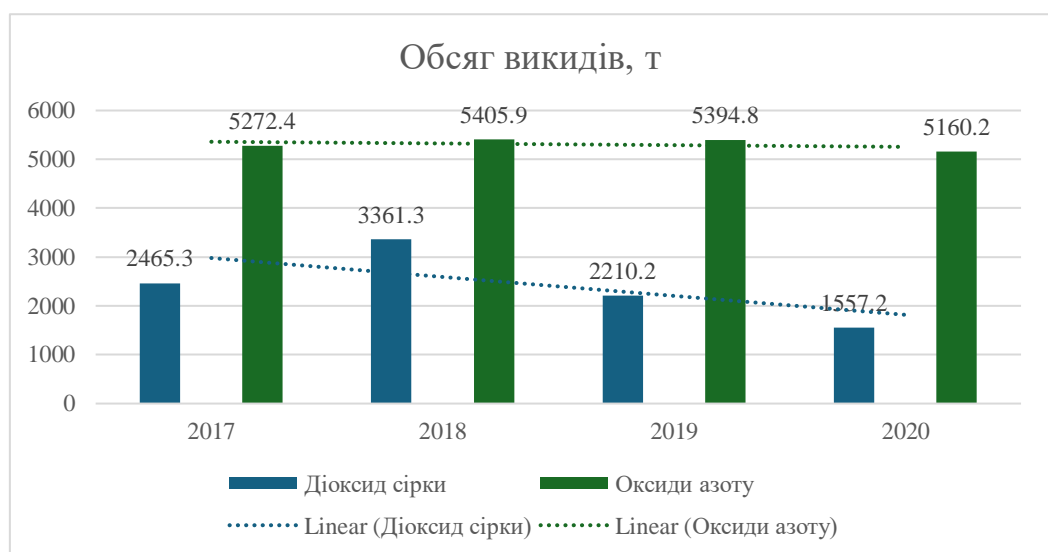


Рисунок 1.7 – Обсяг викидів SO_2 і NO_2 у Полонській ОТГ

Таким чином сумарні обсяги викидів SO_2 і NO_2 за 4 роки переважно зменшувалися, окрім 2018 року, коли були найбільші показники викидів. По Хмельницькій області саме Полонська ОТГ після Кам'янець-Подільської має найбільші показники обсягів викидів забруднюючих речовин.

Зокрема показники SO_2 зменшувалися за обсягом, а NO_2 характеризувалися показниками майже на одному рівні позначки у 5000 т. Окрім вище зазначених також основними поллютантами є CO_2 , CO , неметанові легкі органічні сполуки, сажа і пил неорганічний.

Забруднення атмосферного повітря на території ОТГ оксидами вуглецю в основному відбувається внаслідок роботи котелень, підприємств з виробництва цегли, кераміки, асфальту і бетону, одягу, а також з розподілу і забезпечення населення газом, електроенергією, обслуговування і експлуатації автомагістралей. Оксиди азоту утворюються внаслідок роботи котелень, виробництва добрив і азотних сполук. Неорганічний пил, а саме мінеральний – побічний продукт видобування корисних копалин. Сірчистий ангідрид також є побічним продуктом від експлуатації котелень. Неметанові легкі органічні сполуки, сажа, оксиди вуглецю, а також азоту є в складі вихлопних газів транспорту [17].

Товариство з обмеженою відповідальністю «Полонський фарфоровий завод» – підприємство, яке спеціалізується на виготовленні господарської та декоративної керамічної продукції. Іншими видами його діяльності також є добування піску, гравію, глини і каоліну; надання допоміжних послуг у сфері інших корисних копалин та розроблення кар'єрів; виготовлення керамічних плиток і плит; виготовлення вогнетривкої продукції, виготовлення керамічних санітарно-технічних виробів [21].

ТОВ «Полонський фарфоровий завод» знаходиться у місті Полонному Полонської територіальної громади, Шепетівського району, Хмельницької області за адресою: вул. Привокзальна, 50. Завод був заснований 22 жовтня 2015 року [10].

Територія, на якій розташоване підприємство має такі характеристики:

- наявність джерела сировинних матеріалів для виробництва фарфорової продукції;
- оптимальне місцезнаходження заводу відносно навколишньої забудови;
- якість земель та рослинний покрив;
- відсутність зелених насаджень та особливого значення та охорони видів флори;
- відсутність об'єктів природно-заповідного фонду і територій перспективних для заповідання;
- геологічні особливості території та гідрогеологічні умови [10].

Для виробництва фарфорової продукції він використовує наступні сировинні матеріали: шихта польовошпатована, каолін первинний незбагачений, збагачений каолін, глинозем технічний, кварцовий пісок, доломіт, цинкові білила, глинозем технічний, циркон. Поблизу підприємства розташований Майдан-Вільський кар'єр, який забезпечує виробництво польовим шпатом (рисунок 1.8) [10] – [22].



Рисунок 1.8 – Майдан-Вільський кар'єр на знімку з супутника

Майдан-Вільський кар'єр має запаси польового шпату у 19 млн т. У процесі видобутку і переробки польового шпату використовуються системи, які очищають і подрібнюють його до фракції розміром від 1 мм до 5 мм. Також кар'єр забезпечений комплексом магнітної сепарації мінералу (рисунк 1.9) [22].



Рисунок 1.9 – Майдан-Вільський кар'єр [20]

Продуктивність підприємства становить 10 млн. шт/рік. На заводі наявні такі виробничі сектори:

- склад сировини у відсіках та м'яких контейнерах;
- масо-заготівельна ділянка з шаровими млинами, фільтр-пресами, екструдером (пристрій для формування еластичних матеріалів), баштовою розпилювальною сушаркою;
- формувальна ділянка, де розміщені ізостатичні преса, лінія пластичного формування, лінія традиційного лиття і лиття під тиском та камерні сушарки;
- сектор першого бісквітного випалу у тунельній печі;
- дільниця глазурування;

– сектор другого политого випалу у тунельній печі [10].

ТОВ «Полонський фарфоровий завод» виготовляє наступні фарфорові вироби: тарілки, салатниці, кружки, блюдця, чайники, молочники, цукорниці та форми для запікання [10]. У таблиці 1.1 зазначене обладнання для виробництва фарфорової продукції.

Таблиця 1.1 – Обладнання, що використовується при виготовленні фарфорового посуду [10]

№ з/п	Технологічні ланки виробництва	Обладнання
1	2	3
1	Підготовка шлікеру	Барабанний млин, електромагнітний напірний сепаратор
2	Приготування заготовок для пластичного формування	Фільтр та вакуум преси
3	Приготування грануляту	Розпилювальна сушарка
4	Приготування глазури	Барабанний млин
5	Створення гіпсових форм	Вакуумний гіпсозмішувач
6	Формування виробів	Автоматична лінія для кружок, ізостатичний прес, установка для лиття під високим тиском, дільниця для лиття
7	Сушіння виробів	Камерна сушарка
8	Глазурування та декорування посуду	Глазурувальні і декорувальні пристрої
9	Бісквітний випал	Тунельні печі
10	Политий випал	

Кінець таблиці 1.1

1	2	3
11	Лабораторія	Термостатична сушарка, лабораторна муфельна піч, лабораторний барабанний млин

Отже виробництво фарфорового посуду включає ряд різноманітних процесів, сировина для яких видобувається локально поруч з підприємством і обробляється з доведенням до готової продукції за допомогою комплексу необхідного обладнання.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ПОЛОНСЬКИЙ ФАРФОРОВИЙ ЗАВОД» НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

2.1 Аналіз методик дослідження впливу підприємства на складові біосфери

Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин від спалювання природного газу у тунельній печі (джерела № 1 – № 4), у камері спалювання (джерело викидів № 5), у водогрійних котлах (джерело № 6), і розрахунку річного валового викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря від дизельгенератора (джерело № 7).

Визначення масової нижчої теплоти згорання, МДж/кг:

$$Q_i^r = \frac{Q_{iv}^{daf}}{\rho_{п}}, \quad (2.1)$$

де Q_{iv}^{daf} – нижча горюча теплота згорання палива – 33,34 МДж/м³;

$\rho_{п}$ – густина природного газу – 0,723, кг/м³ [10].

Масова витрата природного газу, т:

$$B_p = B_p \rho_{п}, \quad (2.2)$$

де B_p – масова витрата газоподібного палива, кг/с;

$\rho_{п}$ – густина газоподібного палива при нормальних умовах, кг/м³ [10].

Масова витрата природного газу, г/с:

$$B_c = B_p \rho_{п}. \quad (2.3)$$

Формула для визначення викиду оксидів азоту (в перерахунку на NO_2):

$$E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} \times K_{\text{NO}_x} \times Q_i^r \times B, \quad (2.4)$$

де показник емісії оксидів азоту

$$K_{\text{NO}_x} = (K_{\text{NO}_x})_0 \times \left(\frac{Q_\phi}{Q_H}\right)^{1,25} \times (1 - \eta_I) \times (1 - \eta_{II}\beta), \text{ г/ГДж}, \quad (2.5)$$

де $(K_{\text{NO}_x})_0 = 90$ – показник емісії оксидів азоту без урахування заходів скорочення викиду, г/ГДж;

1,25 – емпіричний коефіцієнт для енергетичної установки, яка працює на природному газі;

B – витрата палива за проміжок часу, т [10].

Формула для визначення викиду оксиду вуглецю:

$$E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} \times K_{CO} \times Q_i^r \times B. \quad (2.6)$$

Формула для розрахунку показника емісії оксиду вуглецю K_{CO} , г/ГДж:

$$K_{CO} = (K_{CO})_0 \times \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (2.7)$$

де $(K_{CO})_0$ – узагальнений показник емісії оксиду вуглецю при камерному спалюванні природного газу при відсутності механічного недопалу, г/ГДж;

q_4 – втрати тепла палива через механічний недопал, % [10].

Формула для розрахунку викиду діоксиду вуглецю:

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \times K_{CO_2} \times Q_i^r \times B, \quad (2.8)$$

де $K_{CO_2} = 56583,7$ г/ГДж.

Розрахунок викиду оксиду азоту за формулою:

$$E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} \times E_{\text{N}_2\text{O}} \times Q_i^r \times B, \quad (2.9)$$

де $E_{\text{N}_2\text{O}} = 0,1$ г/ГДж [10].

Визначення викиду метану за формулою:

$$E_{\text{CH}_4} = 10^{-6} \times K_{\text{CH}_4} \times Q_i^r \times B, \quad (2.10)$$

де $K_{\text{CH}_4} = 1$ г/ГДж [10].

Розрахунок викиду неметанових легких органічних сполук:

$$E_{\text{НМЛОС}} = 10^{-6} \times K_{\text{НМЛОС}} \times Q_i^r \times B, \quad (2.11)$$

де $K_{\text{НМЛОС}} = 5$ г/ГДж [10].

Методика для розрахунку максимальних (г/с) та валових (т/рік) викидів суспендованих твердих частинок, що викидаються в атмосферне повітря після фільтра мокрої очистки.

Формула для визначення максимальних викидів суспендованих твердих частинок:

$$M_{\text{сек}} = \frac{L \times C}{1000}, \quad (2.12)$$

де $L = 3,33$ – об'єм повітря, що викидається, м³/с;

$C = 0,05$ – концентрація забруднюючих речовин, мг/м³ [10].

Формула для визначення валового викиду суспендованих твердих частинок:

$$M_{\text{рік}} = \frac{3600 \times M_{\text{с}} \times T_{\text{рік}}}{1000000}, \quad (2.13)$$

де $T = 8400$ річний фонд роботи обладнання, год [10].

Розрахунок викиду діоксиду сірки за формулою:

$$E_{SO_2} = 10^{-6} \times K_{SO_2} \times Q_i^r \times B, \quad (2.14)$$

де K_{SO_2} – показник емісії діоксиду сірки, г/ГДж, розраховується за формулою:

$$K_{SO_2} = \frac{10^6}{Q_i^r} \frac{2S^r}{100} (1 - \eta_I) \times (1 - \eta_{II}\beta), \quad (2.15)$$

де S^r – вміст сірки в паливі на робочу масу, % [10].

Визначення викиду речовин у вигляді суспендованих твердих частинок (джерело викидів № 7) за формулою:

$$E_{ТВ} = 10^{-6} \times K_{ТВ} \times Q_i^r \times B, \quad (2.16)$$

де $K_{ТВ}$ – показник емісії твердих частинок:

$$K_{ТВ} = \frac{10^6}{Q_i^r} a_{\text{вин}} \frac{A^r}{100 - \Gamma_{\text{вин}}} (1 - \eta_{\text{зу}}) + K_{\text{мвс}}, \quad (2.17)$$

де $a_{\text{вин}} = 1$ – частка золи, яка виходить з котла у вигляді леткої золи;

$A^r = 0,01$ – масовий вміст золи в паливі на робочу масу, %;

$\eta_{\text{зу}} = 0$ – ефективність очищення димових газів від суспендованих твердих частинок;

$K_{\text{мвс}} = 0$ – показник емісії твердих продуктів взаємодії сорбенту та оксидів сірки і суспендованих твердих частинок сорбенту, г/ГДж;

$\Gamma_{\text{вин}} = 0,99$ – масовий вміст горючих речовин у викидах суспендованих твердих частинок, % [10].

Для визначення розсіювання забруднюючих речовин у атмосферному повітрі внаслідок викидів від заводу використовуватиметься методика, яка ґрунтується на визначенні концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери.

Найбільше значення концентрації забруднюючої речовини C_m , що викидається з одиночного джерела з круглим гирлом при НМУ на відстані X_m , обчислюється за формулою:

$$C_m = \frac{AMFm\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (2.18)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери;

M – вагові витрати забруднюючої речовини, г/с;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин у повітрі;

m і n – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду;

η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості. Якщо місцевість має перепади висот не більше 50 метрів на 1 км, $\eta = 1$;

H – висота джерела викиду над рівнем землі, м [23].

Визначення об'єму газоповітряної суміші V за формулою:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0, \quad (2.19)$$

де D – діаметр гирла джерела викиду, м;

ω_0 – швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, м/с;

ΔT – різниця між температурою газоповітряної суміші – T_2 , що викидається з гирла джерела, і температурою атмосферного повітря – T_a , градусів Цельсія.

Значення коефіцієнта A для України дорівнює від 160 до 200 [22].

Значення M та V при проектуванні підприємства розраховують у технологічній частині проекту або приймають на підставі діючих для технологічного процесу нормативів. У розрахунках приймають такі значення M та V , при яких буде найбільше значення C_m . Якщо є обладнання для уловлювання забруднюючих речовин, то значення M приймають відповідно до вмісту забруднюючих речовин у газоповітряній суміші після очищення [23].

Для обчислення ΔT , градусів Цельсія приймають температуру атмосферного повітря T_a , градусів Цельсія, що дорівнює середній найбільшій температурі атмосферного повітря найбільш жаркого місяця року, а температуру газоповітряної суміші T_2 – за діючими для технологічного процесу нормативами [23].

Безрозмірний коефіцієнт F для газоподібних забруднюючих речовин і дрібнодисперсних аерозолів (пил, зола та ін., швидкість осідання яких практично дорівнює нулю) дорівнює одиниці; для дрібнодисперсних аерозолів, крім вказаних вище, якщо коефіцієнт очистки викидів $\eta \geq 90\%$ – $F = 2$, якщо $75\% \leq \eta < 90\%$ – $F = 2,5$; якщо $\eta < 75\%$ та при відсутності очистки – $F = 3$ [23].

Коефіцієнти m і n обчислюють в залежності від параметрів f , V_M , V'_M , f_e за формулами:

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T}, \quad (2.20)$$

$$V_M = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}, \quad (2.21)$$

$$V_M^1 = 1,3 \frac{\omega D}{H}, \quad (2.22)$$

$$f_e = 800 (V_M^1)^3. \quad (2.23)$$

Коефіцієнт m обчислюється в залежності від f за наступними формулами:

$$m = \frac{1}{0,67+0,1\sqrt{f}+0,34\sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100, \quad (2.24)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \text{ при } f \geq 100. \quad (2.25)$$

За умови $f_e < f < 100$ – значення коефіцієнта m визначають при $f = f_e$.

Коефіцієнт n за умови, коли $f < 100$ встановлюють залежно від V_M :

$$n = 1 \text{ при } V_M \geq 2, \quad (2.26)$$

$$n = 0,532V_M^2 - 2,13V_M + 3,13 \text{ при } 0,5 \leq V_M < 2, \quad (2.27)$$

$$n = 4,4V_M \text{ при } V_M < 0,5. \quad (2.28)$$

У підрозділі 2.2 наведені розрахунки викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення № 1 – № 7 згідно із зазначеними вище методиками.

2.2 Характеристика джерел викидів шкідливих речовин у атмосферу

У розрізі забруднення атмосферного повітря найбільша частка викидів здійснюється за рахунок етапів сушіння і випалу фарфорових виробів. Окрім цього також викиди полутантів надходять у атмосферне повітря унаслідок роботи котельні, дизельгенератора [10].

Загальна кількість джерел викидів – 7 одиниць:

- дві тунельні печі – джерела № 1 – № 2 і № 3 – № 4 (містять по дві димові труби, через які здійснюється викид продуктів від спалювання природного газу);
- атомізатор (джерело № 5) – розпилювальна сушарка, у якій здійснюється приготування грануляту на етапі формування посуду (за

допомогою методу ізостатичного пресування), через димову трубу викидаються забруднювачі;

– котельня (джерело № 6) – призначена для опалення та гарячого водопостачання побутових приміщень виробничого цеху, яка містить спільну димову трубу для відведення забруднювачів;

– дизель-генератор (джерело № 7) – викид через димову трубу політантів внаслідок його роботи під час відсутності основного джерела електроенергії [10].

З джерел викидів № 1 – № 6 надходять у атмосферне повітря наступні забруднюючі речовини: діоксид азоту, оксид вуглецю, вуглецю діоксид, оксид азоту, метан і неметанові леткі органічні сполуки. З джерела викидів № 7 викидаються такі речовини: діоксид азоту, вуглецю оксид, сірки діоксид, суспендовані тверді частинки, діоксид вуглецю, оксид азоту, метан і неметанові леткі органічні сполуки.

Загальна кількість забруднюючих речовин, що надходять у атмосферне повітря із зазначених джерел викидів – 11 одиниць.

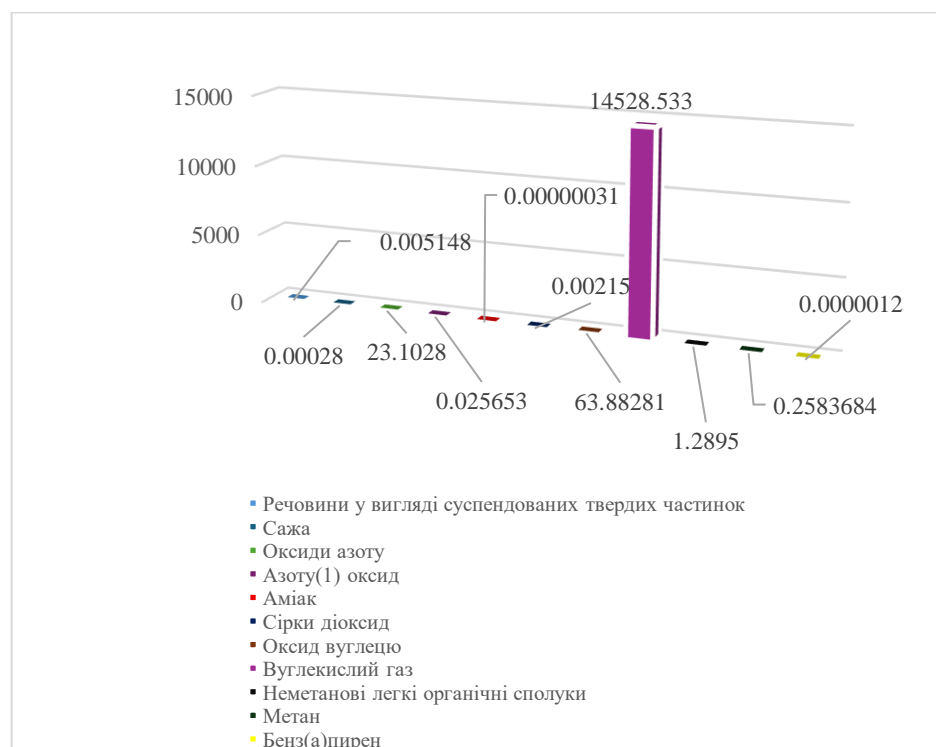


Рисунок 2.1 – Обсяг забруднюючих речовин, т/рік [10]

Забруднюючі речовини, утворювані внаслідок виготовлення фарфорових виробів: речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікро-частинки та волокна) – 0,005148 т/рік, сажа – 0,00028 т/рік, оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту $[\text{NO} + \text{NO}_2]$) – 23,1028 т/рік, азоту (1) оксид (N_2O) – 0,025653 т/рік, аміак – 0,00000031 т/рік, сірки діоксид – 0,00215 т/рік, оксид вуглецю – 63,88281 т/рік, діоксид вуглецю – 14528,533 т/рік, неметанові легкі органічні сполуки – 1,2895 т/рік, метан – 0,2583684 т/рік і бенз(а)пирен – 0,0000012 т/рік (рисунок 2.1) [10].

Сумарний обсяг викидів – 14617,1 т/рік. Серед перелічених поллютантів є три парникових газу: вуглекислий газ (найбільша частка від загальних викидів забруднюючих речовин), оксид азоту і метан.

Найбільший обсяги викидів порівняно з усіма іншими (окрім вищезазначеного діоксиду вуглецю) мають оксид вуглецю, діоксид азоту і неметанові легкі органічні сполуки.

На підприємстві наявні фільтр мокрої очистки (ефективність очистки якого складає 97 % і концентрація викидів забруднюючих речовин на виході з фільтру не більше – $0,05 \text{ мг/м}^3$) та установка для всмоктування та видалення пилу, які встановлені на дільниці приготування грануляту. На дільниці виготовлення гіпсових форм і формування виробів встановлений фільтр аспірації з концентрацією викидів забруднюючих речовин – не більше $0,05 \text{ мг/м}^3$ і ефективністю очищення – 99,9 %. На дільниці глазурування наявна система очистки пилу та установка для видалення пилу. Дільниця бісквітного і глазурного випалу містять вентилятор відпрацьованого газу [10].

Загальна кількість викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря від переробної промисловості у період з 2020 року по 2024 рік (до якої і відноситься виробництво фарфорового посуду) у Хмельницькій області становить 69807,9 т [24] – [28]. Частка викидів забруднюючих речовин від заводу становить 20,94 % від зазначеного сумарного обсягу викидів.

Зокрема обсяги викидів вуглекислого газу становлять 8438721 т. За період з 2020 року по 2024 рік викиди спочатку стрімко зменшилися, а потім

були в основному на одному рівні і не мали великої різниці (рисунок 2.2). Частка викидів вуглекислого газу заводом складає 0,17 % від зазначеного загального обсягу.

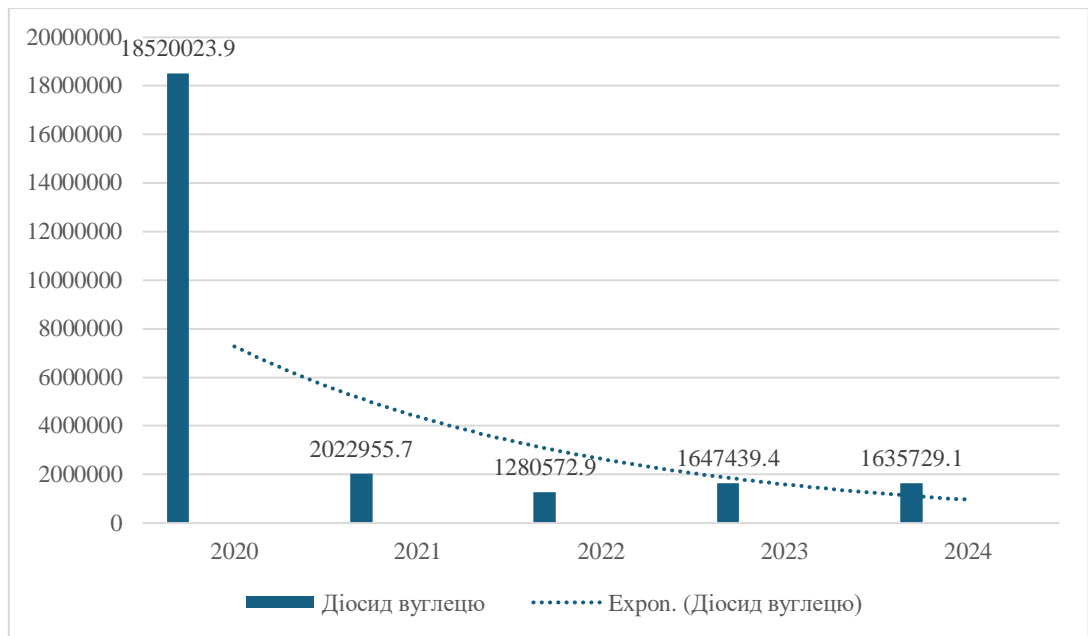


Рисунок 2.2 – Обсяги викидів вуглекислого газу у Хмельницькій області протягом п'яти років, т [24] – [28]

Частка викидів заводу діоксиду азоту від сумарних обсягів викидів по Хмельницькій області становить 0,73 %, оксиду вуглецю – 2,21 % і вуглекислого газу – 0,89 % (рисунок 2.3).

Найбільший внесок у забруднення атмосферного повітря на Хмельниччині є саме від діоксиду азоту, показники якого були майже на одному рівні протягом періоду з 2020 року по 2021 рік, а з 2022 року по 2024 рік обсяги викидів знижувалися. Далі від оксиду вуглецю (максимальний показник був у 2021 році – 6696 т), обсяги викидів якого переважно поступово мінімізувалися. А потім діоксид сірки, обсяги викидів якого мали динаміку до збільшення (максимальне значення за 2024 рік – 2805 т). Метан по обсягах викидів мав переважно зростаючу динаміку.

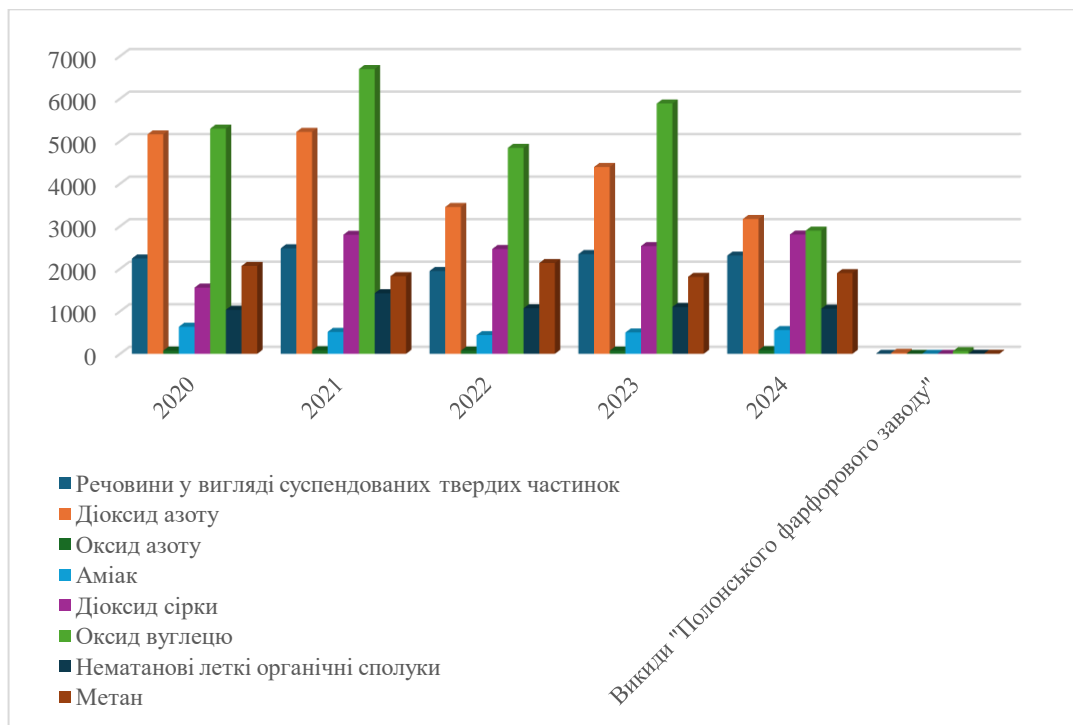


Рисунок 2.3 – Обсяги викидів забруднюючих речовин у Хмельницькій області від стаціонарних джерел забруднення і порівняний до них обсяг викидів політантів внаслідок функціонування заводу, т [29] – [33]

Обсяги викидів речовин у вигляді твердих суспендованих частинок переважно були на одному рівні, суттєво значення показників не змінювалися. Найменшу частку від загальних викидів становить оксид азоту, потім аміак і неметанові леткі органічні сполуки, значення викидів яких суттєво не змінювалися за період з 2020 року по 2024 рік.

Згідно із Законом України «Про інтегроване запобігання та контроль промислового забруднення» (прийняття від 16 липня 2024 року) виготовлення фарфорового посуду на ТОВ «Полонський фарфоровий завод» належить до видів діяльності, реалізація яких вимагає отримання інтегрованого довкілльового дозволу.

Інтегрований довкілльовий дозвіл – документ дозвільного характеру у сфері охорони довкілля, який видається дозвільним органом та надає право провадити діяльність з експлуатації установок, а саме види діяльності, визначені Законом України «Про інтегроване запобігання та контроль

промислового забруднення», на умовах, визначених у такому дозволі, який оператори установок повинні отримати до початку їх експлуатації. Відповідно до частини 4 статті 3 цього закону інтегрований довкіллявий дозвіл видається згідно з висновками найкращих доступних технологій та методів управління (рисунок 2.4) [34].

ВИСНОВКИ НДТМ (ВАТС)



Висновки НДТМ (ВАТС) є остаточною оцінкою найкращих доступних технологій і є частиною кожного BREF. Вони визначають контрольні межі, які використовуються для встановлення умов дозволу для установок, на які поширюється дія ІЕД.

ВИСНОВКИ ВАТС ВКЛЮЧАЮТЬ:

- Опис кожного висновку;
- Оцінка його належного застосування;
- Рівні викидів, пов'язані з найкращими доступними технологіями (BAT-AELs);
- Вимоги до моніторингу;
- Відповідні рівні споживання;
- Відповідні заходи з рекультивації ділянки, де це необхідно.

Рисунок 2.4 – Зміст висновків найкращих доступних технологій та методів управління [35]

Найкращі доступні технології та методи управління (НДТМ) – найрезультативніші існуючі на теперішній час технології захисту навколишнього природного середовища. НДТМ входять до основних елементів Директиви 2010/75/ЄС про промислове забруднення (інтегроване запобігання та контроль забруднення).

Джерелом інформації про такі технології та підходи є довідники BREF (BAT Reference Documents) – це детальні галузеві документи, які готуються на рівні ЄС [35].

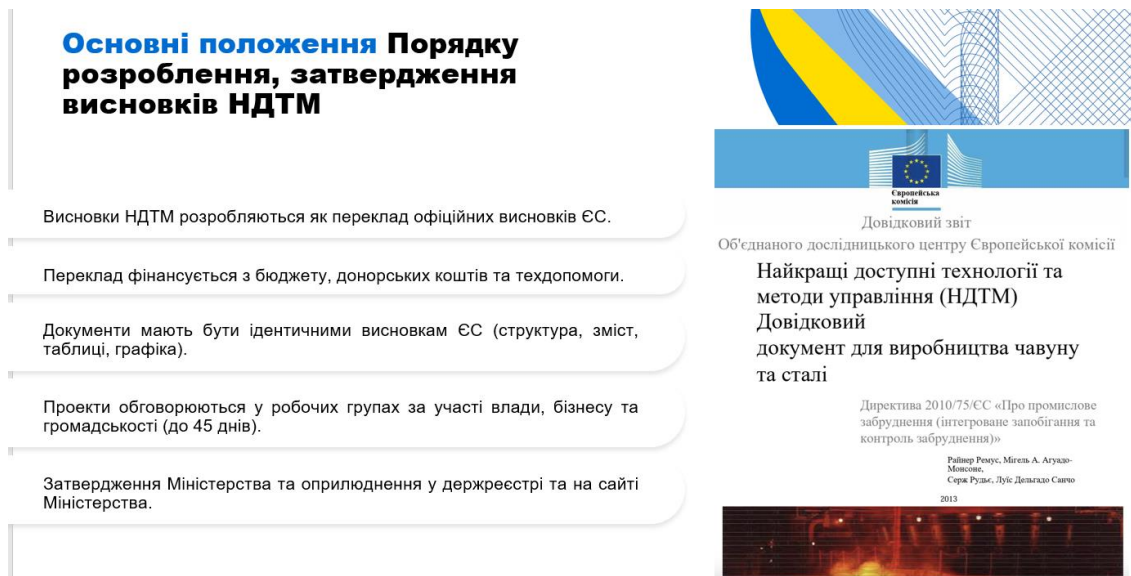


Рисунок 2.5 – Порядок розроблення, затвердження висновків найкращих доступних технологій та методів управління [35]

Рекомендовані для застосування НДТМ для керамічної промисловості наведені у 3 розділі роботи.

Нижче представлені розрахунки викидів забруднюючих речовин від кожного джерела викидів ТОВ «Полонського фарфорового заводу».

Розрахунки викидів забруднюючих речовин від спалювання природного газу у тунельній печі (джерела викидів № 1 – № 2):

$$Q_{\phi} = 3,6 \text{ МВт} \quad Q_{\text{H}} = 3,6 \text{ МВт.}$$

Річна проектована витрата природного газу становить 3175200 м^3 , максимальна годинна витрата газу $378 \text{ м}^3/\text{год}$ [10].

Визначення масової нижчої теплоти згорання, МДж/кг:

$$Q_i^r = \frac{34,33}{0,723} = 47,5 \text{ (МДж/кг)}.$$

Масова витрата природного газу, т:

$$B_p = \frac{3175200}{1000} \times 0,723 = 2295,670 \text{ (т/рік)}.$$

Масова витрата природного газу, г/с:

$$B_c = \frac{378 \times 1000}{3600} \times 0,723 = 75,92 \text{ (г/с)}.$$

Розрахунок для викиду оксидів азоту (в перерахунку на NO_2):

$$K_{\text{NO}_x} = 90 \times (1)^{1,25} = 90 \text{ (г/ГДж)};$$

$$E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} \times 90 \times 47,50 \times 2295,67 = 9,814 \text{ (т/рік)};$$

$$E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} \times 90 \times 47,50 \times 75,92 = 0,325 \text{ (г/с)}.$$

Визначення викиду оксиду вуглецю:

$$K_{\text{CO}} = 250 \times \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) = 248,75 \text{ (г/ГДж)};$$

$$E_{\text{CO}} = 10^{-6} \times 248,75 \times 47,50 \times 2295,67 = 27,125 \text{ (т/рік)};$$

$$E_{\text{CO}} = 10^{-6} \times 248,75 \times 47,50 \times 75,92 = 0,897 \text{ (г/с)}.$$

Розрахунок викиду діоксиду вуглецю:

$$E_{\text{CO}_2} = 10^{-6} \times 56583,7 \times 47,50 \times 2295,67 = 6170,131 \text{ (т/рік)}.$$

Розрахунок викиду оксиду азоту за формулою:

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = 10^{-6} \times 0,1 \times 47,50 \times 2295,670 = 0,011 \text{ (т/рік)}.$$

Визначення викиду метану за формулою:

$$E_{\text{CH}_4} = 10^{-6} \times 1,0 \times 47,50 \times 2295,670 = 0,109 \text{ (т/рік)}.$$

Розрахунок викиду неметанових легких органічних сполук:

$$E_{\text{НМЛОС}} = 10^{-6} \times 5 \times 47,50 \times 2295,670 = 0,545 \text{ (т/рік)}.$$

Розрахунки викидів забруднюючих речовин від спалювання природного газу у тунельній печі (джерела викидів № 3 – № 4):

$$Q_{\phi} = 4,0\text{МВт} \quad Q_n = 4,0\text{МВт}.$$

Річна проєктована витрата природного газу – 3528000 нм^3 , максимальна годинна витрата газу – $420 \text{ м}^3/\text{год}$.

Масова нижча теплота згорання в цьому і в подальших розрахунках становить $47,5 \text{ МДж/кг}$.

Визначення масової витрати природного газу:

$$B_p = \frac{3528000}{1000} \times 0,723 = 2550,744 \text{ (т/рік)}.$$

Масова витрата природного газу:

$$B_c = \frac{420 \times 1000}{3600} \times 0,723 = 84,35 \text{ (г/с)}.$$

Розрахунок викиду оксидів азоту (в перерахунку на NO_2):

$$E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} \times 90 \times 47,50 \times 2550,744 = 10,904 \text{ (т/рік);}$$

$$E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} \times 90 \times 47,50 \times 84,35 = 0,361 \text{ (г/с).}$$

Визначення викиду оксиду вуглецю:

$$E_{\text{CO}} = 10^{-6} \times 248,75 \times 47,50 \times 2550,744 = 30,139 \text{ (т/рік);}$$

$$E_{\text{CO}} = 10^{-6} \times 6 \cdot 248,75 \cdot 47,50 \cdot 84,35 = 0,997 \text{ (г/с).}$$

Викид діоксиду вуглецю:

$$E_{\text{CO}_2} = 10^{-6} \times 56583,7 \times 47,50 \times 2550,744 = 6855,700 \text{ (т/рік).}$$

Викид оксиду азоту:

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = 10^{-6} \times 0,1 \times 47,50 \times 2550,744 = 0,012 \text{ (т/рік).}$$

Викид метану:

$$E_{\text{CH}_4} = 10^{-6} \times 1,0 \times 47,50 \times 2550,744 = 0,121 \text{ (т/рік).}$$

Викид неметанових легких органічних сполук:

$$E_{\text{НМЛОС}} = 10^{-6} \times 5 \times 47,50 \times 2550,744 = 0,606 \text{ (т/рік).}$$

Розрахунок викидів забруднюючих речовин від спалювання природного газу у камері спалювання природного газу (джерело викиду № 5):

$$Q_\phi = 1,395 \text{ МВт } Q_n = 1,395 \text{ МВт.}$$

Річна проектована витрата природного газу – 735840 нм³, максимальна годинна витрата газу – 146 м³/год.

Масова витрата природного газу:

$$B_p = \frac{735840}{1000} \times 0,723 = 532,012 \text{ (т/рік).}$$

Масова витрата природного газу:

$$B_c = \frac{146 \times 1000}{3600} \times 0,723 = 29,32 \text{ (г/с).}$$

Викид оксидів азоту (в перерахунку на NO₂):

$$E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} \times 90 \times 47,50 \times 532,012 = 2,274 \text{ (т/рік);}$$

$$E_{\text{NO}_x} = 10^{-6} \times 90 \times 47,50 \times 29,32 = 0,125 \text{ (г/с).}$$

Викид оксиду вуглецю:

$$E_{\text{CO}} = 10^{-6} \times 248,75 \times 47,50 \times 532,012 = 6,286 \text{ (т/рік);}$$

$$E_{\text{CO}} = 10^{-6} \times 248,75 \times 47,50 \times 29,32 = 0,346 \text{ (г/с).}$$

Викид діоксиду вуглецю:

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \times 56583,7 \times 47,50 \times 532,012 = 1429,902 \text{ (т/рік)}.$$

Викид оксиду азоту:

$$E_{N_2O} = 10^{-6} \times 0,1 \times 47,50 \times 532,012 = 0,0025 \text{ (т/рік)}.$$

Викид метану:

$$E_{CH_4} = 10^{-6} \times 1,0 \times 47,50 \times 532,012 = 0,025 \text{ (т/рік)}.$$

Викид неметанових легких органічних сполук:

$$E_{НМЛОС} = 10^{-6} \times 5 \times 47,50 \times 532,012 = 0,126 \text{ (т/рік)}.$$

Розрахунок максимальних (г/с) та валових (т/рік) викидів суспендованих твердих частинок, що викидаються в атмосферне повітря після фільтра мокрої очистки.

Викид суспендованих твердих частинок:

$$M_{сек} = \frac{3,33 \times 0,05}{1000} = 0,00017 \text{ (г/с)};$$

$$M_{рік} = \frac{3600 \times 0,00017 \times 8400}{1000000} = 0,0051 \text{ (т/рік)}.$$

Розрахунок викидів забруднюючих речовин від спалювання природного газу у водогрійних котлах (джерело № 6):

Річна витрата природного газу котлами – 36492 м³, максимальна годинна витрата газу по обох котлах – 19 м³/год.

Номинальна теплова потужність кожного котла $Q_n = 0,0909$ МВт.

Масова витрата природного газу:

$$B_p = \frac{36492}{1000} \times 0,723 = 26,384 \text{ (т/рік)}.$$

Масова витрата природного газу:

$$B_c = \frac{19 \times 1000}{3600} \times 0,723 = 3,82 \text{ (г/с)}.$$

Викид оксидів азоту (в перерахунку на NO₂):

$$K_{NO_x} = 70 \times (1)^{1,25} = 70 \text{ (г/ГДж)};$$

$$E_{NO_x} = 10^{-6} \times 70 \times 47,50 \times 26,384 = 0,088 \text{ (т/рік)};$$

$$E_{NO_x} = 10^{-6} \times 90 \times 47,50 \times 3,82 = 0,013 \text{ (г/с)}.$$

Викид оксиду вуглецю:

$$E_{CO} = 10^{-6} \times 248,75 \times 47,50 \times 26,384 = 0,312 \text{ (т/рік)};$$

$$E_{CO} = 10^{-6} \times 248,75 \times 47,50 \times 3,82 = 0,045 \text{ (г/с)}.$$

Викид діоксиду вуглецю:

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \times 56583,7 \times 47,50 \times 26,384 = 70,913 \text{ (т/рік)}.$$

Викид оксид азоту:

$$E_{N_2O} = 10^{-6} \times 0,1 \times 47,50 \times 26,384 = 0,00013 \text{ (т/рік)}.$$

Викид метану:

$$E_{CH_4} = 10^{-6} \times 1,0 \times 47,50 \times 26,384 = 0,0013 \text{ (т/рік)}.$$

Викид неметанових легких органічних сполук:

$$E_{НМЛОС} = 10^{-6} \times 5 \times 47,50 \times 26,384 = 0,0063 \text{ (т/рік)}.$$

Розрахунок річного валового викиду забруднюючих речовин від роботи дизельгенератора (джерело № 7):

Максимальна витрата дизпалива дизельним генератором – 23,3 л/год (5,50 г/с). Річна витрата дизпалива – 0,560 м³/рік (0,476 т/рік).

Викид оксидів азоту (в перерахунку на NO₂):

$$K_{NO_x} = 1000 \text{ (г/ГДж)}.$$

Річний валовий викид:

$$E_{NO_x} = 10^{-6} \times 1000 \times 42,62 \times 0,476 = 0,020 \text{ (т/рік)}.$$

Максимальний викид:

$$M_{NO_x} = 10^{-6} \times 1000 \times 42,62 \times 5,5 = 0,0234 \text{ (г/с)}.$$

Викид оксиду вуглецю:

$$K_{CO} = 40 \times \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) = 39,8 \text{ (г/ГДж)},$$

де $(K_{CO})_0 = 40$ – узагальнений показник емісії оксиду вуглецю CO для стаціонарних двигунів при відсутності механічного недопалу, г/ГДж;

$q_4 = 0,5$ – втрати тепла палива через механічний недопал, %.

Річний валовий викид:

$$E_{CO} = 10^{-6} \times 39,8 \times 42,62 \times 0,476 = 0,00081 \text{ (т/рік)}.$$

Максимальний викид:

$$E_{CO} = 10^{-6} \times 39,8 \times 42,62 \times 5,5 = 0,0093 \text{ (г/с)}.$$

Розрахунок викиду діоксиду сірки:

$$K_{SO_2} = \frac{10^6}{42,62} \frac{2 \times 0,2}{100} (1 - 0_I) \times (1 - 0) = 93,853 \text{ (г/ГДж)}.$$

Річний валовий викид:

$$E_{SO_2} = 10^{-6} \times 93,853 \times 42,62 \times 0,476 = 0,0019 \text{ (т/рік)}.$$

Максимальний валовий викид:

$$E_{SO_2} = 10^{-6} \times 93,853 \times 42,62 \times 5,5 = 0,022 \text{ (г/с)}.$$

Викид речовин у вигляді суспендованих твердих частинок:

$$K_{ТВ} = \frac{10^6}{42,62} \times 1 \times \frac{0,01}{100-0,99} (1 - 0) = 2,370 \text{ (г/ГДж)}.$$

Валовий викид:

$$E_{ТВ} = 10^{-6} \times 2,37 \times 42,62 \times 0,476 = 0,000048 \text{ (т/рік)}.$$

Максимальний викид:

$$E_{ТВ} = 10^{-6} \times 2,37 \times 42,62 \times 5,5 = 0,00056 \text{ (г/с)}.$$

Викид річного валового викиду діоксиду вуглецю:

$$E_{CO_2} = 10^{-6} \times 74589 \times 42,62 \times 0,476 = 1,513 \text{ (т/рік)}.$$

Викид оксиду азоту:

$$E_{N_2O} = 10^{-6} \times 0,6 \times 42,62 \times 0,476 = 0,000012 \text{ (т/рік)}.$$

Викид метану:

$$E_{CH_4} = 10^{-6} \times 3,0 \times 42,62 \times 0,476 = 0,000061 \text{ (т/рік)}.$$

Викид неметанових легких органічних сполук:

$$E_{НМЛОС} = 10^{-6} \times 50 \times 42,62 \times 0,476 = 0,0010 \text{ (т/рік)}.$$

Концентрації оксиду вуглецю та оксидів азоту (у перерахунку на діоксид азоту), які надійшли до атмосферного повітря від джерел викидів № 1– № 7, не перевищують величину гранично допустимої концентрації. Концентрації речовин у вигляді суспендованих твердих частинок (мікро-частинки та волокна) від джерел викидів № 5 і № 7 не перевищують величину гранично допустимої концентрації. Концентрації діоксиду сірки (джерело викиду № 7) також не перевищують величину гранично допустимої концентрації

(Додатки Б, В, Г). Згідно з результатами розрахунків найбільші концентрації мають оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту).

2.3 Характеристика джерел забруднення водних ресурсів

Використання води на ТОВ «Полонський фарфоровий завод» обумовлюється забезпеченням питних та виробничих потреб, але які не пов'язані безпосередньо з виготовленням фарфорової продукції (рисунок 2.4). Використання води на комунально-побутові потреби становить 6590,5 м³/рік, водовідведення – 5640,75 м³/рік [10].

Забір води здійснюється з двох місць: водна свердловина на території заводу або з існуючої інженерної мережі міста Полонне [10].

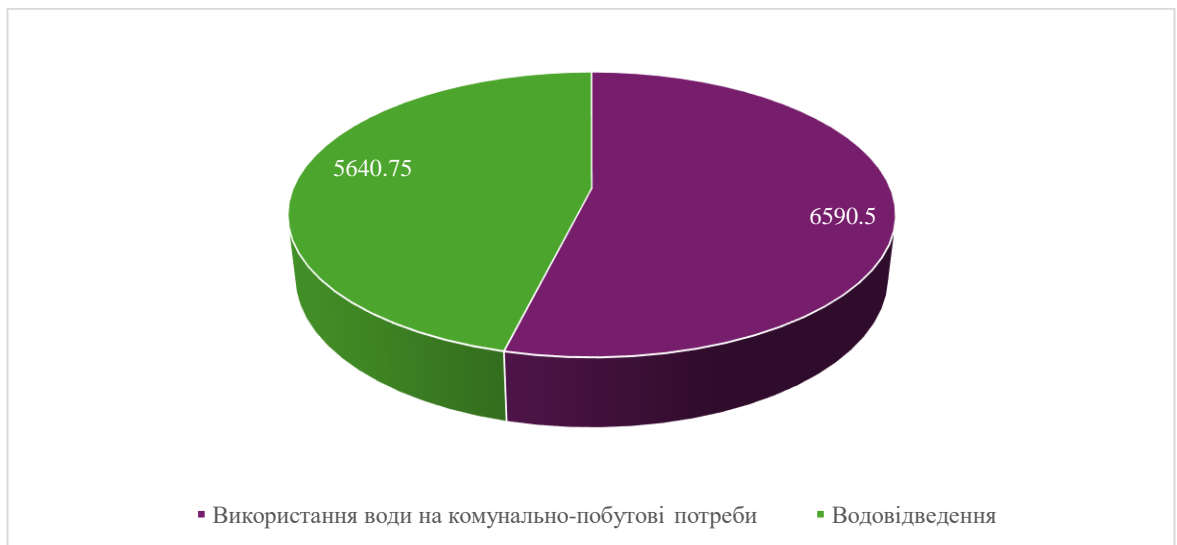


Рисунок 2.4 – Використання і водовідведення води на заводі, м³/рік

Побутові стоки збираються у зовнішню проектовану самопливну мережу побутової каналізації, підключену до діючої мережі міської господарсько-побутової каналізації. Відведення поверхневих стічних вод з території здійснюється по проектованій закритій мережі дощової каналізації з дощеприймальними колодзями для їх подальшої очистки на проектованих

очисних спорудах (комплексна установка очищення стічних вод) та відведення в діючу мережу дощової каналізації [10].

Виробничі стоки не утворюються, оскільки стічні води, повторно використовуються у технологічному процесі (стадія отримання шлікеру) [10]. Таким чином на підприємстві застосовується система оборотного водопостачання, коли вже використана вода знову надходить у виробничий процес, що зменшує обсяг забору свіжої води з джерела водопостачання.

Переробна промисловість Хмельницької області в період з 2020 року по 2024 рік використала сумарно 24,428 млн м³ води. Починаючи з 2020 року обсяг використаної води мінімізувався, проте з 2022 року спостерігалася поступово зростаюча динаміка використання води (рисунок 2.5).

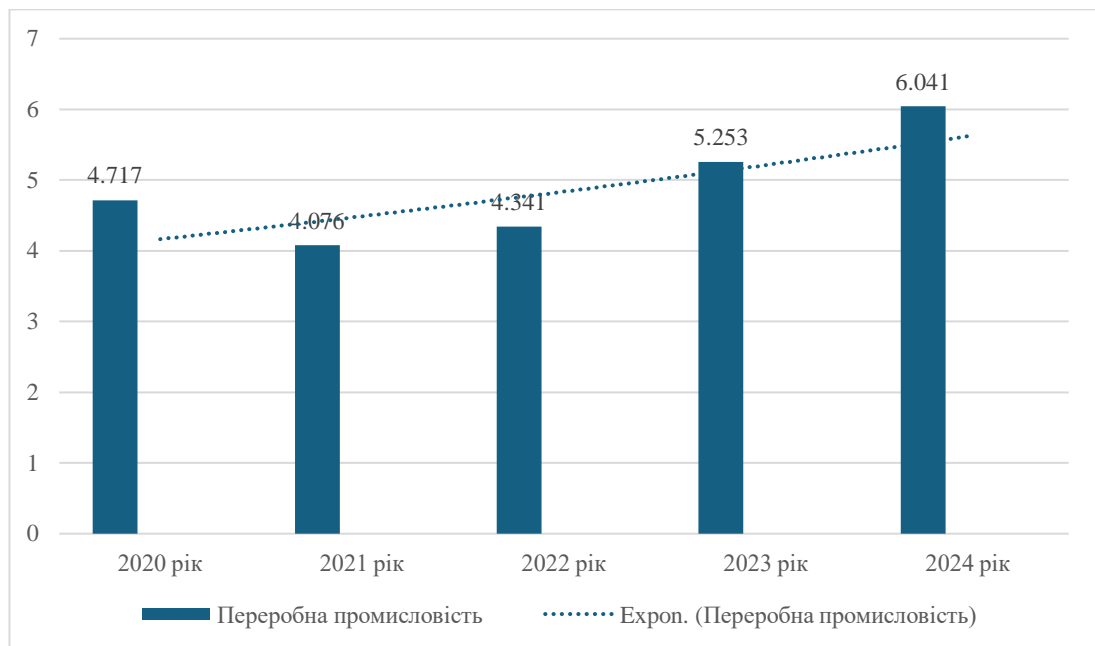


Рисунок 2.5 – Використання води переробною промисловістю у Хмельницькій області, млн м³ [36] – [38]

Від загального обсягу використаної води переробною промисловістю за 2024 рік частка води використаної на ТОВ «Полонський фарфоровий завод» становить 0,093 %.

За споживанням води переробна галузь промисловості займає четверте місце (у порядку зростання обсягу використання води). Також порівняно з іншими галузями промисловості саме переробна на другому місці за обсягом економії свіжої води за рахунок застосування оборотної системи водопостачання. За 2024 рік у переробній промисловості було заощаджено 19,5 % свіжої води.

2.3 Аналіз забруднення прилеглої території та ґрунтів від Товариства з обмеженою відповідальністю «Полонський фарфоровий завод»

Виробництво фарфорового посуду супроводжується також утворенням відходів. На ТОВ «Полонський фарфоровий завод» утворюються вісім видів відходів, сумарний обсяг яких складає 133,699 т/рік (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Відходи, які утворюються на ТОВ «Полонський фарфоровий завод» [10]

№ з/п	Найменування відходів ДК 005-96	Клас Відходів	Кількість у т/рік	Поводження з відходами
1	2	3	4	5
1	Тверді побутові відходи	Відходи, що не є небезпечними	131,25	Розміщення на полігоні твердих побутових відходів

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
2	Масла та мастила моторні трансмісійні інші зіпсовані або відпрацьовані	Небезпечні відходи	0,105	Направлення на утилізацію/видалення спеціалізованій організації, яка має право (ліцензію) на здійснення відповідних операцій з відходами
3	Батареї свинцеві зіпсовані або відпрацьовані		0,064	
4	Шини зіпсовані перед початком експлуатації, відпрацьовані, пошкоджені чи забруднені під час експлуатації		1,616	
5	Матеріали фільтрувальні зіпсовані відпрацьовані чи забруднені (фільтри автомобільні масляні та паливні)		0,01	

Кінець таблиці 2.3

1	2	3	4	5
6	Одяг захисний зіпсований, відпрацьований чи забруднений	Небезпечні відходи	0,054	Направлення на утилізацію/видалення спеціалізований організації, яка має право (ліцензію) на здійснення відповідних операцій з відходами
7	Пісок, який забруднений нафтопродуктами		0,5	

Для твердих побутових відходів передбачається збір у спеціальні урни на території підприємства [10].

З відпрацьованим моторним маслом мають здійснюватися наступні операції:

- збирання – здійснюється шляхом його вилучення з спеціального обладнання, при її ремонті чи під час технічного обслуговування, уповноваженими на це працівниками, з передачею його на зберігання у окремих, спеціально відведених ємності;
- тимчасове зберігання – зберігання на території підприємства у герметичній металевій ємності на території промислового майданчика;
- операція видалення відпрацьованих мастил, що полягає у передачі їх, згідно укладеної угоди, відповідній організації, яка згідно законодавства України може впроваджувати діяльність з поводження з відходами [10].

Обов'язковим є збереження кожного виду відходу в окремих герметичній тарі, задля здійснення вантажно-розвантажувальних та транспортних робіт та унеможливлення поширення в довкіллі забруднюючих речовин. Також на підприємстві ведеться облік мастила у журналі обліку відходів уповноваженими посадовими особами підприємства [10].

Інші джерела забруднення, які можуть мати негативний вплив на ґрунт окрім утворення відходів внаслідок діяльності заводу – виключається.

3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ЗАХОДИ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНИХ ВПЛИВІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ВІД ПІДПРИЄМСТВ З ВИРОБНИЦТВА ФАРФОРОВОГО ПОСУДУ НА ПРИКЛАДІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ПОЛОНСЬКИЙ ФАРФОРОВИЙ ЗАВОД»

Мінімізація негативного впливу на навколишнє природне середовище від керамічної промисловості може базуватися на наступних підходах:

- покращення управління енергією;
- зміна палива, що використовується у процесі виробництва;
- удосконалення рецептури сировини для ефективнішого випалу продукції;
- оптимізація процесів [39].

Покращення управління енергією дозволить скоротити використання енергії за допомогою двох способів: використання нових матеріалів та відновлення відходів [39].

Гранітні плити можуть практично повністю використовуватися як заміна польовому шпату і піску і знизити певну частку від потреби у глинистих мінералах. Така заміна здатна зекономити енергію та воду. Використання додатково обробленої золи може бути замість польового шпату та кварцового піску, що у свою чергу дозволить зменшити накопичення золи, скорочення споживання природних ресурсів, відмова від етапу попереднього промивання та мінімізувати температуру випалу керамічної продукції [39].

Найефективнішим засобом мінімізації викидів забруднюючих речовин від згоряння палива при випалюванні є заміна природного газу синтез-газом, біогазом з відходів або біомасою шляхом модернізації печей. Використання біометану може зменшити викиди до нульового рівня, тому що життєвий цикл біометану буде поглинати вуглекислий газ, що виділяється під час виробничого процесу [39].

Іще одним методом зменшення вуглецевих викидів є розробка низьковуглецевого водню, який потенційно може використовуватися замість природного газу для створення процесу випалювання. Дві іспанські компанії – «Iberdrola» (виробник вітрової енергії) та «Porcelanosa» (виробник керамічної плитки) працюють над проєктом низьковуглецевого виробництва водню з електроенергії та електролізу води з метою виявлення нових технологічних інновацій – високоефективні теплові насоси в сушарках та застосування електролізу води, щоб створити спеціальну високу температуру у атомізаторах і гібридних печах. Поряд з цим водень потребує спеціальних пальників для нагрівання, також впровадження у виробництві цієї технологічної інновації залежить від сектора, типу використання та типу паливного елемента [39].

З метою підвищення енергоефективності, мінімізації викидів забруднюючих речовин та зменшення споживання палива доцільним є використання у системі сушіння технології комбінованого виробництва тепла та електроенергії – когенерації (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Когенераційна установка [40]

У результаті проведеного енергетичного та ексергетичного аналізу когенераційної установки керамічного заводу потужністю 13 МВт з двома теплообмінниками та трьома газовими турбінами було встановлено, що енергетична та ексергетична ефективність (показує реальну якість використання енергії, а не тільки її кількість) цієї установки становлять відповідно 82,3 % і 34,7 % [39].

Нижче в таблиці 3.1 представлені деякі інші технології з мінімізації впливу керамічної промисловості, у тому числі виробництва фарфорового посуду, на навколишнє природне середовище.

Таблиця 3.1 – Технології, направлені на зменшення впливу на довкілля від керамічного виробництва [39]

№ з/п	Технологія	Переваги	Результат від впровадження
1	2	3	4
1	Використання гібридної печі	Замість сушарки відпрацьовані доповнюються за допомогою теплового насоса для підвищення теплової енергії. При цьому можна обирати або електричне опалення з використанням когенерації (додатково) або основне паливо	Заощадження енергії до 65 %

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
2	Теплообмінник з теплотрубним з'єднанням	Використання відпрацьованих газів для попереднього нагрівання води у теплообміннику на теплових трубах	Заощадження енергії до 65 %
3	Контрольоване сушіння	В процесі сушіння вивільняється тепло з конденсованої всередині води	Заощадження енергії може становити 80 %
4	Обладнання з рекуперації (повторного використання енергії) тепла в сушарках	Заміна сушильного повітря більш гарячими газами, які утворилися на інших технологічних етапах виробництва (гази з когенераційних двигунів або печі)	Зниження викидів від 57 % до 73 % та економія енергії від 60 % до 80 %
5	Гібридна сушарка	Здійснення в двох сушильних камерах по дві фази сушіння: спочатку аеротермічне сушіння (з великою кількістю повітря), потім напівпарове (з повітрям, високою температурою і вологістю)	Зниження застосування опалення з 4 ГДж/т до 10 ГДж/т приблизно до 3 ГДж/т. Підвищення енергоефективності близько 25 %

Кінець таблиці 3.1

1	2	3	4
6	Оптимізація рециркуляції повітря для сушіння	Поліпшення вентиляції для контролю температури, вологості і швидкості потоку	Заощадження енергії на 25 %
7	Високоєфективні пальники	Попереднє нагрівання повітря відхідними газами	Заощадження енергії до 15 %
8	Сушіння без повітря	Використання пари замість повітря підвищує теплоємність і теплопровідність.	Заощадження теплової енергії від 25 % до 50 % та зменшення тривалості сушіння
9	Швидке вапалювання	Дозволяє зменшити температуру випалу до 50 °С	Зменшення викидів вуглекислого газу на 25 %
10	Оптимізація ефективності згоряння	Відслідковування вмісту кисню у місці виходу викидів забруднюючих речовин від роботи печі, що дозволяє регулювати потік повітря для горіння	Заощадження 19782 м ³ /рік природного газу та зниження викидів вуглекислого газу
11	Використання концепції циркулярної економіки	Додавання відходів, що можуть утворюватися під час виробничих процесів, у сировину для виробництва наступної продукції	Зменшення кількості сміттєзвалищ, заощадження ресурсів

Найкращі доступні технології та методи екологічного менеджменту згідно з Довідковим документом з найкращих доступних технологій та методів управління у керамічному виробництві:

а) у сфері споживання енергії:

– покращена конструкція печей та сушарок – автоматичне регулювання вологості та температури всередині сушарки/печі; підвищення рівня ущільнення печей, наприклад, металевий кожух та піскові або водяні затвори для тунельних печей, що дозволяє скоротити теплові втрати; інтерактивне комп'ютерне керування режимами випалу продукції, у результаті якого мінімізується енергоспоживання, а також скорочуються викиди політантів у атмосферне повітря;

– регенерація (відновлення) надлишкового тепла, внаслідок роботи печей, переважно їх зоною охолодження – використання для сушарок гарячого повітря, яке відновлене з зон охолодження тунельних печей, разом з гарячим повітрям від газових пальників. Також можливе використання відновленого тепла пічних димових газів теплообмінників, з метою попереднього нагрівання повітря, яке направляється у зону горіння;

б) стосовно викидів пилу у результаті процесів сушіння: утримування викидів пилу, утвореного від процесу сушіння, в діапазоні середньодобових значень від 1 мг/м^3 до 20 мг/м^3 здійснюється за допомогою очищення сушарки: запобігання накопиченню залишків пилу у сушарці;

в) стосовно викидів пилу, у результаті процесів випалу:

– скорочення утворення пилу внаслідок завантаження виробів у піч, шляхом огороження кожухами процесів, що супроводжуються утворенням пилу (подрібнення, просіювання, перемішування);

– фільтрування повітря, при здійсненні завантажування змішувачів чи дозувальної техніки;

– застосування ємностей оптимального розміру, індикаторів рівня з неавтоматичними вимикачами та фільтрами для очищення запиленого повітря, що рухається під час операцій заповнення;

- здійснення процесів, що пов'язані з сировиною у закритих системах, у яких забезпечене розрідження і організоване видалення пилу з повітря, що всмоктується;

г) стосовно мінімізації викидів газоподібних сполук:

- утримування викиди оксидів азоту з димовими газами, що утворюються у процесах випалювання в печі, нижче середньодобового значення 250 мг/м^3 , вираженого як NO_2 , для температур газів у печі нижче $1300 \text{ }^\circ\text{C}$, за допомогою використання, наприклад, спеціальних пальників, а саме за рахунок подавання продувного повітря для зниження температури полум'я або за допомогою забезпечення імпульсної роботи пальників;

г) стосовно технологічних втрат твердих відходів:

- використання розбитих виробів у процесі виробництва;
- використання технологічних втрат твердих речовин в інших галузях промисловості [12].

Загалом найбільш доцільно рекомендується застосовувати для ТОВ «Полонський фарфоровий завод» наступні технології: заміну природного газу іншими видами палива, спеціальні пальники у процесі сушіння; встановлення когенераційної установки у системі сушіння; встановлення обладнання з рекуперації тепла в сушарках; застосування швидкого випалювання; заміна технологічної сировини на інші матеріали; використання відходів чи розбитої продукції у технологічному процесі виробництва.

Для очищення утворюваних викидів забруднюючих речовин рекомендоване для застосування наступне газоочисне устаткування:

- промисловий рукавний тканинний фільтр, що забезпечує очищення газопилових сумішей від твердих частинок, за допомогою фільтра, який розділений пористою перегородкою на дві камери – запиленого та очищеного газу. Ефективність очищення може бути понад 99 % (рисунок 3.3);

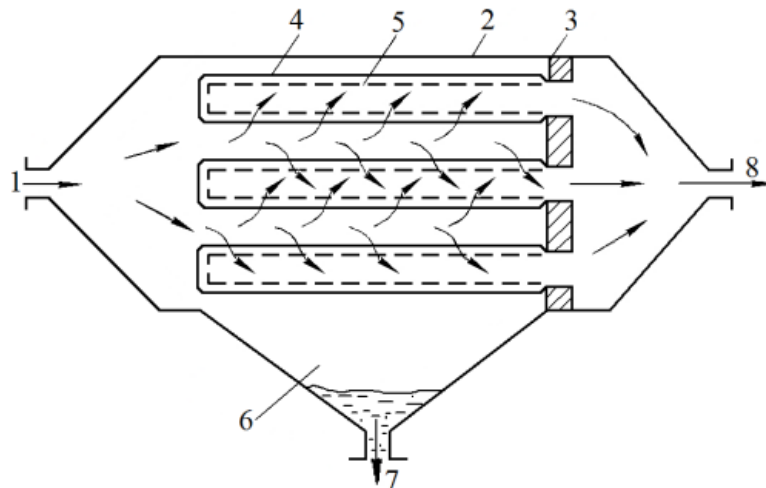


Рисунок 3.3 – Тканинний фільтр з плоскими фільтруючими елементами [40]

– установка термокаталітичного очищення газів у контактних апаратах поверхневого типу, з фільтруючим або псевдозрідженим шаром каталізатора або ж пилоподібним каталізатором, що рухається, де відбувається нейтралізація шкідливих домішок шляхом дії на них каталізаторів. Може досягатися ефективність очищення, що становить 99 % (рисунок 3.4) [41].

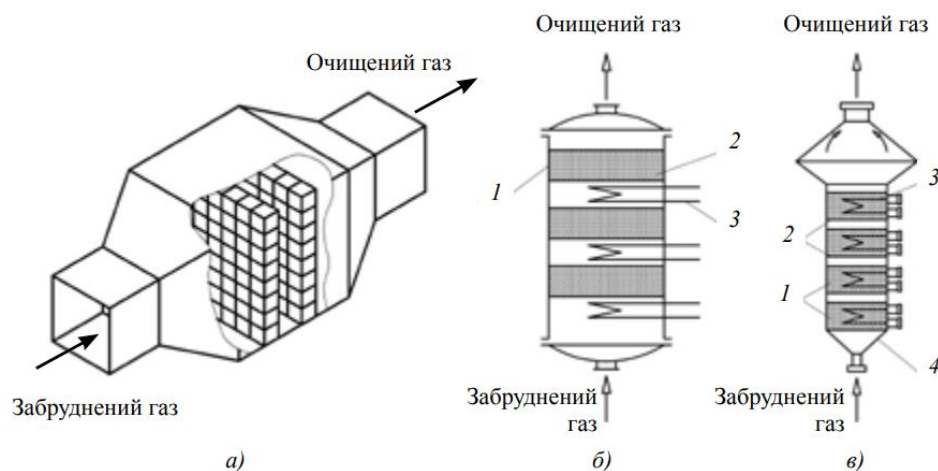


Рисунок 3.4 – Установка каталітичного очищення газів: а – поверхневі; б – з фільтрувальним шаром каталізатора; в – з псевдозрідженим шаром каталізатора [42]

З метою екологічного контролю, екологізації ТОВ «Полонський фарфоровий завод» є доцільним проведення екологічного аудиту.

Згідно із Законом України «Про екологічний аудит» екологічний аудит являє собою документально оформлений системний незалежний процес оцінювання об'єкта екологічного аудиту, за допомогою якого встановлюється відповідність видів діяльності, заходів, умов, системи екологічного управління та інформації з цих питань об'єкта вимогам законодавства України про охорону навколишнього природного середовища та іншим критеріям екологічного аудиту [43].

Процедура екологічного аудиту проводиться шляхом збору доказів екологічного аудиту, які являють собою документально зафіксовані відомості стосовно діяльності об'єкта аудиту, які підлягають перевірці. Екологічний аудит має наступні завдання (рисунок 3.3).

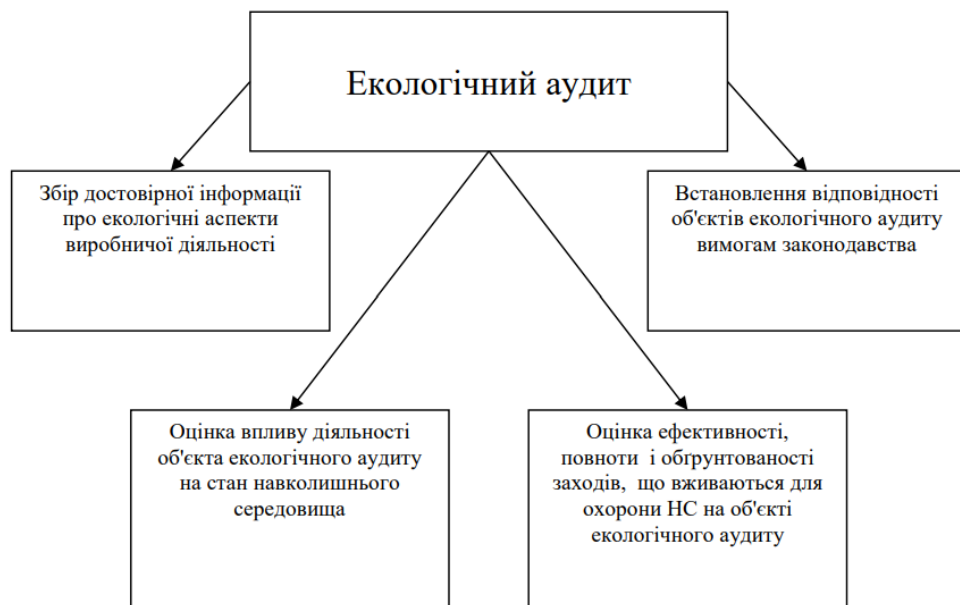


Рисунок 3.3 – Завдання екологічного аудиту згідно із Законом України «Про екологічний аудит» [44]

Прикладами видів екологічного аудиту, які є можуть бути проведені на підприємстві фарфорової промисловості є аудит управління, який являє собою

оцінку внутрішньої системи управління, корпоративної політики і екологічний ризик, пов'язаний з виробничою діяльністю підприємства. В основі даного виду екологічного аудиту аналіз та розробка рекомендацій щодо покращення організації екологічного управління підприємства, а також управління основними видами ресурсів. І окрім цього аудит енергоспоживання – оцінка споживання енергії на об'єкті аудиту, з метою зниження навантаження на довкілля. Аудит енергоспоживання оцінює власні та оплачувані енергетичні ресурси, а також якісно і кількісно енергетичні витрати, на основі чого розробляються рекомендації зі зниження останніх [45].

Аудити можуть проводитися з використанням елементів міжнародних стандартів, розроблених для підтримки впровадження енергетичних аудитів відповідно до Директиви про енергоефективність, наприклад: ДСТУ ISO 50001 про системи енергетичного менеджменту, що встановлює вимоги до великих для великих установок; ДСТУ ISO 50005:2022 щодо систем енергетичного менеджменту – цей стандарт надає організаціям рекомендації щодо встановлення поетапного підходу до впровадження системи енергетичного менеджменту. Цей поетапний підхід має на меті підтримати та спростити впровадження системи енергетичного менеджменту, зокрема для малих та середніх установок [46] – [47].

До прикладу, відповідно до стандарту ДСТУ ISO 50001 є такі аспекти підготовки енергетичного аналізу: аналіз використання і споживання енергії; встановлення сфери значного енергоспоживання; визначення можливості для покращення енергетичної результативності; оцінка майбутнього енергоспоживання [48].

Також підприємство може розробляти і застосовувати систему екологічного управління з метою екологізації своєї діяльності (яка може оцінюватися процедурою екологічного аудиту). Система екологічного управління являє собою сукупність взаємопов'язаних або тих елементів організації, що взаємодіють між собою, для формування політик і встановлення цілей та процесів, щоб досягати цих цілей [49].

Підприємством доцільно здійснювати моніторинг, вимірювання, аналізування та оцінювання своєї екологічної діяльності. В такому випадку потрібно встановити [50]:

- аспекти, які підлягають моніторингу та вимірюванню;
- методи моніторингу, вимірювання, аналізування та оцінювання;
- критерії, за якими буде оцінюватися екологічна діяльність;
- час для проведення моніторингу і вимірювання та аналізування і оцінювання їх.

Таким чином впровадження екологічного управління на ТОВ «Полонський фарфоровий завод», дозволить виявити слабкі та проблемні сторони, підвищити екологічну діяльність та поліпшити екологічні показники виробництва. Проведення процедури екологічного аудиту дозволить оцінювати чи відповідає наявна система екологічного управління та/або екологічні параметри виробництва перш за все вимогам природоохоронного законодавства.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційні роботі проаналізовано технологічний процес виробництва фарфору на ТОВ «Полонський фарфоровий завод», проведено комплексне дослідження його впливу на стан навколишнього природного середовища.

ТОВ «Полонський фарфоровий завод» є єдиним із підприємств з виготовлення фарфорової продукції у місті Полонне (яке з давніх часів було осередком фарфорової галузі промисловості і має відповідне підґрунтя для подальшого її розвитку) і єдиним у Хмельницькій області.

Технологія виготовлення фарфорового посуду складається з наступних стадій: приготування шлікеру для лиття, пластичної маси та прес-порошку, формування посуду, сушіння, перший бісквітний випал, глазурування посуду, другий політий випал і декорування.

Встановлено, що виробництво фарфору є енергоємним і ресурсозатратним, яке супроводжується утворенням викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, утворенням відходів та здійснює вплив на водні об'єкти.

Підприємство ТОВ «Полонський фарфоровий завод» має сім стаціонарних організованих джерел викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря. Основним джерелом негативного впливу на довкілля є викиди забруднюючих речовин, а саме внаслідок процесів сушіння, випалювання, роботи котельні та дизель-генератора, через спалювання природного газу та дизельного палива. Від стаціонарних джерел викидів у атмосферне повітря викидається 11 забруднюючих речовин, сумарних обсяг – 14617,1 т/рік. Найбільші частки у загальне забруднення вносять оксид вуглецю, діоксид вуглецю, діоксид азоту і неметанові легкі органічні сполуки.

За результатами проведених розрахунків встановлено, що перевищень за межами санітарно-захисної зони підприємства по забруднюючим

речовинам не спостерігається, а функціонування підприємства здійснюється у межах чинних вимог природоохоронного законодавства. Разом із тим, з метою подальшого підвищення рівня екологічної безпеки та зменшення потенційного впливу на прилеглі території доцільним є впровадження додаткових природоохоронних заходів превентивного характеру, зокрема удосконалення системи озеленення санітарно-захисної зони.

Внаслідок діяльності підприємства утворюються вісім видів відходів, сумарний обсяг яких складає 133,699 т/рік. Тверді побутові відходи збираються у спеціальні урни на території підприємства, небезпечні відходи підприємство передає спеціалізованим організаціям, які мають ліцензію на здійснення спеціальних операцій з відходами. Також посадовими особами ведеться облік відпрацьованого або зіпсованого мастила у журналі обліку відходів.

Використання води на підприємстві обумовлюється забезпеченням питних та виробничих потреб, загальний обсяг – 12 231,25 м³/рік. Вода надходить з водної свердловини на території заводу або з існуючої інженерної мережі міста Полонне. Для збору побутових стоків наявна зовнішня проєктована самопливна мережа побутової каналізації. Відведення поверхневих стічних вод з території здійснюється по проєктованій закритій мережі дощової каналізації, потім їх піддають очищенню на проєктованих очисних спорудах та відводять в діючу мережу дощової каналізації. Виробничі стоки не утворюються, оскільки стічні води, повторно використовуються у технологічному процесі (стадія отримання шлікеру).

З метою зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище від виробництва фарфорового посуду на ТОВ «Полонський фарфоровий завод» рекомендованими для застосування є наступні заходи:

- заміна природного газу (при випалюванні продукції) синтез-газом, біогазом з відходів або біомасою шляхом модернізації печей, що дозволить мінімізувати викиди забруднюючих речовин;

- скорочення викидів оксидів азоту за допомогою використання спеціальних пальників;
- використання у системі сушіння когенераційної установки, яка працює по технології комбінованого виробництва тепла та електроенергії – когенерації. Енергетична та ексергетична ефективність (показує реальну якість використання енергії, а не тільки її кількість) цієї установки становлять відповідно 82,3 % і 34,7 %;
- встановлення обладнання з рекуперації (повторного використання енергії) тепла в сушарках. Зниження викидів від 57 % до 73 % та економія енергії від 60 % до 80 %;
- впровадження технології швидкого випалювання, що дозволить зменшити викиди CO₂;
- заміна польовому шпату і піску гранітними плитами, що дозволить знизити певну частку від потреби у глинистих мінералах і заощадить воду та енергію;
- додавання відходів, що можуть утворюватися під час шліфування, декорування і глазурування, у сировину для виробництва наступної продукції; використання розбитих виробів у процесі виробництва, що зменшить кількість відходів;

Стосовно заощадження свіжої води на підприємстві застосовується система оборотного водопостачання, коли вже використана вода знову надходить у виробничий процес, що зменшує обсяг забору свіжої води з джерела водопостачання.

Загалом мінімізація негативного впливу на навколишнє природне середовище від фарфорової галузі промисловості може базуватися на наступних підходах:

- покращення управління енергією;
- зміна палива, що використовується у процесі виробництва;
- удосконалення рецептури сировини для ефективнішого випалу продукції;

– оптимізація процесів.

Також важливим напрямом удосконалення природоохоронної діяльності підприємства є проведення екологічного аудиту, який дозволить системно оцінити відповідність діяльності підприємства вимогам природоохоронного законодавства, виявити проблемні місця та визначити пріоритети для поліпшення екологічної діяльності.

Реалізація запропонованих заходів дозволить зменшити обсяги викидів забруднюючих речовин, скоротити утворення відходів, підвищити ресурсоефективність виробництва та покращити екологічний стан прилеглих територій.

Водночас запропоновані рішення з екологізації сприятимуть переходу виробництва фарфорової продукції, на прикладі ТОВ «Полонський фарфоровий завод», до концепції сталого виробництва, зниженню обсягів викидів і утворення відходів, підвищенню ефективності використання енергії та матеріальних ресурсів, а також покращенню екологічного стану виробничої території та прилеглого навколишнього середовища.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Історія та розвиток керамічного виробництва [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. В. Саввова, Г. К. Воронов, О. І. Фесенко [та ін.]; – Харків : Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, 2022. – 182 с. – URL: <https://eprints.kname.edu.ua/62141/1/2021%20%D0%BF%D0%B5%D1%87.%2011%D0%9D%20%D0%A4%D0%B5%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE.pdf> (дата звернення: 24.10.2025).

2. Варивончик А. В. Порцеляна в контексті художніх промислів України [Електронний ресурс] А. В. Варивончик // Вісник Київського національного університету культури та мистецтв. Серія: Мистецтвознавство. – 2016. – вип. 34. – С. 61–66. – URL: <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/15281/1/Varivonchik.pdf> (дата звернення: 27.10.2025).

3. Глухова С. В. Україна: фарфорово-фаянсова промисловість [Електронний ресурс] / С. В. Глухова // Велика українська енциклопедія. – URL: https://vue.gov.ua/%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0:%D1%84%D0%B0%D1%80%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE-%D1%84%D0%B0%D1%8F%D0%BD%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C (дата звернення: 27.10.2025).

4. Ceramic and Porcelain Tableware Companies – Rosenthal GmbH (Germany) and Villeroy & Boch AG (Germany) are Leading Players in the Ceramic and Porcelain Tableware Market [Electronic resource] : MarketsandMarkets. – URL: <https://www.marketsandmarkets.com/ResearchInsight/ceramic-porcelain-tableware-market.asp> (date of access: 27.10.2025).

5. Porcelain Market Size, Share & Industry Analysis, By Type (Tableware and Home Accessories), By Application (Home and Commercial), and Regional Forecast, 2025-2032 [Electronic resource] : Home Products and Utilities. – URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/porcelain-market-109895>

(date of access: 27.10.2025).

6. The green issue № 4 [Electronic resource] : Porcelanosa grupo. – URL: <https://www.porcelanosa.com/responsabilidad-social-corporativa/>

(date of access: 28.10.2025).

7. Fiskars Group Environmental Policy [Electronic resource] : Fiskars group. – URL: https://fiskarsgroup.com/wp-content/uploads/2023/05/Fiskars-Group_Environmental-Policy.pdf (date of access: 28.10.2025).

8. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури [Електронний ресурс] / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш; за заг. ред. Р. А. Шмига. – Львів, 2010. – 200 с. – URL: https://shron1.chtyvo.org.ua/Shmyh_Roman/Terminolohichnyi_slovnyk-dovidnyk_z_budivnytstva_ta_arkhitektury.pdf (дата звернення: 30.10.2025).

9. Суббота І. С. Хімічна технологія кераміки [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / І. С. Суббота, Л. М. Спасьонова, В. Ю. Тобілко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 178 с. – URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/a9d30437-a016-4abe-9219-98c43630216a/content> (дата звернення: 30.10.2025).

10. Звіт з оцінки впливу на довкілля «Нове будівництво комплексу по виробництву фарфорового посуду по вул. Привокзальній, 50 в м. Полонному, Полонської територіальної громади Шепетівського району, Хмельницької області» : Департамент природних ресурсів та екології Хмельницької ОДА.

11. Кондратюк С. Ю. Технологія виготовлення керамічних виробів методом лиття шлікера у форму [Електронний ресурс] : методичний посібник / С. Ю. Кондратюк. – Черкаси : КНЗ «ЧОІПОПП ЧОР», 2017. – 28 с. – URL: <http://library.ippro.com.ua/attachments/article/600/%D0%92%D0%B8%D0%B3%>

D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BA%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BCi%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85.pdf (дата звернення: 30.10.2025).

12. Довідковий документ з найкращих доступних технологій та методів управління у керамічному виробництві [Електронний ресурс] : Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. – URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/cer_bref_0807_uk.pdf (дата звернення: 31.10.2025).

13. Воронов Г. К. Теорія та практика одержання хімічних речовин і матеріалів [Електронний ресурс] : конспект лекцій (для студентів 1 курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія) / Г. К. Воронов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 120 с. – URL: <https://eprints.kname.edu.ua/55724/1/2020%20%D0%BF%D0%B5%D1%87.%2046%D0%9B.pdf> (дата звернення: 01.11.2025).

14. Стратегія розвитку Полонської міської об'єднаної територіальної громади на період до 2027 року [Електронний ресурс] : Офіційний сайт Виконавчий комітет Полонської міської ради територіальної громади – URL: <https://pol-otg.gov.ua/strategii-rozvitku-polonskoi-otg-09-07-02-20-01-2020/6> (дата звернення: 03.11.2025).

15. Чисельність наявного населення України на 1 січня [Електронний ресурс] : статистичний збірник / Державна служба статистики України; за ред. М. Тімоніної. – Київ : 2022. – URL: http://db.ukrcensus.gov.ua/PXWEB2007/ukr/publ_new1/2022/zb_%D0%A1huseInist.pdf (дата звернення: 04.11.2025).

16. Дежефі М. Концепція інтегрованого просторового розвитку Полонської об'єднаної міської територіальної громади (Хмельницька область) [Електронний ресурс] / М. Дежефі, К. Савчук, В. Яськов. – URL: <https://hromada.canactions.com/wp-content/uploads/2019/12/Polonska.pdf> (дата звернення: 04.11.2025).

17. План місцевого економічного розвитку [Електронний ресурс] / Ф. Ф. Скримський [та ін.]. – Полонська міська рада ОТГ, 2020. – URL: <https://drive.google.com/file/d/1bMBpdkRHvg8IJKSm6MXT0Ud6XIdxAYuC/view> (дата звернення: 05.11.2025).

18. Звіт про стратегічну екологічну оцінку Стратегії розвитку Полонської міської об'єднаної територіальної громади на період до 2027 року [Електронний ресурс] : Офіційний сайт Виконавчий комітет Полонської міської ради територіальної громади – URL: <https://pol-otg.gov.ua/strategii-rozvitku-polonskoi-otg-09-07-02-20-01-2020/> (дата звернення: 05.11.2025).

19. Викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення по містах і районах з 2017 по 2020 рік [Електронний ресурс] : Офіційний сайт Головного управління статистики у Хмельницькій області – URL: <https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/index.htm> (дата звернення: 06.11.2025).

20. Дячук А О. Стан довкілля в полонській ОТГ: сучасні загрози та можливості сталого розвитку / А О. Дячук, Г. О. Вікулова // Міжнародна наукова-практична конференція «Трансформаційні підходи до сталого розвитку: екологічна освіта, наука та природоохоронні практики для відбудови України» : зб. тез., 22–26 вересня 2025 року, Житомир : ЖДТУ, 2025. – С. 68.

21. ТОВ «Полонський фарфоровий завод» [Електронний ресурс] : YouControl – сервіс перевірки контрагентів. – URL: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/40078842/ (дата звернення: 06.11.2025).

22. Майдан-Вильський кар'єр – найбільший постачальник польового шпату на території Східної Європи [Електронний ресурс] : Сайт міста Шепетівка. 2023. – URL: <https://shepetivka.com.ua/novyny/biznes/12653-maidanvylskyi-karier-naibilshyi-postachalnyk-polovoho-shpatu-na-terytorii-skhidnoi-yeuroyu.html> (дата звернення: 07.11.2025).

23. Бекетов В. Є. Методичні вказівки з дисципліни «Інженерна аероекологія міст» до виконання курсової роботи «Розрахунок розсіяння

забруднюючих речовин в атмосферному повітрі» (для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання спеціальності 7.04010601 – Екологія та охорона навколишнього середовища) [Електронний ресурс] / уклад.: В. Є. Бекетов, Г. П. Євтухова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 34 с. – URL: https://eprints.kname.edu.ua/41558/1/2015%20%D0%BF%D0%B5%D1%87.%2077%D0%9C%20%20%D0%BA%20%D0%9A%D0%A0%20%20%D0%A0%D0%90%D0%A1%D0%A7%D0%95%D0%A2%20%D0%A0%D0%90%D0%A1%D0%A1%D0%95%D0%98%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%98%D0%AF_.pdf (дата звернення: 08.11.2025).

24. Викиди забруднюючих речовин і парникових газів, діоксиду вуглецю в атмосферне повітря від стаціонарних джерел викидів за видами економічної діяльності (секція за КВЕД) у 2020 році [Електронний ресурс] // Головне управління статистики у Хмельницькій області. – URL: <https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/statinf/ns/vzrdvved20.htm> (дата звернення: 08.11.2025).

25. Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення за видами економічної діяльності (секція за КВЕД) у 2021 році [Електронний ресурс] // Головне управління статистики у Хмельницькій області. – URL: <https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/statinf/ns/vzrdvved21.htm> (дата звернення: 08.11.2025).

26. Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення за видами економічної діяльності (секція за КВЕД) у 2022 році [Електронний ресурс] // Головне управління статистики у Хмельницькій області. – URL: <https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/statinf/ns/vzrdvved22.htm> (дата звернення: 08.11.2025).

27. Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення за видами економічної діяльності (секція за КВЕД) у 2023 році [Електронний ресурс] // Головне управління статистики у Хмельницькій області. – URL: <https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/statinf/ns/vzrdvved23.htm> (дата звернення: 08.11.2025).

28. Викиди в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення за видами економічної діяльності (секція за КВЕД) у 2024 році [Електронний ресурс] // Головне управління статистики у Хмельницькій області. – URL: <https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/statinf/ns/vzrdvved24.htm> (дата звернення: 08.11.2025).

29. Викиди основних забруднюючих речовин, діоксиду вуглецю в атмосферне повітря від стаціонарних джерел викидів у 2020 році [Електронний ресурс] // Головне управління статистики у Хмельницькій області. – URL: https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/statinf/ns/voshr_r20.htm (дата звернення: 09.11.2025).

30. Викиди основних забруднюючих речовин, діоксиду вуглецю в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у 2021 році [Електронний ресурс] // Головне управління статистики у Хмельницькій області. – URL: https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/statinf/ns/voshr_r21.htm (дата звернення: 09.11.2025).

31. Викиди основних забруднюючих речовин, діоксиду вуглецю в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у 2022 році [Електронний ресурс] // Головне управління статистики у Хмельницькій області. – URL: https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/statinf/ns/voshr_r22.htm (дата звернення: 09.11.2025).

32. Викиди основних забруднюючих речовин, діоксиду вуглецю в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у 2023 році [Електронний ресурс] // Головне управління статистики у Хмельницькій області. – URL: https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/statinf/ns/voshr_r23.htm (дата звернення: 09.11.2025).

33. Викиди основних забруднюючих речовин, діоксиду вуглецю в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у 2024 році [Електронний ресурс] // Головне управління статистики у Хмельницькій області. – URL: https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/statinf/ns/voshr_r24.htm (дата звернення: 09.11.2025).

34. Про інтегроване запобігання та контроль промислового забруднення : закон (№ 3855-IX) [прийнято Верховною Радою України 16.07.2024] // Офіційний сайт Верховної Ради України. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3855-20#Text> (дата звернення: 10.11.2025).

35. Впровадження НДТМ в Україні: що зміниться для бізнесу та як підготуватися [Електронний ресурс] : Медіаплатформа про екологічну політику України. – URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/vprovadzhennya-ndtm-v-ukraini-shho-zminitsya-dlya-biznesu-ta-yak-pidgotuvatisya/> (дата звернення: 11.11.2025).

36. Екологічний паспорт Хмельницької області у 2022 році [Електронний ресурс] : Офіційний сайт Хмельницької обласної військової адміністрації – URL: https://www.adm-km.gov.ua/?page_id=7157 (дата звернення: 15.11.2025).

37. Екологічний паспорт Хмельницької області у 2023 році [Електронний ресурс] : Офіційний сайт Хмельницької обласної військової адміністрації – URL: https://www.adm-km.gov.ua/?page_id=7157 (дата звернення: 15.11.2025).

38. Екологічний паспорт Хмельницької області у 2024 році [Електронний ресурс] : Офіційний сайт Хмельницької обласної військової адміністрації – URL: https://www.adm-km.gov.ua/?page_id=7157 (дата звернення: 15.11.2025).

39. Furszyfer Del Rio Dylan D. Decarbonizing the ceramics industry: A systematic and critical review of policy options, developments and sociotechnical systems [Electronic resource] : Journal «Renewable and Sustainable Energy Reviews» / Dylan D. Furszyfer Del Rio, Benjamin K. Sovacool, Aoife M. Foley [and other] – 2022. – Vol. 157. – P. 11–19. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032122000119#sec5> (date of access: 20.11.2025).

40. Газопоршнева когенераційна установка [Електронний ресурс] : Компанія ДП «Автомоторс». – URL: <https://automotors.com.ua/products/tcg-3016-v16-s-uk/> (дата звернення: 22.11.2025).

41. Методи пилогазоочистки: найкращі та доступні рішення [Електронний ресурс] : Офіс сталих рішень. – URL: <https://ukraine-oss.com/metody-pylogazoochystky-najkrashhi-ta-dostupni-rishennya/> (дата звернення: 29.11.2025).

42. Благодатний В. В. Апарати для очищення повітря від забруднень [Електронний ресурс] : методичні вказівки / В. В. Благодатний, Н. І. Магась, Ю. М. Харитонов. – Миколаїв : НУК, 2019. – 52 с. – URL: <https://rep.nuos.edu.ua/server/api/core/bitstreams/1d225c09-d2c4-4c14-b412-95c92bc53b2c/content> (дата звернення: 29.11.2025).

43. Гічов Ю. О. Очищення газів. Частина II [Електронний ресурс] : конспект лекцій / Ю. О. Гічов. – Дніпро : НМетАУ, 2015. – 46 с. – URL: https://nmetau.edu.ua/file/22._gichov_yu.o._ochischennya_gaziv._chastina_ii.pdf (дата звернення: 04.12.2025).

44. Про екологічний аудит : закон (№ 1862-IV) [прийнято Верховною Радою України 24.06.2004] // Офіційний сайт Верховної Ради України [Електронний ресурс] : – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1862-15#Text> (дата звернення: 05.12.2025).

45. Теоретичні основи екологічного аудиту [Електронний ресурс] : Сайт Рівненського державного гуманітарного університету. – URL: <https://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/OEA.pdf> (дата звернення 06.12.2025).

46. Кузьменко О. Б. Процедура екологічного аудиту в системі екоменеджменту підприємства [Електронний ресурс] : навчальний посібник / О. Б. Кузьменко, В. І. Андрєєв. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. – 184 с. – URL: <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/167/1/%D0%9A%D1%83%D0%B7%D1%8C%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE-%D0%9E.-%D0%91.->

%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%B4%D1%83%D1%80%D0%B0-
%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87
%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-
%D0%B0%D1%83%D0%B4%D0%B8%D1%82%D1%83-%D0%B2-
%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%96-
%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%B4
%D0%B6%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%83-
%D0%BF%D1%96%D0%B4%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%94%D0%BC%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0.doc (дата звернення 07.12.2025).

47. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Ceramic Manufacturing Industry [Electronic resource] : Seville: European Commission. – URL: file:///C:/Users/Admin/Downloads/CER_D1_Updated_BW_web-bref.pdf (date of access: 07.12.2025).

48. Ceramic Manufacturing Industry [Electronic resource] : An official website of the European Union. – URL: <https://bureau-industrial-transformation.jrc.ec.europa.eu/index.php/reference/ceramic-manufacturing-industry> (date of access: 08.12.2025).

49. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання [Електронний ресурс] : На заміну ДСТУ ISO 50001:2014; чинний від 03–06–2020. Київ ДП «УкрНДНЦ», 2020 – 33 с. – URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_50001_2020.pdf (дата звернення: 08.12.2025).

50. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосовування [Електронний ресурс] : На заміну ДСТУ ISO 14001:2006; чинний від 01–07–2016. Київ : ДП «НДІ «Система», 2016. – 22 с. – URL: <https://quality.nuph.edu.ua/wp->

content/uploads/2018/10/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3-ISO_14001-2015-.pdf (дата звернення: 08.12.2025).