

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ**

Конспект лекцій

Харків 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ**

Конспект лекцій

Харків 2021

Рекомендовано до друку кафедрою спеціальної хімії та хімічної технології безпеки НУЦЗ України (протокол від 07.06.2021 № 12)

Укладачі: О. В. Христич, Г. М. Шабанова, О. В. Тарахно, В. В. Дейнека

Рецензенти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник С. М. Логвінков, професор кафедри технологій та безпеки життєдіяльності Харківського Національного економічного університету ім. С. Кузнеця;
доктор технічних наук, доцент, О. О. Кіреєв, професор кафедри спеціальної хімії та хімічної технології НУЦЗ України.

Фізико-хімічні основи технологічних процесів захисту довкілля: конспект лекцій / Укладачі: О. В. Христич, Г. М. Шабанова, О. В. Тарахно, В. В. Дейнека – Х.: НУЦЗУ, 2021. – 100 с.

Конспект лекцій з дисципліни «Фізико-хімічні основи технологічних процесів захисту довкілля» призначений для здобувачів вищої освіти денної та заочної форми навчання.

ВСТУП

Навчальний курс «Фізико-хімічні основи технологічних процесів захисту довкілля» входить до циклу професійно вибіркових дисциплін за спеціальністю «Технології захисту навколишнього середовища» та представляє собою введення в хімічну технологію як науку та вивчення основ технологічних процесів. Метою курсу є формування професійних знань, необхідних для вирішення природоохоронних завдань. Відповідно, узагальнюючий початок в курсі переважає над описовим: вивчення теоретичних закономірностей основних понять та принципів проектування і функціонування навколишнього середовища, сутність та параметри технологічних процесів, принципи розроблення нових та удосконалення існуючих технологій захисту навколишнього середовища.

Мета цього видання — надати допомогу здобувачам вищої освіти у самостійному оволодінні теоретичними знаннями з курсу «Фізико-хімічні основи технологічних процесів захисту довкілля», а також полегшити вивчення та підвищити якість підготовки до занять, заліків та іспитів. Конспект лекцій дозволить здобувачам зорієнтуватися в області конкретних технологій, отримати короткі технологічні знання про протікання фізико-хімічних процесів

Рівень засвоєння матеріалу рекомендується перевіряти за допомогою запитань до самоконтролю.

Матеріал, викладений в конспекті лекцій, може бути також використаний при вивчення окремих тем курсу «Загальна хімічна технологія». Даний конспект буде корисний для підготовки фахівців спеціальності «Хімічні технології та інженерія».

МОДУЛЬ 1. ОСНОВНІ АСПЕКТИ ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

ЛЕКЦІЯ 1. ОСНОВНІ АСПЕКТИ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ СУЧАСНИХ ВИРОБНИЦТВ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА. МОЖЛИВІСТЬ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЧИСТОТИ ТЕХНОЛОГІЙ

План:

1. Питання взаємодії виробничих факторів і навколишнього середовища.
2. Джерела забруднення довкілля.
3. Міжнародні екологічні програми.
4. Природоохоронне законодавство України.
5. Принципи екологізації техносфери.

1.1 Питання взаємодії виробничих факторів і навколишнього середовища

Людство, усвідомивши важливість екологічних проблем, приходять до розуміння того, що масштаби й інтенсивність матеріальної діяльності людей стали такими, що природне середовище й техногенна діяльність перестали бути всезагальним поглиначем відходів виробництва, транспорту, побуту й практично невичерпним джерелом сировини й енергії.

Щорічно в біосферу надходять до 30 млрд. т всіх твердих і рідких відходів. Їхня велика кількість пов'язана з недосконалістю сучасних технологій. На сьогоднішній день при виробництві кінцевої продукції використовується не більше 7 % сировини, що добувається. Аналіз тенденцій сучасного господарства показує, що число відходів подвоюється кожні 10-12 років. Історично склалося так, що більшість технологічних процесів будувалися не по найбільш розроблених наукомістких технологіях, а за принципом одноразового використання ресурсів. До переваг циркуляційного техногенного ресурсного циклу перед іншими видами відносяться висока концентрація багатьох корисних компонентів у вторинних матеріальних ресурсах і можливість їх ефективної переробки в комплексну вторинну сировину, споживану в паралельно працюючих виробничих циклах.

Сучасні значні темпи розвитку людської цивілізації разом зі зростаючими темпами виробництва призвели до різкого підвищення споживання усіх видів енергії, а також накопичення відходів і значного погіршення екологічної ситуації. Внаслідок цього посилились тенденції до використання відновлюваних (альтернативних) джерел, які не створюють передумов для виникнення відходів та погіршення як локальної, так і глобальної («парниковий ефект» тощо) екологічної ситуації.

Дисципліна «Фізико-хімічні основи технологічних процесів захисту довкілля» розглядає питання взаємодії виробничих факторів (виробничий процес, умови виробничого процесу, шкідливі речовини й фактори, що при цьому утворюються) і навколишнього середовища (працівники, живі організми за межами технологічного процесу), із застосуванням фізико-хімічних методів технологічних процесів вирішується проблема екологічної чистоти технологій, мінімізації відходів і ефективного поводження з відходами.

1.2 Джерела забруднення навколишнього середовища

Забрудненням вважається привнесення в екологічну систему нових, нехарактерних для неї фізичних, хімічних й біологічних агентів або перевищення природного середньобогаторічного рівня цих агентів у природному середовищі.

Безпосередніми *об'єктами забруднення* є атмосфера, гідросфера й літосфера, а непрямыми різні екосистеми і їх складові.

Джерела забруднення можуть бути природного й антропогенного походження. *Природними джерелами* є пилові бурі, виверження вулканів, лісові пожежі, гейзери, *антропогенними* – промислові підприємства, підприємства теплоенергетичного комплексу, сільське господарство, транспорт, комунально-побутове господарство. Забруднювачами навколишнього середовища є сотні тисяч і мільйони хімічних сполук. При цьому особливу небезпеку представляють токсичні речовини й солі важких металів.

Забруднення біосфери підрозділяється на природне й антропогенне. До антропогенного відносяться забруднення, що виникають у результаті виробничої діяльності людей і повсякденного їх життя. На відміну від природних, *антропогенні забруднення надходять у біосферу безупинно, що призводить до нагромадження забруднювачів з високими локальними концентраціями*. Антропогенні забруднення підрозділяються на наступні групи: фізичні, хімічні й мікробіологічні. Кожна із цих груп характеризується розмаїтістю джерел забруднення й особливостями забруднювачів.

Фізичні забруднення

Теплове забруднення. Даний вид забруднення виникає в результаті локального підвищення температури повітря, водойми або ґрунту внаслідок промислових викидів нагрітих газів або повітря, скидань у водойми теплих промислових або стічних вод, а також прокладання наземних і підземних теплотрас.

Світлове забруднення. Світлове забруднення природного середовища порушує освітленість земної поверхні при зміні дня й ночі, а, отже, порушує пристосованість рослин і тварин до цих умов.

Шумове забруднення. Такий вид фізичного забруднення навколишнього середовища утворюється в результаті збільшення інтенсивності й повторюваності шуму вище природного рівня. Адаптація живих організ-

мів неможлива. Шум характеризується частотою й звуковим тиском. Звуки, сприймані людиною, лежать у діапазоні частот 16-20 тис. Гц. Звукові хвилі із частотою нижче 20 Гц називаються інфразвуком, а вище 20 кГц – ультразвуком. Вони становлять небезпеку для людини й живих організмів. Рівень звукового тиску виміряється в децибелах і рівень звукового тиску 50-60 дБ не робить шкідливого впливу на людину й не заподіює занепокоєння. Такий шум характерний для вулиці середньої жвавості, слабкої/нормальної роботи радіо- й телевізійної апаратури. Шум, що перевищує ці значення, призводить до шумового забруднення навколишнього середовища. У населених пунктах одним з головних джерел шумового забруднення є автотранспорт. Невирішеною залишається проблема шумового впливу залізничного транспорту. У районах знаходження залізниць шум перевищує припустиме значення на 45 %. Інфразвук порушує життєдіяльність організмів. У людей відчувається психологічний дискомфорт, розвиток підсвідомого почуття страху. Виникнення паніки серед тварин перед виверженням вулканів і землетрусів обумовлено появою інфразвукових шумів. Такий шум виникає також при польоті важких вертольотів, під час роботи пресів, при русі великогабаритних машин.

Електромагнітне забруднення. Під ним розуміють зміну електромагнітних властивостей середовища поблизу ліній електропередач, радіо- й телевізійних станцій, промислових установок і радарних пристроїв. Зростання рівня електромагнітного забруднення пов'язано зі значним розвитком телебачення, радіомовлення, комп'ютеризацією, розширенням виробництва й споживання побутової електронної техніки.

Радіоактивне забруднення. Такий вид забруднення являє собою підвищення природного тла радіоактивності, викликане антропогенною діяльністю людини. Для оцінки рівня радіоактивного забруднення звичайно використовуються різні одиниці виміру 1 рентген або 1 бер. Ці одиниці використовуються при визначенні припустимого впливу – гранично припустимої дози (ГПД), яке являє собою найбільше значення індивідуальної дози радіоактивності на рік, що при впливі протягом 50 років не викликає в людини несприятливих змін. Для людини ця доза становить 500 мбер/рік і складається з наступних: природної радіоактивності – 100 мбер/рік; дози, одержуваної при медичних діагностиках – 140 мбер/рік; дози, одержуваної людиною усередині цегельних і залізобетонних будинків. Крім того, є дози, одержувані при перегляді телепередач і при польотах у літаках.

Хімічне забруднення

Найбільш масовим і найнебезпечнішим для природного середовища є хімічне забруднення біосфери. На відміну від інших забруднень, хімічне забруднення характеризується взаємодією забруднюючих компонентів з компонентами природного середовища. У результаті цього можуть виникати сполуки, більше або менш шкідливі, ніж самі забруднювачі. Серед

хімічних забруднювачів розповсюдженими є газоподібні речовини, такі як CO, SO₂, N₂O, вуглеводні, пил, сірковуглець, сірководень, аміак, хлор і його сполуки, ртуть.

До хімічних забруднювачів гідросфери відносяться: нафта, стічні води промислових підприємств, що містять фенол й інші високотоксичні неорганічні сполуки, солі важких металів, нітрати, сульфати, ПАВ.

Хімічними забруднювачами літосфери є нафта, пестициди, тверді й рідкі відходи хімічних виробництв. До хімічних забруднювачів відносяться також отруйні речовини або хімічна зброя. Розрив снаряда з хімічною зброєю покриває токсичними речовинами великі площі й створює значну загрозу отруєнню людей і знищенню тварин і рослин. Знищення хімічної зброї вимагає значних матеріальних витрат, а його зберігання являє серйозну загрозу через можливість руйнування металевого корпусу та потрапляння компонентів хімічної зброї в природне середовище.

Мікробіологічне забруднення

Мікробіологічне забруднення природного середовища – поява великої кількості хвороботворних мікроорганізмів, пов'язане з масовим їх розмноженням на антропогенних джерелах харчування. В атмосферному повітрі можуть перебувати різні бактеріальні віруси й грибки. Мікробіологічне забруднення води полягає в зміні властивостей води у результаті збільшення кількості невласливих їй бактерій, грибків, хробаків і найпростіших. У воді відкритих водойм зустрічаються також різні мікроорганізми, у тому числі патогенні, які викликають, як правило, кишкові захворювання. У ґрунтовому покриві ж знаходиться велика кількість мікроорганізмів, особливо, сапрофітів й умовно патогенних. У той же час у ґрунті можуть знаходитись бактерії, що викликають газову гангрену, правець і ботулізм.

1.3 Міжнародні екологічні програми. Міжнародні екологічні організації і фонди

Із всіх видів безпеки (військової, екологічної, економічної й ін.) саме екологічна на сьогоднішній день є самою актуальною. Ряд її проблем, звичайно, можливо й потрібно вирішувати в межах окремо взятої держави або регіону, але в цілому екологічна безпека жителів Землі може бути забезпечена лише зусиллями всього людства. Для цього потрібне єдине розуміння проблеми екологічної кризи планети й спільні скоординовані дії всіх країн і народів по її подоланню.

Об'єктами міжнародно-правової охорони навколишнього природного середовища визнаються природні об'єкти, із приводу яких у суб'єктів міжнародного права (держав і міжнародних організацій) виникають і розвиваються екологічні відносини.

Серед міжнародних об'єктів охорони природокористування (ООП) виділяються дві категорії: 1) ті, що входять й 2) ті, що входять до юрис-

дикції окремих держав. Перші – це повітряний басейн, Близький Космос, Світовий океан, Антарктида, види тварин, що мігрують. Зазначені об'єкти охороняються й використовуються відповідно до норм міжнародного екологічного права. Ті природні об'єкти, які не ввійшли в категорію міжнародних об'єктів, що охороняються, можуть за необхідності виступати в якості об'єктів міжнародного співробітництва в області охорони навколишнього природного середовища, раціонального природокористування, екологічної безпеки.

Міжнародно-правові об'єкти природи, що входять до юрисдикції конкретних держав – це об'єкти на їх території, які включені в число світової природної спадщини, занесені в Міжнародну Червону книгу зникаючих і рідких тварин і рослин, міжнародні ріки, моря, озера.

Основні принципи міжнародного співробітництва в області охорони навколишнього середовища були сформульовані в Декларації Стокгольмської конференції ООН 1972 р. із проблем навколишнього середовища.

Перший принцип (основний): держави вправі використовувати власні ресурси у відповідності зі своєю національною політикою в підході до проблем навколишнього середовища. Однак на них лежить відповідальність за те, щоб їх діяльність не заподіювала збитку навколишньому середовищу інших держав або регіонів, що лежать за межами національної території.

Другий принцип: природні ресурси Землі, включаючи повітря, воду, землю, флору, фауну й особливо репрезентативні (характерні) зразки природних екосистем, повинні бути збережені на благо нинішнього й майбутніх поколінь шляхом ретельного планування діяльності людини й керування нею в міру необхідності.

Третій принцип: непоновлювані ресурси повинні розроблятися таким чином, щоб забезпечувався їх захист від виснаження в майбутньому, і щоб вигоди від їх розробки в міжнародних просторах одержувало все людство.

Принципи міжнародної взаємодії в області охорони навколишнього середовища доповнені Всесвітньою хартією природи, що була схвалена Генеральною Асамблеєю ООН і проголошена в резолюції від 28 жовтня 1988 р.:

1) біологічні ресурси використовуються лише в межах їх природної здатності до відновлення;

2) продуктивність ґрунтів підтримується або поліпшується завдяки заходам щодо збереження їх довгострокової родючості й процесу розкладання органічних речовин, по запобіганню ерозії й будь-яких інших форм саморуйнування;

3) ресурси багаторазового користування, включаючи воду, використовуються повторно або рецикуються;

4) непоновлювані ресурси однократного користування експлуатуються в міру, з урахуванням запасів, можливості раціональної переробки для споживання й сумісності їх експлуатації з функціонуванням природних систем;

5) повинні прийматися особливі міри з метою недопущення скидання радіоактивних і токсичних відходів;

6) необхідно утримуватися від діяльності, здатної нанести непоправний збиток природі;

7) райони, що прийшли в результаті діяльності людини в занепад, підлягають відновленню відповідно до їх природного потенціалу й потреб підтримки добробуту населення, що проживає в цьому районі.

До теперішнього часу склалися два види міжнародної еколого-правової відповідальності держав: політична й матеріальна. Розповсюдженою формою відповідальності є *санкції* (заходи примусового впливу до держави – порушника). Матеріальна відповідальність настає у випадку порушення тією або іншою державою своїх міжнародних зобов'язань, що завдало матеріальної шкоди світовому співтовариству або окремим його членам. Є наступні різновиди матеріальної відповідальності: *репарація* (відшкодування екологічного збитку в грошовому вираженні); *реституція* (повернення в натурі неправомірно вилученого майна) і *субституція* (заміна неправомірно знищеного або ушкодженого). За міжнародне еколого-правове порушення до порушника в числі інших може бути застосована ресторація, тобто відновлення останнім колишнього стану якого-небудь природного об'єкта, наприклад, якості води, що піддалася забрудненню по його провіні.

При рішенні глобальних екологічних проблем особливу роль повинен грати такий міжнародний орган, як Організація Об'єднаних Націй (ООН). Вона покликана розробити стратегію в області екології й охорони природи й стати при цьому координатором її виконання.

У червні 1992 р. у Ріо-де-Жанейро проходила на рівні глав держав і представництв Конференція ООН по навколишньому середовищу й розвитку, яка стала переломним етапом у міжнародному екологічному русі.

Одним із самих головних результатів її роботи став висновок: нинішня ринково-споживча модель, що діє в ряді розвинених країн, стрімко веде до загибелі всього людства. Це модель нестійкого розвитку, що характеризується екологічно незбалансованою розробкою й споживанням природно-енергетичних і сировинних ресурсів біосфери, що робить недоцільним рух країн, що розвиваються, по шляху, яким прийшли до благополуччя розвинені країни. Виходячи із цього, проголошена необхідність переходу світового співтовариства на рейки стійкого розвитку, що забезпечує баланс між рішенням соціально-економічних проблем із збереженням навколишнього середовища, задоволенням основних життєвих

потреб нинішнього покоління зі збереженням таких можливостей для майбутніх поколінь.

Перехід до нового партнерського типу міжнародних взаємин, до нового характеру виробництва матеріальних благ й їх споживання людство може здійснити тільки в тому випадку, якщо всі шари суспільства у всіх країнах усвідомлюють життєву необхідність такого переходу й будуть йому розмірно сприяти.

Промисловий і сільськогосподарський розвиток є, як відомо, основою підйому соціально-економічного рівня життя населення будь-якої країни. Однак в усім світі промисловість розвивалася без обліку вичерпності багатьох видів непоновлюваних ресурсів і розуміння тієї обставини, що відбудовні здатності живої природи не безмежні. У той же час значна частина принципово нових технологій і технічних рішень останніх десятиліть створена в ході грандіозних за своїми масштабами робіт з використанням природних ресурсів. Виплату ж екологічних рахунків порахували можливим перекласти на плечі майбутніх поколінь.

Конференція в Ріо-де-Жанейро повинна була запропонувати нову модель розвитку, яка б сприяла в перспективі сполученню благополуччя всього людства і збереження природного середовища. Але при цьому вихідна посилка була сформульована чітко: забезпечити екологічну безпеку планети в соціально несправедливому світі неможливо. Економічний ріст, що породжує безпрецедентний рівень добробуту населення декількох країн (його іноді називають «золотим мільярдом»), веде одночасно до ризику й дисбалансів, які однаковою мірою загрожують і багатим, і бідним. Конференція ООН прийняла рекомендації про перехід людства до стійкого розвитку й визначила три стратегічні завдання, що постають перед світовим співтовариством.

Перша – обмеження зростання виробництва й споживання в промислово розвинених країнах миру, що є одночасно й головними споживачами природних ресурсів, і джерелами забруднення навколишнього природного середовища. Друга – розумне обмеження росту населення, особливо в країнах Азії й Африки, що розвиваються. Третя – запобігання поглиблення нерівності між багатими й бідними країнами й регіонами.

Підсумковим документом зазначеної конференції з'явилася «Повістка на XXI століття» – програмний документ, що містить близько 40 розділів по на-правліннях діяльності світового співтовариства в області взаємозалежних проблем навколишнього середовища й соціально-економічного розвитку на період до 2000 р. і на довгострокову перспективу із пропозиціями про шляхи й засоби досягнення поставлених цілей. При цьому передбачено, що розвинені країни приймають на себе зобов'язання довести частину свого національного продукту, виділену на екологічно доцільний розвиток, до 0,7 %. Ті країни, які перебувають у

процесі переходу до ринкової економіки, будуть добровільно брати участь в економічних програмах у міру своїх можливостей.

Економічний розвиток людства й захист навколишнього середовища як сьогодні, так й у майбутньому, повинні розглядатися з позицій єдності вказаних стратегічних цілей, а не з позицій конфліктного протистояння. Внаслідок цього повинні виникнути й розвиватися нові форми соціально-економічного розвитку суспільства (екорозвиток), нові механізми відповідної політики (екополітика), які в значно більшій мірі забезпечують реалізацію системи цілей суспільного розвитку, побудованої з урахуванням екологічних інтересів людства.

Участь України в міжнародному співробітництві в області охорони навколишнього середовища й раціонального використання природних ресурсів протікає у наступних напрямках: 1) висування державних ініціатив; 2) робота в міжнародних організаціях; 3) підготовка міжнародних конвенцій й угод й їх наступне виконання; 4) двостороннє співробітництво.

Україна активно співпрацює з ЮНЕП (Програмою ООН по навколишньому середовищу) у виробленні стратегії захисту природи від забруднення, створення системи глобального моніторингу, боротьби з запустелюванням. Доречі кажучи, ЮНЕП здійснює ключову функцію по організації природоохоронної діяльності в рамках ООН.

Україна – активний член Всесвітнього союзу охорони природи, що є лідером у розробці проблем біорозмаїття – головної умови стійкості біосфери.

Іншими структурами ООН, з якими Україна розвиває активне співробітництво, є: ЮНЕСКО (Комітет ООН з питань освіти, науки й культури), ВООЗ (Всесвітня організація охорони здоров'я), ФАО (орган ООН по продовольству й сільському господарству). З огляду на розвиток атомної енергетики, важливим і плідним є співробітництво нашої країни з МАГАТЕ (Міжнародним агентством по атомній енергії).

Україна розвиває й поглиблює екологічне співробітництво по лінії декількох міжнародних конвенцій й угод.

Конвенція про трансграничне забруднення на великих відстанях. Реалізація зазначеного документа спрямована на вироблення країнами-учасницями політики в області регулювання якості атмосферного повітря, а також мір по боротьбі з його забрудненням за допомогою застосування екологічно прийнятних маловідхідних і безвідхідних технологій. Все це дозволить установити контроль за викидами діоксиду сірки, оксиду азоту, аміаку, летючих органічних сполук.

Базельська конвенція про контроль за трансграничним перевезенням небезпечних відходів й їх видаленням покликана регламентувати експорт, імпорт і транзит небезпечних відходів на території України. До теперішнього часу прийнятий ряд виправлень до Конвенції, згідно яких

під заборону на ввіз небезпечних відходів попадають відходи, що містять арсен, меркурій, плумбум, азбест й інші речовини.

Віденська конвенція про охорону озонного шару й Монреальський протокол по речовинах, що руйнують озонний шар. Відповідно до даних документів в Україні відбувається поетапне скорочення виробництва озоноруйнуючих речовин. Передбачається проведення широкомасштабної реконструкції ряду підприємств країни, спрямованої на переведення останніх на виробництво озонобезпечних речовин, використовуваних у медичній, хімічній і холодильній промисловості.

Рамкова конвенція ООН про зміну клімату й Кіотський протокол до Конвенції. У рамках даної Конвенції передбачено, що провідні країни миру, відповідальні за основне забруднення природного середовища, приймають на себе обов'язок знизити викиди тих речовин (зокрема, діоксиду вуглецю), які сприяють зміні глобального клімату. Модернізації економіки України може сприяти використання передбачених Кіотським протоколом ринкових механізмів – торгівлі квотами на викиди парникових газів з переуступкою квот іншим країнам.

Визнаючи величезну позитивну роль міжнародного екологічного співробітництва в рішенні проблеми збереження людської цивілізації на переломному етапі її розвитку, варто чітко визначити, проте, і національні цілі України в сфері екології, до яких, зокрема, відносяться:

1. Забезпечення екологічної безпеки на державному рівні й створення необхідних умов регіональним і місцевим органам державної влади для забезпечення екологічної безпеки на відповідних рівнях. Ця мета повинна бути досягнута мінімізацією групового й індивідуального ризику, обумовленого природними й техногенними причинами, зменшенням напруженості антропогенних екологічних ситуацій, поліпшенням стану здоров'я населення.

2. Забезпечення екологічного суверенітету (незалежності) України за рахунок одержання доступу до світових природних ресурсів, виділення справедливих квот на вилучення тих або інших природних ресурсів, дбайливого відношення до національних природних багатств, перегляду тих міжнародних договорів, які зачіпають інтереси країни, а також нейтралізації екологічних агресій, шантажу, погроз і т.д.

3. Вихід з економічної кризи й забезпечення ефективності ринкових сил у напрямку захисту й поліпшення якісного стану навколишнього середовища, зокрема шляхом створення ринку екологічних технологій і послуг і ресурсного ринку для обміну природними ресурсами й послугами. При цьому повинна зрости регулююча роль держави при виконанні екологічних програм.

1.4 Природоохоронне законодавство України

Природоохоронне законодавство – система законів й інших юридичних актів, які регулюють природоохоронні відносини з метою збереження й відтворення природних багатств, раціоналізації природокористування, збереження здоров'я населення.

Закон «Про охорону навколишнього середовища» передбачає систему гарантій екологічної безпеки людини, закріплює право громадян України на безпечне життя й чисте навколишнє середовище. Це право реалізується шляхом участі громадян в обговоренні проектів законодавчих актів й інших рішень по охороні навколишнього середовища, раціонального використання природних ресурсів, в об'єднанні в цивільні природоохоронні організації, одержанні повністю достовірної інформації про стан навколишнього середовища. Закон надає право громадянам України звертатися в суд з позовом до підприємств й організацій по відчуженню шкоди, нанесеної здоров'ю внаслідок негативного впливу на навколишнє середовище. Він зобов'язує державні органи надавати всебічну допомогу громадянам у здійсненні природоохоронної діяльності й урахувати їх пропозиції.

Земельний кодекс України регулює охорону й раціональне використання земель.

Водний кодекс України забезпечує правову охорону вод від забруднення й виснаження та регулює порядок їх використання. Водний кодекс встановлює пріоритет питного й побутового водокористування.

Лісовий кодекс України регулює відносини по охороні й відновленню лісів, посиленню їх корисних властивостей і підвищення продуктивності, раціонального використання лісів.

Кодекс України про надра регулює гірські відносини з метою забезпечення раціонального, комплексного використання надр для задоволення потреб суспільства в мінеральній сировині, охороні надр, гарантування безпеки людей, майна, навколишнього середовища при користуванні надрами.

Закон України «Про охорону атмосферного повітря» спрямований на збереження здорового стану атмосферного повітря, його відновлення й покращення для забезпечення екологічної безпеки людини, а також попередження шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Закон «Про природно-заповідний фонд України» визначає правові основи й організації, охорони й використання природно-заповідного фонду, відновлення його природних комплексів й об'єктів. До природно-заповідного фонду відносяться природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятники природи, заповідні урочища, ботанічні сади, дендрологічні парки.

1.5 Принципи екологізації техносфери

Протягом тривалого періоду розвитку суспільства питання впливу промислових підприємств на навколишнє середовище й виникнення пов'язаних із цим екологічних небезпек не ставилися. І тільки повсюдне забруднення атмосфери, ґрунту, водою змусили людство усвідомити необхідність екологізації техносфери. У теперішній час можна говорити про декілька етапів і шляхах переходу до такої техносфери. Серед них найбільш значимі:

- створення систем керування впливом промислових підприємств на навколишнє середовище;
- удосконалювання технологій очищення промислових викидів;
- удосконалювання системи екологічного нормування забруднень;
- створення мало відхідних і безвідхідних технологій, виробництв, комплексів.

Системи керування включають наступні механізми:

- економічні механізми, пов'язані з регіональним плануванням і матеріально-технічним забезпеченням природоохоронної діяльності; встановленням лімітів використання природних ресурсів і лімітів викидів у навколишнє середовище; установленням розмірів платежів за використання природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища; введенням системи економічного стимулювання й пільг за діяльність в області охорони навколишнього середовища й раціонального природокористування;

- правові механізми, пов'язані із введенням регіональних екологічних нормативів якості навколишнього середовища, а також введенням системи юридичної відповідальності за порушення природоохоронного законодавства. Розробляється відповідне регіональне природоохоронне законодавство – система нормативних підзаконних актів, які видаються органами місцевого самоврядування й місцевою адміністрацією для регулювання відносин у сфері охорони навколишнього середовища й раціонального природокористування;

- соціальні механізми являють собою заходи й засоби, що сприяють розвитку принципів екологічної етики, впровадженню їх у масову свідомість. У завдання соціального регулювання входить екологічна освіта й виховання, формування суспільної думки, інформаційне забезпечення в області регулювання якості навколишнього середовища.

Один з головних перспективних напрямків екологізації техносфери – створення мало відхідних і безвідхідних технологій, виробництв, тобто запобігання забрудненню безпосередньо в технологічному циклі замість уловлення їх на очисних спорудженнях.

По визначенню комісії ЄЕС «безвідходна технологія (чиста технологія) – це метод виробництва продукції при найбільш раціональному ви-

користанні сировини й енергії, що дозволяє одночасно знизити обсяг забруднюючих речовин, що викидають у навколишнє середовище, і кількість відходів, одержуваних при виробництві й експлуатації виготовленого продукту». Сутність безвідхідної технології полягає в тому, щоб без зниження продуктивності забезпечити екологічну безпеку промислових підприємств. Під безвідхідним виробництвом розуміють сукупність технологічних процесів, які здійснюються в рамках одного підприємства таким чином, що весь обсяг споживаної вихідної сировини повністю переноситься на вироблену готову продукцію. Реальність безвідхідних технологічних процесів не викликає сумніву, однак кількість їх ще невелика.

Контрольні питання

1. Наведіть характеристику джерел забруднення навколишнього середовища.
2. На які групи підрозділяються антропогенні забруднення?
3. Основні принципи міжнародного співробітництва в області охорони навколишнього середовища.
4. Охарактеризуйте результати міжнародних конференцій, присвячених питанням екології.
5. Яких міжнародних конвенцій дотримується Україна в питаннях охорони навколишнього середовища?
6. Які закони України регулюють охорону навколишнього середовища?
7. Дайте характеристику відходів виробництва з погляду еколога.
8. Охарактеризуйте принципи екологізації техносфери.

ЛЕКЦІЯ 2. ЕКОТЕХНОЛОГІЇ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ. КЛАСИФІКАЦІЯ ВІДХОДІВ

План:

1. Способи регенерації промислових відходів.
2. Класифікація відходів та їх властивості.
3. Утилізація відходів (первинна, вторинна). Методи утилізації та знешкодження твердих відходів. Ознаки, по яких вибираються шкідливі речовини, що підлягають нормуванню.
4. Показники якості навколишнього середовища.
5. Основні процеси інженерного захисту навколишнього середовища.

Промислові підприємства являють собою основні об'єкти створеної людиною техносфери. Створення й існування підприємств представляє небезпеку для живих організмів уже тим, що руйнуються їх звичні місця перебування. У результаті проведення технологічного процесу природні

ресурси (або продукти їх первинної обробки) перетворюються в суспільно корисну продукцію. Недосконалість техніки й технологій приводить до того, що одночасно із цільовим продуктом утворюються відходи виробництва у вигляді газоподібних викидів в атмосферу, забруднених стічних вод, твердих речовин (матеріалів). Частково з відходів за допомогою спеціальних технологій можуть бути добутими корисні компоненти, які використовуються безпосередньо в сфері споживання або надходять на яке-небудь підприємство у вигляді вторинних матеріальних ресурсів. Однак на сучасному рівні розвитку техніки й технологій не вдається уникнути скидання відходів виробництва в біосферу. Розрахунки показують, що в середньому у кінцевий продукт, споживаний суспільством, переходить 1-1,5 % від загальної кількості речовин, що надходять у виробництво. Все інше становлять відходи, які викидаються в біосферу й порушують взаємозалежні рівноважні процеси в екосистемах. Потрапляючи в атмосферу, гідросферу, літосферу, відходи виробництва й споживання змінюють природний фоновий склад природного середовища, тобто є забрудненнями біосфери.

По хімічній природі **відходи** – це суміші речовин складного якісного й кількісного складу, що мають різні фізичні, хімічні, фізико-хімічні властивості. При потраплянні до біосфери речовини, що входять до складу матеріальних відходів, накопичуються в природних середовищах або хімічно взаємодіють із компонентами атмосфери, гідросфери, літосфери, живими організмами. У результаті нагромадження й (або) взаємодії компонентів відходів з компонентами біосфери змінюється хімічний склад середовища перебування живих організмів, що викликає їх адаптацію до нових умов або загибель.

З погляду еколога **відходи виробництва** – це матеріальні й енергетичні забруднення біосфери, які можна розділити на три групи, у залежності від характеру їх впливу на біоту:

- група I – речовини (індивідуальні або суміші), які не утилізуються живими організмами, та викликають їх пригнічення й загибель при будь-яких, навіть дуже малих, концентраціях у природних середовищах (токсичні відходи, ксенобіотики);

- група II – речовини, які частково утилізуються живими організмами біо-сфери в певному інтервалі концентрацій, але спричиняють пригнічення й загибель організмів поза цим інтервалом концентрацій (умовно нетоксичні відходи);

- група III – енергетичні відходи, що викликають зміну фізичних параметрів середовища перебування або безпосередньо впливають на живі організми.

2.1 Принципи екологізації виробництва

Принципи екологізації виробництва ґрунтуються головним чином на мінімізації відходів – їх регенерації (рециклінгу). Раціональним слід вважати регенерацію первинних відходів, тобто залишення їх у циклі виробництва з метою додаткового вилучення невикористаних елементів і сполук.

Основні принципові способи регенерації:

Перший напрям – повернення відходів у той самий виробничий процес, з якого вони одержані (можливо, коли за своїми властивостями відходи мало відрізняються від первинної сировини).

Другий напрям – використання відходів в інших виробничих процесах, де з них вилучають корисні компоненти, які залишились після першого технологічного процесу.

Третій напрям – їх використання (після вилучення цінних компонентів), як сировини для інших виробництв з метою одержання продуктів довготривалого використання.

Регенерація *рідких відходів* (стічних вод) полягає в їх очищенні від забруднення (й теплового), з наступним поверненням у виробництво. Або повне очищення з поверненням у природні водойми.

Газоподібні відходи повинні повністю очищатись, а вловлені продукти утилізуватись.

Регенерація відходів дозволить вирішити проблему мінімізації промислових відходів, а в окремих випадках – досягати повної їх ліквідації, що дозволить створити маловідходні та безвідходні виробництва, і попередити забруднення навколишнього природного середовища.

2.2 Класифікація відходів та їх властивості

Спектр відходів різний за кількістю, агрегатним станом, хімічним складом, токсичністю, впливом на біосферу (рослинний, тваринний світ, здоров'я людини).

Єдиної класифікації відходів немає. Тому їх розподіляють за кількома принципами:

- за галузями, де вони утворюються (побутові, сільськогосподарські, промислові та ін.);
- за конкретними виробництвами (відходи ТЕС, коксохімічного заводу тощо);
- за агрегатним станом (газоподібні, рідкі, тверді);
- за тоннажність (велико- чи малотоннажні);
- за ступенем використання;
- за цінністю компонентів;
- за впливом на довкілля.

Небезпечні відходи — відходи, що мають такі фізичні, хімічні, біологічні чи інші небезпечні властивості, які створюють або можуть створити значну небезпеку для навколишнього природного середовища і здоров'я людини та які потребують спеціальних методів і засобів поводження з ними (Закон України «Про відходи», ст. 1).

Токсичність - це міра несумісності речовин із життям; вона обернено пропорцій смертельній (летальній) дозі ($1/LD_{50}$) чи смертельній концентрації ($1/LC_{50}$).

Класифікація небезпечності та токсичності відходів та інших еко-токсикантів:

- за показниками небезпечності (4 класи)
- за небезпекою при різних шляхах потрапляння в організм (8 класів)
- за силою подразнювальної дії (10 класів)
- за ступенем кумуляції (5 класів)
- за видом дії (4 класи).

Класи небезпечності:

I клас – вибухові речовини (тринітротолуол, піроксилін)

II клас – вогненебезпечні гази і пари

III клас – вогненебезпечні рідини (бензин, бензол, діетиловий ефір)

IV клас – вогненебезпечні тверді речовини, що мають здатність до самозаймання (вугільний пил, тирса); речовин, які виділяють під час взаємодії з водою вогненебезпечні гази (карбіди-метаніди, ацетилен іди металів, що утворюють метан и ацетилен).

V клас – речовини, які виділяють кисень і можуть спричинити спалах (калію нітрат, перманганат калію)

VI клас – отруйні та інфікуючи речовини (сполуки арсену, меркурію)

VII клас – речовини, що спричиняють корозію інших (неорганічні та органічні кислоти, солі сильних кислот, хлориди алюмінію и феруму (3))

VIII клас – речовини, здатні при контакті з повітрям чи водою виділять токсичні речовини (HCN , H_2S)

Утилізація таких відходів можлива тільки завдяки їх *імобілізації*, закріпленню, фіксації або за допомогою хімічного зв'язування екологічно небезпечних речовин, що містяться у відходах.

2.3 Методи знешкодження і утилізації

За технологією:

1. Механічні
2. Хімічні
3. Термічні (Спалювання, Піроліз (низькотемпературний; високо-температурний))
4. Біологічні

За кінцевою метою:

1. Ліквідаційні
2. Утилізаційні

Ознаки, по яких вибираються шкідливі речовини, що підлягають нормуванню:

- а) токсичність - абсолютно низьке значення гранично припустимої концентрації;
- б) масовість викидів - вибираються речовини, які мають дуже великі кількості викидів (для атмосфери - CO);
- в) кумулятивність - можливість накопичення шкідливих речовин в організмі із часом (арсен, плюмбум).

2.4 Показники якості навколишнього середовища

Існують верхня і нижня критичні границі параметрів навколишнього середовища, досягнення яких загрожує настанням необоротних зрушень у біологічній системі і в її окремих ланках. Деякі речовини (наприклад, більшість важких металів) в значних кількостях є сильними отрутами, а в малих дозах вони необхідні, так як зменшення їх вмісту в організмі людини нижче критичної величини викликає важкі функціональні розлади. Здоров'ю шкідливі як зайве шумове навантаження, так і відсутність звуків; те ж можна сказати про електромагнітні поля, радіоактивний фон, температурні навантаження, оптичні явища та інші фізичні, а також біологічні, інформаційні і інші параметри.

Взаємодія людини з середовищем існування може бути позитивним або негативним і характер взаємодії визначають потоки речовин, енергій та інформації. В умовах техносфери негативні впливи обумовлені елементами техносфери (машини, споруди тощо) і діями людини. Змінюючи величину будь-якого потоку маси, енергії, інформації, дій людини від мінімально значущою до максимально можливої, можна пройти ряд характерних станів взаємодії в системі "людина - середовище проживання":

- комфортне (оптимальне), коли потоки відповідають оптимальним умовам взаємодії;
- допустиме, коли потоки, впливаючи на людину та середовище проживання, не мають негативного впливу на здоров'я, але призводять до дискомфорту, знижуючи ефективність діяльності людини;
- небезпечне, коли потоки перевищують допустимі рівні і чинять негативний вплив на здоров'я людини, викликаючи при тривалому впливі захворювання, і (або) призводять до деградації природного середовища;
- надзвичайно небезпечне, коли потоки високих рівнів за короткий період часу можуть нанести травму, привести людину до летального результату, викликати руйнування в природному середовищі.

Критерії безпеки техносфери - обмеження, що вводяться на концентрації речовин та потоки енергії у життєвому просторі.

Нормативи якості навколишнього середовища - нормативи, які встановлені відповідно з фізичними, хімічними, біологічними та іншими показниками для оцінки стану навколишнього середовища і при дотриманні яких забезпечується сприятливе навколишнє середовище.

Для оцінки **забруднення навколишнього середовища** використовують такі нормативи:

- нормативи **гранично допустимих концентрацій (ГДК)** хімічних речовин, зокрема радіоактивних, інших речовин і мікроорганізмів - нормативи, які встановлені у відповідності з показниками гранично допустимого вмісту хімічних речовин, зокрема радіоактивних, інших речовин і мікроорганізмів у навколишньому середовищі і недотримання яких може призвести до забруднення навколишнього середовища, деградації природних екологічних систем;

- **нормативи допустимих фізичних впливів (ПДК)** - нормативи, які встановлені у відповідності з рівнями допустимого впливу фізичних факторів на навколишнє середовище і при дотриманні яких забезпечуються нормативи якості навколишнього середовища.

Гранично допустимі викиди (скиди) і гранично допустимі випромінювання енергії джерелами забруднення середовища існування є одночасно критеріями екологічності джерела впливу на середовище проживання. Дотримання цих критеріїв гарантує реалізацію умов безпеки життєвого простору.

Основою регулювання якості атмосферного повітря робочої зони і населених місць є гігієнічні нормативи - гранично допустимі концентрації (ГДК) атмосферних забруднень хімічних і біологічних речовин, дотримання яких забезпечує відсутність прямого або непрямого впливу на здоров'я персоналу та умови його праці, а також населення та умови його проживання.

Для оцінки якості атмосферного повітря і нормування забруднень у повітрі робочої зони і в атмосфері населених пунктів використовується ГДК розмірністю міліграм на кубічний метр.

Для оцінки **забруднення атмосферного повітря** в населених пунктах регламентовані **клас небезпеки та гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин**. При одночасній присутності в атмосферному повітрі декількох шкідливих речовин, що володіють односторонню дією, їх концентрації повинні задовольняти умові.

Для **санітарної оцінки повітряного середовища** використовують наступні показники:

- **ГДК_{рз}**- гранично допустима концентрація шкідливої речовини в повітрі робочої зони. Ця концентрація не повинна викликати у працюючих при щоденному вдиханні в межах 8 год протягом усього робочого

стажу захворювань або відхилень у стані здоров'я, що виявляються сучасними методами дослідження, безпосередньо в процесі роботи або у віддалені терміни;

- **ГДКм. Р** - максимальна разова концентрація шкідливої речовини в повітрі населених місць. Ця концентрація шкідливої речовини не повинна викликати рефлекторних (у тому числі субсенсорних) реакцій в організмі людини;

- **ГДКсс** - середньодобова гранично допустима концентрація шкідливої речовини в повітрі населених місць. Ця концентрація шкідливої речовини не повинна чинити на людину прямого або непрямого шкідливого впливу в умовах невизначено довгого цілодобового вдихання.

Для оцінки якості води прийнята система нормування на основі гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих забруднень розмірністю міліграм на літр.

При встановленні ГДК шкідливих речовин у воді водойм орієнтуються на мінімальну концентрацію речовини по одному з наступних показників:

- **ППКорл** - подпорогова концентрація (1 бал) речовини у водоймі, визначається за зміни органолептичних характеристик (запах, колір, присмак);

- **ППКц. р. в т** - подпорогова концентрація речовини, що визначається із впливу на санітарний режим водойми (сапрофітна мікрофлора, біологічна потреба в кисні та ін);

- **ППКт** - подпорогова концентрація речовини у водоймі, визначається за токсикологічними характеристиками;

- **ГДКв** - гранично допустима концентрація речовини у воді водойми.

Розроблені нормативи ГДК для 103 неорганічних речовин і для 496 органічних речовин.

Якість природних вод залежить від складу і кількості розчинених і зважених речовин, мікроорганізмів, гідробіонтів, а також від температури, кислотності та інших фізико-хімічних показників. Таким чином, оцінка якості води може проводитися за фізичними, хімічними, бактеріологічними та гідробіологічними показниками. Стандарти та нормативи якості води різні для водних об'єктів санітарно-побутового і рибогосподарського призначення.

Правилами встановлені наступні показники складу і властивостей води водойм у пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування: розчинений кисень, біохімічна потреба в кисні, зважені речовини, запахи і присмаки, забарвлення води, реакція води водойми після змішування її зі стічними водами, вміст отруйних речовин, плаваючі домішки, вміст збудників захворювань, мінеральний склад води, температура води водойми.

При випуску стічних вод у рибогосподарські водойми пред'являються більш високі вимоги, ніж при випуску стічних вод у водойми, що використовуються для питних і культурно-побутових потреб населення. Для таких водойм нормуються наступні показники складу і властивостей води: біохімічна потреба в кисні, отруйні речовини, температура води, ГДК радіоактивних речовин.

Нормування хімічного забруднення ґрунтів встановлюється за гранично допустимим концентраціям (**ГДКп**). За своєю величиною ГДКп значно відрізняється від прийнятих допустимих концентрацій для води і повітря. Ця відмінність пояснюється тим, що надходження шкідливих речовин в організм безпосередньо з ґрунту відбувається у виняткових випадках і в незначних кількостях, в основному через контактуючі з ґрунтом середовища (повітря, вода, рослини). ГДКп - це концентрація хімічної речовини в міліграмах на 1 кг ґрунту в орному шарі, яка не повинна викликати прямого або непрямого негативного впливу на дотичні з ґрунтом середовища і здоров'я людини, а також на самоочисну здатність ґрунту.

Існує чотири різновиди ГДКп, в залежності від шляху міграції хімічних речовин в суміжні середовища: ТВ - транслокаційний показник, що характеризує перехід хімічної речовини з ґрунту через кореневу систему в зелену масу і плоди рослин; МА - міграційний повітряний показник, що характеризує перехід хімічної речовини з ґрунту в атмосферу; МВ - міграційний водний показник, що характеризує перехід хімічної речовини з ґрунту в підземні ґрунтові води та вододжерела; ОС - загальносанітарний показник, що характеризує вплив хімічної речовини на самоочисну здатність ґрунту і мікробіоценоз.

Чинниками, що визначають якість природного середовища, є гранично допустимі викиди в атмосферу (ГДВ) та гранично допустимі скиди (ГДС) у гідросферу.

2.5 Основні процеси інженерного захисту навколишнього середовища

Організаційно-технічні методи охорони навколишнього середовища можна умовно розділити на активні та пасивні. *Активні методи* захисту навколишнього середовища являють собою технологічні рішення щодо створення ресурсозберігаючих і маловідходних технологій. *Пасивні методи* захисту навколишнього середовища поділяються на дві підгрупи: раціональне розміщення джерел забруднення; локалізація джерел забруднення. Раціональне розміщення передбачає раціональне територіальне розміщення об'єктів економіки, знижує навантаження на навколишнє середовище, а локалізація по суті є флегматизацією джерел забруднень і засобом зниження їх викидів. Локалізація досягається засто-

суванням різних середовище захисних технологій, технічних систем і пристроїв.

В теоретичних основах технології захисту навколишнього середовища, що базуються на загальних законах фізичної та колоїдної хімії, термодинаміки, гідро - і аеродинаміки, вивчається фізико-хімічна сутність основних процесів екобіозахисних технологій. Такий системний підхід дозволяє зробити узагальнення теорії середовище захисних процесів, застосувати до них єдиний методологічний підхід.

В залежності від основних закономірностей, що характеризують протікання середовище захисних процесів, останні поділяють на фізичні, механічні; гідромеханічні; масообмінні, хімічні; фізико-хімічні; теплові; біохімічні; процеси, ускладнені хімічною реакцією.

У **фізичних** процесах змінюються лише форма, розміри, агрегатний стан та інші фізичні властивості речовин. Їх будова і хімічний склад зберігаються. Фізичні процеси домінують при дробленні, подрібненні корисних копалин, у різних способах обробки металів тиском, при сушінні і в інших аналогічних випадках.

До **механічних** процесів, основою яких є механічний вплив на тверді і аморфні матеріали, відносять подрібнення (дроблення), сортування (класифікація), пресування і змішування сипких матеріалів. Рушійною силою цих процесів є сили механічного тиску або відцентрова сила.

До **гідромеханічних** процесів, основою яких є гідростатичний або гідромеханічний вплив на доквілля і матеріали, відносять перемішування, відстоювання (осадження), фільтрування, центрифугування. Рушійною силою цих процесів є гідростатичний тиск або відцентрова сила.

До **масо обмінних (дифузійних)** процесів, в яких велику роль поряд з теплопередачею відіграє перехід речовини з однієї фази в іншу за рахунок дифузії, відносять абсорбцію, адсорбцію, десорбцію, екстрагування, ректифікацію, сушку і кристалізацію. Рушійною силою цих процесів є різниця концентрацій речовини переходить у взаємодіючих фазах.

Хімічні процеси, що протікають із зміною фізичних властивостей і хімічного складу вихідних речовин, характеризуються перетворенням одних речовин в інші, зміною їх поверхневих і міжфазних властивостей. До цих процесів можна віднести процеси каталізу, нейтралізації, окислення і відновлення. Рушійною силою хімічних процесів є різниця хімічних (термодинамічних) потенціалів. Хімічні процеси змінюють фізичні властивості вихідної сировини і його хімічний склад. З їх допомогою отримують метали, спирти, добрива, цукру тощо, які в чистому вигляді в сировині не присутні. Хімічні процеси є основою виробництва в металургії, хімічній промисловості і в безлічі інших галузей народного господарства.

Хімічні явища в технологічних процесах часто отримують розвиток під впливом зовнішніх умов (тиск, об'єм, температура тощо), в яких реалізується процес. При цьому мають місце нестехіометричні перетворен-

ня одних речовин в інші, зміна їх поверхневих, міжфазних властивостей і ряд інших явищ змішаного (фізичного та хімічного) характеру.

Фізико-хімічні процеси характеризуються взаємопов'язаною сукупністю хімічних і фізичних процесів, що відбуваються у речовинній субстанції. До фізико-хімічних процесів поділу, основою яких є фізико-хімічні перетворення речовин, можна віднести коагуляцію і флокуляцію, флотацію, іонний обмін, зворотний осмос і ультрафільтрацію, дезодорування і дегазацію, електрохімічні методи, зокрема, електричне очищення газів. Рушійна сила цих процесів - різниця фізичних і термодинамічних потенціалів поділених компонентів на межі фаз. Фізико-хімічні процеси широко застосовують при збагаченні корисних копалин, металургії, технологіях основних хімічних виробництв, органічному синтезі, енергетиці, але особливо в природоохоронних технологіях (пило - і газоулавлювання, очищення стічних вод та ін).

До **теплових** процесів, основою яких є зміна теплового стану взаємодіючих середовищ, відносять нагрівання, охолодження, випаровування і конденсацію. Рушійною силою цих процесів є різниця температур (термічних потенціалів) взаємодіючих середовищ.

Специфічну групу складають **біохімічні** процеси - хімічні перетворення, що протікають з участю суб'єктів живої природи і становлять основу життєдіяльності всіх живих організмів рослинного і тваринного світу.

Біохімічні процеси, в основі яких лежать каталітичні ферментативні реакції біохімічного перетворення речовин у процесі життєдіяльності мікроорганізмів, які характеризуються перебігом біохімічних реакцій і синтезом речовин на рівні живої клітини. На їх використанні побудована значна частина сільськогосподарського виробництва та харчової промисловості, наприклад біотехнологія. Продуктами біотехнологічних перетворень, що протікають за участю мікроорганізмів, є речовини неживої природи. Рушійна сила цих процесів - енергетичний рівень (потенціал) живих організмів.

Наведена класифікація не є твердою та незмінною. В реальній дійсності багато процесів ускладнені протіканням суміжно-паралельних процесів. Наприклад, масообмінні та хімічні процеси часто супроводжуються тепловими процесами. Так, ректифікацію, сушку і кристалізацію можна віднести до комбінованих тепломасообмінним процесів. Процеси абсорбції, адсорбції часто супроводжуються хімічними перетвореннями. Хімічні процеси нейтралізації і окислення можна одночасно розглядати як масообмінні процеси. Біохімічні процеси супроводжуються одночасно тепло - і масообміном, а фізико-хімічні процеси - масообмінними процесами.

В окрему групу виділені процеси захисту від енергетичних впливів, в основному базуються на принципах відображення і поглинання над-

лишкової енергії основних технологічних процесів природокористування.

Важливе місце в охороні та захисті навколишнього середовища займають методи і способи захисту від енергетичних впливів, включаючи захист від акустичного забруднення (шуму, інфра - та ультразвуку, вібраційних коливань), забезпечення захисту від електромагнітних полів та випромінювань (постійних і змінних електричних і магнітних полів, випромінювань оптичного діапазону, іонізуючих випромінювань).

Контрольні питання

1. Наведіть характеристику джерел забруднення навколишнього середовища.
2. Наведіть способи регенерації промислових відходів.
3. Дайте характеристику основних видів відходів та їх властивостей.
4. Принципи екологізації виробництва.
5. Методи знешкодження і утилізації.
6. Ознаки, по яких вибираються шкідливі речовини, що підлягають нормуванню.
7. Критерії безпеки техносфери. (ГДКЮ, ПДК).
8. Критерії оцінки забруднення атмосферного повітря ?
9. Система оцінки якості води, нормування на основі гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих забруднень.
10. Нормування хімічного забруднення ґрунтів.
11. Організаційно-технічні методи охорони навколишнього середовища.
12. Види закономірностей, що характеризують протікання захисних процесів.

ЛЕКЦІЯ 3. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПОЛЯ (ЕМП). ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ВІД ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ. КЛАСИФІКАЦІЯ. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ

План:

1. Електромагнітні поля (ЕМП) та електромагнітні випромінювання. Дія електромагнітних полів радіочастот на організм людини, рівні допустимого опромінення.
2. Випромінювання оптичного діапазону. Основні заходи щодо зниження небезпечної та шкідливої дії інфрачервоного випромінювання.
3. Іонізуюче випромінювання Види, властивості та одиниці вимірювання іонізуючого випромінювання.
4. Дія іонізуючого випромінювання на організм людини. Нормування іонізуючого випромінювання. Захист від іонізуючого випромінювання.

3.1 Електромагнітні поля та електромагнітні випромінювання

Джерела електромагнітних полів радіочастот, класифікація електромагнітних випромінювань за частотним спектром. Розрізняють природні та штучні джерела електромагнітних полів (ЕМП). У процесі еволюції біосфера постійно перебуває під впливом ЕМП природного походження (природний фон): електричне та магнітне поля Землі, космічні ЕМП, передусім ті, що генеруються Сонцем. У період науково-технічного прогресу людство створило і все ширше використовує штучні джерела ЕМП. У теперішній час ЕМП антропогенного походження (зумовлені діяльністю людини) значно перевищують природний фон і є тим несприятливим чинником, чий вплив на людину з року в рік зростає.

Джерелами, що генерують ЕМП антропогенного походження, є телевізійні та радіотрансляційні станції, установки для радіолокації та радіонавігації, високовольтні лінії електропередач, промислові установки високочастотного нагрівання, пристрої, що забезпечують мобільний та сотовий телефонні зв'язки, антени, трансформатори і т. ін. По суті, джерелами ЕМП можуть бути будь-які елементи електричного кола, через які проходить високочастотний струм. Причому ЕМП змінюється з тою ж частотою, що й струм, який його створює.

Електромагнітні поля характеризуються певною енергією, яка поширюється в просторі у вигляді електромагнітних хвиль. Основними параметрами електромагнітних хвиль є: довжина хвилі λ , м; частота коливання f , Гц; швидкість поширення радіохвиль c , яка практично дорівнює швидкості світла $c = 300\,000\,000$ м/с.

Залежно від частоти коливань (довжини хвилі) електромагнітні випромінювання поділяються на низку діапазонів (табл. 3. 1).

Дія електромагнітних полів радіочастот на організм людини, рівні допустимого опромінення.

Ступінь впливу ЕМП на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності та тривалості дії, характеру випромінювання (неперервне чи модульоване), режиму опромінення, розміру опромінюваної поверхні тіла, індивідуальних особливостей організму.

ЕМП можуть викликати *біологічні та функціональні несприятливі ефекти* в організмі людини. *Функціональні ефекти* виявляються у передчасній втомлюваності, частих болях голови, погіршенні сну, порушеннях центральної нервової (ЦНС) та серцево-судинної систем. При систематичному опроміненні ЕМП спостерігаються зміни кров'яного тиску, сповільнення пульсу, нервово-психічні захворювання, деякі трофічні явища (випадання волосся, ламкість нігтів та ін.). Сучасні дослідження вказують на те, що радіочастотне випромінювання, впливаючи на ЦНС, є вагомим стрес-чинником. *Біологічні несприятливі ефекти* впливу ЕМП виявляються у тепловій та нетепловій дії. Нині достатньо вивченою мо-

жна вважати лише теплову дію ЕМП, яка призводить до підвищення температури тіла та місцевого вибіркового нагрівання органів та тканин організму внаслідок переходу електромагнітної енергії у теплову. Таке нагрівання особливо небезпечне для органів зі слабкою терморегуляцією (головний мозок, око, нирки, шлунок, кишківник, сім'яники). Наприклад, випромінювання сантиметрового діапазону призводять до появи катаракти, тобто до поступової втрати зору.

Таблиця 3.1 – Діапазони електромагнітного випромінювання

Назва діапазону	Довжини хвиль, λ	Частота, ν	Джерела випромінювання
Радіохвилі: наддовгі довгі середні короткі ультракороткі	понад 10 км	до 30 кГц	Атмосферні та магнітосферні явища. Радіозв'язок.
	10 км — 1 км	30 кГц — 300 кГц	
	1 км — 100 м	300 кГц — 3 МГц	
	100 м — 10 м	3 МГц — 30 МГц	
10 м — 1 мм	30 МГц — 300 ГГц		
<u>Інфрачервоне випромінювання</u>	1 мм — 780 нм	300 ГГц — 429 ТГц	Вивчення молекул і атомів при теплових та електричних впливах.
<u>Видиме випромінювання</u>	780—380 нм	429 ТГц — 750 ТГц	
<u>Ультрафіолетові</u>	380 нм — 10 нм	3×10^{14} Гц — 3×10^{16} Гц	Випромінювання атомів під впливом прискорених електронів.
<u>Рентгенівські</u>	10 нм — 5 пм	3×10^{16} Гц — 6×10^{19} Гц	Атомні процеси при впливі прискорених заряджених частинок.
<u>Гамма</u>	до 5 пм	понад 6×10^{19} Гц	Ядерні і космічні процеси, радіоактивний розпад.

Механізм та особливості нетеплової дії ЕМП радіочастотного діапазону ще до кінця не з'ясовані. Частково таку дію пояснюють специфічним впливом радіочастотного випромінювання на деякі біофізичні явища: біоелектричну активність, що може призвести до порушення усталеного перебігу хімічних та ферментативних реакцій; вібрацію субмікроскопічних структур; енергетичне збудження (часто резонансне) на молекулярному рівні, особливо на конкретних частотах у так званих вікнах прозорості.

Змінне ЕМП являє собою сукупність магнітного та електричного полів і поширюється в просторі у вигляді електромагнітних хвиль. Основним параметром, що характеризує магнітне та електричне поля є напруженість: H - напруженість магнітного поля, А/м; E - напруженість електричного поля, В/м.

Простір навколо джерела ЕМП умовно поділяють на ближню зону (зону індукції) та дальню зону (зону випромінювання). У ближній зоні зазвичай знаходяться робочі місця з джерелами електромагнітних випромінювань НЧ, СЧ, ВЧ, ДВЧ. Робочі місця з джерелами електромагнітних випромінювань з довжиною хвилі меншою, ніж 1 м (УВЧ, НВЧ, НЗВЧ), знаходяться практично завжди у дальній зоні, у якій електромагнітна хвиля вже сформувалася. У цій зоні ЕМП оцінюється за кількістю енергії (потужності), що переноситься хвилею у напрямку свого поширення..

Дотримання допустимих значень ЕМП контролюють шляхом вимірювання напруженостей на робочих місцях і в місцях можливого перебування персоналу, в яких є джерела ЕМП. Контроль необхідно проводити періодично, однак не менше, ніж один раз на рік, а також при введенні в експлуатацію нових чи модернізованих установок з джерелами ЕМП, після їх ремонту, переналагодження, а також при організації нових робочих місць.

Захист від електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону

Засоби та заходи захисту від ЕМ випромінювань радіочастотного діапазону поділяються на *індивідуальні* та *колективні*. Останні можна поділити на організаційні, технічні та лікувально-профілактичні.

До *організаційних заходів колективного захисту* належать:

- розміщення об'єктів, які випромінюють ЕМП таким чином, щоб звести

до мінімуму можливе опромінення людей;

- "захист часом" - перебування персоналу в зоні дії ЕМП обмежується мінімально необхідним для проведення робіт часом;

- "захист відстанню" - віддалення робочих місць на максимально допустиму відстань від джерел ЕМП;

- "захист кількістю" - потужність джерел випромінювання повинна бути мінімально необхідною;

- виділення зон випромінювання ЕМП відповідними знаками безпеки;

- проведення дозиметричного контролю. Технічні засоби колективного захисту передбачають:

- екранування джерел випромінювання ЕМП;

- екранування робочих місць;

- дистанційне керування установками, до складу яких входять джерела ЕМП;

- застосування попереджувальної сигналізації.

До лікувально-профілактичних заходів колективного захисту належать:

- попередній та періодичні медогляди;

- надання додаткової оплачуваної відпустки та скорочення тривалості

робочої зміни;

- допуск до роботи з джерелами ЕМП осіб, вік яких становить не менше

18 років, а також таких, що не мають протипоказів за станом здоров'я.

Одним із найбільш ефективних *технічних засобів захисту* від ЕМ випромінювань радіочастотного діапазону, що знаходить широке застосування у промисловості, є екранування. Для екранів використовуються, головним чином, матеріали з великою електричною провідністю (мідь, латунь, алюміній та його сплави, сталь). Екрани виготовляються із металевих листів або сіток у вигляді замкнутих камер, шаф чи кожухів, що під'єднуються до системи заземлення.

Принцип дії захисних екранів базується на поглинанні енергії випромінювання матеріалом з наступним відведенням в землю, а також на відбиванні її від екрана.

Захист приміщення від впливу зовнішніх ЕМП можна забезпечити шляхом оклеювання стін металізованими шпалерами та облаштування на вікнах металевих сіток.

Як засоби *індивідуального захисту* від ЕМ випромінювань застосовуються халати, комбінезони, захисні окуляри та ін. Матеріалом для халатів та комбінезонів слугує спеціальна радіотехнічна тканина, в структурі якої тонкі металеві нитки утворюють сітку. Для захисту очей використовують спеціальні радіозахисні окуляри ОРЗ-5 (ЗП5-90), на скло яких нанесено тонку прозору плівку напівпровідникового олова.

3.2 Випромінювання оптичного діапазону

Оптичний діапазон охоплює ділянки електромагнітного випромінювання, до складу якої входять інфрачервоні (ІЧ), видимі (ВВ) та ультрафіолетові (УФ) випромінювання.

Розглянемо детальніше випромінювання, що входить до складу оптичного діапазону.

Інфрачервоні випромінювання

Інфрачервоні випромінювання чинять на організм людини переважно теплову дію. Тому джерелом ІЧ випромінювань є будь-яке нагріте тіло, причому його температура визначає інтенсивність теплового випромінювання.

Залежно від довжини хвилі ІЧ-випромінювання поділяються на короткохвильові з довжиною хвилі від 0,76 до 1,4 мкм (мікромметр) та довгохвильові - понад 1,4 мкм. Саме довжина хвилі значною мірою обумовлює проникну здатність ІЧ-випромінювань. Найбільшу проникну здат-

ність мають короткохвильові ІЧ-випромінювання, які впливають на органи та тканини організму людини, що знаходяться на глибині кількох сантиметрів від поверхні тіла. Промені довгохвильового діапазону затримуються поверхневим шаром шкіри. Спектр ІЧ-випромінювань (довгохвильових чи короткохвильових), в основному, залежить від температури джерела променів: при температурі до 100С випромінюються довгохвильові промені, а при температурі понад 100 С - короткохвильові.

Вплив ІЧ-випромінювань на людину може бути загальним та локальним і призводить він зазвичай до підвищення температури. При довгохвильових випромінюваннях підвищується температура поверхні тіла, а при короткохвильових - органів та тканин організму, до яких здатні проникнути промені. **Більшу небезпеку являють собою короткохвильові випромінювання, які можуть здійснювати безпосередній вплив на оболонки та тканини мозку і тим самим призвести до виникнення так званого теплового удару.** Людина при цьому відчуває запаморочення, біль голови, порушується координація рухів, настає втрата свідомості. Можливим наслідком впливу короткохвильових ІЧ-випромінювань на очі є поява катаракти. Досить часто таке професійне захворювання трапляється в складувів.

При тривалому перебуванні людини в зоні теплового променевого потоку, як і при систематичному впливі високих температур, відбувається різка зміна теплового балансу в організмі. При цьому порушується робота терморегулювального апарату, посилюється діяльність серцево-судинної та дихальної систем, відбувається значне потовиділення, яке призводить до втрати потрібних організмові солей. Інтенсивність теплового опромінення обумовлює також появу певних нервових розладів: дратівливість, часті болі голови, безсоння. Серед працівників "гарячих" цехів (прокатників, ливарників та ін.) відзначається значний відсоток осіб, які страждають на неврастенію.

Таким чином, ІЧ-випромінювання впливають на організм людини, порушують його нормальну діяльність та функціонування органів і систем, що може призвести до появи професійних та професійно зумовлених захворювань.

Ступінь впливу ІЧ-випромінювань залежить від низки чинників: спектра та інтенсивності випромінювання; площі поверхні, яка випромінює ІЧ промені; розміру ділянок тіла людини, що опромінюються; тривалості впливу; кута падіння ІЧ променів і т. ін.

У промисловості джерелами інтенсивного випромінювання хвиль інфрачервоного спектра є: нагріті поверхні стін, печей та їх відкриті отвори, ливарні та прокатні стани, струмені розплавленого металу, нагріті деталі та заготовки, різні види зварювання та плазмового оброблення тощо. У виробничих приміщеннях, в яких на робочих місцях неможливо встановити регламентовані інтенсивності теплового опромінення

працюючих через технологічні вимоги, технічну недосяжність або економічно обґрунтовану недоцільність, використовують обдування, повітряне та водоповітряне душення тощо. інтенсивність інфрачервоного теплового випромінювання вимірюється актинометрами, а спектральна інтенсивність випромінювання - інфрачервоними спектрографами типу ИКС-10, ИКС-12, ИКС-14 та радіометром ІЧ-випромінювання РАТ-2П.

До основних заходів та засобів щодо зниження небезпечної та шкідливої дії ІЧ-випромінювання належать:

- зниження інтенсивності випромінювання джерел шляхом удосконалення технологічних процесів та устаткування;
- раціональне розташування устаткування, що є джерелом ІЧ-випромінювання;
- автоматизація та дистанційне керування технологічними процесами;
- використання повітряних та водоповітряних душів у "гарячих" цехах;
- застосування теплоізоляції устаткування та захисних екранів;
- раціоналізація режимів праці та відпочинку (захист часом);
- проведення попереднього та періодичних медоглядів;
- використання засобів індивідуального захисту.

3.3 Іонізуюче випромінювання. Види, властивості та одиниці вимірювання іонізуючого випромінювання

Іонізуюче випромінювання - це випромінювання, взаємодія якого з середовищем призводить до утворення електричних зарядів (іонів) різних знаків. Джерелом іонізуючого випромінювання є природні та штучні радіоактивні речовини та елементи (уран, радій, цезій, стронцій та ін.). Джерела іонізуючого випромінювання широко використовуються в атомній енергетиці, медицині (для діагностики та лікування) та в різних галузях промисловості (для дефектоскопії металів, контролю якості зварних з'єднань, визначення рівня агресивних середовищ у замкнених об'ємах, боротьби з розрядами статичної електрики і т. ін.).

Іонізуюче випромінювання поділяється на *електромагнітне* (фотонне) та *корпускулярне*. До останнього належать випромінювання, що складаються із потоку частинок, маса спокою яких не дорівнює нулю (альфа- і бета-частинок, протонів, нейтронів та ін.). До електромагнітного випромінювання належать гамма- та рентгенівські випромінювання. **Альфа-випромінювання** - це потік позитивно заряджених частинок (ядер атомів гелію), що рухаються зі швидкістю 20 000 км/с. **Бета-випромінювання** - це потік електронів та позитронів, швидкість яких наближається до швидкості світла. **Гамма-випромінювання** - це короткохвильове електромагнітне випромінювання, яке за своїми властивос-

тями подібне до рентгенівського, однак має значно більшу швидкість (приблизно дорівнює швидкості світла) та енергію.

Іонізуюче випромінювання характеризується двома основними властивостями: здатністю проникати через середовище, що опромінюється, та іонізувати повітря і живі клітини організму. Причому обидві ці властивості іонізуючого випромінювання зв'язані між собою обернено пропорційною залежністю. Найбільшу проникну здатність мають гамма - та рентгенівське випромінювання. Альфа- та бета-частинки, а також інші, що належать до корпускулярного іонізуючого випромінювання, швидко втрачають свою енергію на іонізацію, тому в них порівняно низька проникна здатність.

Дія іонізуючого випромінювання оцінюється дозою випромінювання. Розрізняють поглинуту, еквівалентну та експозиційну дози. Поглинута, еквівалентна та експозиційна дози за одиницю часу (1с) називаються потужностями відповідних доз.

3.4 Дія іонізуючого випромінювання на організм людини. Захист від іонізуючого випромінювання.

При вивченні дії іонізуючого випромінювання на організм людини були виявлені наступні особливості.

1. У людини відсутні органи чуття, що реагують на іонізуюче випромінювання, тому його дія на організм людини відбувається непомітно.

2. Висока ефективність поглинутої енергії. Навіть невелика кількість поглинутої енергії іонізуючого випромінювання може спричинити суттєві біологічні зміни в організмі людини.

3. Наявність прихованого (інкубаційного) періоду виявлення дії іонізуючого випромінювання. Цей період, який ще часто називають періодом уявного благополуччя, тим менший, чим вища доза опромінення.

4. Дія малих доз іонізуючого випромінювання може накопичуватись (кумулятивний ефект).

5. Іонізуюче випромінювання діє не лише безпосередньо на людину, а й на її потомство (генетичний ефект).

6. Різні органи організму людини мають різну чутливість до іонізуючого випромінювання

7. Ступінь дії іонізуючого випромінювання залежить від індивідуальних особливостей організму людини.

8. Наслідки опромінення істотно залежать від його дози та частоти.

Одноразова дія іонізуючого випромінювання великої дози зумовлює більші зміни в організмі людини, ніж його фракціонована дія.

9. Залежно від еквівалентної дози опромінення та індивідуальних особливостей людини зміни в її організмі можуть набути незворотного характеру.

Дія іонізуючого випромінювання на організм людини може бути зовнішньою, внутрішньою (якщо радіоактивна речовина потрапила в організм людини при вдиханні чи з їжею) та комбінованою. Ступінь радіаційного ураження залежить від виду випромінювання, тривалості та дози опромінення, фізико-хімічних властивостей радіоактивної речовини та індивідуальних особливостей організму людини.

Іонізуюче випромінювання, проникаючи в організм людини, передає свою енергію органам та тканинам шляхом збудження та іонізації атомів і молекул, що входять до складу клітин організму. Це веде до зміни хімічної структури різноманітних з'єднань, що призводить до порушення біологічних процесів, обміну речовин, функції кровотворних органів, змін у складі крові тощо. Радіаційні ураження можуть бути загальними та місцевими (променеві опіки шкіри, слизових оболонок і т. ін.).

Тривала дія іонізуючого випромінювання в дозах, що перевищують гранично допустимі, може спричинити променеву хворобу, яка характеризується зазвичай такими ознаками: порушення сну, погіршення апетиту, сухість шкіри (перша стадія); розлади органів травлення, порушення обміну речовин, зміни серцево-судинної системи, руйнування кровеносних судин (друга стадія); крововиливи в судинах мозку та серцевому м'язі, випадіння волосся, катаракта, порушення діяльності статевих органів, генетичні порушення (третья стадія).

Нормування іонізуючого випромінювання

Допустимі дози іонізуючого випромінювання регламентуються Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Згідно з цим нормативним документом визначені наступні категорії опромінюваних осіб:

- категорія А - особи, що постійно чи тимчасово працюють з джерелами іонізуючого випромінювання;
- категорія Б - обмежена частина населення (особи, що не працюють безпосередньо з джерелами випромінювання, але за умовами проживання або розташування робочих місць можуть підлягати опроміненню);
- категорія В - населення області, країни.

За ступенем чутливості до іонізуючого випромінювання встановлено три групи критичних органів (тканин) організму, опромінення яких спричинює найбільшу шкоду здоров'ю людини:

- I - усе тіло, статеві органи, червоний кістковий мозок;
- II - щитоподібна залоза, м'язи, жирова тканина, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт, легені, кришталик ока;
- III - кісткова тканина, шкіра, кисті, передпліччя, литки, стопи.

Захист від іонізуючого випромінювання

Умови безпеки при використанні радіоактивних ізотопів у промисловості передбачають розробку комплексу захисних заходів та засобів не

лише стосовно осіб, які безпосередньо працюють з радіоактивними речовинами, але й тих, хто знаходиться у суміжних приміщеннях, а також населення, що проживає поруч з небезпечним підприємством (об'єктом).

Засоби та заходи захисту від іонізуючого випромінювання поділяються на: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні.

Організаційні заходи від іонізуючого випромінювання передбачають забезпечення виконання вимог норм радіаційної безпеки. Приміщення, які призначені для роботи з радіоактивними ізотопами повинні бути ізольовані від інших і мати спеціально оброблені стіни, стелі, підлоги. Відкриті джерела випромінювання і всі предмети, які опромінюються повинні знаходитись в обмеженій зоні, перебування в якій дозволяється персоналу у виняткових випадках, та й то короткочасно. На контейнери, устаткування, двері приміщень та інші об'єкти наноситься попереджувальний знак радіаційної небезпеки (на жовтому фоні - чорний схематичний трилисник).

На підприємствах складаються та затверджуються інструкції з охорони праці, у яких зазначено порядок та правила безпечного виконання робіт. Для проведення робіт необхідно, за можливістю, обирати якнайменшу достатню кількість ізотопів ("захист кількістю"). Застосування приладів більшої точності дає можливість використовувати ізотопи з меншою активністю ("захист якістю"). Необхідно також організувати дозиметричний контроль та своєчасне збирання і видалення радіоактивних відходів із приміщень у спеціальних контейнерах.

До *технічних заходів* та засобів захисту від іонізуючого випромінювання належать: застосування автоматизованого устаткування з дистанційним керуванням; використання витяжних шаф, камер, боксів, що оснащені спеціальними маніпуляторами, які копіюють рухи рук людини; встановлення захисних екранів.

Санітарно-гігієнічні заходи передбачають: забезпечення чистоти приміщень, включаючи щоденне вологе прибирання; улаштування припливно-витяжної вентиляції з щонайменше п'ятиразовим повітрообміном; дотримання норм особистої гігієни, застосування засобів індивідуального захисту.

До *лікувально-профілактичних заходів* належать: попередній та періодичні медогляди осіб, які працюють з радіоактивними речовинами; встановлення раціональних режимів праці та відпочинку; використання радіопротекторів - хімічних речовин, що підвищують стійкість організму до іонізуючого опромінення.

Захист працівника від негативного впливу джерела зовнішнього іонізуючого випромінювання досягається шляхом:

- зниження потужності джерела випромінювання до мінімально необхідної величини ("захист кількістю");

- збільшення відстані між джерелом випромінювання та працівником ("захист відстанню");
- зменшення тривалості роботи в зоні випромінювання ("захист часом");
- встановлення між джерелом випромінювання та працівником захисного екрана ("захист екраном").

Захисні екрани мають різну конструкцію і можуть бути стаціонарними, пересувними, розбірними та настільними. Вибір матеріалу для екрана та його товщина залежать від виду іонізуючого випромінювання, його рівня та тривалості роботи.

Для захисту від альфа-випромінювання немає необхідності розраховувати товщину екрана, оскільки завдяки малій проникній здатності цього випромінювання шар повітря в кілька сантиметрів, гумові рукавички вже забезпечують достатній захист. Екран для захисту від бета-випромінювання виготовляють із матеріалів з невеликою атомною масою (плексиглас, алюміній, скло) для запобігання утворенню гальмівного випромінювання. Досить ефективними є двошарові екрани: з боку джерела випромінювання розташовують матеріал з малою атомною масою товщиною, що дорівнює довжині пробігу бета-частинок, а за ним - з більшою атомною масою (для поглинання гальмівного випромінювання).

Для захисту від гамма-випромінювання, яке характеризується значною проникною здатністю, застосовуються екрани із матеріалів, що мають велику атомну масу (свинець, чавун, бетон, баритобетон). На практиці для визначення товщини захисного екрана часто використовують спеціальні таблиці, чи монограми.

Захист від внутрішнього опромінення досягається шляхом виключення безпосереднього контакту з радіоактивними речовинами у відкритому вигляді та запобігання потраплянню їх у повітря робочої зони.

При роботі з радіоактивними речовинами важливе значення має застосування засобів індивідуального захисту, які запобігають потраплянню радіоактивних забруднень на шкіру та всередину організму, а також захищають від альфа- та, по можливості, від бета-випромінювання.

До засобів *індивідуального захисту* від іонізуючого випромінювання належать: халати, костюми, пневмокостюми, шапочки, гумові рукавички, тапочки, бахіли, засоби захисту органів дихання та ін. Застосування тих чи інших засобів індивідуального захисту залежить від виду і класу робіт. Так, у разі виконання ремонтних і аварійних робіт застосовуються засоби індивідуального захисту короточасного використання - ізолювальні костюми (пневмокостюми) шлангові чи з автономним джерелом подавання повітря до органів дихання, захисні скафандри тощо. Як правило, такі костюми та скафандри мають просвинцьований захисний шар, що надійно захищає тіло людини від іонізуючого випромінювання, навіть при незначній товщині цього шару.

Контрольні питання

1. У чому полягає небезпека для організму людини електромагнітних випромінювань?
2. Які існують заходи та засоби захисту від електромагнітних випромінювань?
3. У чому полягає шкідлива дія інфрачервоного випромінювання на організм людини?
4. Охарактеризуйте вплив ультрафіолетового випромінювання на організм людини.
5. Які існують заходи захисту від ІЧВ та УФВ?
6. Який вплив на організм людини здійснює лазерне випромінювання?
7. У чому полягає небезпека для організму людини іонізуючого випромінювання?
8. Які існують заходи та засоби захисту від іонізуючих випромінювань?

МОДУЛЬ 2. МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВІД ПРОМИСЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ, ГВДРОСФЕРИ ТА ЛІТОСФЕРИ

ЛЕКЦІЯ 4. ПРОМИСЛОВІ ВИКИДИ В АТМОСФЕРУ. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСНОВНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ

План:

1. Промислові викиди в атмосфері.
2. Аеродисперсні системи.
3. Основні властивості пилів. Параметри димових газів.
4. Основні методи очищення газових викидів.
5. Абсорбційні та адсорбційні методи. Класифікація. Види адсорбентів.
6. Термічна нейтралізація забруднених газових викидів.
7. Каталітичні методи.
8. Біохімічні методи очищення газових викидів від забруднень.
9. Очищення газів від оксидів вуглецю CO і CO₂

4.1 Промислові викиди в атмосфері

Атмосфера Землі – газова оболонка планети, що має складний неоднорідний склад, будову, властивості. Природний склад атмосфери формувався протягом усього тривалого періоду існування планети Земля. При цьому спочатку антропогенні впливи на атмосферу були відсутніми

повністю або були зневажливо малі. У результаті плину складних фізичних, хімічних, біосферних процесів сформувався приземний шар атмосфери практично постійного складу, що включає два види газів: постійні гази й перемінні гази. До першого відносяться: азот (близько 78 % по об'єму), кисень (близько 21 %), інертні гази (близько 1 %). Вміст постійних газів практично не залежить від того, у якій точці земної кулі взята проба сухого повітря. До змінних газів відносяться: водяна пара (до 3 %), вуглекислий газ (0,02-0,04 %), озон (10-6 %). У приземному шарі атмосфери можуть перебувати слідові кількості водню, метану, аміаку, СО, оксидів азоту, оксидів сірки, сірководню. Крім різних газів, в атмосфері знаходиться деяка кількість пилу. Сталість природного складу атмосфери обумовлена тим, що вона має здатність до самоочищення від забруднюючих речовин.

Здатність атмосфери до самоочищення має певні границі. Якщо концентрації забруднень перевищать деякі граничні значення, то повне самоочищення атмосфери стає неможливим. Розвиток суспільного виробництва й споживання спричинило збільшення загальної маси викидів газоподібних речовин, парів, аерозолів, що забруднюють атмосферу.

Таблиця 4.1 – Речовини, які викидаються в атмосферу підприємством хімічної промисловості (ВО «Азот»)

Найменування речовини	Викид забруднюючих речовин в атмосферу	
	г/сек	т/рік
Ванадію п'ятиоксид (аерозоль)	0,035	0,368
Сода кальцинована (пил)	41,618	952,90
Вапно (аерозоль)	0,695	5,234
Азоту діоксид (газ)	59,097	1296,39
Аміак (газ)	70,060	1585,616
Аміачна селітра (аерозоль)	32,409	357,237
Сірчана кислота (аерозоль)	0,517	14,078
Сірчаний ангідрид (газ)	33,007	517,594
Пил сірки	0,011	0,074
Сірководень (газ)	0,009	0,262
Вуглецю оксид (газ)	1942,96	2442,506
Циклогексан (пара)	38,369	631,915
Бензол (пара)	3,245	43,339
Циклогексанол (пара)	4,917	84,309
Циклогексанон (пара)	6,919	107,893
Карбамід (аерозоль)	28,397	558,760

Основними джерелами забруднення атмосфери є транспортні засоби із двигунами внутрішнього згорання, теплові електричні станції, промислові підприємства. По розрахунках внески викидів різних джерел

у забруднення атмосфери становлять: забруднені промислові газові викиди – 30 %, автотранспорт – 40 %, теплоенергетика – 30 %.

До складу викидів автотранспорту й теплоенергетики входять такі забруднюючі атмосферу речовини, як азот, оксиди азоту, оксид вуглецю (II) і оксид вуглецю (IV), водяна пара, оксид сірки (VI), циклічні вуглеводні, тверді частки (сажа, сполуки плюмбуму) і інші речовини. Промислові підприємства викидають в атмосферу велику кількість різних забруднюючих речовин, пилу. Склад промислових викидів в атмосферу досить різноманітний і визначається технологічним процесом виробництва. У табл. 4.1 наведений склад найбільш значної частини викидів в атмосферу хімічного підприємства, аналогічного по технологічному процесу ВО «Азот».

Численні забруднення атмосфери з різних джерел можна об'єднати в три групи:

- 1) аеродисперсні системи, що складаються із твердих або рідких дисперсних часток зважених у повітряному середовищі (пил, дим, туман);
- 2) газоподібні речовини (SO_2 , SO_3 , H_2S , оксиди азоту, оксиди вуглецю, аміак й ін.);
- 3) пари речовин (летучі розчинники, вуглеводні і їх галогенопохідні, ароматичні вуглеводні й ін.).

4.2 Аеродисперсні системи

Пил утворюється при багатьох технологічних процесах, пов'язаних з подрібненням твердих матеріалів; складається із твердих часток, що знаходяться у повітрі у зваженому стані. В інженерній практиці пилом називають також самі тверді пилові частки, у тому числі осілі або виділені яким-небудь чином у вигляді порошку. Тверді частки пилу мають різні розміри, неправильну форму. Розміри часток пилу характеризують величиною ефективного діаметра, що визначається як діаметр сферичної частки того ж об'єму, що й частка пилу. Пил – полідисперсна система, розміри часток можуть сильно розрізнятися.

Залежно від розмірів, частки пилу по-різному поведуться в атмосфері. Частки діаметром більше 75 мкм швидко осаджуються поблизу джерела викидів. Частки діаметром 5-75 мкм повільно осаджуються, можуть переноситись повітряними масами на відносно великі відстані від джерела викидів, границі зони розсіювання залежать від атмосферних умов, а також технічних умов викиду в атмосферу (від висоти труби, температури, швидкості вітру й т.п.). Частки діаметром менш 5 мкм переносяться з повітряними масами на великі відстані від джерела викидів, довгий час можуть залишатися в атмосфері.

Димом називають аерозолі, у яких дисперсною фазою є тверді частки, а дисперсійним середовищем – атмосферне повітря. Дим може містити деякі кількості рідких аерозольних часток. Наприклад, при згорянні

палива утворюється дим, що містить як тверді частки, так і дрібні краплі води.

Туманом називають аерозолі з рідкими частками дисперсної фази, суспендованими в дисперсійному середовищі – атмосферному повітрі. Тумани можуть утворитися при конденсації пересичених парів рідини або при розпиленні рідин, наприклад, за допомогою форсунок. Суміш диму, туману, парів води й газоподібних забруднюючих речовин в атмосфері прийнято позначати терміном «смог».

Для зниження забруднення атмосфери від промислових викидів удосконалюють технологічні процеси, здійснюють герметизацію технологічного обладнання, застосовують пневмотранспорт, будують різні очисні спорудження.

Найбільш ефективним напрямком зниження викидів є створення безвідхідних технологічних процесів, що передбачають, наприклад, впровадження замкнених газоподібних потоків, однак дотепер основним засобом запобігання шкідливим викидам залишається розробка й впровадження ефективних систем очищення газів. Під очищенням розуміється відділення від газу або перетворення в нешкідливий стан забруднюючі речовини, що надходять від промислового джерела.

Для знешкодження аерозолів (пилей і туманів) використовують сухі, мокрі й електричні методи. Крім того, апарати відрізняються як за конструкцією, так і за принципом осадження завислих часток. В основі роботи сухих апаратів лежать гравітаційні, інерційні й відцентрові механізми осадження або фільтраційні механізми. У мокрих пиловловлювачах здійснюється контакт запиленних газів з рідиною. При цьому осадження відбувається на краплі, на поверхню газових пухирців або на плівку рідини. В електрофільтрах відділення заряджених часток аерозолу відбувається на осадкових електродах.

Вибір методу й апарата для вловлювання аерозолів у першу чергу залежить від дисперсного складу пилових часток.

Для знешкодження відпрацьованих газів від газоподібних і пароподібних токсичних речовин застосовують наступні методи: абсорбції (фізичні й хемосорбції), адсорбції, каталітичні, термічні, конденсації й компримирування.

4.3 Основні властивості пилів. Параметри димових газів

Щільність часток. Розрізняють істину, насипну й уявну щільність. Насипна щільність (на відміну від істинної) враховує повітряний проміжок між частками пилу. При злежуванні насипна щільність збільшується в 1,2-1,5 рази.

Уявна щільність являє собою відношення маси часток до об'єму, який вони займають, включаючи пори, порожнечі й нерівності. Гладкі

монолітні частки мають щільність, що практично збігається із уявною. Пили, схильні до коагуляції й спікання, знижують уявну щільність по відношенню до уявної.

Дисперсність часток. Розмір часток є основним їх параметром. Вибір пиловловлювача визначається дисперсним складом пилу, що вловлюється. Частки промислового пилу мають різну форму (кульки, палички, пластинки, голки, лусочки, волокна й т.д.). Частки пилу можуть коагулювати й поєднуватися в агломерати, тому поняття розміру частки умовне. У пиловловленні прийнято характеризувати розмір частки величиною, яка визначає швидкість її осадження. Такою величиною служить седиментаційний діаметр – діаметр кулі, швидкість осадження й щільність якої рівні швидкості осадження й щільності частки. При цьому сама частка може мати довільну форму. Пилові частки різної форми при одній і тій же масі осідають із різною швидкістю. Чим ближче їх форма до сферичної, тим швидше вони осідають.

Найбільший і найменший розміри часток характеризують діапазон дисперсності даного пилу. Для характеристики дисперсного складу пилу розбивають всю масу порошин на деякі фракції, обмежені частками визначеного розміру, із вказівкою, яку частку у відсотках по масі (або по числу часток) вони становлять.

Дисперсний склад пилу зображується у вигляді інтегральних кривих. Більшість промислових пилей підкоряється нормально-логарифмічному закону розподілу часток по розмірах.

Адгезивні властивості часток. Ці властивості часток визначають їх схильність до злипання. Підвищене злипання часток може призвести до часткового або повного забивання апаратів.

Чим менше розмір часток пилу, тим легше вони прилипають до поверхні апарата. Пили у яких 60-70 % часток мають діаметр менше 10 мкм, ведуть себе як ті, що злипаються, хоча той же пил з розміром часток більше 10 мкм мають гарну сипкість.

За злипанням пил поділяється на 4 групи:

1) пил, що не злипається – сухий шлаковий, кварцовий, суха глина;
2) пил, що слабо злипається – коксовий, магнезитовий сухий, апатитовий сухий, доменна, колошниковая летюча зола, що містить багато незгорілих продуктів, сланцева зола;

3) пил, що середньо злипається – торф'яний, вологий магнезитовий; металевий, який містить колчедан, оксиди плюмбуму, цинку й стануму; сухий цемент; летюча зола без недопалу; торф'яна зола; сажа;

4) пил, що сильно злипається – цементний, виділений з вологого повітря; гіпсовий та алебастровий; пил, що містить подвійний суперфосфат, клінкер, солі натрію; волокнистий пил (азбест, бавовна, вовна).

Зі злипанням тісно зв'язана інша характеристика пилу – сипкість. Сипкість пилу оцінюється по куту природного укусу, що приймає пил у свіжонасипному стані.

Абразивність часток. Абразивність пилу характеризує інтенсивність зношування металу при швидкостях газів і концентраціях пилу. Вона залежить від твердості, форми, розміру й щільності часток. Абразивність враховують при розрахунках апаратури (вибір швидкості газу, товщини стінок апаратури й облицювальних матеріалів).

Змочування часток. Змочування часток водою впливає на ефективність мокрих пиловловлювачів, особливо при роботі із рециркуляцією. Гладкі частки змочуються краще, ніж частки з нерівною поверхнею, тому що останні більшою мірою виявляються покритими абсорбованою газовою оболонкою, що утруднює змочування.

За характером змочування всі тверді тіла розділяють на 3 основні групи:

- 1) гідрофільні матеріали – добре змочувані (кварц, більшість силікатів й окислених мінералів, галогеніди лужних металів);
- 2) гідрофобні матеріали – погано змочувані (графіт, вугілля, сірка);
- 3) абсолютно гідрофобні (парафін, тефлон, бітуми).

Гігроскопічність часток. Здатність пилу вбирати вологу залежить від хімічного складу, розміру, форми й ступеню шорсткості поверхні часток. Гігроскопічність сприяє вловлюванню часток в апаратах мокрого типу.

Електрична провідність шару пилу. Цей показник оцінюється по питомому електричному опору шару пилу $\rho_{ш}$, що залежить від властивостей окремих часток (від поверхневої й внутрішньої електропровідності, форми й розмірів часток), а також від структури шару пилу й параметрів газового потоку. Вона впливає на роботу електрофільтрів.

У залежності від питомого електричного опору пил ділять на 3 групи:

- 1) низькоомні пили $\rho_{ш} < 10^4$ Ом·м. При осадженні на електроді частки пилу миттєво розряджаються, що може призвести до вторинного віднесення;
- 2) пили з $\rho_{ш} = 10^4$ - 10^{10} Ом·м. Ці пили добре вловлюються в електрофільтрі, тому що розрядка часток відбувається не відразу, а протягом часу, необхідного для накопичення шару;
- 3) пили з $\rho_{ш} > 10^{10}$ - 10^{13} Ом·м. Уловлювання пилу цієї групи в електрофільтрах викликає великі труднощі. Частки пилу цієї групи утворюють на електроді пористий ізолюючий шар.

Електрична зарядженість часток. Знак заряду часток залежить від способу їх утворення, хімічного складу, а також від властивостей речовин, з якими вони стикаються. Цей показник впливає на ефективність уловлювання в газоочисних апаратах (мокрих пиловловлювачах, фільтрах й ін.), на вибухонебезпечність й адгезивні властивості часток.

Здатність часток пилу до самозаймання й утворення вибухонебезпечних сумішей з повітрям. Горючий пил в наслідок сильнорозвиненої поверхні контакту часток з киснем повітря (порядку $1\text{м}^2/\text{г}$) здатний до самозаймання й утворення вибухонебезпечних сумішей з повітрям. Інте-

нсивність вибуху пилу залежить від його хімічних і термічних властивостей, від розміру і форми часток, їх концентрації в повітрі, від волого вмісту й складу газів, розмірів і температури джерела запалення й відносного вмісту інертного пилу. Здатність до запалення мають деякі пили органічних речовин, що утворюються при переробці барвників, пластмас, волокон, а також пилей металів: магнію, алюмінію й цинку.

Мінімальні вибухонебезпечні концентрації суспендованого в повітрі пилу – приблизно 20-500 г/м³, а максимальні 700-800 г/м³. Чим більше вміст кисню в газовій суміші, тим імовірніше вибух і більше його сила. При вмісті кисню менш 16 % пилова хмара не вибухає.

Параметри димових газів. Об'єм димових газів, їх вологовміст, температура, концентрація пилу й інші властивості є основними показниками при варіантному проробленні схеми системи пиловловлення. За цими даними вибирають тип пиловловлюючого апарата й потужність димососа, визначають енергетичні показники установки й на базі проведеного підбору встаткування виконують техніко-економічні розрахунки проектованої установки.

Для великих систем пиловловлення виконують два або декілька варіантів методів очищення, при порівнянні яких вибирається оптимальна схема.

При експлуатації установок шляхом інструментального контролю параметрів димових газів забезпечують нормальний режим роботи установок. Наприклад, склад димових газів має значення при проведенні теплотехнічних випробувань пічних агрегатів. Такі випробування дозволяють одержати основні характеристики агрегату, на підставі яких можна визначити оптимальні умови його роботи, що забезпечують максимальну продуктивність.

Потрібен контроль вологості й вмісту оксидів сірки в очищуваних газах (при спалюванні в печі мазуту), що викликають істотне підвищення крапки роси в порівнянні з температурою конденсації чистих водяних парів. При підвищенні крапки роси й незмінній робочій температурі газів можлива конденсація вологи або сірчистих сполук на активних поверхнях пиловловлюючих апаратів і газоходів, що може привести до їх корозії.

Вміст вологи в газі характеризується наступним: концентрацією водяних парів сухого газу (абсолютним вологовмістом газу), концентрацією водяних парів вологого газу при нормальних або робочих умовах, величиною парціального тиску водяних парів.

При проектуванні й експлуатації систем й апаратів пиловловлення найбільший інтерес викликають відомості про температуру крапки роси газів, що підлягають очищенню.

Для цілого ряду технологічних агрегатів силікатного виробництва внаслідок відносно низької температури крапки роси газів можна організувати роботу газових трактів і пиловловлюючих апаратів при темпера-

турах, що не перевищують 100 °С. Це має велике значення, тому що зниження температури помітно зменшує об'єми димових газів, що підлягають знепиленню, а в ряді випадків дозволяє утилізувати теплову енергію.

Крім того, при зниженні температури димових газів збільшується електропровідність пилу й за певних умов ступінь очищення газів в електрофільтрі зростає.

Об'єми димових газів, що відходять із технологічних агрегатів, є одним з основних факторів при виборі типорозміру пиловловлюючого апарата. Результати проведених досліджень показали, що у більшості випадків розрахункові кількості димових газів, прийняті в проекті, істотно відрізняються від отриманих у процесі експлуатації. Як правило, вони значно вище проектних показників, у результаті чого швидкість газів у пиловловлюючих апаратах перевищує гранично припустиму, що викликає небажані наслідки. Об'єми димових газів залежать від багатьох факторів, основними з яких є склад і ступінь підготовленості випалюваної сировини, вид застосовуваного палива, режим ведення технологічного процесу, кількість повітря, що відсмоктується, по довжині газового тракту, стану активної зони печі й ін.

Пилевинос є одним з основних показників при проектуванні й експлуатації систем й апаратів пиловловлення. Цей параметр є визначальним при виборі потужності пиловловлюючого й транспортуючого пил устаткування (бункерів, насосів, повітряних компресорів і т.п.).

Пилевинос може коливатися залежно від зміни зернового складу сировини, інтенсифікації режиму печі, при зміні виду спалюваного палива й інших факторів, які необхідно враховувати в кожному конкретному випадку, особливо при виборі систем пилотранспорту. Необхідно відзначити, що при виробництві тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів в атмосферу виноситься сама тонка й, отже, по зроблених витратах найдорожча частина сировинного матеріалу й готового продукту.

Великий винос пилу в атмосферу приводить, з одного боку, до погіршення санітарно-технічного стану цехів, заводських територій і розташованих близько населених пунктів, а з іншого боку – до зниження продуктивності заводу й підвищенню вартості готового продукту. Для вловлювання пилу, що міститься в газах, що відходять, служать пиловловлювачі різних конструкцій. Відповідно до різної дії сил, що осаджують частки пилу з газового потоку, пиловловлювачі розділяються на наступні групи.

Пилоосаджувальні камери, через які з більшою або меншою швидкістю пропускаються запилені гази. Пил з газового потоку виділяється тут головним чином під дією сили ваги. Ефективна робота пилоосаджувальних камер можлива лише при дуже малих швидкостях руху газового потоку. У зв'язку зі збільшенням потужності окремих робочих машин, а також з інтенсифікацією виробничих процесів камерні пиловловлювачі грають тепер обмежену й другорядну роль в осадженні пилу.

Звичайні й батарейні циклони. У цих пиловловлювачах частки пилу випадають із газового потоку в результаті дії на них відцентрової сили, що виникає при обертвовому русі газового потоку. Пиловловлювачі циклонного типу найбільш широко поширені в промисловості тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів.

Тканинні фільтри. Їх дія заснована на здатності бавовняної, вовняної або якої-небудь іншої тканини пропускати через свої пори повітря або газ і затримувати частки пилу.

Електрофільтри, принцип дії яких заснований на тім, що під впливом електричного поля високої напруги, створюваного між електродами, у потоці газу утворюються іони й електрони, що надають порошинкам, суспендованим у газах, електричний заряд. Заряджені порошини рухаються до електродів й осаджуються на них. Знепилені гази виходять із електрофільтра, а осілий на електродах пил струшується в бункер.

Інерційні (жалюзійні) пиловловлювачі, у яких пил осаджується під дією сил інерції при різкій зміні напрямку руху газів.

Відцентрові пиловловлювачі ротаційної дії, що застосовуються для виділення з газових потоків грубих фракцій пилу за допомогою відцентрової сили.

Комбіновані пиловловлювачі, що представляють собою декілька (у більшості випадків два) послідовно з'єднані апарати, наприклад циклон і тканинний фільтр, циклон й електрофільтр. Застосування комбінованих пиловловлювачів дозволяє підвищити ступінь очищення газу й шляхом виділення з газового потоку грубих часток пилу першим, простим за устаткуванням пиловловлювачем, зберегти на тривалий період роботи без ремонту другий, більш складний і дорогий пиловловлювач, призначений для осадження з газів тонкого пилу.

На заводах використовуються пиловловлювачі всіх перерахованих груп, окрім жалюзійних і відцентрових ротаційної дії. Пиловловлювачі цих видів не застосовуються тут через неможливість осаджувати в них дрібні фракції пилу й внаслідок швидкого стирання елементів, з яких складені їх ґрати або лопатки коліс, частками пилу, що швидко рухаються.

Крім зазначених пиловловлювачів, що працюють за сухим способом, у промисловості застосовують і *мокрі пиловловлювачі:* порожні (безнасадочні) скрубери, скрубери з насадкою, барботери й відцентрові скрубери.

У порожніх скруберах, що представляють собою вертикальні ємності циліндричної форми, запилений газовий потік при русі через внутрішню порожнину ємності зустрічає на своєму шляху дрібнорозпилену воду, що вводять у ємність через форсунки під тиском. Гази тут не тільки очищаються від пилу, але й одночасно охолоджуються в результаті втрати тепла на пароутворення. Щоб збільшити площу зіткнення газів з водою, внутрішню поверхню скрубера наповнюють іноді кусковими мате-

ріалами (коксом, кварцитом, керамічними кільцями й т.п.). Пиловловлювачі таких конструкцій називаються *скруберами з насадкою*.

Для знепилення й одночасного охолодження газовий потік може пропускатись також через тонкий шар води. Установки, призначені для цієї мети, називаються *барботерами*.

До мокрих пиловловлювачів, як уже було відзначено, відносяться відцентрові скрубери, по своїй конструкції подібні зі звичайними циклонами й працюючі по одному з ними принципу.

В останні роки прагнуть використовувати, для вловлювання пилу з газового потоку високочастотні звукові коливання, під дією яких дрібні частки пилу злипаються, утворюючи великі, які вловлюються потім у механічних або електричних пиловловлювачах. Пиловловлювачі, що діють по цьому принципу, називаються ультразвуковими пиловловлювачами й знаходяться поки в стадії випробування й удосконалення.

Аерозолі повітряних викидів промислових підприємств характеризуються великою розмаїтістю дисперсного складу й інших фізико-хімічних властивостей. У зв'язку із цим розроблені різні методи очищення й типи пиловловлювачів – апаратів, призначених для очищення викидів від пилу (і інших аерозолів).

Методи очищення промислових газових викидів від пилу можна поділити на дві групи: методи вловлювання пилу «сухим» способом і методи вловлювання пилу «мокрим» способом. Апарати знепилення газів включають: пилоосаджувальні камери, циклони, пористі фільтри, електрофільтри, скрубери й ін.

При значній запиленості газів й особливо при наявності в них грубої фракції перед електрофільтрами часто встановлюють циклони, поєднані в батарею, для попереднього очищення газів, усунення перевантаження електрофільтра й підвищення таким шляхом його коефіцієнта корисної дії.

У порівнянні з іншими пиловловлювачами, електрофільтри працюють із найбільшим коефіцієнтом корисної дії, що доходить при їх правильному налагодженні до 98-99 %. Висока вартість електрофільтрів, їх великі габаритні розміри й складність експлуатації трохи знижують відзначені позитивні якості електрофільтрів, що за своїми виробничими показниками є найбільш досконалыми з існуючих пиловловлюючих установок.

Електрофільтри застосовуються там, де необхідно очищати дуже великі об'єми газу й відсутня небезпека вибуху. Ці установки використовуються для вловлювання летучої золи на сучасних електростанціях, для уловлення пилу в цементній промисловості, а також у металургії в потужних системах уловлювання диму, для пиловловлення в системах кондиціонування повітря й інших суміжних галузях.

4.4 Основні методи очищення газових викидів

Промислові газові викиди можуть містити токсичні для біоти неорганічні й органічні речовини. Серед них найнебезпечніші для біоти оксиди сірки, азоту, вуглецю (СО), аміак, хлористий водень, фтористий водень, хлор, пари летучих органічних сполук: ацетону, бензолу, толуолу, ксилолу, фенолу, метилетилкетона, нижчих спиртів, гептану, сірковуглецю, ефірів, галоген вуглеців (фтор- і хлорпохідних), бензину. Загальним для всіх забруднень даної групи є те, що при звичайних атмосферних умовах (тиск, температура) ці речовини перебувають у газоподібному стані в потоці газу, що очищається. Ці забруднення відрізняються по розчинності у воді й іншим фізико-хімічним і хімічним властивостям, що використовується при виборі методу очищення.

У залежності від типу процесу, методи очищення промислових газових викидів від газоподібних забруднень і парів підрозділяються на п'ять основних груп (табл. 4.2), кожній з яких відповідають певні апарати:

Таблиця 4.2 – Методи очищення промислових газових викидів від газоподібних и пароподібних забруднень

Методи очищення	Тип процесу	Апарати
Абсорбційні	Поглинання забруднень розчинником (водою) з утворенням розчину	Насадочні башти; скрубери; барботажно - пінні апарати та інш.
Хемосорбційні	Хімічна взаємодія забруднень з рідкими сорбентами (поглиначами) з утворенням малолетучих або малорозчинних сполук	Насадочні башти; скрубери; розпилюючі апарати та інш.
Адсорбційні	Адсорбція забруднень на поверхні твердої речовини	Адсорбери
Термічні	Окиснення забруднень киснем повітря при високих температурах з утворенням нетоксичних (менш токсичних) сполук	Камери спалювання та інш.
Каталітичні	Каталітична хімічна реакція забруднень з іншими забрудненнями або доданими речовинами з утворенням нетоксичних (менш токсичних) сполук	Каталітичні та термokatалітичні реактори
Біохімічні	Трансформація забруднень під дією ферментів, що виробляються мікроорганізмами	Біофільтри, біоскрубери

4.5 Абсорбційні та адсорбційні методи. Класифікація. Види адсорбентів

Абсорбційні методи засновані на розходженнях у розчинності речовин у певних розчинниках. При контакті забрудненого газового потоку з рідким розчинником пари певних забруднень поглинаються розчинни-

ком-абсорбентом з утворенням розчину. Найбільш дешевим і доступним у промислових умовах розчинником є вода, також використовуються органічні розчинники, що не вступають у реакцію із газом, який видаляється, і водяні розчини цих речовин. Процес поглинання забруднень розчинником (водою) проводиться одним з наступних способів. Забруднений газовий потік: а) пропускається через насад очну колону, зрошувану розчинником (водою); б) контактує із краплями рідини, що розпилюється форсунками; в) барботується через шар рідини. Чистий розчинник уводиться у верхню частину апаратів абсорбційного очищення, а з нижньої частини апаратів відбирають відпрацьований розчин. Очищений газ із верхньої частини апаратів виводиться в атмосферу. Отриманий розчин піддають звичайній регенерації, тобто очищають від забруднень і знову повертають в апарат. Концентрат забруднюючих речовин використовують у якості ВМР – вторинного матеріального ресурсу або відходу. Таким чином, в атмосферу забруднення не надходять, але можуть забруднювати ґрунт у вигляді твердих відходів або надходити у водойми у складі стічної води, якщо не застосовуються у виробничому процесі маловідхідні або безвідхідні технології.

Абсорбційному очищенню піддають газоподібні відходи, що містять один або кілька компонентів, що добуваються. Залежно від використовуваного абсорбенту (табл. 4.3) і його селективності можна виділити або один компонент, або послідовно декілька компонентів. У результаті абсорбції одержують очищений газ і насичений розчин, що повинен бути легкорегенерованим з метою видобування з нього корисних газів і повернення його на стадію абсорбції.

Абсорбційні методи очищення підрозділяються за наступними ознаками:

- 1) за компонентом, що абсорбується;
- 2) за типом застосовуваного абсорбенту;
- 3) за характером процесу – із циркуляцією або без циркуляції газів;
- 4) за використанням абсорбенту – з регенерацією й поверненням його в цикл (циклічні) або без регенерації (нециклічні);
- 5) за використанням компонентів, що вловлюють – з рекуперацією або без рекуперації;
- 6) за типом продукту, що рекуперується;
- 7) за організацією процесу – періодичні або безперервні;
- 8) за конструктивним типом абсорбційних апаратів.

Вибір методу очищення залежить від багатьох факторів: концентрації компоненту, який видобувається, у газі, що відходить, об'єму й температури газу, вмісту домішок, наявності хемосорбентів, можливості використання продуктів рекуперації, необхідного ступеня очищення. Вибір роблять на підставі результатів техніко-економічних розрахунків.

Таблиця 4.3 – Абсорбенти, які використовуються для очищення газів, що відходять

Компоненти, що поглинаються	Абсорбенти
Оксиди азоту N_2O_3 , N_2O_5	Вода, водні розчини і суспензії: NaOH, Na_2CO_3 , NaHCO ₃ , KOH, K_2CO_3 , KHCO ₃ , Ca(OH) ₂ , CaCO ₃ , Mg(OH) ₂ , MgCO ₃ , Ba(OH) ₂ , BaCO ₃ , NH ₄ HCO ₃
Оксид азоту NO	Розчини FeCl ₂ , FeSO ₄ , $Na_2S_2O_3$, NaHCO ₃ , Na_2SO_3 , NaHSO ₃
Діоксид сірки SO ₂	Вода, водні розчини: Na_2SO_3 (18-25 %-ві), NH ₄ OH (5-15 %-ві), Ca(OH) ₂ , Na_2CO_3 (15-20 %-ві), NaOH (15-25 %-ві), KOH, (NH ₄) ₂ SO ₃ (20-25 %-ві), ZnSO ₃ , K_2CO_3 , суспензії CaO, MgO, CaCO ₃ , ZnO, золи; ксилідин - вода у співвідношенні 1:1, диметиланілін $C_6H_3(CH_3)_2NH_2$
Сірководень H ₂ S	Водний розчин $Na_2CO_3 + Na_3AsO_4$ (Na_2HAsO_3); водний розчин As ₂ O ₃ (8-10 г/л) + NH ₃ (1,2-1,5 г/л) + (NH ₄) ₃ AsO ₃ (3,5-6 г/л); моноетанолаамфн (10-15 %-вий розчин); розчини K_3PO_4 (40-50 %-вий розчин); розчини K_3PO_4 (40-50 %-ві), NH ₄ OH, K_2CO_3 , CaCN ₂ , натрієва сіль антрахінондисульфокислоти
Оксид вуглецю CO	Рідкий азот; мідно-аміачні розчини $[Cu(NH_3)]_{nх} \cdot xCOH$
Діоксид вуглецю CO ₂	Водні розчини Na_2CO_3 , K_2CO_3 , NaOH, KOH, Ca(OH) ₂ , NH ₄ OH, етаноламіни RNH ₂ , R ₂ NH ₄
Хлор Cl ₂	Розчини NaOH, KOH, Ca(OH) ₂ , Na_2CO_3 , K_2CO_3 , MgCO ₃ , CaCO ₃ , $Na_2S_2O_3$; тетрахлоридметан CCl ₄
Хлористий водень HCl	Вода, розчини NaOH, KOH, Ca(OH) ₂ , Na_2CO_3 , K_2CO_3
Сполуки фтору HF, SiF ₄	Na_2CO_3 , NaOH, Ca(OH) ₂

Вимоги, яким повинні задовольняти абсорбційні апарати, випливають із фізичного уявлення явищ масопереносу в системах газ - рідина. Оскільки процес масопереносу протікає на поверхні розподілу фаз, то в конструкціях апаратів необхідно її максимально розвивати.

Для поверхневих абсорберів характерним є конструктивно утворена поверхня, по якій у плівковому режимі стікає абсорбент (рідина). Найпоширенішою конструкцією таких протivotочних абсорберів є добре відомі насадочні апарати. Як насадку застосовують кільця Рашига, кільця Палля, сідла Берля й інші насадки. Насадочні апарати складні, тому що необхідно створювати опорні ґрати, орошувачі, забезпечити ефективне вловлювання крапель абсорбенту.

В абсорберах, що розпилюють, між фазна поверхня утворюється дрібними краплями шляхом дроблення, розпилення рідини. В об'ємі апарата з допомогою форсунок створюються краплі, що контактують із газовим потоком.

У механічних абсорберах рідина розпорошується в результаті підведення ззовні механічної енергії, наприклад, обертання валків або спеціальних розпилювачів. Ці конструкції досить складні.

У поверхневих розпилюючих абсорберах суцільною фазою є газ, а розподіленою – рідина. У барботажних абсорберах у суцільному потоці рідини розподіляється газ, що досягається на так званих тарілках. Режим, у якому працюють такі абсорбери, називають барботажним.

При створенні промислових систем очищення газів абсорбційними методами необхідно розрізняти схеми з одно- і багаторазовим використанням абсорбенту. В останній схемі абсорбція сполучається з десорбційними процесами. Однократне використання абсорбенту характерно для процесів з низькою вартістю поглинача або коли після поглинання утворюється готовий (цільовий) продукт. Оскільки в очищуваному газі знаходиться незначна кількість компонента, що вловлюється, то здійснюється циркуляція абсорбенту, але без його регенерації.

Істотним недоліком сорбційних методів очищення (абсорбційних й адсорбційних) газів, що викидаються, є необхідність багаторазової регенерації поглинаючих розчинів або часткової заміни твердого сорбенту, що значно ускладнює технологічну схему, збільшує капітальні вкладення й витрати на експлуатацію.

Хемосорбційні методи засновані на хімічній взаємодії газоподібних або пароподібних забруднень із твердими або рідкими поглиначами з утворенням мало летючих або малорозчинних хімічних сполук. При хемосорбції як абсорбент використовують водяні розчини солей і лугів, органічні речовини й водні суспензії різних речовин. Використовувані в методі реакції, як правило, оборотні. Тому за певних умов можливий зсув рівноваги у бік зворотної реакції, тобто десорбція речовини, що поглинається, регенерація хемосорбенту. Апарати хемосорбційного очищення схожі на апарати абсорбційного очищення. Загальним недоліком цих апаратів є утворення великої кількості відходів.

Адсорбційні методи засновані на явищі виборчої адсорбції (поглинання й концентрування) забруднень на поверхні твердих тіл. В адсорбційних методах очищення використовуються сорбенти, що мають пористу структуру й, як наслідок, більшу питому поверхню. Наприклад, питома поверхня одиниці маси активованого вугілля досягає 10^6 м²/кг. Такі сорбенти застосовують для очищення газів від парів органічних розчинників, видалення неприємних запахів й ін. Основними промисловими сорбентами є активоване вугілля, активований глинозем, силікагель, синтетичні цеоліти. При виборі адсорбенту основна увага приділяється його селективності й адсорбційній здатності відносно компонента, що видабується.

Апарати для адсорбційного очищення газів представляють собою вертикальні, горизонтальні або кільцеві ємності, заповнені пористим адсорбентом, через шар якого пропускається потік газу, що очищується. За час контакту забруднення затримуються поверхнею адсорбенту, а з апарата виводиться газ, що може містити інертні домішки, які не взаємоді-

ють з адсорбентом або незначно ним поглинаються. Регенерацію адсорбенту проводять продувкою нагрітою водяною парою.

4.6 Термічна нейтралізація забруднених газових викидів

Термічна нейтралізація забруднених газових викидів заснована на окислюванні забруднень киснем повітря при високих температурах до менш токсичних сполук. Метод застосовується для очищення газових викидів, що містять пари органічних сполук, але не містять таких забруднень, як галогени, сірка, фосфор й їх сполуки. Обмеження обумовлене тим, що при горінні зазначених сполук утворюються, як правило, продукти, що перевищують по токсичності вихідні забруднення.

Процес очищення може проводитися: прямим спалюванням забруднень у полум'ї з температурою 600-800 °С у присутності каталізаторів або без них, окислюванням при температурах 250-450 °С. Пряме спалювання (смолоскип) застосовують для горючих газоподібних відходів технологічного процесу. Наприклад, якщо газ, що відходить, містить водень, летучі вуглеводні, метан у великих концентраціях і температура їх достатня для горіння, то така газова суміш буде горіти. У полум'ї проходить окислювання інших домішок.

Термічне окислювання при великих температурах проводять у тих випадках, коли концентрація горючих домішок мала й вони не забезпечують необхідної високої температури газового потоку, або в газовій суміші недостатньо кисню для горіння.

4.7 Каталітичні методи

Каталітичне окислювання проводять для того, щоб одержати менш токсичні продукти горіння за рахунок утворення певних проміжних сполук речовин газової суміші з каталізатором. В газ, що очищується, за необхідності можуть вводитися додаткові речовини, що беруть участь у каталітичній реакції із забрудненнями з утворенням менш токсичних проміжних продуктів. У промисловості в якості каталізаторів частіше застосовуються хімічно інертні метали: платина, паладій. Процес проводиться в каталітичних й термокаталітичних реакторах.

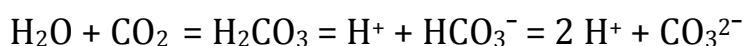
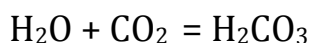
Біохімічні методи очищення газових викидів від забруднень – це власне кажучи також каталітичні методи, але вони відрізняються тим, що каталізатори процесів перетворення забруднюючих речовин у менш токсичні «поставляються» живими мікроорганізмами. Отже, для успішної реалізації цих методів необхідно забезпечити такі умови, при яких можлива життєдіяльність мікроорганізмів. Процес може проводитися в біофільтрах і біоскруберах. Принципова відмінність біофільтрів від аналогічного типу апаратів інших методів газоочищення полягає в тім, що фільтруючим елементом є ґрунт, торф або інший матеріал, на поверхні й

в об'ємі створюються умови для підтримки життєдіяльності співтовариства мікроорганізмів. Основна відмінність біоскруберів полягає в тому, що потік газу контактує не із краплями рідини, а із краплями суспензії активного мулу. Біохімічний метод поки широкого застосування не знаходить через складність забезпечення стабільної життєдіяльності співтовариства мікроорганізмів. Але по своїй сутності це найбільш екологічний метод очищення, що забезпечує при належному підборі видів мікроорганізмів найбільш ефективно очищення стосовно біоти.

Очищення газів від оксидів вуглецю CO і CO₂

Оксиди вуглецю CO і CO₂ у повітрі присутні в газоподібному стані. Тривалість їх перебування в приземному шарі атмосфери визначається властивостями оксидів і параметрами середовища (температура, тиск, вологість і т.п.). Оксид вуглецю CO₂ значно легше, ніж CO, виводиться з атмосфери в процесі її самоочищення. Оксид вуглецю CO надзвичайно токсичний, переноситься на великі відстані від джерел викиду, довго може перебувати в незмінному виді в приземному шарі атмосфери. Очищення промислових газів від CO і CO₂ засновано на їх фізичних і хімічних властивостях.

Оксид вуглецю (IV) – це безбарвний газ із злегка кислуватим запахом і смаком. У воді CO₂ розчинний досить добре (приблизно 1:1 по об'єму). По хімічній природі це кислотний оксид, взаємодіючий з водою при розчиненні в ній, основами (лугами), основними оксидами. При розчиненні CO₂ у воді утворюється слабка вугільна кислота:



При нагріванні CO₂ випаровується й рівноваги зміщаються вліво. При додаванні луку або лужних реагентів рівноваги зміщаються вправо. Карбонати і гідрокарбонати, що при цьому утворюються, мають різну розчинність у воді, нетоксичні.

Оксид вуглецю (II) – безбарвний газ, що не має запаху й смаку, погано розчинний у воді. Газ сильно токсичний, його ГДК у повітрі населених пунктів 1 мг/м³. Основна небезпека CO для тварин і людини обумовлена його здатністю зв'язуватися з гемоглобіном крові легше, ніж кисень. Велика токсичність CO обумовлює необхідність ретельного очищення від нього промислових газів, що викидають в атмосферу. При очищенні забруднених газів від CO використовуються наступні його властивості: можливість окислювання CO до CO₂; здатність CO вступати в реакції комплексоутворення (табл. 4.4).

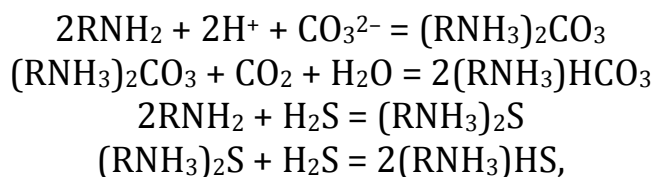
Таблиця 4.4 – Методи очищення газів від оксидів вуглецю

Метод	Основні процеси метода
Абсорбція CO ₂ водою	Абсорбція: CO ₂ + H ₂ O = H ₂ CO ₃ Регенерація сорбенту: H ₂ CO ₃ = H ₂ O + CO ₂
Абсорбція CO ₂ етаноламіном	Абсорбція: (RNH ₃) ₂ CO ₃ + CO ₂ + H ₂ O = 2(RNH ₃)HCO ₃ Регенерація сорбенту: 2(RNH ₃)HCO ₃ = (RNH ₃) ₂ CO ₃ + CO ₂ + H ₂ O
Метанування CO и CO ₂	CO + 3H ₂ = CH ₄ + H ₂ O CO ₂ + 4H ₂ = CH ₄ + 2H ₂ O (каталізатор на основі оксидів NiO, Al ₂ O ₃)
Абсорбція мідноаміачним розчином CO и CO ₂	Абсорбція: [Cu(NH ₃) ₂] ⁺ + CO + NH ₃ = [Cu(NH ₃) ₃ CO] ⁺ Регенерація сорбенту: [Cu(NH ₃) ₃ CO] ⁺ = [Cu(NH ₃) ₂] ⁺ + CO + NH ₃ NH ₃ + H ₂ O = NH ₄ OH 2NH ₄ OH + CO ₂ = (NH ₄) ₂ CO ₃ + H ₂ O (NH ₄) ₂ CO ₃ + CO ₂ + H ₂ O = 2NH ₄ HCO ₃
Конверсія CO з водяною парою	CO + H ₂ O = CO ₂ + H ₂ (каталізатор на основі оксидів заліза)

Абсорбція CO₂ водою – один з найпростіших методів очищення газоподібних викидів від оксиду вуглецю (IV). Максимальна поглинальна здатність води 8 кг CO₂ на 100 кг води. Очищений газ виводиться в атмосферу. Розчин CO₂ у воді перекачується в дегазатор, де CO₂ виділяється з розчину й виводиться з апарата для подальшого використання або хімічної переробки. Вода з дегазатора подається в поглинальну колону для використання в наступному аналогічному циклі. Основні переваги даного методу полягають у наступному: відсутність токсичних відходів, що викидають у природні середовища; економічність; доступність розчинника – води, відносна простота технологічного процесу й застосовуваних апаратів. До істотних недоліків метода відносяться невелика поглинаюча здатність води відносно до CO₂, недостатня чистота виділюваного CO₂.

Абсорбція CO₂ етаноламінами має ряд переваг у порівнянні з абсорбцією CO₂ водою і є найпоширенішим методом очищення промислових газоподібних викидів від цього компонента. Більша в порівнянні з водою ефективність етаноламінів обумовлена, насамперед, наявністю лужних властивостей у моно-, ді- і триетаноламінів (MEA, DEA, TEA). Як наслідок, дані розчинники здатні ефективно поглинати із забруднених газових середовищ не тільки CO₂, але й інші забруднення, які мають кислотні влас-

тивості, наприклад, сірководень. Monoетаноламін добре поглинає також оксид вуглецю (II).



де RNH_2 – моноетаноламін (MEA, R – етил - радикал $-\text{C}_2\text{H}_5$); R_2NH – діетаноламін (DEA); R_3N – триетаноламін (TEA).

У промисловості частіше застосовують моноетаноламін як абсорбент, ефективний стосовно декількох компонентів, недорогий, що легко піддається регенерації. Технологічна схема процесу звичайна для абсорбційних процесів.

Метанування CO і CO₂ застосовується для очищення газів, що містять невеликі залишкові кількості CO. Очищення газів засноване на екзотермічній реакції гідрування CO у присутності каталізаторів. Одночасно з газу, що очищається, виділяється CO₂ і кисень. Метан, що при цьому утворюється, може далі спалюватися, якщо не використовується в технологічному процесі.

Абсорбція CO і CO₂ мідноаміачним розчином використовується для глибокого очищення газів від CO. Процес заснований на здатності комплексної мідно-аміачної сполуки поглинати CO під високим тиском з утворенням відповідної комплексної сполуки $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_3\text{CO}]^+$. При нагріванні останнього CO легко видаляється, що пояснює можливість легкої регенерації поглинального розчину. Оксид вуглецю CO, що вловлюється, слідує далі на інші щаблі очищення (наприклад, на окислювання до CO₂). Процес абсорбції проводять при високому тиску й температурі, близької до 0 °C. Десорбцію CO проводять при атмосферному тиску й температурі 80 °C. Технологічна схема звичайна для абсорбційних процесів.

Конверсія CO із водяною парою. Окислювання CO до CO₂ у промислових умовах проводиться з використанням різних реагентів, але найбільш розповсюдженими реагентами є водяна пара й метан. Конверсія CO із водяною парою проводиться в присутності залізних оксидних каталізаторів ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3$), реакція $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ екзотермічна.

Слід зазначити, що складний хімічний склад викидів і високі концентрації токсичних компонентів заздалегідь визначають багатоступінчасті схеми очищення, що представляють собою комбінацію різних методів.

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте основні групи забруднень атмосфери.
2. Дайте характеристику аеродисперсних систем.
3. Основні властивості пилу.
4. Параметри димових газів.
5. Основні апарати, застосовувані для очищення газів від пилу.
6. Охарактеризуйте методи очищення промислових газових викидів від газоподібних і пароподібних забруднень.
7. Класифікуйте методи очищення промислових газових викидів від газоподібних забруднень і парів.
8. Охарактеризуйте основні адсорбенти, застосовувані для очищення відпрацьованих газів.
9. Методи очищення газів від оксидів вуглецю.

ЛЕКЦІЯ 5. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВОДОЙМ. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАХИСТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВОДИ В ВОДОЙМ. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

План:

1. Техногенне забруднення гідросфери. Особливості процесів формування якості води в водоймах.
2. Основи технологічних процесів захисту та відновлення водойм.
3. Фізико-хімічні методи та технології очищення стічних вод.
4. Технології зниження надходження домішок.
5. Особливості формування якості води в прибережних зонах морів

5.1 Техногенне забруднення гідросфери. Особливості процесів формування якості води в водоймах.

Вода – найважливіший природний ресурс, використовуваний у промисловому виробництві. Можна виділити чотири найбільш значимі напрямки використання води в технологічних процесах:

– *вода 1 категорії* використовується для охолодження рідких і конденсації газоподібних продуктів у теплообмінних апаратах без зіткнення із продуктом; вода нагрівається й практично не забруднюється; можуть мати місце лише аварійні витіки рідких і газоподібних продуктів у воду при несправних теплообмінних апаратах;

– *вода 2 категорії* служить як середовище, що поглинає різні нерозчинні (механічні) і розчинні домішки; вода не нагрівається, але забруднюється відповідними домішками;

– *вода 3 категорії* використовується так само, як вода 2-ої категорії, але з нагріванням (наприклад, очищення газів у скруберах, гасіння коксу й т.д.);

– вода 4 категорії використовується в якості екстрагента й розчинника реагентів, хімічного реагенту.

При прямоточному водопостачанні промислових підприємств вода, яка забирається із природного джерела, після участі в технологічному процесі повертається у водойму у вигляді стічної (відпрацьованої) води за винятком тієї кількості, що безповоротно витрачається у виробництві.

Стічні води, що утворюються на підприємстві, перед скиданням у водойму повинні проходити через очисні спорудження, однак не всі підприємства їх мають і стічні води можуть без очищення скидатися у водойму. При такому способі водопостачання виробництва із природних джерел забираються великі кількості чистої води, що повертається в природні середовища в трохи меншому об'ємі, але містить токсичні для гідробіонтів забруднюючі речовини.

Стічні води – відпрацьовані води, подальше використання яких або неможливо по технічних умовах, або недоцільно за техніко-економічними показниками.

При оборотному водопостачанні промислових підприємств частина стічних вод повторно використовується у виробництві після їх очищення (і охолодження при необхідності). У ряді галузей промисловості (чорна металургія, нафтопереробна промисловість) 90-95 % стічних вод використовуються в системах оборотного водопостачання.

При таких системах оборотного водопостачання для компенсації безповоротних втрат води у виробництві, на охолоджувальних установках, на очисних спорудженнях, а також втрат води, що скидають у каналізацію, забезпечується підживлення системи з водойм й інших джерел водопостачання. Підживлення систем оборотного водопостачання може здійснюватися постійно або періодично. Загальна кількість додаткової води становить 5-10 % загальної кількості води, що циркулює в системі. Виробничі стічні води протягом зміни можуть надходити рівномірно й нерівномірно. Можливі залпові надходження висококонцентрованих і високотоксичних стічних вод, при цьому періодичність скидання може бути 1 раз у зміну, у добу, у тиждень. Режим спуска виробничих стічних вод визначається регламентом технологічного процесу (цехів і підприємства в цілому). Протягом доби можуть також змінюватися окремі показники властивостей стічних вод.

Стічні води, що відводять із території промислових підприємств, розділяються на три види: виробничі, побутові, атмосферні.

Виробничі стічні води – це води, використані в технологічному процесі. Вони включають дві основні категорії: забруднені й незабруднені (умовно чисті).

Забруднені стічні води можуть містити домішки: а) мінеральні, б) органічні, в) бактеріальні, г) біологічні. До мінеральних забруднювачів відносяться пісок, глинисті частки, частки руди, шлаків, розчинені у воді неорганічні речовини, мінеральні масла й ін. Органічні забруднення мо-

жуть бути рослинного й тваринного походження. До рослинного відносяться залишки рослин, плодів, паперу, рослинних масел й ін. До забруднювачів тваринного походження відносяться фізіологічні виділення людей і тварин, залишки тканин тварин, клейові речовини й ін. Бактеріальні й біологічні забруднення по хімічному складу є органічними забрудненнями, але виділені в окрему групу через особливу взаємодію з іншими видами забруднень. Вони являють собою різновиди мікроорганізми: гриби, водорості, бактерії.

Побутові стічні води - це води від санітарних вузлів виробничих і невиробничих корпусів і будинків, душових установок і т.п.

До *атмосферних стічних вод* відносяться дощові й поталі води.

Склад стічних вод залежить від характеру використання чистої води в промисловості, умов збору всіх видів вод на території підприємства або великої промислової зони. Класифікація стічних вод заснована на характеристиці їх як дисперсних систем, що містять частки домішок певних розмірів: грубодисперсна, колоїдний розчин, молекулярний розчин, розчин електроліту.

Група 1. Стічні води являють собою один з видів грубодисперсних систем з розмірами часток 10^{-1} - 10^{-3} см (суспензії, емульсії, патогенні мікроорганізми й планктони). Наявність такого виду забруднень обумовлює мутність води.

Група 2. Стічні води являють собою колоїдні розчини забруднень у воді, а також розчини високомолекулярних сполук. Розміри часток забруднень порядку 10^{-5} - 10^{-6} см. Наявність такого виду забруднень обумовлює окислення і кольоровість стічної води.

Група 3. Стічні води являють собою молекулярні водні розчини газів і деяких органічних речовин, розміри часток забруднень 10^{-7} см. Наявність такого виду забруднень обумовлює запах й присмак води.

Група 4. Забруднення в стічній воді утворюють іонні розчини з розмірами часток порядку 10^{-8} см. Наявність такого виду забруднень обумовлює мінералізацію води.

Загальні умови спуска виробничих стічних вод у водойми регламентуються нормативними документами. Після випуску стічних вод допускається деяке погіршення якості води у водоймах. Поняття якості води містить у собі сукупність показників складу й властивостей води, які визначають придатність її для конкретних видів водокористування. По характеру водокористування й нормування якості води водойми розділяються на дві категорії:

- водойми питного й культурно-побутового призначення;
- водойми рибогосподарського призначення.

У водних об'єктах першого типу склад і властивості води повинні відповідати нормам у створах, розташованих на відстанях 1 км вище за течією водотоків й у радіусі 1 км від найближчого пункту водокористування. У водоймах другого типу показники якості води повинні відпові-

дати нормам у місці випуску стічних вод при наявності плинну, при його відсутності - не далі 500 м від місця випуску.

Оцінка якості води проводиться за наступними показниками: вміст зважених речовин, запах, присмак, фарбування, температура води, значення рН, наявність кисню й органічної речовини, наявність токсичних домішок. Токсичні речовини нормуються по показнику, що лімітує шкідливості (ПЛШ), під яким розуміють найбільший негативний вплив, надаваний певною речовиною. При оцінці якості води у водоймах першого типу використовують три види ПЛШ: санітарно-токсикологічний, загальсанітарний, органолептичний. У водоймах другого типу використовують додатково ще два види ПЛШ: токсикологічний і рибогосподарський.

Вода вважається чистою, якщо її склад і властивості по жодному з показників не виходять за межі встановлених нормативів, а зміст шкідливих речовин не перевищує гранично припустимих концентрацій.

Температура при спуску стічних вод улітку не повинна підвищуватися більш ніж на 3° у порівнянні із середньою температурою води самого жаркого місяця року за останні 10 років.

Вимоги до складу та властивостей води природної водойми після змішування зі стічними водами наведені у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вимоги до складу та властивостей води природної водойми (після змішування зі стічними водами)

Склад та властивості води	Категорія водоспоживання	
	Водойми питного та культурно – побутового призначення	Водойми рибогосподарського призначення
Зважені речовини	Перевищення у порівнянні з природними не більш 0,25 мг/л	Перевищення у порівнянні з природними не більш 0,75 мг/л
Речовини, що плавають	На поверхні води не повинно бути плівок та плям масел, нафтопродуктів, жирів та інших речовин, що плавають	На поверхні води не повинно бути плівок та плям масел, нафтопродуктів, жирів та інших речовин, що плавають
Запахи, присмаки	Не повинно бути запахів і присмаку інтенсивністю більше 3 балів	Вода не повинна мати сторонніх запахів і присмаку та надавати їх смаку риб
Окраска	Не повинна виявлятися у стовпчику висотою 20 см	Не повинна виявлятися у стовпчику висотою 10 см
рН	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Розчинений кисень	Не менш 4 мг/л	Не менш 6 мг/л
Біологічно припустима концентрація	Не більш 3,0 мг/л	Не більш 6,0 мг/л
Збудники хвороб	Не повинні міститись	Не повинні міститись
Мінеральний склад	Не більш 1000 мг/л	-

Існують і знаходять практичне застосування різні наближені методи оцінки якості води, засновані на гідробіологічних, бактеріологічних, гідрохімічних й інших характеристиках складу й властивостей води.

5.2 Основи технологічних процесів захисту та відновлення водойм

Промислові стічні води часто містять забруднення, які утворюють гетерогенні системи з різним ступенем дисперсності забруднюючих речовин - суспензії, частки дисперсної фази яких утворені нерозчинні у воді твердими речовинами. Для видалення таких часток з води використовують процеси проціджування, відстоювання, фільтрування, які складають сутність методів механічного очищення промислових стічних вод. Механічне очищення як самостійний метод застосовують у тих випадках, коли одержувану очищену воду можна використати у виробництві або спускати в природні водойми. У всіх інших випадках механічне очищення служить попередньою стадією перед іншими видами очищення стічних вод (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Процеси й пристрої механічного очищення стічних вод

Процеси	Вирішувана задача	Пристрої (обладнання)
Проціджування	Видалення крупних домішок Видалення зважених часток	- решітки (нерухомі й рухомі; суміщені з дробарками), - сита (барабанні, дискові)
Відстоювання	Осадження грубодисперсних домішок Виділення домішок, що плавають	- пісколовки, - відстійники (періодичної й безперервної дії), - освітлювачі, - нафтоловушки, - жироловушки
Фільтрування	Виділення тонкодиспергованих твердих або рідких речовин	- фільтри із зернистим шаром, - мікрофільтри, - магнітні фільтри
Видалення зважених часток під дією відцентрових сил	Виділення тонкодиспергованих твердих або рідких речовин	- гідроциклони (тискові й відкриті) - центрифуги

Проціджування представляє собою процес пропускання забрудненої стічної води через ґрати й сита з метою вловлювання великих домішок. Нерухомі ґрати виконуються у вигляді металевої рами, усередині якої встановлюються ряд паралельних стрижнів. Ґрати ставлять на шляху руху стічних вод під кутом 60 - 75°. Вода зі швидкістю 0,8 - 1,0 м/с проходить між стрижнями ґрат, великі забруднення затримуються на решітці й потім знімаються спеціальними механічними пристроями. Отримані тверді відходи підлягають подальшій переробці. Один зі способів їх ути-

лізації – зневоднювання на механічному пресі з наступним спалюванням з домішкою дешевого палива.

Для видалення зважених часток з розмірами порядку 0,5 - 1 мм використовують сита (барабанні й дискові). Частки затримуються на поверхні сита, потім змиваються з них водою й надходять до спеціального жолобу.

Відстоювання застосовують для осадження зі стічних вод грубодисперсних домішок і виділення спливаючих домішок. Пісколовки, відстійники, освітлювачі – апарати для осадження грубодисперсних домішок.

Пісколовки призначені для виділення зі стічних вод важких мінеральних домішок, головним чином піску, із крупністю часток 0,2 - 0,25 мм. Їх установлюють перед відстійниками. Робота пісколовок заснована на використанні гравітаційних сил. Розраховуються пісколовки таким чином, щоб в них випадали важкі мінеральні частки, але не випадав легкий осадок органічного походження. По характері руху води пісколовки розділяються на горизонтальні - із круговим або прямолінійним рухом води, вертикальні - з рухом води знизу нагору й пісколовки із гвинтовим рухом води. Конструкцію пісколовок вибирають залежно від кількості стічних вод, концентрації забруднень. Найбільш часто використовують горизонтальні пісколовки. Вони представляють собою лоток, що складається з однієї або декількох секцій шириною від 0,8 до 8 м, глибиною до 1,2 м. Для створення рівномірних швидкостей у пісколовці вхід у неї виконують у вигляді плавного розширення, а вихід - у вигляді плавного звуження. Глибина шару осаду в пісколовці залежить від кількості піску, що випадає, і від часу між очищеннями (не більше двох днів щоб уникнути загнивання осаду).

Відстійники представляють собою спорудження, у яких з великого об'єму стічної води осаджуються або спливають грубодисперсні домішки. У залежності від призначення відстійників у технологічній схемі очисної станції вони діляться на первинні й вторинні. Первинними називають відстійники перед спорудженнями для біохімічного очищення стічних вод, вторинними - відстійники, використовувані для посвітління стічних вод, що пройшли біохімічне очищення. По режиму роботи розрізняють відстійники періодичної дії й відстійники безперервної дії. По напрямку руху основного потоку води розрізняють відстійники горизонтальні, вертикальні, радіальні. У промисловості застосовують різні конструкції відстійників.

Горизонтальні відстійники представляють собою прямокутні резервуари, що мають два або більш одночасно працюючих відділення.

Вода рухається від однієї сторони відстійника до іншої сторони. Глибина відстійника 1,5 – 4 м, довжина в 8-12 разів більше глибини, ширина коридору 3-6 м. Поперечний лоток призначений для забезпечення рівномірного розподілу стічної води у відстійнику. Ефективність відсто-

ювання досягає 60 %. Отриманий у відстійнику осад необхідно видаляти й знешкоджувати. При залежуванні осаду у відстійниках протягом тривалого періоду він загниває з виділенням газів і спливає.

Вертикальний відстійник являє собою циліндричний (або квадратний у плані) резервуар з конічним днищем. Стічна вода підводиться по трубі вниз відстійника й рухається потім знизу нагору. Осадження проходить у висхідному потоці рідини, швидкість якого становить 0,5-0,6 м/с. Висота зони осадження 4-5 м.

Освітлювачі застосовуються для очищення природних вод і для попереднього посвітління стічних вод деяких виробництв. Використають освітлювачі зі зваженим шаром осаду, через який пропускається вода, попередньо оброблена коагулянтном. Воду з коагулянтном подають у нижню частину освітлювача. Агрегати коагулянту у вигляді пухких пластівців захоплюють частки суспензії й піднімаються висхідним струмом води на деяку висоту, утворюється шар зваженого осаду, через який фільтрується вода. Осад видаляється в осадкоуцілювач, а прояснена вода надходить на подальше очищення. Конструкції освітлювачів досить різноманітні.

Нафтоловушки й жироловушки. Для виділення зі стічних вод домішок, що плавають – нафти, масел, жирів у промисловості використовують нафтоловушки й жироловушки. По суті ці пристосування є також відстійниками, але домішки тут концентруються на поверхні водного дзеркала, збираються й видаляються з верхньої частини такого відстійника.

Нафтоловушки застосовують для очищення стічних вод, що містять грубодисперговані нафту й нафтопродукти при концентрації більше 100 мг/л. Нафтоловушки представляють собою прямокутні витягнуті в довжину резервуари, у яких відбувається поділ нафти й води за рахунок різниці в їх щільностях. Для вловлювання жирів застосовують жироловушки, що мають конструкцію, по основних елементах подібну конструкції нафтоловушек.

Фільтрування застосовують для виділення зі стічних вод тонкодиспергованих твердих або рідких речовин. Основний конструкційний елемент очисних установок – фільтр, що представляє собою пористу перегородку, проникну для води, але затримуючу частки дисперсної фази. У якості фільтрів використовують металеві перфоровані аркуші й сітки з корозійностійкої сталі або інших металів і сплавів, тканини, керамічі. Роль пористої перегородки (фільтра) може виконувати шар зернистого матеріалу - піску, гравію, коксу й ін. Матеріал фільтра повинен бути стійкий до впливу очищуваної води, термічно стійок, механічно міцний.

Фільтр із зернистим шаром представляє собою резервуар із дренажним пристроєм, на якому розташований зернистий шар, через який пропускається стічна вода, що очищається. Забруднення затримуються фільтруючим шаром. По конструкції фільтри із зернистим шаром можуть бути повільні й швидкісні (одношарові й багатшарові), відкриті й закриті. Швидкісні багатшарові фільтри характеризуються більшою про-

дуктивністю й ступенем очищення стічних вод. Промивання фільтра проводиться чистою водою при подачі її знизу нагору.

Мікрофільтри представляють собою шар сіток з отворами діаметра 40 - 70 мкм. Застосовують для очищення стічних вод від волокнистих матеріалів. У магнітних фільтрах роль фільтруючої перегородки виконується магнітом, що дозволяє видаляти зі стічних вод феромагнітні частки розміром 0,5 - 5 мкм.

5.3 Фізико-хімічні методи та технології очищення стічних вод

До фізико-хімічних методів очищення стічних вод відносяться: коагуляція, флокуляція, сорбція, флотація, екстракція, іонний обмін. Менше використовуються такі методи, як діаліз, евапорація, випарювання, кристалізація, магнітна обробка, електрокоагуляція, електрофлотація. Фізико-хімічні методи знаходять найбільше поширення при очищенні виробничих стічних вод. Вони застосовуються як самостійно, так й у поєднанні з іншими методами.

Коагуляційне очищення – це метод очищення стічних вод від колоїдних часток, заснований на властивості колоїдної системи в певних умовах губити агрегативну стійкість. Одним з видів коагуляції є флокуляція, при якій дрібні частки, що перебувають у зваженому стані, під впливом речовин, що додають спеціально (флокулянтів) утворюють інтенсивно осідаючі пухкі пластівчасті скупчення (агрегати). Метод флокуляції застосовується до очищення виробничих стічних вод, що містять колоїдні частки розміром 0,001-0,1 мкм. Стічну воду, що містить такі частки, можна розглядати як стійку колоїдну систему, яка складається з дисперсійного середовища (рідина) і часток дисперсної фази, що несуть певний електричний заряд. Агрегативна стійкість обумовлена, головним чином, взаємним відштовхуванням часток, що несуть електричні заряди одного знака. Додавання в стічну воду електроліту приводить до коагуляції (злипання) часток дисперсної фази з утворенням агрегатів, що осідають у полі сили ваги. Ефективність коагуляційного очищення залежить від багатьох факторів: складу стічних вод, виду колоїдних часток, їх концентрації й ступеня дисперсності. Основним процесом коагуляційного очищення виробничих стічних вод є взаємодія колоїдних і дрібнодисперсних часток забруднень із агрегатами, що утворюються при введенні в стічну воду коагулянтів.

У промисловості знаходять застосування різні коагулянти:

– солі алюмінію: сульфат алюмінію $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, алюмінат натрію $NaAlO_2$, оксихлорид алюмінію $Al_2(OH)_5Cl$, алюмокалієві галуни $[AlK(SO_4)_2 \cdot 18H_2O]$, алюмоамонійні галуни $[Al(NH_4)(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$;

– солі заліза: залізний купорос $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, хлорид заліза (III) $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, сульфат заліза (III) $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 6H_2O$;

- солі магнію: хлорид магнію $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, сульфат магнію $MgSO_4 \cdot 7H_2O$,
- вапно,
- шламові відходи і відпрацьовані розчини окремих виробництв.

Для очищення інтенсивно пофарбованих стічних вод витрати коагулянту досягають 1-4 кг/м³, об'єм осаду, що утворюється при коагуляції, досягає 10-20 % об'єму оброблюваної стічної води. Коагуляційний метод очищення застосовується в основному при невеликих витратах стічних вод і при наявності дешевих коагулянтів.

Флокулянти – речовини, використовувані при коагуляційному методі очищення для підвищення щільності й міцності пластівців, що утворюються, зниження витрати коагулянтів. Як флокулянти в промисловості застосовуються оксиетилцелюлоза, полівініловий спирт, кремнієва кислота, поліакріламід, білки й ін. Процес проводять в освітлювачах.

Сорбційне очищення – це метод очищення, заснований на поглинанні забруднюючих речовин зі стічних вод твердим тілом або рідиною. Поглинаюче тіло називають **сорбентом**, а речовина, що поглинається – **сорбатом**.

Абсорбція – поглинання речовини всім об'ємом рідкого сорбенту.

Адсорбція – поглинання речовини поверхневим шаром твердого або рідкого сорбенту.

Сорбція, що супроводжується хімічною взаємодією сорбенту з речовиною, що поглинається, називається хемосорбцією. Сорбційне очищення може застосовуватися самостійно або разом з іншими методами очищення для витягу зі стічних вод коштовних розчинених речовин, а також з метою подальшого використання очищеної води в системах оборотного водопостачання. Метод застосовується для очищення стічних вод від ароматичних сполук, барвників, вуглеводнів, слабких електролітів. При вмісті в стічних водах тільки неорганічних сполук, а також нижчих одноатомних спиртів цей метод не застосовується. Як сорбенти застосовують різні штучні й природні пористі матеріали: золу, коксовий дріб'язок, торф, силікагелі, алюмогелі, активні глини, вугілля й ін. Активність сорбенту характеризується масою речовини, що поглинається, на одиницю об'єму або маси сорбенту (кг/м³, кг/кг).

Процес сорбції може проводитися в статичних й динамічних умовах. Відповідно до цього розрізняють статичну й динамічну активність сорбенту. Статична активність сорбенту характеризується максимальною кількістю речовини, поглиненою одиницею об'єму або маси сорбенту до моменту досягнення рівноваги при постійних температурі рідини й початковій концентрації речовини. Динамічна активність сорбенту характеризується максимальною кількістю речовини, поглиненої одиницею

об'єму або маси сорбенту до моменту появи речовини, що сорбується, у фільтраті або при пропуску стічної води через шар сорбенту.

Сорбція – процес оборотний. Сорбат (забруднення) може переходити із сорбенту назад у розчин (стічну воду, що очищається). Швидкості протікання прямого (сорбція) і зворотного (десорбція) процесів пропорційні концентрації речовини в розчині й на поверхні сорбенту. Коли швидкості цих процесів стануть рівними, у системі встановлюється рівновага, яка характеризується константою рівноваги – адсорбційною константою розподілу сорбату між сорбентом і розчином, її величина при інших рівних умовах залежить від температури. Одним з основних критеріїв оцінки адсорбційних властивостей сорбенту є ізотерма адсорбції, що аналітично описується рівнянням Фрейндліха або Ленгмюра. Звичайно ізотерму адсорбції для речовини, що перебуває в стічній воді, визначають експериментально.

Якщо в стічній воді присутні кілька забруднюючих речовин, то варто визначати, чи можлива їх спільна адсорбція. Швидкість процесу адсорбційного очищення залежить від концентрації, хімічної природи розчинених речовин, температури води, властивостей адсорбенту.

Залежно від області застосування методу сорбційного очищення, розташування адсорберів у загальному комплексі очисних споруджень, складу стічних вод, виду сорбенту вибирають певну схему сорбційного очищення й тип адсорбера.

Насипний фільтр – найбільш простий вид адсорбера, застосовуваний перед спорудженнями біологічного очищення. Він представляє собою колону з нерухливим шаром сорбенту, через який фільтрується стічна вода. Найбільш раціональний напрямок фільтрування рідини – знизу нагору. У цьому випадку відбувається рівномірне заповнення колони по всьому перетині, відносно легко витісняються пухирці повітря або газів, що попадають у шар сорбенту разом зі стічною водою. У колоні на беспровальну решітку з отворами 5-10 мм і кроком 10-20 мм укладається підтримуючий шар дрібних щебенів і великого гравію висотою 40-50 см, далі – шар зерен сорбенту. Зверху шар сорбенту закривають шаром гравію й щебенів, ґратами. Процес десорбції проводять за допомогою розчинників або пари.

Сорбційна установка представляє собою декілька паралельно працюючих секцій, що складаються з 3-5 послідовно розташованих фільтрів (рис.5.1)

При досягненні граничного насичення головний фільтр відключається на регенерацію, вода подається на наступний фільтр. Після регенерації головний фільтр включається в схему очищення вже як останній щабель.

Змішувачі застосовуються при проведенні процесу сорбційного очищення в статичних умовах з послідовним введенням сорбенту.

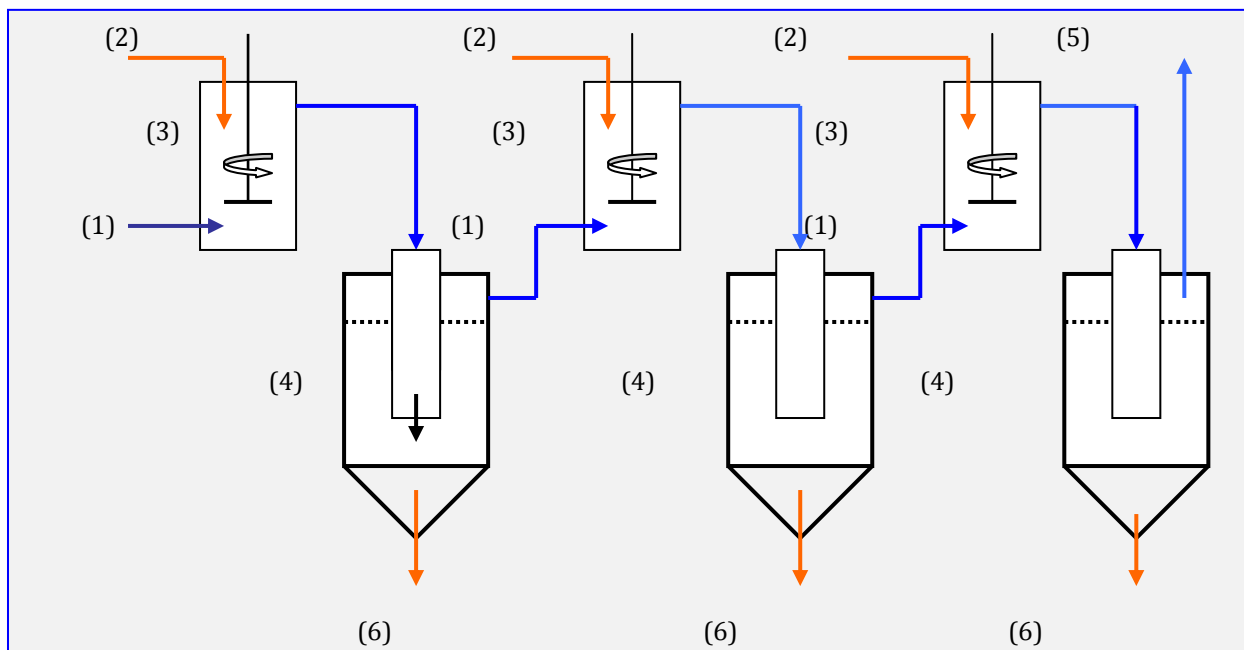


Рис. 5.1 – Схема установки сорбційного очищення в статичних умовах з послідовним введенням сорбенту:

1 – подача стічної води, 2 – подача сорбенту, 3 – резервуар із пристроєм-мішалкою, 4 – відстійник для відділення відпрацьованого сорбенту, 5 – випуск води, 6 – випуск відпрацьованого сорбенту

Процес ведуть при інтенсивному перемішуванні оброблюваної стічної води із сорбентом протягом певного часу й наступного відділення сорбенту від води відстоюванням, фільтруванням і т.п. При послідовному введенні нових порцій сорбенту в очищувану воду можна максимально витягти з неї забруднюючі речовини. Глибина витягу забруднення буде визначатися адсорбційною константою розподілу сорбату між сорбентом і розчином.

При відносно високому вмісті в стічній воді мілкодиспергованих зважених часток, замулюючих сорбенти, а також у випадках, коли рівновага встановлюється повільно, застосовують процес сорбційного очищення з псевдорідинним шаром. Псевдорідинність шару наступає при підвищенні швидкості потоку очищуваної стічної води, що подається знизу нагору апарата, до такої величини, при якій зерна шару, що розширився, починають інтенсивно й безладно переміщатися в об'ємі шару, що зберігає постійну для даної швидкості потоку води висоту. Процес проводять у циліндричних одноярусних адсорберах.

Циліндричний одноярусний адсорбер для очищення в псевдорідинному шарі представляє собою колону висотою близько 4 м. Верхня частина її має розширення, діаметр якого в 1,5-2 рази більше діаметра колони, днище колони має конічну форму. Безпосередньо над конічним днищем установлюються розподільні ґрати з отворами 5-10 мм, на які

завантажується активоване вугілля. Висота нерухомого шару вугілля складає 2,5-2,7 м. У нижню частину апарата надходить стічна вода зі швидкістю, що забезпечує розширення шару у 1,5-1,6 рази. Вугілля рівномірно подається в апарат з бункера з автоматичним дозатором. Сорбент у вигляді 5-20 % -ної суспензії подається в нижню частину колони під ґрати, де змішується з очищуванню водою. Суміш проходить через отвори ґрат. Над ґратами утворюється псевдорідинний шар, у якому йде процес сорбції забруднень. Надлишок вугілля надходить у збірник, потім на регенерацію. Очищена вода виділяється з верхньої частини колони.

Сорбційне очищення може бути:

- регенеративним, коли видалені речовини утилізуються,
- деструктивним, коли видалені речовини знищуються.

Залежно від призначення сорбційного очищення застосовуються різні методи регенерації сорбенту. Для видалення адсорбованих речовин використовують екстракцію їх органічним розчинником, відгін адсорбованої речовини з водяною парою, випар адсорбованої речовини потоком газоподібного інертного теплоносія. Легколетучі органічні речовини десорбують повітрям, інертними газами, перегрітою парою. При цьому температура повітря повинна бути 120-140 °С, перегрітої пари – 200-300 °С, а інертних газів – 300-500 °С. Як розчинники при десорбції можуть використовуватися легколетучі органічні речовини (діхлоретан, бутилацетат й ін.). Розчинник відганяється із сорбенту перегрітою водяною парою. При деструктивному очищенні застосовують термічні або окисні методи (у безкисневому середовищі). При цьому частина сорбенту неминуче губиться.

Флотація – метод очищення промислових стічних вод від гідрофобних мілкодисперсних забруднень, заснований на явищі змочування рідиною твердих або рідких поверхонь, що не змішуються з нею. Метод застосовують для видалення зі стічних вод нерозчинних у воді диспергованих забруднень, які самі погано відстоюються в умовах механічного очищення. Процес флотаційного очищення полягає у видаленні гідрофобних часток забруднень за рахунок прилипання їх до спливаючих пухирців повітря з утворенням пінного шару на поверхні стічної води, що очищається.

Розрізняють наступні способи флотаційної обробки стічних вод:

1. флотація з виділенням пухирців повітря з розчину,
2. флотація з механічним диспергуванням повітря,
3. флотація з подачею повітря через пористі матеріали,
4. електрофлотація,
5. біологічна й хімічна флотація.

Прилипання частки до поверхні газового пухирця можливо тільки тоді, коли частка гідрофобна, тобто не змочується (або погано змочується) рідиною. Змочування – це поверхнєве явище, що полягає у взаємодії рідини із твердим (або іншим рідким) тілом при наявності одночасного

контакту трьох фаз, що не змішуються, одна з яких звичайно є газом (повітрям). Якщо краплю рідини нанести на тверду поверхню або рідку поверхню, що не змішується з нею, то нанесена крапля: а) може залишитися на поверхні у вигляді краплі певної форми, близької до кулястої (незмочування або погане змочування), б) частково розтікається по поверхні, здобуваючи форму кульового сегмента певної висоти (змочування).

Кут між дотичними до міжфазних поверхонь із вершиною в точці розділу трьох фаз, відлічений усередині рідини, називають крайовим кутом або кутом змочування. Величина крайового кута є кількісною характеристикою процесу змочування. Рідина не змочує тверду поверхню, якщо крайовий кут більше 90° , така поверхня називається гідрофобною. Відповідно дисперсна частка, поверхня якої не змочується водою, також називається гідрофобною.

Ефективність процесу флотації визначається в основному адгезією між гідрофобною часткою й пухирцем повітря, а також швидкістю встановлення контакту між ними, тобто швидкістю розриву поділяючої їх водної плівки. При виборі умов флотації необхідно враховувати також, що флотуюча (піднімальна сила), що притискає частку до пухирця повітря (сила адгезії), повинна бути більше сили ваги.

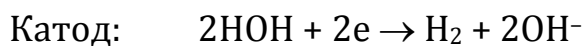
Флотація з виділенням повітря з розчину застосовується при очищенні виробничих стічних вод, що містять дуже дрібні частки забруднень. Метод заснований на залежності розчинності газів повітря у воді від тиску. Якщо при атмосферному тиску одержати насичений розчин газів повітря в стічній воді, що очищається, а потім знизити тиск до 225-300 мм рт. ст., то в результаті зменшення розчинності газів у воді при зниженні тиску в об'ємі очищуваної води будуть утворюватися дрібні пухирці повітря, якій флотує забруднення. Такий спосіб застосовується при вакуумній флотації. При напірній флотації схема одержання пухирців повітря в очищуваній воді протилежна: воду насичують повітрям при підвищеному тиску, потім зовнішній тиск знижують, розчинність газів у воді зменшується й вони виділяються в об'ємі очищуваної води у вигляді дрібних пухирців.

Флотація з механічним диспергуванням повітря. При перемішуванні струменя повітря у воді створюється інтенсивний вихровий рух, повітряний струмінь розпадається на окремі пухирці. Механічне перемішування здійснюється імперерами – турбінами насосного типу. Імпелер представляє собою диск із радіальними зверненими нагору лопатками. При обертанні імперера в рідині виникає велике число дрібних вихрових потоків, які розбиваються на пухирці певної величини. Ефективність очищення залежить від швидкості обертання імперера.

Флотація з подачею повітря через пористі матеріали проводиться пропусканням повітря через пористі керамічні пластини або ковпачки, труби, насадки, покладені на дні флотаційної камери. Недоліком методу

є можливість заростання й засмучення пор, а також труднощі вибору матеріалів, що забезпечують вихід дрібних, близьких по розмірі пухирців.

Електрофлотація відрізняється від інших способів флотаційного очищення стічних вод тим, що пухирці газу утворюються при електролізі води. На катоді відбувається відновлення води з утворенням молекулярного водню, на аноді виділяється кисень (при використанні інертних електродів):



При використанні неінертних електродів (залізних або алюмінієвих) на аноді відбувається анодне окислювання металу, що у вигляді пластівців гідроксиду переходить в очищувану воду. На пластівцях коагулянту закріплюються пухирці повітря, відбувається інтенсивна коагуляція забруднень. Процес у цілому називають електрокоагуляційно - флотаційним (або електрофлотокоагуляцією).

Біологічна флотація застосовується для ущільнення опадів стічних вод. При біологічній флотації осад з первинних відстійників підігрівається парою у спеціальній ємності до 35-55 °С й при цих умовах витримується кілька діб. У результаті діяльності мікроорганізмів виділяються пухирці газів, які флотують частки осаду в пінний шар, де вони ущільнюються й збезводнюються.

Хімічна флотація відрізняється тим, що для одержання пухирців газу в очищувану воду додаються спеціальні реагенти. При реакції реагентів з водою або забрудненнями води виділяються газоподібні речовини: O_2 , CO_2 , Cl_2 й інші.

Екстракційне очищення стічних вод засноване на розподілі забрудненої речовини між двома рідинами, що не змішуються, у відповідності з розчинністю в них (рідкофазна екстракція).

Метод екстракційного очищення доцільно застосовувати при значній концентрації розчинених у воді органічних речовин (3-4 г/л) або при високій вартості речовини, що видаляється. Процес очищення проводиться в кілька стадій:

1) підготовка води перед екстракцією (відстоювання, фільтрування, нейтралізація, охолодження);

2) інтенсивне змішування стічної води з екстрагентом (органічним розчинником) в екстракційних колонах; у результаті утворюється екстракт – розчин речовини, що видаляється, в екстрагенті й рафінат – стічна вода з деякою невеликою кількістю екстрагента;

3) регенерація екстрагента з екстракту;

4) регенерація екстрагента з рафинату.

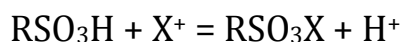
Для успішного проведення процесу екстракції екстрагент повинен відповідати наступним вимогам:

- мати велике значення коефіцієнта розподілу стосовно екстрагованої речовини й малу розчинність у воді;
- мати велику селективність стосовно однієї речовини або групи речовин, що видаляються;
- не утворювати з водою стійких емульсій;
- значно відрізнитися по щільності від стічної води;
- мати температуру кипіння, що значно відрізняється від температури кипіння екстрагованої речовини;
- мати малу токсичність і вибухонебезпечність;
- не взаємодіяти хімічно з видаленою речовиною і матеріалами устаткування;
- регенеруватися простим і дешевим способом й ін.

Для очищення промислових стічних вод найбільш часто застосовують процеси противоточної багатоступінчастої екстракції й безперервної противо-точної екстракції.

Іонний обмін (іонообмінна сорбція) – метод очищення стічних вод, оснований на реакції обміну між іонами, що перебувають у складі очищуваної води, і рухливими іонами, що входять до складу поліелектроліту – іоніту.

Застосування методу іонного обміну дозволяє видаляти зі стічних вод сполуки арсену, фосфору, іони металів, ПАР, радіоактивні речовини, очищати стічну воду для використання в системах оборотного водопостачання. Практичне значення мають неорганічні природні й штучні алюмосилікати, гідроксиди й солі багатовалентних металів; застосовуються іоніти, отримані хімічною обробкою вугілля, целюлози, лігніну. Однак найбільше застосування в промисловості знаходять синтетичні органічні іоніти – іонообмінні смоли. Вони представляють собою полімери, вуглеводневі радикали мономірних ланок яких утворюють просторову сітку з фіксованими на ній функціональними групами, які можуть брати участь у реакціях іонного обміну. При пропусканні стічної води, що містить іони-забруднювачі, протікає реакція обміну іонами між іонітом і розчином (стічна вода), у результаті чого забруднення виявляється пов'язаним з полімерним нерозчинним іоном, наприклад:



де X^+ - забруднення, RSO_3H – катіоніт в Н - формі.

Іонний обмін у більшості випадків є оборотним. Реакція проходить до встановлення іонообмінної рівноваги. Швидкість установаження рів-

новаги залежить від багатьох факторів: швидкості пропущення очищеної води через шар іоніту, концентрації іонів, структури зерен і фізичних властивостей іоніту й ін. При зіткненні іонітів з водою відбувається їх набухання, об'єм іонітів при цьому збільшується в 1,2-2 рази. Ступінь набухання залежить від хімічної будови смоли, складу розчину. Набухання впливає на швидкість і повноту іонного обміну іонів, а також на селективність іоніту. З метою підвищення селективності іонітів до певних металів до складу смоли вводять речовини, здатні утворювати з іонами металів комплексні сполуки.

Найважливішою властивістю іонітів є їх обмінна ємність. Повна обмінна ємність визначається як кількість моль іонів, які може поглинути 1 м³ іоніту до повного насичення. Робоча ємність іоніту – кількість моль іонів, що може поглинути 1 м³ іоніту до початку проскакування у фільтрат іонів, що поглинаються. Іоніти випускають у вигляді порошку з розмірами часток 0,04-0,07 мм, гранул розміром 0,3-2,0 мм, волокнистого матеріалу, аркушів і плиток.

Процеси іонообмінного очищення стічних вод проводять на установках безперервної й періодичної (фільтри) дії. Фільтр періодичної дії представляє собою закритий циліндричний резервуар з розташованим у днищі щілинним дренажним пристроєм, що забезпечує рівномірне відведення води по всьому перетину фільтра. Висота шару завантаження іоніту 1,5-2,5 м. Фільтр може працювати при різних режимах подачі стічної води й розчину, що регенерується: а) вода й розчин, що регенерується, подаються зверху; б) стічна вода подається знизу, а розчин, що регенерується – зверху.

Регенерація кат іонітів здійснюється промиванням кислотою (H - катіоніту) або розчином хлориду натрію (Na - катіоніту). Регенерація слабко основних аніонітів досягається промиванням їх розчинами гідроксиду натрію, соди або гідроксиду амонію. Процес регенерації іонітів складається із трьох стадій: розпушування іоніту, власне регенерація й відмивання іоніту від продукту регенерації й надлишку речовини, що регенерується. Об'єм промивних вод звичайно становить 70-100 % об'єму розчину, що регенерується. До недоліків іонообмінних фільтрів періодичної дії відносяться великі об'єми апаратів, значна витрата реагентів, велика маса сорбенту, складність автоматизації процесу. Цих недоліків не мають установки безперервної дії.

Колони безперервної дії можуть працювати як із шаром смоли, що рухається, так із киплячим шаром. Іоніт рухається по замкнутому контурі, послідовно проходячи стадії сорбції, регенерації й промивання. Апарати прості в конструкційному виконанні й ефективні в роботі.

Інші фізико – хімічні методи очищення стічних вод розповсюджені значно рідше.

Евапорація – метод видалення зі стічних вод легколетучих речовин шляхом відгону їх з водяною парою або шляхом відгону зі стічної води азеотропних сумішей води із забрудненням.

Випарювання – випар води зі стічних вод при підвищених температурах (100 °С).

Випар – мимовільне видалення води з відкритих поверхонь стічних вод, що протікає при будь-яких температурах.

Кристалізація – видалення забруднень зі стічних вод за рахунок зменшення розчинності забруднень при зниженні температури вод.

Магнітна обробка – видалення феромагнітних домішок за допомогою магнітів (електромагнітів).

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте основні види забруднень стічних вод.
2. Класифікація стічних вод.
3. Вимоги до складу й властивостей води природної водойми (після змішування зі стічними водами)
4. Охарактеризуйте процеси й пристрої механічного очищення стічних вод.
5. Які пристрої механічного очищення стічних вод застосовуються при виробництві тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів?
6. Чи досить механічних методів для повного очищення стічних вод виробництва тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів?
7. Дайте характеристику основних фізико-хімічних методів очищення стічних вод.
8. Які фізико-хімічні методи очищення стічних вод використовуються вкрай рідко й чому?
9. Які пристрої фізико-хімічні методи очищення стічних вод застосовуються при виробництві тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів?

ЛЕКЦІЯ 6. ПРОМИСЛОВІ ВИКИДИ В ЛІТОСФЕРУ. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВІД ТВЕРДИХ ПРОМИСЛОВИХ ВИКИДІВ

План:

1. Земельні ресурси та ґрунти. Промислові викиди в літосферу.
2. Основні чинники (забруднювачі) антропогенного впливу на ґрунти: нітрати, агрохімікати, важкі метали, радіоактивні елементи.
3. Фізико-хімічні процеси та технології очищення від твердих промислових викидів.

6.1 Земельні ресурси та ґрунти. Промислові викиди в літосферу.

У загальній площі земель області сільськогосподарські угіддя становлять 1658,9 тис. га (58,9 %), ліси та лісо вкриті площі – 648,7 тис. га (23,0 %), внутрішні водойми - 175,1 тис. га (6,2%), забудовані землі – 137,4 тис.га (4,9 %), відкриті заболочені землі – 49,5 (1,8 %), відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом (піски, яри, землі, зайняті зсувами, щебенем, галькою, голими скелями) – 17,5 (0,6), інші землі – 129,1 (4,6%). У порівнянні з 2013 роком у структурі земельного фонду області відбулись зміни, пов'язані із зменшенням частки сільгоспугідь з 59,0% до 58,9%, загальна площа яких зменшилась на 2,3 тис.га. Площа забудованих земель Київської області щороку збільшується і становить 137,4 тис. га для порівняння у 2007 році становила 119,3 тис. га. Дана тенденція обумовлена тим, що Київщина є столичним регіоном.

Стан ґрунтів. Характеристика ґрунтів за вмістом гумусу, азоту, фосфору та калію за результатами агрохімічної паспортизації представлена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристика ґрунтів за результатами агрохімічної паспортизації

Характеристика ґрунтів за вмістом гумусу

Площа ґрунтів, % до обстеженої площі						Середньозважений показник, %
дуже низький < 1,1	низький 1,1-2,0	середній 2,1-3,0	підвищений 3,1-4,0	високий 4,1-5,0	дуже високий > 5,0	
1	16	33	39	10	1	2,98

Характеристика ґрунтів за вмістом азоту, що легко гідролізується

Площа ґрунтів, % до обстеженої площі				Середньозважений показник, мг/кг ґрунту (Корнфілд)
дуже низький < 100	низький 101,0-150,0	середній 151,0-200,0	підвищений > 200	
24	57	17	1	124,0

Характеристика ґрунтів за вмістом азоту за нітрифікаційною здатністю

Площа ґрунтів, % до обстеженої площі						Середньозважений показник, мг/кг ґрунту
дуже низький < 5	низький 5-8	середній 9-15	підвищений 16-30	високий 31-60	дуже високий > 60	
-	-	-	-	-	-	-

Характеристика ґрунтів за вмістом рухомих сполук фосфору

Площа ґрунтів, % до обстеженої площі						Середньозважений показник, мг/кг ґрунту (Чиріков)
дуже низький < 20	низький 21-50	середній 51-100	підвищений 101-150	високий 151-200	дуже високий > 200	
0,4	4	26	44	22	3	121

Характеристика ґрунтів за вмістом рухомих сполук калію

Площа ґрунтів, % до обстеженої площі						Середньозважений показник, мг/кг ґрунту (Чиріков)
дуже низький ≤ 20	низький 21-40	середній 41-80	підвищений 81-120	високий 121-180	дуже високий > 180	
1	8	20	37	32	2	103

Деградація земель. Деградація земель – природне або антропогенне спрощення ландшафту, погіршення стану, складу, корисних властивостей і функцій земель та інших органічно пов'язаних із землею природних компонентів. «Деградація земель» означає зниження чи втрату біологічної і економічної продуктивності і складової структури орних земель, що зволожуються дощем, зрошуваних орних земель чи пасовищ, лісів і лісистої ділянок у посушливих, напівпосушливих і сухих субгімідних районах у результаті землекористування чи дій одного чи кількох процесів, у тому числі пов'язаних з діяльністю людини і структурами розселення (вітрова, водна ерозія ґрунтів; погіршення фізичних, хімічних і біологічних чи економічних властивостей ґрунтів).

Передумови для розвитку ерозійних процесів створює характер використання земель. Серед освоєних земель найбільш схильні до ерозії орні землі, що обумовлено глибокими, часто необоротними перетвореннями рослинного і ґрунтового покриву в процесі сільськогосподарського виробництва. Найбільш інтенсивно ерозійні процеси виражені на правобережжі Дніпра. Тут ними охоплено від 30-70% сільськогосподарських угідь. Північна та східна частини Київської області характеризуються незначним розвитком ерозійних процесів, тут ними охоплено до 10% сільськогосподарських угідь. На вододільних плоских ділянках ці процеси практично не мають розвитку або проявляється дуже слабо. Ураженість сільськогосподарських угідь ерозією не перевищує 1%. Ерозія як фактор деградації ґрунтового покриву і екологічної небезпеки оцінюється, перш за все, інтенсивністю змиву і обсягами переміщення ґрунтового субстрату. Середньорічний змив ґрунту з орних земель часто складає 10-15 т/га, а під просапними культурами подекуди досягає 20-30 т/га.

Найбільший середньорічний розрахунковий змив ґрунту орних земельну Богуславському районі – 42,3 т/га, а в цілому для орних земель Київської області середньорічний змив становить 11,0 т/га. Ерозійні процеси руйнують родючий горизонт ґрунтів, знижують вміст в ньому органічних речовин, зменшують вміст азоту, фосфору, калію, мікроелементів та ін. Наукові дослідження свідчать що внаслідок ерозії відбувається істотне зменшення вмісту гумусу в ґрунтах еродованих земель. В цілому за рік від ерозії втрачається близько 0,7 млн. т. гумусу. Серед генетичних груп ґрунтів найбільш еродовані чорноземи, не дивлячись на значну їх протиерозійну стійкість. Це пояснюється інтенсивним їх використанням та давністю сільськогосподарського освоєння. Обумовлена антропогенним освоєнням території, яке змінило ландшафт підвищених рівнині загальні умови яроутворення. Найбільш густа яружна мережа відмічається на побережжі Канівського водосховища. На ділянці від Києва до с. Нові Безрадичі густота яружної мережі складає 0,7 км/ км², від с. Трипілля до м. Ржищева – 0,5 км/ км², тут на окремих ділянках густота яружної мережі досягає 3 км/ км², а щільність ярів 12-15 шт. Для басейну

р.Рось характерне менше розчленування ярами, тут вони відмічаються на схилах річкових долин і окремих крутосхилових балок. Басейни Ірпеня та Унави характеризуються ще меншими значеннями густоти яружної мереж. Відмічені невеликі берегові яри по крутих берегах лівобережних приток Дніпра. На Поліссі процеси яружної ерозії розвиваються головним чином на 159 лесових «островах» та на прирічкових місцевостях моренно-зандрових і зандрових рівнин.

В останні десятиліття характер прояву ерозійних процесів зазнав суттєвих змін у зв'язку з помітно збільшеним техногенним навантаженням на довкілля. Встановлена активація цих процесів при зрошенні, добуванні корисних копалин, неорганізованому скиданні на схили промислово-побутових стоків, різних видах будівництва, прокладанні підземних комунікацій, на побережжі Дніпровських водосховищ та при інших видах інженерно-господарської діяльності людини (техногенна ерозія). Ці види ерозії, порівняно слабо впливаючи на стан ґрунтового покриву в цілому, на окремих ділянках в ландшафтах нестійких до техногенного навантаження, можуть мати негативні екологічні наслідки. Таким чином, проблема ерозії ґрунтів у Київській області, як і в цілому в Україні, не тільки не вирішена, але і дещо загострилася і особливо це відчутно в умовах реформування земельних відносин.

6.2 Основні чинники антропогенного впливу на земельні ресурси та ґрунти

Антропогенні чинники - це сукупність змін, які вносить у природу людська діяльність і впливає на органічний світ. Антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище протягом багатьох десятиріч спричинило значну техногенну ураженість екосфери України, в тому числі і в Київській області. Найбільшу небезпеку для здоров'я людини становить забруднення земель і ґрунтів *радіоактивними ізотопами важкими і рідкоземельними елементами*, що спричиняють токсичну і мутагенну дію внаслідок Чорнобильської катастрофи, а також небезпечними хімічними засобами захисту рослин при здійсненні інтенсивного землеробства і порушені правил поводження з такими речовинами.

Радіоактивне забруднення земель Полісся Київщини при низькому показнику рН (переважають кислі і сильно кислі ґрунти), легкому механічному складі та перезволожені земель значно ускладнює їх екологічно-безпечне сільськогосподарське використання.

Основними чинниками антропогенного впливу на земельні ресурси регіону є сільське господарство, промисловість та транспорт. Найбільшу загрозу для фізичної структури ґрунтів і земель представляють ерозійні явища та розробка корисних копалин відкритим способом при якій порушується не тільки структура ґрунту але і його гідрологічний режим,

розкриваючи підземні водоносні горизонти. За низької культури сільськогосподарського природокористування та недосконалості й відсутності спеціальної сільськогосподарської техніки посилюються несприятливі процеси у ландшафтних комплексах. Це призвело до того, що природне середовище втратило притаманні йому властивості до саморегуляції.

Охорона земель Охорона земель - система правових, організаційних, економічних, технологічних та інших заходів, спрямованих на раціональне використання земель, запобігання необґрунтованому вилученню земель сільськогосподарського призначення для несільськогосподарських потреб, захист від шкідливого антропогенного впливу, відтворення і підвищення родючості ґрунтів, підвищення продуктивності земель лісового фонду, забезпечення особливого режиму використання земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення. В системі екологічної безпеки суверенної незалежної України охорона, зберігання та використання земельних ресурсів на основі нормативно-правових актів є важливим елементом національної безпеки.

Україна є однією з найбагатших власників якісних земельних ресурсів, які являють собою основу розвитку економіки країни, забезпечення її стійкого розвитку, раціонального управління, добробуту населення та реалізації економічних можливостей не лише сільського, а й міського населення та створення національного багатства. Правове регулювання у сфері охорони здійснюється відповідно до Конституції України, Земельного кодексу України, Закону України „Про охорону земель“, „Про охорону навколишнього природного середовища“, „Про державний контроль за використанням та охороною земель“ та інших нормативно-правових актів, які приймаються відповідно до них. Завданням охорони земель є забезпечення збереження і відтворення земельних ресурсів, екологічної цінності природних і набутих якостей земель. Об'єктом особливої охорони держави є всі землі в межах території України. Основними принципами державної політики в сфері охорони земель є: забезпечення охорони земель як основного національного багатства Українського народу; пріоритет вимог екологічної безпеки у використанні землі як просторового базису, природного ресурсу і основного засобу виробництва; відшкодування збитків, заподіяних порушенням законодавства України про охорону земель; нормування і планомірне обмеження впливу господарської діяльності на земельні ресурси; поєднання заходів економічного стимулювання та юридичної відповідальності у галузі охорони земель; публічність питань охорони земель, використання коштів Державного бюджету України та місцевих бюджетів на охорону земель.

Основні заходи охорони земельних ресурсів визначаються у загальнодержавних та регіональних програмах використання та охорони земель. Пріоритетом у здійсненні заходів охорони земельних ресурсів користуються передусім землі сільськогосподарського призначення, оскі-

льки земельні ресурси у сільському господарстві є основним засобом виробництва і не можуть бути замінені іншим засобом. Охорона сільськогосподарських земельних ресурсів забезпечується через реалізацію комплексу заходів для збереження продуктивності та родючості сільськогосподарських угідь, підвищення екологічної стійкості, а також обмеження їх вилучення (викупу) для несільськогосподарських потреб. Фінансування заходів щодо охорони земельних ресурсів та ґрунтів здійснюється за рахунок державного бюджету України, місцевих бюджетів, у тому числі коштів, які надходять у порядку відшкодування втрат сільсько-лісогосподарського виробництва, від плати за землю, а також коштів землевласників і землекористувачів та інших джерел, які не заборонені законодавством.

6.3 Фізико-хімічні процеси та технології очищення від твердих промислових викидів.

Розглянемо технології очищення від твердих промислових викидів у цементному виробництві. Всі сировинні матеріали, застосовувані для виготовлення цементу, після видобутку в кар'єрах і доставки на завод підсушують, дроблять і подрібнюють до пилоподібного стану (при сухому способі виробництва), щоб збільшити їх реакційну поверхню. Відкоректоване сировинне борошно обпалюють при високих температурах у печах, а потім охолоджують у холодильниках. Продукт випалу, тобто клінкер, разом з гіпсом й іншими добавками подрібнюють у млинах, після чого цемент транспортують на склад й упаковують у мішки або спеціальні вагони й потім відправляють на будівельні об'єкти.

Швидкість основних процесів виробництва (здрібнювання, сушіння, випал) інтенсифікується, якщо вони протікають у потоці повітря й гарячих газів, що приводить до збільшення продуктивності млинів, печей й іншого обладнання. Однак гази й повітря захоплюють в атмосферу дрібні частки сировини, шихти, палива, напівфабрикату й цементу. Кількість виносного пилу з основних агрегатів досягає 20-25 % маси, що надійшла на переробку шихти. Значний пиловинос спостерігається при транспортуванні сировинних матеріалів, шихти й цементу. Щоб уникнути таких втрат, а також для запобігання забруднення атмосфери й навколишньої місцевості аерозолями запилені гази перед видаленням в атмосферу знепилюють у спеціальних пиловловлювачах.

Проблема захисту навколишнього середовища від забруднення пиловикладами цементного виробництва здобуває все більше народно-господарське й соціально-гігієнічне значення. Величезного значення набуває розробка, удосконалювання й більш широке впровадження пристроїв пилоподавлення в основних технологічних агрегатах.

Особливості аерозолів цементного виробництва. Розмаїтість застосовуваної сировини, палива й добавок, а також розходження в технологічних процесах обумовлюють утворення аерозолів з різними фізико-хімічними властивостями, які розділяють на наступні групи:

1. Аерозолі, що утворюються при дробленні й транспортуванні сировинних матеріалів, характеризуються високою дисперсністю (вміст фракцій розміром менш 5 мкм – до 31 %) при вологовмісті й температурі, характерних для навколишнього середовища, концентрація пилу в них від 0,3 г/м³ до 13 г/м³.

2. Аерозолі сушильних барабанів для сировини й добавок, що містять великі й тонкі частки з температурою від 65 до 150 °С при підвищеному вологовмісті (температура крапки роси – 42-62 °С).

3. Аерозолі сировинних млинів, для яких характерна велика кількість тонких фракцій (менш 5 мкм – до 65 %, температура крапки роси – 35-50 °С).

4. Полідисперсні аерозолі обертових печей мокрого способу виробництва, які характеризуються підвищеним вологовмістом (температура крапки роси – 58-75 °С) при температурі газів до 385 °С і містять до 50 % часток розміром менш 5 мкм.

5. Полідисперсні аерозолі обертових печей з конвеєрними кальцинаторами, що мають знижений вологовміст (температура крапки роси – 32-48 °С) і температуру газів до 210 °С, містять до 20 % часток менш 5 мкм.

6. Аерозолі обертових печей сухого способу, що відрізняються високою дисперсністю часток (до 75 % часток розміром менш 5 мкм) при зниженому вологовмісті (температура крапки роси – 29-44 °С) і високій температурі (до 380 °С).

7. Крупнодисперсні аерозолі клінкерних холодильників (часток менше 20 мкм – до 80 %), що характеризуються низьким вологовмістом (температура крапки роси – 30 °С) і високою температурою – до 290 °С.

8. Аерозолі цементних млинів (до 40 % часток – менш 5 мкм), що мають температуру 90-170 °С і вологовміст, що коливається в широких межах (температура крапки роси – 22-60 °С) залежно від виду здрібнюваної шихти.

Більше 80 % пилу, внесеного в атмосферу, виділяється клінкеровипалювальними печами, а інша кількість – млинами, дробильно-сушильними установками, а також напіввідчиненими складами сировинних матеріалів, добавок, клінкера й цементу.

Властивості аерозолів обертових печей залежать від хімічного й мінералогічного складу сировини, палива, а також від способу виробництва, конструкції, розміру й режиму роботи печей. Газове середовище пічних аерозолів характеризується об'ємом, температурою, запиленістю, вологовмістом і хімічним складом.

Об'єм газів, що виходять із клінкеровипальних обертових печей, при прийнятих режимах випалу коливається в межах: а) печі мокрого способу виробництва – 3,5-6,8 м³ на 1 кг клінкера; б) печі напівсухого способу виробництва – 3,3-4,3 м³ на 1 кг клінкера; в) печі сухого способу виробництва – 2,5-3,3 м³ на 1 кг клінкера.

Однак фактично об'єми газів, які відходять, на 50-100 % перевищує технологічно необхідний, що спричиняє підвищення швидкості газів у печах і пиловловлювачах, порушує аеродинамічні режими їх роботи й знижує ефективність пиловловлювачів і збільшує пиловинос.

Температура газів печі залежно від способу виробництва, розмірів печі, теплообмінного пристрою коливається від 110 до 385 °С. Найбільш високі температури у відпрацьованих газів печей, що працюють по сухому способу. Найбільш ефективно електроосадження протікає при температурі газів 150-190 °С, при більш високій температурі ефективність електрофільтрів знижується.

Запиленість газових печей залежить від розмірів печі, наявності й ефективності теплообмінних пристроїв, режиму випалу, способу виробництва, фізико-хімічних властивостей шихти й палива. При вході аерозолів у пиловловлюючі установки запиленість коливається в межах: а) у печей мокрого способу виробництва – 10-66 г/м³; б) у печей з конвеєрними кальцина торами – 10-28 г/м³; в) у печей із циклонними теплообмінниками – 16-60 г/м³.

При запиленості газів вище 15-20 г/м³ погіршується робота електрофільтрів, понад 20-30 г/м³ – погіршується робота зернистих і протиточних рукавних фільтрів, а в прямоочних рукавних фільтрах припустиме підвищення концентрації на вході – до 100-150 г/м³.

Вологовміст газів клінкеровипальювальних печей відповідає наступній крапці роси: а) у печей мокрого способу виробництва – 58-75 °С; б) у печей з конвеєрними кальцина торами – 32-48 °С; в) у печей із циклонними теплообмінниками – 22-44 °С.

Коливання крапки роси газів обумовлені надлишком повітря й видом спалюваного палива. Так, наприклад, крапка роси для відпрацьованих газів при сухому способі виробництва: а) печі, що працюють на вугіллі – 22-33 °С, б) печі, що працюють на мазуті – 30-35 °С, в) печі, що працюють на природному газі – до 44 °С.

При температурі газу, що відповідає крапці роси, елементи будь-якого фільтра замазуються, що спричиняє погіршення знепилення, тому уникають експлуатації пиловловлювачів при температурах близьких до крапки роси.

Хімічний склад пічних газів змінюється в наступних межах, мас. %: CO₂ – 16-26; CO – 0,1-0,8; O₂ – 0,4-0,7; H₂ – 0,01-0,2; H₂S – 0,01-0,15; насичені вуглеводні – 0,01-0,3; SO₂ – 0,01-0,25; N₂ – 70-78; оксиди азоту – 0,01-0,85.

Дисперсний склад пилу, що міститься у пічних газах, залежить від виду сировини, а також від аеродинамічного режиму роботи печі. Пил утворюється в результаті протікання в печі двох процесів – взвихрення й захоплення газовим потоком часток шихти, які при русі в потоці газів у теплообмінних пристроях і газоходах стираються й надходять у пиловловлювач, а також при сублимації в зонах спікання й декарбонізації оксидів металів, що містяться в шихті, пари цих оксидів рухаються до холодного кінця печі, де при зіткненні з більш холодними частками (або поверхнями) конденсуються, утворюючи тонкодисперсні частки (менш 2 мкм) і несуться з газами; у пилу є сферичні склоподібні частки, а також первинні клінкерні мінерали.

Найбільш тонкий пил міститься в газі печей із циклонними теплообмінниками (63-78 % часток з розміром менш 10 мкм, у тому числі 50-75 % часток менш 5 мкм) і в газах печей мокрого виробництва, що працюють на крейдовій шихті (40-68 % часток менш 10 мкм, у тому числі до 52 % часток менш 5 мкм). Пил обертових печей мокрого способу виробництва при використанні вапняків і мергелів містить 20-50 % часток розміром менш 10 мкм.

Хімічний склад пилу істотно відрізняється від вихідної шихти й від одержуваного клінкера; у пилу значно більше, ніж у шихті лугів (K_2O та Na_2O) і сірчаного ангідриду (SO_3); кількість SO_3 зростає, якщо паливом є мазут, а при використанні вугілля у пилу підвищується вміст оксиду алюмінію. Компонентами пилу є клінкерні мінерали, компоненти сировини й CaO . Зміна хімічного складу пилу й дисперсність залежать від швидкості, температури, довжини й положення факелу.

Електричний опір пічного пилу залежить від хімічного складу пилу, дисперсності, температури, вологості. Пил, що складається з мінералів й оксидів металів, є напівпровідником, а із кварцу, слюди, деяких шлаків – діелектриком.

Питомий електричний опір силікатних пилів знаходиться в межах $10^6 - 10^{11}$ Ом·м, воно зменшується при підвищенні вологовмісту газу й зростає при підвищенні температури до 180-230 °С.

Знепилювати гази з температурою вище 350 °С у електрофільтрі недоцільно, тому що питомий електроопір пилу знижується до 10^8 Ом·м, при цьому вище втрати тепла на 35-40 %, вище об'єм і швидкість газів в активній зоні, що приводить до застосування дорогих електродів.

Властивості пічного пилу, осадженого в полях електрофільтрів. Найбільший інтерес представляють наступні характеристики осадженого в електричному полі пилу: адгезія її до поверхні електродів, дисперсність і хімічний склад по полях, щільність, об'ємна маса, кути природного укусу й обвалення (у зв'язку з розміром визначається розмір бункера).

Адгезійні властивості пилу значно впливають на роботу всіх пиловловлювачів й особливо електрофільтрів, тому що адгезія часток до по-

верхні в електричному полі перевищує адгезію в полі гравітаційних або аеродинамічних сил. Тонкодисперсні частки при осадженні на поверхню прилипають до неї під дією кулонівських сил, подвійного електричного шару, молекулярних або капілярних сил рідини, що конденсується в зазорі між частками й поверхнею.

Установлено, що з підвищенням дисперсності часток і збільшенням шару сили зчеплення їх з електродом збільшуються. Зі збільшенням вмісту лугів у пилу й по мірі підвищення температури середовища до 200 °С сили зчеплення її шару з електродом збільшуються, знижуючись при подальшому підвищенні температури. З підвищенням вологовмісту газу, сили зчеплення осадженого пилу з електродами зменшуються.

При осадженні в горизонтальних фільтрах спостерігається сепарація пилу по полях зі збільшенням дисперсності від першого (найбільш крупна) до останнього (найбільш дрібна). Крім того, істотно збільшується вміст лугів і сульфатів від першого до останнього поля (3-5 разів): у першому – пил мало відрізняється від вихідної шихти, у другому й наступному полях – осаджуються тонкі частки, сконденсовані продукти возгонка лугів і сульфатів.

Об'ємна маса пилу, осадженого в електрофільтрах печей, становить, кг/м³: при сухому способі виробництва для пилу в пухкому стані 420-610; в ущільненому 620-1550; при мокрому способі відповідно 450-890 й 1060-1090.

Кут природного укосу пилу, що визначає її сипкість, становить при осадженні в електрофільтрах печей сухого способу 45-51°, мокрого – 36-48°.

Кут обвалення пилу, що характеризує її здатність випадати з бункерів й утворюється при витіканні пилу самопливом, коливається в наступних межах: а) пил печей сухого способу 55-67°; б) пил печей мокрого способу 58-60°.

Властивості аерозолів цементних млинів залежать від інтенсивності аспірації, властивостей подрібнюваної шихти, а також від розмірів і конструкції млинів.

Об'єм аспіраційного повітря при виході із млинів відкритого циклу становить 0,2-0,5 м³ на 1 кг цементу, а із млинів замкнутого циклу – до 0,9 при нормі для перших 0,2 кг на 1 кг цементу, а для других – 0,32-0,37 кг/кг, внаслідок нерівномірності вентилявання окремих камер. З підвищенням інтенсивності аспірації фракційний склад цементу розширюється, збільшується запиленість аспіраційного повітря. Інтенсивна аспірація спричиняє погіршення якості цементу й перевантаження пиловловлювачів.

Температура аспіраційного повітря млинів відкритого типу підвищена (70-170 °С), що значно більше раціонального значення для нормальної експлуатації електрофільтрів і тканинних фільтрів. Це спричиняє зниження ефективності електрофільтрів і швидке зношування тканини рукавів.

Вологовміст аспіраційного повітря коливається в широких межах (крапка роси 20-50 °С), що несприятливо впливає на роботу пиловловлювачів, зокрема, при низькому вологовмісті знижується ефективність електрофільтрів, а при високому (близькому до крапки роси) – погіршується ефективність рукавних і зернистих фільтрів.

Гранулометричний склад пилу, що виноситься повітрям, залежить від інтенсивності аспірації, типу й конструкції аспіраційної коробки або шахти. Вміст важкоосаджуваних часток розміром менш 5 мкм 20-40 %, а часток розміром більше 20 мкм 20-55 %. Об'ємна маса пилу цементу, осаджуваного в електрофільтрі в пухкому стані 1170 кг/м³, а в ущільненому 1520 кг/м³, при осадженні в рукавному фільтрі після циклонів відповідно 500 й 810 кг/м³.

Аерозолі сировинних млинів. Об'єм аспіраційного повітря при помелі сировини 0,2-0,73 м³/кг продукту відкритого циклу й 0,6-1 м³/кг у сепараторних млинів.

Температура аспіраційного повітря при виході із млинів відкритого циклу 60-100 °С, а в сепараторних – 50-140 °С. Запиленість аспіраційного повітря висока й коливається в межах 300-770 г/м³ при виході із млинів відкритого циклу й 300-500 г/м³ при виході із сепаратора.

Аерозолі колосникових холодильників. Ці аерозолі характеризуються значними коливаннями температури при порівняно великому об'ємі, грубій дисперсності часток і високій абразивності. Температура надлишкового повітря, що надходить у пиловловлювачі – 120-290 °С, найбільш низька температура – 90-100 °С у повітря холодильників, що працюють із випарно-водяним охолодженням.

Запиленість повітря, що надходить у пиловловлюючі апарати, від 5 до 40 г/м³, що обумовлено коливаннями температури клінкера, що виходить із обертової печі.

У пилу, осадженого в пиловловлювачах, переважають фракції понад 20 мкм. Питомий електричний опір вище критичного значення. Об'ємна маса осадженого пилу 980-1340 кг/м³, кут природного укусу – 35-41°. Ділянку вивантаження клінкера на конвеєр закривають спеціальним укриттям з відсмоктуванням запиленого повітря до циклону, тому що SiO₂ знаходиться у пилу у вільному стані, його вміст – 0,2-1,5 %, запиленість повітря – 2,1-3,2 г/м³.

Особливості аерозолів дробарок. Аерозолі, що виділяються при дробленні сировинних матеріалів, містять значну кількість вільного SiO₂ (5-20 % усієї кількості пилу). Тому ділянки цих пиловиділень локалізують за допомогою спеціальних укриттів, з яких відсмоктують повітря.

Вологість осадженого в циклонах пилу 2-3 %, пил містить 10-15 % часток розміром менш 6 мкм й 24-40 % розміром 6-10 мкм. Запиленість повітря, очищеного в циклонах, у щекової дробарки 0,3-0,4 г/м³, у молот-

кової дробарки – 2-2,1 г/м³; питомий електричний опір вище 10⁷-10⁸ Ом·м при температурі 20-25 °С.

Ці дані підтверджують дуже високу інтенсивність аспірації, що викликає перевантаження пиловловлювачів.

Дисперсний склад пилу, осадженого з аспіраційного повітря сировинних млинів: розмір часток 6-10 мкм – 43-80 %; 11-20 мкм – 8-24 %; 20 мкм – 12-60 %; питомий електричний опір 1,6·10⁷ - 6·10¹⁰ Ом·м, у значній мірі перевищує граничне значення, при якому працюють електрофільтри без зворотної іонізації.

Щільність часток 2660-2760 кг/м³, об'ємна маса осадженого пилу в пухкому стані 590-1010 кг/м³, кути природного укусу пилу, осадженого в електрофільтрах, 40-44°, а кути обвалення – від 49 до 64°.

Аерозолі сушильних установок. Об'єм газів, що відходять, на 1 кг висушеного матеріалу 0,6-2,8 м³. Температура газів, що відходять, 65-200 °С, запиленість 5-50 г/м³. Дисперсний склад пилу залежить від виду матеріалу. В основному пил крупнодисперсний, що визначає ефективність електрофільтрів. Однак питомий електричний опір пилу у більшості випадків перевищує критичну величину, що впливає на ефективність електрофільтрів.

Об'ємна маса пилу, осадженого в електрофільтрах сушильних барабанів у пухкому стані – 500-970 кг/м³, а в ущільненому – 700-1380 кг/м³, кут природного укусу пилу 35-45°, а кут обвалення – 51-62°.

Пилоподавлення в технологічних агрегатах і зміна властивостей аерозолів. Дуже високі значення концентрації твердих часток у пічних і млинних аерозолях, підвищена температура при більших об'ємах цих аерозолів, високий питомий електричний опір твердих часток у порівнянні з параметрами, при яких ефективно застосовуються пиловловлювачі, обумовили необхідність винаходити способи пилоподавлення в технологічних агрегатах або цілеспрямовано змінювати зазначені характеристики для підвищення ефективності пиловловлювачів.

Печі мокрого способу виробництва. Проведено реконструкцію обортових печей: розширені ділянки зони кальцинування, підігріву й випаровування, раціонально сконструйовані гирляндні завіси з кільцевим або гвинтовим кріпленням і вільновисячими ланцюгами, що привело до меншого стирання гранул сировинної шихти та кращому осадженню пилу з газів.

Теплообмінні пристрої при мокрому способі виробництва в залежності від конструкції й розмірів можуть або збільшувати концентрацію пилу в газах, що відходять, або, прискорюючи випаровування вологи зі шламу й підігрів шихти, виконувати функцію внутріпечних пилоподавлюючих пристроїв, що дозволяє у кілька разів зменшувати запиленість газів при вході в електрофільтр, але також на 100-150 °С знижувати температуру, а отже, і об'єм газів й питомий електричний опір осаджуваного

пилу. Також печі працюють із підвищеною продуктивністю при зменшеному в 4-5 разів віднесенні пилу.

Печі сухого способу виробництва. Такі печі із циклонними теплообмінниками виділяють на 40-45 % менше газів, чим печі мокрого способу. Однак температура цих газів досягає 350-400 °С, вологовміст в 8-10 разів нижче, в 2 рази вище кількість часток розміром менш 5 мкм. Все це приводить до погіршення роботи електрофільтрів. Щоб підвищити ефективність електрофільтрів, необхідно остудити гази до 180 °С на вході в електрофільтр шляхом зволоження, укрупнити тонкодисперсні частки, щоб знизити питомий електричний опір.

Гази зазвичай частково звожують і прохолоджують у сушильно-помольних установках, потім при необхідності додатково звожують і прохолоджують у газоході печі перед електрофільтром.

Введення гіпсовмісних добавок. Введення гіпсовмісних добавок у випалювану високолужну шихту (наприклад, відхід фосфогіпсу) у кількості до 3 % поліпшує процес випалу (як мінералізатор і розріджувач шламу) і забезпечує перетворення важкоосаджуваних в електрофільтрах карбонатів й хлоридів лугів у сульфати калію й натрію. Це знижує запиленість газів, що відходять, перед електрофільтром, тому що сульфати менше, ніж карбонати, возгоняються при високих температурах. Крім того, при введенні фосфогіпсу приблизно на порядок знижується електроопір пилу й в 1,5-2 рази зменшується адгезія часток до електродів, що поліпшує їх стряхування, електричні показники й ефективність пічних електрофільтрів.

Інтенсивність аспірації млинів при прийнятому напрямку руху повітря залежно від кількості повітря, що просмоктується через млин, може істотно збільшити концентрацію пилу в аерозолях перед пиловловлювачами (до 1000 г/м³) в основному за рахунок великих часток, що знижує ефективність установок.

Значно знижує пиловинесення із млинів система протиточної аспірації млинів з пилоподавленням у вузлі їх живлення. У цьому випадку свіже холодне повітря відразу надходить в останню камеру млина й більш ефективно охолоджує продукт помелу, що сприятливо позначається на його подальшому транспортуванні. Із запиленого аспіраційного повітря, що рухається далі по млину й через бункер, осаджується значна частина твердих часток у перших камерах, що сприятливо позначається на ефективності пиловловлювача.

При введенні водяних розчинів ПВА підвищується ступінь дрібнювання й продуктивність млинів, уведення до 2,5 % дрібнорозпорошеної води знижує електричний опір осадженого пилу.

Введення в подрібнювану шихту золи ТЕЦ, опоки, трепелу й інших мінеральних добавок збільшує вміст дрібних фракцій у продуктах помелу, що негативно впливає на роботу пиловловлювачів, викликаючи зни-

ження ефективності електрофільтрів. Введення вологих шлаків впливає по-різному: при загальному підвищенні вологості шихти до 2-3 % ефективність електрофільтрів підвищується, а робота фільтрів погіршуються.

Знепилення газів, що відходять із клінкеровипальних печей. Основними джерелами пиловиділення на цементних заводах є печі мокрого й сухого способів виробництва. На кожну тонну клінкера із обертової печі мокрого способу виробництва виноситься 5,3-7,5 тонн запиленних газів з температурою 140-400 °С, які містять від 80 до 250 кг напіввипаленої сировинної шихти у вигляді дисперсного пилу. При сухому способі виробництва кількість запиленних газів, що виносяться із печі, на 25-45 % менше, однак їх температура досягає 350-400 °С, а маса тонкодисперсного пилу становить 50-120 кг на 1 тонну клінкера. З колосникових холодильників клінкера викидається 1,1-1,8 тонн сухого гарячого повітря з температурою 150-290 °С на 1 тонну клінкера, що містить 7-10 кг клінкерних часток. Загальна кількість запиленого аспіраційного повітря на 1 тонну клінкера становить 500 кг пилу із сировинного й цементного млинів.

Причини пиловиділення: відсутність належних укриттів, наявність нещільностей і надлишковий тиск усередині кожухів механізмів. Встановлено, що при деякій вологості, що залежить від властивостей матеріалу, виділення пилу різко зменшується, тому що наприклад вапняк, опока, глина, гіпс при вологості 10-12 % практично не порошокують, сировинна шихта й шамот – при вологості 5-7 %, гранульовані шлаки – при 2,5-3 %, а пісок – при 0,6-1 %. Однак зволоження сировинних матеріалів не завжди доцільно. У деяких випадках істотний ефект дає зменшення швидкості падіння матеріалу шляхом встановлення гальмуючих пластин, ланцюгів або вантажних затворів. Створення інтенсивних вертикальних потоків повітря зверху вниз зі швидкістю до 1м/с, прискорює осадження пиловиділень. Однак все це лише зменшує пиловиділення, але не усуває його. Для повної локалізації вузлів пиловиділень встановлюють аспіраційні укриття, що мають просту конструкцію й надійне ущільнення, які забезпечують мінімальне віднесення пилу.

Знепилення бункера проводять у два шаблі: у ґрунтових циклонах, а потім у рукавних фільтрах або в мокрих пиловловлювачах.

Дроблення, просівання й транспортування ряду матеріалів, що містять вільний оксид кремнію, супроводжується іноді утворенням і виділенням у навколишнє середовище токсичного пилу. Тому, щоб забезпечити санітарно-гігієнічні умови в дробильних відділеннях необхідно:

1. Зменшити первинне пилоутворення за рахунок зменшення числа пересипань і висоти падіння матеріалу зі стрічки на стрічку, скорочення стадій дроблення, зменшення кута нахилу тачок й ін.

2. Домогтися зменшення вторинного пилоутворення, яке досягає до 45 % загальної запиленості повітря, за рахунок вібрації механізмів, а також повітряних потоків при русі конвеєрів, шківів й ін.

3. Вибрати раціональні, нескладні в обслуговуванні системи й способи знепилення, а також установити раціональні об'єми відсмоктуваного й прямоточного повітря.

При транспортуванні пилоподібних і гарячих матеріалів у місцях завантаження елеватора й із прийомного бункера також виникають пиловиділення. Пил через нещільності надходить у приміщення, у зв'язку із цим бункер треба аспірувати.

Для знепилення силосів застосовують або звичайні протиточні рукавні фільтри, або рукавні фільтри з авторегенерацією.

Доцільно застосовувати прямоточні багатосекційні фільтри з довгими рукавами ($l : d = 45-55$), що дозволяє зменшити необхідну продуктивну площу. Особливістю цих фільтрів є те, що основна маса великого пилу попадає в бункер, не осаджуючись на тканині, а частина відкладеного на тканині пилу зривається й падає в бункер. Це дозволяє очищати газу з високою запиленістю (до $100-150 \text{ г/м}^3$) і зменшувати величину й інтенсивність імпульсу регенерації, що подовжує термін служби тканини до 2-3 років.

Контрольні запитання

1. Класифікуйте промислові викиди в літосферу.
2. Перерахуйте основні чинники (забруднювачі) антропогенного впливу на ґрунти.
3. Які основні операції включає технологічна схема виробництва цементу? Які з них є джерелами пилоутворення?
4. Які заходи щодо боротьби з пилоутворенням при виробництві цементу є найбільш дієвими?
5. Які властивості має пил виробництва цементу?
6. Які основні пиловловлюючі пристрої використовуються на заводах з виробництва цементу?
7. Які види газоподібних викидів утворюються при виробництві цементу? За допомогою яких методів їх можна знешкоджувати?

МОДУЛЬ 3. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

ЛЕКЦІЯ 7. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ. ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ (ХТП). ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ

План:

1. Обґрунтування норм технологічного режиму в основному апараті (технологічній схемі). Кінетика основних та побічних реакцій. Хімізм одержання продуктів реакцій.
2. Загальні положення, основні поняття технології та технологічних процесів. Матеріальний та енергетичний баланси.
3. Хіміко-технологічні процеси. Класифікація.
4. Продуктивність та інтенсифікація виробничих процесів.
5. Основні показники ефективності проведення хімічних реакцій. Класифікація хімічних реакцій.

7.1 Обґрунтування норм технологічного режиму в основному апараті (технологічній схемі). Кінетика основних та побічних реакцій. Хімізм одержання продуктів реакцій.

Хімічне виробництво – це сукупність великої кількості взаємозв'язаних технологічних апаратів, які призначені для перероблення сировини в продукти споживання і засоби виробництва. Це – складний комплекс, в якому оптимальні параметри роботи окремих апаратів переважно суттєво відрізняються. Так, наприклад, виробництво сульфатної кислоти складається з трьох основних стадій, які характеризуються різними температурними та гідродинамічними режимами: 1) випалювання сірковмісної сировини у печах, яке здійснюється за температури 973...1273 К; 2) окиснення сірки (IV) оксиду до сірки (VI) оксиду за температури 713... 873 К в контактних апаратах; 3) абсорбція сірки (VI) оксиду концентрованою сульфатною кислотою (при цьому відбувається взаємодія SO_3 з водою) за температури 323 К в насадкових колонах. У цьому випадку ми розглядаємо доволі складну хіміко – технологічну систему. Більшість сучасних хімічних підприємств – це складні хіміко – технологічні системи, що складаються з великої кількості апаратів і потоків між ними. Отже, хіміко – технологічна система є низкою взаємозв'язаних технологічними потоками і діючих як одне ціле апаратів, в яких відбуваються в певній послідовності технологічні операції – підготовка сировини до хімічних перетворень, хімічне перетворення, виділення і очищення кінцевих продуктів.

Сучасне хімічне виробництво – це сукупність операцій, які здійснюються у відповідних апаратах і машинах з одержанням продукту з сировини доцільним способом.

Хіміко – технологічний процес є сукупність фізичних, хімічних та фізико – хімічних операцій, що виконуються з метою перетворення сировини у цільові продукти. Найпростіше виробництво можна описати такими реакціями:

Першою стадією в хімічному виробництві є підготовка сировини до здійснення хімічних перетворень. Переважно, це хімічні процеси: подрібнення, розмелювання, розчинення, нагрівання, концентрування, збагачення, очищення від домішок тощо. Завдання першої стадії полягає в тому, щоб надати сировині таких властивостей, які дали б змогу здійснити хімічне перетворення з найбільшою ефективністю і забезпечити якомога повніше її перетворення у бажаний продукт з найменшими витратами

Після підготовлення сировини здійснюється друга стадія – хімічне перетворення. Вона є головною у будь – якому хімічному виробництві, бо саме на цій стадії цінний компонент сировини перетворюється у цільовий продукт. Унаслідок хімічного перетворення утворюється суміш, хімічний склад якої відрізняється від складу початкової сировини.

Наявність стадії хімічного перетворення є ознакою того, що виробництво належить до хімічних.

Третя стадія – виділення цільового продукту та очищення його від домішок. Необхідність цієї операції зв'язана з тим, що під час хімічного перетворення одночасно із цільовим (R) може утворюватися побічний продукт (S), а перетворення сировини зазвичай є неповним, унаслідок чого утворений продукт є забрудненим. Це вимагає додаткового його очищення. Тому непрореаговану вихідну речовину необхідно повернути в технологічний процес на першу або другу стадію хімічного виробництва.

Усі три вищезазначені стадії є головними складовими частинами кожного хімічного виробництва. Вони забезпечують виконання основного завдання хімічного виробництва – одержання продукту заданої якості у необхідній кількості і утворення його енергією, воно також використовує значні обсяги води як теплоносія, розчинника, реагенту.

Крім того, розвиток промисловості висунув нові вимоги до всіх виробництв – метою їх функціонування є не тільки одержання продукту, але і дотримання таких технологічних принципів, як комплексне використання сировини, раціональне використання паливно – енергетичних ресурсів, захист довкілля від шкідливих промислових викидів і стоків. Отже, в структурі кожного хімічного виробництва необхідно передбачити комплекс, призначений для утилізації відходів та очищення викидів. Тому структура сучасного хімічного виробництва охоплює, окрім трьох стадій, зазначених вище, ще й допоміжні підсистеми: енергетичну, водо підготовки і водоочищення, утилізації відходів і очищення викидів, а також управління.

Головна підсистема: 1 – підготовка сировини, 2 – головний технологічний процес (хімічне перетворення), 3 – виділення та очищення ці-

льового продукту; допоміжні підсистеми: 4 – енергетична, 5 – водо підготовки і водоочищення, 6 – очищення викидів і утилізація відходів, 7 – управління

Енергетична підсистема призначена для забезпечення всіх технологічних процесів та операцій необхідною енергією, переважно у вигляді електричної і теплової. Для цього на підприємстві споруджують теплоелектроцентралі, теплоелектростанції, котельні, бойлерні, а також трансформаторні підстанції для перетворення високої напруги (десятки і сотні кВ), яка надходить зовнішньою енергосистемою, до споживчих: 220 та 380 В.

Підсистема водо підготовки і водоочищення призначена для очищення вод, які забираються із природних водойм, від різних домішок відповідно до того, в якому конкретному технологічному процесі вони використовуються, а також кондиціонування води, якщо вона використовується у замкненому технологічному циклі. Крім того, у цій підсистемі здійснюють очищення стічних вод, які утворились у різних технологічних процесах, перед їх скиданням у природні водойми.

Підсистема очищення викидів та утилізації відходів є обов'язковою у структурі сучасного виробництва. Дуже часто вона виглядає як окреме виробництво, де із відходів або під час очищення викидів одержують додатковий продукт. Наприклад, із шлаків, які утворюються після спалювання твердого палива (вугілля) виготовляють будівельні матеріали, а під час очищення відхідних промислових газів від сірки оксидів можна одержати продукційну сульфатну кислоту.

Підсистема управління призначена для керування окремими підсистемами та узгодження їхньої роботи. Функції цієї підсистеми полягають у забезпеченні оптимальних режимів роботи в межах підсистем і оперативному втручанні в перебіг технологічних процесів у разі збоїв у роботі обладнання чи виникнення аварійних ситуацій.

7.2 Загальні положення, основні поняття технології та технологічних процесів

В буквальному перекладі «технологія» - це наука про майстерність. Але сьогодні про це забули. Слово «технологія» розуміється скоріш як конкретний засіб виробництва, виробничий прийом або комплекс прийомів. Зараз технологія – не наука, а скоріш свод правил, кодекс законів, регламентуючих процедури цільоспрямованного переведу матерії з одного стану в інший. Зрозуміло, що ці процедури базуються на досягненнях фундаментальних наукових дисциплін, але одночасно враховуються реальні ресурсні можливості та досягнутий рівень майстерності виконавців. Це вимагає від технології, в ідеалі, бути дуже гнучкою, чутливою до всіх названих факторів. Темп цих взаємних та послідовних змін визначає темп науково-технічного прогресу.

В наш час хімічні товари знайшли досить широке використання в народному господарстві. Сучасне хімічне виробництво оздоблено технікою, обладнанням, широко використовуються механізація та автоматизація, ЕОМ. Хімічне виробництво нерозривно пов'язане з поняттям хімічної технології.

Наука, яка вивчає способи та процеси переробки сировини в предмети використання і засоби виробництва носить назву ТЕХНОЛОГІЯ. Під поняттям способів та процесів переробки розуміють ряд послідовних операцій, які проводять з сировиною в різних машинах та апаратах з метою отримання кінцевого продукту.

В технології використовують закономірності, методи та підхід до вивчення явищ природи таких наук: фізика, хімія, механіка, математика та ін. та на їх основі розробляють оптимальні умови проведення технологічних процесів. Технологія поділяється на:

- 1) механічну;
- 2) хімічну.

МЕХАНІЧНА досліджує процеси, що призводять до зміни зовнішнього вигляду або форми предмету.

ХІМІЧНА – процеси зміни складу та внутрішньої структури речовини, що здійснюються за допомогою хімічних реакцій.

ТЕХНОЛОГІЯ вивчає шляхи здійснення фізичних та хімічних процесів в конкретних техніко-економічних умовах, опираючись на економічну доцільність процесів.

До задач технології входять розробка, проектування, вибір умов, схем та типів виробничих процесів та допоміжних операцій, а також визначення конструкції та підбір матеріалів для апаратів та машин.

Найголовніші показники, що визначають техніко-економічну ефективність технологічного процесу:

- 1) витрати сировини та енергії на одиницю продукту;
- 2) вихід та якість продукту;
- 3) інтенсивність процесу;
- 4) капітальні витрати на виробництво.

Зміст хімічної технології

В наш час відомо понад 3 млн хімічних речовин. Хімічне виробництво можна поділити на дві групи:

- 1) виробництво неорганічних речовин;
- 2) виробництво органічних речовин.

Промисловість неорганічних речовин включає:

1) виробництво основних неорганічних речовин (кислоти, луги, солі);

2) виробництво тонких неорганічних препаратів (хімічні реактиви, напівпровідники і т.д.);

- 3) електрохімічне виробництво (хлориди, луги, кисень);
- 4) металургія;
- 5) виробництво силікатів (скло, цемент, кераміка);
- 6) виробництво фарб та пігментів.

Виробництво органічних речовин:

- 1) основний органічний синтез (виробництво спиртів, кислот і т.д.);
- 2) виробництво барвників, напівпродуктів;
- 3) тонкий органічний синтез;
- 4) виробництво високомолекулярних речовин (каучук);
- 5) переробка горючих матеріалів;
- 6) виробництво харчових продуктів (цукор, жири).

7.3 Хіміко-технологічні процеси. Класифікація

Хіміко-технологічний процес (ХТП) включає ряд фізичних, фізико-хімічних і хімічних процесів (операцій) і складається із трьох основних стадій.

У **першій стадії** протікають тільки фізичні процеси, тому вихідний реагент A хімічно незмінним переходить у **другу стадію**, де відбувається хімічна реакція й утворюються продукти R і S . Однак звичайно реакція не йде до кінця й частина реагенту A залишається без зміни. В **третьої стадії** хімічних перетворень ні, тут відбувається поділ продуктів: виділяються цільовий продукт R , побічний продукт S і вихідний реагент, що залишився, A , що може бути повернутий у початок процесу (рис. 7.1.)

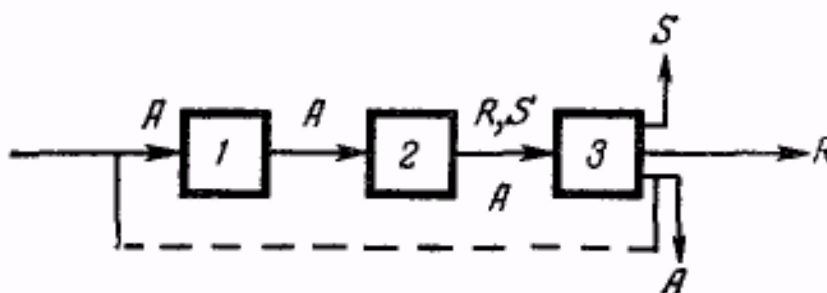


Рис. 7.1 – Принципова схема найпростішого хіміко-технологічного процесу:

1- підготовка сировини; 2 – хімічне перетворення; 3 – виділення цільового продукту

Таким чином, із трьох основних стадій ХТП перша й третя стадії (підготовка сировини й виділення цільових продуктів) у більшості випадків ставляться до фізичних або фізико-хімічних процесів; друга стадія – до хімічного.

Процеси хімічної технології :

Гідродинамічні (процеси переміщення рідини, газів, розділення сумішей, змішування рідких середовищ);

Теплові (нагрівання, конденсація, випаровування та ін.);
Масообмінні (дифузійні) (абсорбція і адсорбція, екстракція, перегонка, сушіння, кристалізація);
Механічні (застосовуються різні машини – змішувальні, дробильні прилади, гранулятори, преса та ін.)

7.4 Продуктивність та інтенсивність виробничих процесів

Однією з найважливіших задач сучасної ХТ є всебічне дослідження хіміко-технологічних процесів (ХТП) та умов його протікання, а також встановлення точних даних, виражених в математичній формі залежностей як від окремих стадій, так і всього процесу в цілому, від окремих факторів, тобто математичного опису процесу. Розвиток галузей цих видів продуктів, тобто до збільшення продуктивності.

Показником, що характеризує ефективність роботи машин, апаратів, цехів і заводів у цілому, є продуктивність.

ПРОДУКТИВНІСТЬ π називають кількість продукту, що виробляється, або сировини, що переробляється, V, ξ в одиницю часу τ :

$$\pi = V/\tau \text{ (м}^3\text{/час) або } \pi = \xi/\tau \text{ (кг/час)}$$

Підвищення продуктивності пов'язане з інтенсифікацією роботи апаратури, з введенням нових додаткових агрегатів, з підвищенням потужностей, підвищенням реакційного об'єму відповідної апаратури.

Продуктивність вимірюється в кілограмах у годину (кг/г), у тоннах у добу (т/доб), або в кубічних метрах у добу (м^3 /доб) і т.д.

Максимально можлива продуктивність, називається потужністю.

Інтенсифікація виробничих процесів може створюватись шляхом використання нових високоефективних каталізаторів, шляхом активізації процесу, широкого використання механізації та автоматизації в виробництві, шляхом розробки та впровадження нових технологічних ліній.

Для порівняння роботи апаратів і установок різної будови та розмірів, у яких протікають ті самі хімічні процеси, використовується поняття **інтенсивність**.

Зазвичай для розрахунку **інтенсивності** – продуктивність відносять до об'єму апарату V або до площі його поперечного перетину S :

$$i = \pi/V = \xi/\tau V \text{ (кг/час}\cdot\text{м}^3\text{)}; \quad (7.1)$$

$$i = \pi/V = V/\tau V \text{ (м}^3\text{/час}\cdot\text{м}^3\text{)}; \quad (7.2)$$

$$i = \pi/S = \xi/\tau S \text{ (кг/час}\cdot\text{м}^2\text{)}; \quad (7.3)$$

$$i = \pi/S = V/\tau S \text{ (м}^3\text{/час}\cdot\text{м}^2\text{)}; \quad (7.4)$$

Інтенсивність може вимірятися кількістю продукту, одержуваного протягом одиниці часу в одиниці об'єму апарата, наприклад (кг/рік· м³), або **на** одиниці перетину апарата (т/доб· м²) і т.д.

Інтенсифікувати процес можна:

- а) зміною конструкції апарату;
- б) удосконалюванням технологічних процесів існуючих апаратів.

Інтенсивність роботи апарату пропорційна швидкості процесу, тобто швидкості хімічної реакції, що протікає в даному апараті (кмоль/час·м³).

Створення та розробка нових технологічних схем процесів та апаратів передбачає МАХ збільшення швидкості реакції, що досягається так:

- 1) посиленням перемішування реагентів;
- 2) збільшенням поверхні контакту між речовинами;
- 3) використанням каталізаторів;
- 4) підвищенням температури та тиску;
- 5) зміною співвідношення концентрацій реагентів в реакційних сумішах.

З метою визначення оптимальних умов проведення ЗХТ їх поділяють:
- екзотермічні;
- ендотермічні.

7.5 Основні показники ефективності проведення хімічних реакцій. Класифікація хімічних реакцій

Глибина протікання реакції, від якої залежить ступінь використання сировини й інші показники хіміко-технологічного процесу, характеризується ступенем перетворення й виходом продукту, а для складних реакцій, крім того, селективністю.

Для оцінки ефективності протікання реакції використовуються наступні показники:

- 1) швидкість реакції;
- 2) ступінь перетворення;
- 3) вихід продукту;
- 4) селективність.

Інтенсивність протікання реакцій характеризується зміною кількості j-го компонента в ході реакції в одиницю часу в одиниці об'єму. Це ШВИДКІСТЬ ПО J-МУ КОМПОНЕНТУ W_j , або швидкістю перетворення, розходу або утворення j-го компонента:

$$W_j = \frac{1}{V_p} \cdot \frac{dn_j}{d\tau}; \left[\frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}} \right] \quad \text{для гомогенної реакції} \quad (7.5)$$

$$W_j = \frac{1}{F} \cdot \frac{dn_j}{d\tau}; \left[\frac{\text{моль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right] \quad \text{для гетерогенної реакції} \quad (7.6)$$

де n_j – число молей j -го компоненту; τ – час, с; V_R – реакційний об'єм, м³; F – поверхня контакту фаз, м².

Швидкість гомогенних реакцій виражалась через концентрацію j -го компоненту відповідно (1.1): $n_j = c_j V$ (V -об'єм реакційної суміші). Тоді:

$$W_j = \frac{1}{V_p} \cdot \frac{d(C_j V)}{d\tau} = \frac{C_j}{V_p} \cdot \frac{dV}{d\tau} + \frac{V}{V_p} \cdot \frac{dC_j}{d\tau} \quad (7.7)$$

Якщо $V = \text{const}$, тоді $dV = 0$ и $V = V_p$, то вираз (7.6) набуває наступного вигляду:

$$W_j = \frac{dC_j}{d\tau} \quad (7.8)$$

Таким чином, для гомогенної системи швидкість реакції - це зміна концентрації реагуючих речовин в одиницю часу.

Показником ефективності хімічного перетворення X_j та вихід цільового продукту Φ_j . За їх допомогою розраховують за вихідною кількістю реагенту, очікувану або фактично утворену кількість продукту.

СТУПІНЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ – величина, що характеризує повноту перетворення заданої вихідної речовини та визначається, як його прореагувала частка.

Реакція: $A \rightarrow R$;

$$x = \frac{n_0 - n}{n_0} \quad (7.9)$$

$$x = \frac{c_0 - c}{c_0} \quad (7.10)$$

де C_{A0} , C_A , n_0 , n – початкові та кінцеві концентрації та число молей відповідно.

З виразу (7.9) одержимо кількість прореагуваного реагенту:

$$n_0 - n = n_0 \cdot x$$

При протіканні незворотних реакцій величина X змінюється від 0 (перетворення ще відсутнє) до 1 (перетворення здійснилося повністю). Або ($0 \leq x \leq 1$). У випадку зворотних реакцій ступінь перетворення змінюється від 0 до якогось рівноважного ступеня перетворення $x^* < 1$. Або ($0 \leq x \leq x^* < 1$). При цьому:

$$x^* = \frac{n_0 - n^*}{n_0}. \quad (7.11)$$

де n^* – рівноважна кількість реагенту.

З виразу для ступеня перетворення можна знайти кінцеву кількість і концентрацію реагенту:

$$n = n_0(1-x) \quad (7.12)$$

$$c = c_0(1-x) \quad (7.13)$$

Продиференціювавши вирази, одержимо:

$$dn = -n_0 dx \quad (7.14)$$

$$dc = -c_0 dx \quad (7.15)$$

Підставимо вирази (7.12) і (7.13) в (7.5) і (7.8) і одержимо:

$$W_j = -\frac{n_0 \cdot dx_j}{V_p \cdot d\tau} \quad (7.16)$$

$$W_j = -C_0 \frac{dx_j}{d\tau} \quad (7.17)$$

Зв'язок між ступенем перетворення різних вихідних речовин визначається наступним шляхом:

Реакція: $\nu_A A + \nu_B B \rightarrow \text{ПР}$;

$$X_A = (N_{A0} - N_A) / N_{A0}; \quad (7.18)$$

$$X_B = (N_{B0} - N_B) / N_{B0}; \quad (7.19)$$

$$N_A = (1 - X_A) N_{A0}; \quad (7.20)$$

де ν_A, ν_B – стехіометричні коефіцієнти.

$$(N_{A0} - N_A) / \nu_A = (N_{B0} - N_B) / \nu_B; \quad (7.21)$$

тоді

$$N_{B0} - N_B = (N_{A0} - N_A) \cdot (\nu_B / \nu_A). \quad (7.22)$$

Помножимо та розділимо ліву частину на N_{B0} , праву на N_{A0} , та отримаємо:

$$N_{B0} (N_{B0} - N_B) / N_{B0} = (N_{A0} - N_A) \cdot (v_B / v_A) \quad (7.23)$$

ВИХІД ПРОДУКТУ - це відношення кількості фактично отриманого продукту реакції до теоретично можливого, яке вийшло б, якщо реагенти прореагували повністю.

$$\Phi = \frac{n_{np}}{n_{np.m}} = f(v) \frac{n_{np}}{n_{0исх}}. \quad (7.24)$$

Розглянемо реакцію:



Нехай n_{A0} і n_{B0} – початкова кількість речовин А і В. Припустимо, у ході реакції отримано продукту R у кількості n .

Тоді за стехіометрією реакції:

з v_A молей прореагувавшої речовини А одержали v_R молей R
з n_{A0} отримаємо x

$x = \frac{n_{A0} \cdot v_R}{v_A}$ – теоретична кількість продукту R, що утворилося б, якби вся

вихідна кількість речовини А прореагувала.

Тоді вихід продукту:

$$\Phi_{R(A)} = \frac{n_R}{n_{np.Rтеор.}} = \frac{n_R}{n_{A0} \cdot \frac{v_R}{v_A}} \quad (7.25)$$

Тоді отримаємо наступні розрахункові формули:

– вихід продукту R по речовині А

$$\Phi_{R(A)} = \frac{v_A}{v_R} \cdot \frac{n_R}{n_{A0}} \quad (7.26)$$

– вихід продукту R по речовині В

$$\Phi_{R(B)} = \frac{v_B}{v_R} \cdot \frac{n_R}{n_{B0}} \quad (7.27)$$

Вихід продукту, як і ступінь перетворення, не може бути менше нуля й більше одиниці ($0 \leq \Phi \leq 1$). Для простих реакцій вихід продукту дорівнює ступеню перетворення:

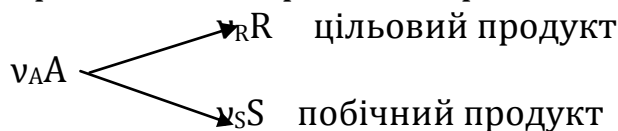
$$\Phi_R = x_A. \quad (7.28)$$

СЕЛЕКТИВНІСТЬ характеризує ефективність проведення складних реакцій, у яких утворюються цільові й побічні продукти. Це міра того наскільки повно й вибірково здійснюється реакція в напрямку одержання цільового продукту. Розрізняють два види селективності: загальну (інтегральну) і миттєву (диференціальну).

Загальна або інтегральна селективність – це відношення кількості вихідної речовини перетворившогося в цільовий продукт $n_{исх.цел}$ до загальної кількості реагенту, що пішов на реакцію $(n_0 - n)_{вих}$. Або виражаючи $n_{вих.цільий}$ через кількість отриманого цільового продукту $n_{пр.цільий}$, одержимо наступну залежність:

$$S = \frac{n_{исх.цел}}{(n_0 - n)_{исх.}} = f(v) \frac{n_{исх.цел}}{(n_0 - n)_{исх.}} \quad (7.29)$$

Наприклад, для паралельної реакції:



селективність цільового продукту R буде дорівнювати:

$$S_R = \frac{v_A}{v_R} \cdot \frac{n_R}{(n_{A_0} - n_A)} = \frac{v_A}{v_R} \cdot \frac{n_R}{n_{A_0} \cdot x_A} \quad (7.30)$$

Якщо в ході реакції $v_A = v_R = v_S = 1$, то $n_{A_0} = n_A + n + n$. Тоді:

$$S_R = \frac{n_R}{n_{A_0} - n_A} = \frac{n_R}{n_R + n_S} \quad (7.31)$$

Миттєва або диференціальна селективність визначається як відношення швидкості утворення цільового продукту $W_{np.}$ до швидкості витрати реагенту $W_{исх.}$:

$$S' = \frac{W_{np.}}{W_{исх.}} = \frac{dn_{np.}}{dn_{исх.}} \quad (7.32)$$

Наприклад, для розглянутої вище паралельної реакції миттєва селективність продукту R дорівнює:

$$S'_R = \frac{W_R}{W_A} \quad (7.33)$$

або

$$S'_R = \frac{W_R}{W_R + W_S} \quad (7.34)$$

Установимо залежність між виходом продукту, селективністю й ступенем перетворення.

З виразу (7.31) виразимо n :

$$n_R = S_R \cdot \frac{V_R}{V_A} \cdot (n_{A_0} - n_A) \quad (7.35)$$

і підставимо у вираз (7.26):

$$\Phi_{R(A)} = \frac{V_A}{V_R} \cdot S_R \cdot \frac{V_R}{V_A} \cdot \frac{n_{A_0} - n_A}{n_{A_0}} \quad (7.36)$$

Залежність буде мати вигляд:

$$\Phi_{R(A)} = S_R \cdot x_A. \quad (7.37)$$

Класифікація хімічних реакцій

Хімічна кінетика - наука, що вивчає швидкість і механізм протікання хімічних реакцій.

Як відомо, хімічна реакція протікає при зіткненні атомів або молекул.

1. По кількості молекул що одночасно беруть участь в елементарному акті хімічної реакції, реакції класифікують на:

- мономолекулярні;
- бімолекулярні;
- тримолекулярні елементарні реакції.

Імовірність одночасного зіткнення більше ніж трьох часток мала, по цьому чотиримолекулярні реакції невідомі.

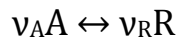
У більшості випадків стехіометричні рівняння не визначають правдивого механізму хімічної реакції. Більшість реакцій, стехіометричне рівняння яких містять велику кількість часток, складаються з ряду більш простих елементарних стадій, які протікають по моно-, бі- або тримолекулярному механізму.

2. За числом стадій реакції поділяються на:

- *одно стадійні* (прості), їх механізм описується одним стехіометричним рівнянням; →
- *багатостадійні (складні) реакції* - механізм цих реакцій описується двома й більше стехіометричними рівняннями.

Багатостадійні реакції за схемою перетворення можуть бути класифіковані на:

- *зворотні* - якщо реакція йде як у прямому так й у зворотному напрямку. Наприклад:



- *паралельні реакції* - якщо одночасно протікають дві або більше прості реакції, що мають хоча б одну спільну вихідну речовину.

Наприклад:



- *послідовні* - якщо продукт однієї реакції служить вихідною речовиною для іншої реакції. Наприклад:



- *змішані реакції* - являють собою сполучення зазначених вище реакцій:



3. Реакції можуть бути гомогенними й гетерогенними.

Гомогенні реакції протікають в однорідному середовищі (наприклад, у газовій фазі або розчині). Таким чином, гомогенні реакції відбуваються рівномірно в повному обсязі, заповненому реагуючими речовинами.

Гетерогенні реакції протікають у неоднорідному середовищі - між речовинами, які перебувають у різних фазах (твердої й рідкої, газової й рідкої й т.д.). Гетерогенні реакції - тільки на деяких прикордонних поверхнях - на границі розподілу фаз. Прикладом гетерогенної реакції може служити реакція між речовиною в газовій фазі й поверхнею рідкого або твердого тіла.

Матеріальний і енергетичний баланси

При розробці хіміко-технологічних процесів проводяться різноманітні розрахунки для кількісної оцінки операцій, що протікають, а також для визначення оптимальних значень параметрів технологічного процесу. У всіх випадках при розрахунках ураховуються закони гідродинаміки, тепло- і масопередачі й хімічної кінетики, тому розрахунки матеріальних потоків звичайно сполучаються з енергетичними розрахунками, для цього становлять матеріальний і енергетичний баланси.

Матеріальний баланс – це речовинне вираження закону збереження маси речовини, відповідно до якого у всякій замкнутій системі маса речовин, що вступили у взаємодію, дорівнює масі речовин, що утворилися в результаті цієї взаємодії, тобто прихід $\Sigma V_{\text{прих}}$ речовини дорівнює його витраті $\Sigma V_{\text{витр}}$.

Таким чином, рівняння матеріального балансу можна представити у вигляді:

$$\Sigma V_{\text{прих}} = \Sigma V_{\text{витр}}$$

Для періодичних процесів матеріальний баланс становлять розраховуючи на одну операцію, для безперервних процесів - за одиницю часу.

Матеріальний баланс становлять по рівнянню основної сумарної реакції з обліком паралельних і побічних реакцій. Він може бути складений для всіх речовин, що беруть участь у процесі, або тільки для однієї якої-небудь речовини. Звичайно враховуються не всі реакції, що протікають, і одержувані побічні продукти, а лише ті, які мають істотне значення, тобто матеріальний баланс носить наближений характер.

Матеріальний баланс становлять для процесу в цілому або для окремих його стадій. При цьому облік маси речовин виробляється окремо для твердої, рідкої й газової фаз, тому в загальному виді матеріальні баланси виражаються звичайно у вигляді рівняння, де маси твердих, рідких і газоподібних речовин, що надходять у виробництво або на дану операцію в одиницю часу; маси одержуваних продуктів.

Іноді при проведенні практичних розрахунків можуть не прийматися в увагу окремі фази (тверда, рідкій або газоподібна) або в одній якій-небудь фазі враховується існування декількох різних речовин, тому рівняння (1.35) відповідно спрощується або ускладнюється. При проектуванні звичайно задаються масою цільового продукту; масу сировини й масу побічних продуктів визначають по рівнянню матеріального балансу.

Математичний опис хімічних реакцій потрібен для будови їх математичних моделей, які називають КІНЕТИЧНИМИ. Дослідження та пізнання механізму реакцій є однією з найважливіших фундаментальних проблем, оскільки знання механізму відкриває можливості керування хімічними перетвореннями. Один з етапів це **стехіометричний аналіз**.

Важливий етап вивчення хімічних реакцій – **теоретичний аналіз кінетичних моделей**, який дозволяє отримати повну картину протікання реакцій в різних умовах (*термодинамічний (вплив температури, тиску і т.д.) та кінетичний аналіз (теоретичний оптимальний режим)*).

Контрольні запитання

1. Що вивчає хімічна технологія?
2. Зміст хімічної технології? Основні поняття та визначення.

3. Основні поняття ефективності хіміко-технологічного процесу.
4. Основні показники ефективності проведення хімічних реакцій.
5. Класифікація хімічних реакцій.
6. Поняття гомогенних та гетерогенних процесів.
7. Як визначають оптимальні параметри технологічного процесу.

Матеріальний та енергетичний баланс.

8. Математичне моделювання простих та складних хімічних реакцій.
9. Термодинамічні розрахунки при моделюванні хімічних процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зацерклянний, М. М. Процеси захисту навколишнього середовища [Текст] : підручник / М. М. Зацерклянний, О. М. Зацерклянний, Т. Б. Столевич Одес. нац. акад. харч. технологій. - Одеса : Фенікс, 2017. - 454 с. : табл., рис. - Бібліогр.: с. 452- 453. - ISBN 978-966-928-173-9.
2. Бесков В. С., Сафронов В. С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. – М.: Химия, 1999.
3. Закгейм А. Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. – М.: Химия, 1982.
4. Общая химическая технология: в 2 ч. / под ред. И. П. Мухленова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1984. – Ч. 1–2.
5. Процессы и аппараты химической технологии: в 5 т. Т. 1: Основы теории процессов химической технологии / под ред. А. М. Кутепова. – М.: Логос, 2000.
6. Кутепов А. М., Бондарева Т. И., Беренгартен М. Г. Общая химическая технология: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003.
7. Бесков В. С. Общая химическая технология. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005.
8. Дробноход М. І., Вольвач Ф. В., Дрюканов В. Г. та ін. Стійкий екологічно безпечний розвиток і Україна: Навч. посіб. — К., 2002. - 104 с.
9. Качинський А. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. – К.: НІСД, 2001. – 312 с.
10. Микитюк О.М., Злотін О.З., Бровдій В.М. Екологія людини: Підручник // 3-є вид., випр. і доп. — Харків: «ОВС», 2004. — 256 с.
11. Белов С.В. Охрана окружающей среды. – М.: Высшая Школа, 1991. –318 с.
12. Губский Ю.И., Долго-Сабуров В.Б., Храпак В.В. Химические катастрофы и экология. – К.: Здоровья, 1993. – 223 с.
13. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
14. Хижняк М.І., Нагорна А.М. Здоров'я людини та екологія. – К.: Здоров'я, 1995.–230 с.
15. Злобін Ю.А. Основи екології. – К.: Лібра, 1998. – 248 с.

Навчальне видання

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ**

Конспект лекцій

Підписано до друку 01.10.2021. Формат 60x84 1/16.

Умовн.-друк. арк. 5,8.

Вид. № 49/21.

Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

www.nuczu.edu.ua

