



**EUROPEAN CONFERENCE**

# **Conference Proceedings**



**XII International Science Conference  
«Modern problems of ensuring  
the quality of life in the world:  
present and future»**

**March 24-26, 2025**

**Lyon, France**

# **MODERN PROBLEMS OF ENSURING THE QUALITY OF LIFE IN THE WORLD: PRESENT AND FUTURE**

Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference

Lyon, France  
(March 24-26, 2025)

UDC 01.1

ISBN – 979-8-89766-182-4

The XII International scientific and practical conference «Modern problems of ensuring the quality of life in the world: present and future», March 24-26, 2025, Lyon, France. 232 p.

Text Copyright © 2025 by the European Conference (<https://eu-conf.com/>).

Illustrations © 2025 by the European Conference.

Cover design: European Conference (<https://eu-conf.com/>).

© Cover art: European Conference (<https://eu-conf.com/>).

© All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required. Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

The recommended citation for this publication is: Eshchanov H.M. Ethnogenetic processes and stages of development of cultural-economic types in the historical-cultural regions of Uzbekistan during the Bronze Age. Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference. Lyon, France. Pp. 52-54.

URL: <https://eu-conf.com/en/events/modern-problems-of-ensuring-the-quality-of-life-in-the-world-present-and-future/>

## **СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ**

**Рибалова Ольга Володимирівна,**  
канд. техн. наук, доцент, доцент,

**Бригада Олена Володимирівна,**  
канд. техн. наук, доцент, доцент

**Кочура Анастасія Сергіївна**  
студентка

Національний університет цивільного захисту України,  
м. Черкаси, Україна

Проблема забруднення атмосферного повітря є однією з найважливіших проблем сучасності для багатьох країн світу. Найбільш значним джерелом забруднення атмосфери є викиди забруднюючих речовин від промислових підприємств. Тому огляд сучасних методів очищення промислових викидів є актуальним завданням.

Методи очищення газів від аерозолів по їхньому основному принципу можна розділити на механічне очищення, електростатичні очищення і очищення за допомогою звукової та ультразвукової коагуляції.

Механічне очищення газів включає сухі і мокрі методи. До сухих методів належать:

- 1) гравітаційне осаження;
- 2) інерційний і відцентрове пиловловлення;
- 3) фільтрація.

У більшості промислових газоочисних установках комбінується кілька прийомів очищення від аерозолів, причому конструкції очисних апаратів досить численні.

Гравітаційне осаження засноване на осаженні зважених частинок під дією сили тяжіння при русі запиленого газу з малою швидкістю без зміни напрямку потоку. Процес проводять у відстійних газоходів і пилоосадних камерах.

Для зменшення висоти осаження частинок в осаджувальних камерах встановлено на відстані 40 – 100 мм багато горизонтальних полиць, які розбивають газовий потік на плоскі струменя. Гравітаційне осаження дієво лише для крупних частинок діаметром більше 50 – 100 мкм, причому ступінь очищення складає не вище 40 – 50%. Метод придатний лише для попереднього, грубого очищення газів.

Інерційне осаження засноване на прагненні зважених частинок зберігати початкове напрямку руху при зміні напрямку газового потоку. Серед інерційних апаратів найбільш часто застосовують жалюзійні пиловловлювачі з великим

числом щілин (жалюзі). Гази, виходять через щілини і змінюють при цьому напрямок руху, швидкість газу на вході в апарат складає 10 – 15 м/с. Гідравлічний опір апарату 100 – 400 Па. Частиці пилу з  $d < 20$  мкм в жалюзійних апаратах не вловлюються. Ступінь очищення в залежності від дисперсності частинок становить 20 – 70%. Інерційний метод можна застосовувати лише для грубої очистки газу. Крім малої ефективності недолік цього методу – швидке стирання або забивання щілин.

Відцентрові методи очищення газів засновані на дії відцентрової сили, що виникає при обертанні очищуваного газового потоку в очисному апараті або при обертанні частин самого апарату. В якості відцентрових апаратів пиловловлення застосовують циклони різних типів: батареї циклони, що обертають пиловловлювачі (ротоклони) та ін. Циклони найбільш часто застосовують у промисловості для осадження твердих аерозолів.

Газовий потік подається в циліндричну частину циклону тангенціально, описує спіраль у напрямку до дну конічної частини і потім спрямовується вгору через турбулізоване ядро потоку в осі циклону на вихід. Циклони характеризують високою продуктивністю по газу, простотою устрою та надійністю в роботі. Ступінь очищення від пилу залежить від розмірів часток. Для циклонів високої продуктивності, зокрема батарейних циклонів (продуктивністю більше 20000 м<sup>3</sup>/год), ступінь очищення складає близько 90% при діаметрі часток  $d > 30$  мкм.

Гідравлічний опір високопродуктивних циклонів складає біля 1080 Па. Циклони широко застосовують при грубому і середньому очищенню газу від аерозолів. Іншим типом відцентрованого пиловловлювача служить ротоклон, що складається з ротора і вентилятора, поміщеного в осаджувальний кожух. Лопаті вентилятора, обертаючись, направляють пил в канал, який веде в приймач пилу.

Фільтрація заснована на проходженні очищуваного газу через різні фільтрувальні тканини (бавовна, шерсть, хімічні волокна, скловолокно та ін) або через інші фільтруючі матеріали (кераміка, металокераміка, пористі перегородки з пластмаси та ін.). Найбільш часто для фільтрації застосовують спеціально виготовлені волокнисті матеріали – стекловолокна, вовна або бавовна з азбестом, асбоцеллюлозу.

Залежно від фільтруючого матеріалу розрізняють тканинні фільтри (у тому числі рукавні), волокнисті, з зернистих матеріалів (керамічні, металокераміка, пористі пластмаси). Тканинні фільтри, найчастіше рукавні, застосовуються при температурі очищуваного газу не вище 60-65 °С. Залежно від гранулометричного складу пилу і початкової запиленості ступінь очищення складає 85 – 99%. Гідравлічний опір фільтра  $\Delta P$  близько 1000 Па; витрата енергії  $\sim 1$  кВт \* год/1000 м<sup>3</sup> очищуваного газу. Для безперервної очистки тканини продувають повітряними струменями, які створюються різними пристроями – соплами, розташованими проти кожного рукава, що рухаються наружними продувними кільцями та ін. Зараз застосовують автоматичне управління рукавних фільтрів з продувкою їх імпульсами стисненого повітря.

Волокнисті фільтри, що мають пори, рівномірно розподіляються між тонкими волокнами, працюють з високою ефективністю; ступінь очищення  $\eta = 99,5 \div 99,9\%$  при швидкості фільтрованого газу  $0,15 - 1,0$  м/с і  $\Delta P = 500 \div 1000$  Па.

Фільтрація – дуже поширений прийом тонкого очищення газів. Її переваги – порівняно низька вартість обладнання (за винятком металокерамічних фільтрів) і висока ефективність тонкого очищення. Недоліки фільтрації – високий гідравлічний опір і швидке забивання фільтруючого матеріалу пилом.

Мокра очистка газів від аерозолів заснована на промивці газу рідиною при можливо більш розвиненій поверхні контакту рідини з частками аерозолу і можливо більш інтенсивному перемішуванні очищуваного газу з рідиною. Цей універсальний метод очищення газів від частинок пилу, диму і туману будь-яких розмірів є найбільш розповсюдженим прийомом завершальній стадії механічної очистки, особливо для газів, що підлягають охолодженню. У апаратах мокрого очищення застосовують різні прийоми розвитку поверхні дотику рідини і газу.

Башти з насадкою (насадочні скрубери) відрізняються простотою конструкції та експлуатації, стійкістю в роботі, малим гідравлічним опором і порівняно малою витратою енергії. У насадочному скрубери можливо очищення газів з початковою запиленістю до  $5 - 6$  г/м<sup>3</sup>. Ефективність одного ступеня очищення для пилу з  $d > 5$  мкм не перевищує  $70 - 80\%$ . Насадка швидко забивається пилом, особливо при високій початковій запиленості.

Зрошувані циклони (відцентрові скрубери) приміняють для очищення великих обсягів газу. Для частинок розміром  $2 - 5$  мкм ступінь очищення складає  $\sim 50\%$ . Відцентрові скрубери є високопродуктивними завдяки більшій швидкості газу; у вхідному патрубку  $\omega_r = 18 \div 20$  м/с, а в межконусообразному скрубери  $\omega_r = 4 \div 5$  м/с.

Пінні апарати застосовують для очищення газу від аерозолів полідисперсного складу. Інтенсивний пінний режим створюється на полицях апарату при лінійній швидкості газу в його повному перерізі  $1 - 4$  м/с. Для частинок з діаметром  $d > 5$  мкм ефективність їх уловлювання на одній полиці апарату  $90 - 99\%$ ; при  $d < 5$  мкм  $\eta = 75 \div 90\%$ . Для підвищення  $\eta$  встановлюють двох- і трьохполичні апарати.

Скрубери Вентурі – високоінтенсивні газоочисні апарати, але працюють з великою витратою енергії. Струмені зрошуємої рідини, впорскуються в обсяг конфузору, випробовують дію газового потоку, який має високу швидкість на вході в горловину внаслідок зміни перерізу в конфузори. Зважаючи на значну різницю між швидкостями руху потоку газів і струменів рідини в напрямку руху газу струменя рідини дробляться на краплі.

Швидкість газу у звуженні труби (горловині скрубера) становить  $100 - 200$  м/с, а в деяких установках – до  $1200$  м/с. При такій швидкості очищений газ розбивається на найменші краплі завису рідини, вприскує по периметру труб. Це призводить до інтенсивного зіткнення частинок аерозолу з краплями і уловлювання частинок під дією сил інерції. Скрубер Вентурі – універсальний малогабаритний апарат, що забезпечує вловлювання туману на  $99 - 100\%$ ,

частинок пилу з  $d = 0,01 \div 0,35$  мкм на 50 – 85% і частинок пилу з  $d = 0,5 – 2$  мкм – на 97 %.

Головний недолік скрубера Вентурі – велика витрата енергії з подолання високого гідравлічного опору, яке залежно від швидкості газу в горловині може становити 0,002-0,013 МПа. Крім того, апарат не відрізняється надійністю в експлуатації, управління ним складне.

Основний недолік всіх методів мокрого очищення газів від аерозолів – це утворення великих обсягів рідких відходів (шламу). Таким чином, якщо не передбачена замкнута система водообігу і утилізація всіх компонентів шламу, то мокрі способи газоочистки по суті тільки переносять забруднення з газових викидів у стічні води, тобто з атмосфери у водойми.

Електростатичне очищення газів служить універсальним засобом, придатним для будь-яких аерозолів, включно тумани кислот, і при будь-яких розмірах часток. Метод заснований на іонізації та зарядці частинок аерозолу при проходженні газу через електричне поле високої напруги, що створюється коронуючими електродами. Осадження частинок відбувається на заземлених осаджувальних електродах. Промислові електрофільтри складаються з ряду заземлених пластин або труб, через які пропускається очищуваний газ. Між осаджувальними електродами підвішені дровові коронуючі електроди, до яких підводиться напруга 25 – 100 кВ.

При очищенні від пилу сухих газів електрофільтри можуть працювати в широкому діапазоні температур (від 20 до 500 °С) і тиску. Їх гідравлічний опір невеликий – 100 – 150 Па. Ступінь очищення від аерозолів – вище 90, досягаючи 99,9% на багатофакторних електрофільтрах при  $d > 1$  мкм. Недолік цього методу – великі витрати коштів на спорудження і утримання очисних установок і значні витрати енергії на створення електричного поля. Витрата електроенергії на електростатичне очищення – 0,1 – 0,5 кВт на 1000 м<sup>3</sup> очищуваного газу.

Звукова та ультразвукова коагуляція, а також попередня електризація поки мало застосовуються в промисловості і знаходяться в основному в стадії розробки. Вони засновані на укрупненні аерозольних частинок, що полегшує їх уловлювання традиційними методами. Апаратура звукової коагуляції складається з генератора звуку, коагуляційної камери і осаджувача. Звукові й ультразвукові методи застосовні для агрегування дрібнодисперсних аерозольних часток (туману сірчаної кислоти, сажі) перед їх уловлюванням іншими методами. Початкова концентрація часток аерозолу для звукової коагуляції повинна бути не менше 2 г/м<sup>3</sup> (для частинок  $d = 1 \div 10$  мкм).

Коагуляцію аерозолів методом попередньою електризації виробляють, наприклад, пропусканням газу через електризаційну камеру з коронуючими електродами, де відбувається зарядка і коагуляція часток, а потім через мокрий газоочищувач, в якому газорідинний шар служить осаджувальним електродом. Осаджувальним електродом може служити пінний шар у пінних апаратах, шар газорідинної емульсії в скруберах і інших мокрих газопромивачів, в яких решітки або інші відповідні деталі повинні бути заземлені.

Очищення газів від пароподібних і газоподібних домішок. Гази в промисловості зазвичай забруднені шкідливими домішками, тому очищення широко застосовується на заводах і підприємствах для технологічних та санітарних (екологічних) цілей. Промислові способи очищення газових викидів від газо- і пароподібних токсичних домішок можна розділити на три основні групи:

- 1) абсорбція рідинами;
- 2) адсорбція твердими поглиначами;
- 3) каталітична очистка.

У менших масштабах застосовуються термічні методи спалювання (або допалювання) горючих забруднень, спосіб хімічної взаємодії домішок з сухими поглиначами і окислення домішок озоном.

Абсорбція рідинами застосовується в промисловості для вилучення з газів діоксиду сірки, сірководню і інших сірчистих сполук, оксидів азоту, парів кислот ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), діоксиду та оксиду вуглецю, різноманітних органічних сполук (фенол, формальдегід, летючі розчинники та ін.)

Абсорбційні методи засновані на виборчій розчинності газо- і пароподібних домішок у рідині (фізична абсорбція) або на виборчому видаленні домішок хімічними реакціями з активним компонентом поглинача (хемосорбція). Абсорбційна очистка – безперервний і, як правило, циклічний процес, так як поглинання домішок зазвичай супроводжується регенерацією поглинального розчину і його поверненням на початок циклу очищення. При фізичній абсорбції (і в деяких хемосорбційних процесах) регенерацію абсорбенту проводять нагріванням і зниженням тиску, в результаті чого відбувається десорбція поглиненої газової домішки і її концентрації.

Показники абсорбційної очистки: ступінь очищення (ККД) та коефіцієнт масопередачі  $k$  залежать від розчинності газу в абсорбенти, технологічного режиму в реакторі ( $w$ ,  $T$ ,  $p$ ) і від інших факторів, наприклад від рівноваги і швидкості хімічних реакцій при хемосорбції. У хемосорбційних процесах, де в рідкій фазі відбуваються хімічні реакції, коефіцієнт масопередачі збільшується у порівнянні з фізичною абсорбцією. Більшість хемосорбційних процесів газоочистки оборотні, тобто при підвищенні температури поглинального розчину хімічні сполуки, що утворилися при хемосорбції, розкладаються з регенерацією активних компонентів поглинального розчину і з десорбцією поглиненої з газу домішки. Цей прийом покладений в основу регенерації хемосорбентів в циклічних системах газоочистки. Хемосорбція особливо застосовна для тонкого очищення газів при порівняно невеликій початковій концентрації домішок.

Абсорбенти, що застосовуються в промисловості, оцінюються за такими показниками: 1) абсорбційна ємність, тобто розчинність витягнуваного компонента в поглиначі залежно від температури і тиску; 2) селективність, яка характеризується співвідношенням розчинності поділюваних газів і швидкостей їх абсорбції; 3) мінімальний тиск парів, щоб уникнути забруднення очищуваного газу парами абсорбенту; 4) дешевизна; 5) відсутність корозійної дії апаратуру. Як абсорбент застосовують воду, розчини аміаку, їдких і карбонатних лугів,



солей марганцю, етаноламін, олії, суспензії гідроксиду кальцію, оксидів марганцю і магнію, сульфат магнію та інші.

Очисна апаратура аналогічна вже розглянутій апаратурі мокрого уловлювання аерозолів. Найбільш поширений насадковий скруббер, що застосовується для очищення газів від діоксида сірки, сірководню, хлороводню, хлору, оксиду та діоксиду вуглецю, фенолів і інше. В насадкових скруббера швидкість масообмінних процесів мала через малоінтенсивний гідродинамічний режим цих реакторів, що працюють при швидкості газу  $\omega_r = 0,02 \div 0,7$  м / с. Обсяги апаратів тому великі й установки громіздкі.

Для очищення викидів від газоподібних і пароподібних домішок застосовують і інтенсивну масообмінну апаратуру – пінні апарати, безнасадочний форсунковий абсорбер, скруббер Вентурі, що працюють при більш високих швидкостях газу. Пенні абсорбери працюють при  $\omega_r = 1 \div 4$  м/с і забезпечують порівняно високу швидкість абсорбційно-десорбційних процесів; їх габарити в кілька разів менше, ніж насадкових скрубберів. При достатньому числі ступенів очищення (багатополочний пінний апарат) досягаються високі показники глибини очистки: для деяких процесів до 99,9%. Особливо перспективними для очищення газів від аерозолів і шкідливих газоподібних домішок пінні апарати з стабілізатором пінного шару. Вони порівняно прості по конструкції і працюють в режимі високої турбулентності при лінійній швидкості газу до 4 – 5 м/с.

Абсорбційні методи характеризуються безперервністю і універсальністю процесу, економічністю і можливістю витягу великих кількостей домішок з газів. Недолік цього методу в тому, що насадочні скрубери, барботажні і навіть пінні апарати забезпечують досить високий ступінь витягу шкідливих домішок (до ГДК) та повну регенерацію поглиначів тільки при великому числі ступенів очищення. Тому технологічні схеми мокрого очищення, як правило, складні, багатоступінчасті й очисні реактори (особливо скрубери) мають великі обсяги.

Будь-який процес мокрої абсорбційної очистки вихлопних газів від газо- і пароподібних домішок доцільний тільки у випадку його циклічності і безвідходності. Але й циклічні системи мокрого очищення конкурентоспроможні тільки тоді, коли вони поєднані з пиловловлення і охолодженням газу.

Адсорбційні методи застосовують для різних технологічних цілей – поділ парогазових сумішей на компоненти з виділенням фракцій, осушення газів і для санітарної очистки газових вихлопів. Останнім часом адсорбційні методи виходять на перший план, як надійний засіб захисту атмосфери від токсичних газоподібних речовин, що забезпечує можливість концентрування та утилізації цих речовин.

Адсорбційні методи засновані на виборчому витягуванні парогазової суміші певних компонентів за допомогою адсорбентів – твердих високопористих матеріалів, що мають розвинену питому поверхню  $S_{уд}$  ( $S_{уд}$  – відношення поверхні до маси, м<sup>2</sup>/г). Промислові адсорбенти, найчастіше застосовані в газоочищенні – це активоване вугілля, силікагель, алюмогель, природні та синтетичні цеоліти (молекулярні сита). Основні вимоги до промислових

сорбентів – висока поглинальна здатність, вибірковість дії (селективність), термічна стійкість, тривала служба без зміни структури і властивостей поверхні, можливість легкої регенерації. Найчастіше для санітарної очистки газів застосовують активоване вугілля завдяки його високій поглинальній можливості і легкості регенерації.

Адсорбцію газових домішок зазвичай ведуть у поличних реакторах періодичної дії без теплообмінних пристроїв; адсорбент розташований на полицях реактора. Коли необхідний теплообмін (наприклад, потрібно отримати при регенерації десорбат в концентрованому вигляді), використовують адсорбер з вбудованими теплообмінними елементами або виконують реактор у вигляді трубчастих теплообмінників; адсорбент засипаний у трубки, а в міжтрубному просторі циркулює теплоносій.

Найбільш перспективні безперервні циклічні процеси адсорбційного очищення газів у реакторах з рухомим або зваженим шаром адсорбенту, які характеризуються високими швидкостями газового потоку (на багато вище, ніж у періодичних реакторах), високою продуктивністю по газу та інтенсивністю роботи.

Загальні переваги адсорбційних методів очищення газів:

- 1) глибоке очищення газів від токсичних домішок;
- 2) порівнювальна легкість регенерації цих домішок з перетворенням їх в товарний продукт або поверненням у виробництво; таким чином здійснюється принцип безвідходної технології.

Адсорбційний метод особливо раціональний для видалення токсичних домішок (органічних сполук, парів ртуті та ін), що містяться в малих концентраціях, тобто як завершальний етап санітарного очищення газів, що відходять.

Недоліки більшості адсорбційних установок – періодичність процесу і пов'язана з цим мала інтенсивність реакторів, висока вартість періодичної регенерації адсорбентів. Застосування безперервних способів очищення в рухомому і киплячому шарі адсорбенту частково усуває ці недоліки, але вимагає високомісних промислових сорбентів, розробка яких для більшості процесів ще не завершена.

Каталітичні методи очищення газів засновані на реакціях в присутності каталізаторів твердих, тобто на закономірностях гетерогенного каталізу. У результаті каталітичних реакцій домішки, що знаходяться в газі, перетворюються в інші сполуки, тобто на відміну від розглянутих методів домішки не витягуються з газу, а трансформуються в безшкідливі сполуки, присутність яких припускається у вихлопному газі, або в сполуках, що легко видаляються з газового потоку. Якщо утворені речовини підлягають видаленню, то потребуються додаткові операції (наприклад, вилучення рідкими або твердими сорбентами).

Очищення газів на адсорбентах-каталізаторах називають адсорбційно-каталітичним. Цей прийом очищення вихлопних газів вельми перспективний зважаючи на високу ефективність очищення від домішок і можливості очищати

великі об'єми газів, що містять малі частки домішок (наприклад, 0,1 – 0,2 в об'ємних частках  $\text{SO}_2$ ). Але методи утилізації сполук, отриманих при каталізі, інші, ніж в адсорбційних процесах.

Адсорбційно-каталітичні методи застосовують для очищенні промислових викидів від діоксиду сірки, сірководню і сіро-органічних сполук. Катализатором окислення діоксиду сірки в триоксид і сірководню в сірку служать модифіковані добавки активованого вугілля та інші вуглецеві сорбенти. У присутності парів води на поверхні вугілля в результаті окислення  $\text{SO}_2$  утворюється сірчана кислота, концентрація якої в адсорбенти складає залежно від кількості водяної пари при регенерації вугілля 15 – 70%.

Активаторами цієї каталітичної реакції служать водяна пара та аміак, що додається до очищуваного газу в кількості  $\sim 0,2 \text{ г/м}^3$ . Активність катализатора знижується в міру заповнення його пір сіркою і коли маса  $S$  досягає 70 – 80% від маси вугілля, катализатор регенерують промиванням розчином  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ . Промивний розчин полісульфіду амонію розкладають гострою парою з отриманням рідкої сірки.

Для повноцінного очищення газових викидів доцільні комбіновані методи, в яких застосовується оптимальне для кожного конкретного випадку поєднання грубого, середнього і тонкого очищення газів і парів. На перших стадіях, коли додержування токсичної домішки велике, більш підходять абсорбційні методи, а для доочищення – адсорбційні або каталітичні.