

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

А. С. Рогозін

ЗАХИСТ ВІД ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної та заочної форм навчання зі спеціальності
263 – Цивільна безпека, освітні програми «Охорона праці»,
«Аудит та консалтингова діяльність в охороні праці»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2023

УДК 355.587(078)

Рогозін А. С. Захист від техногенного впливу : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 263 – Цивільна безпека, освітні програми «Охорона праці», «Аудит та консалтингова діяльність в охороні праці» / А. С. Рогозін ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 67 с.

Автор

канд. техн. наук, доц. А. С. Рогозін

Рецензент

В. В. Барбашин, доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

*Рекомендовано кафедрою охорони праці та безпеки життєдіяльності,
протокол № 1 від 29.08.2022*

Конспект лекцій складено з метою допомогти студентам під час підготовки до занять, іспиту з курсу «Захист від техногенного впливу»

© А. С. Рогозін, 2023

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ..... | 4 |
| Лекція 1 Навколишнє середовище на промислових підприємствах | 5 |
| 1.1 Види забруднення навколишнього середовища. Природне і антропогенне забруднення | 5 |
| 1.2 Класифікація промислових забруднень біосфери | 6 |
| 1.3 Сучасне промислове підприємство і навколишнє середовище ... | 8 |
| Лекція 2 Основні види енергетичного забруднення довкілля | 11 |
| 2.1 Теплове забруднення | 11 |
| 2.2 Віброакустичне забруднення | 12 |
| 2.3 Радіоактивне забруднення та іонізуючі випромінювання | 14 |
| Лекція 3 Загальна характеристика викидів в атмосферу..... | 18 |
| 3.1 Групи антропогенних викидів в атмосферу | 18 |
| 3.2 Зниження ступеня забруднення повітряного середовища населених пунктів..... | 21 |
| 3.3 Загальна характеристика систем очищення викидів в атмосферу..... | 26 |
| Лекція 4 Захист атмосферного повітря від викидів промислового пилу | 28 |
| 4.1 Апарати сухого очищення газів від пилу | 28 |
| 4.2 Електрофільтри | 30 |
| 4.3 Установки мокрого очищення газів | 33 |
| Лекція 5 Очищення викидів газо- та пароподібних домішок | 38 |
| 5.1 Метод абсорбції | 38 |
| 5.2 Метод адсорбції | 39 |
| 5.3 Метод хемосорбції, каталітичний та біохімічний методи очищення | 39 |
| 5.4 Метод термічної нейтралізації | 40 |
| 5.5 Вибір типу очисних пристроїв та фільтрів | 41 |
| Лекція 6 Основні джерела забруднення водоймищ | 42 |
| 6.1 Джерела забруднення гідросфери | 42 |
| 6.2 Забруднення природних вод України | 45 |
| 6.3 Основні види стічних вод | 48 |
| 6.4 Особливості забруднення побутовими стічними водами | 49 |
| Лекція 7 Механічні методи очищення стічних вод | 51 |
| 7.1 Проціджування та відстоювання..... | 51 |
| 7.2 Нафтовловлення, усереднення | 53 |
| 7.3 Виділення механічних домішок у полі дії відцентрових сил та фільтрування | 54 |
| Лекція 8 Захист літосфери | 57 |
| 8.1 Ґрунти та поверхня землі | 57 |
| 8.2 Рациональне використання земельних надр | 60 |
| 8.3 Охорона ґрунтів | 62 |
| Список рекомендованої літератури..... | 66 |

ВСТУП

Сучасне суспільство стикається зі значними викликами, пов'язаними з технологічним розвитком і швидким темпом прогресу. З одного боку, технології допомагають нам вирішувати складні завдання, поліпшують якість життя та забезпечують нові можливості. З іншого боку, вони можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище, грожити безпеці людей та викликати руйнування.

Саме з метою забезпечення безпеки і збереження нашого оточення виникає необхідність у вивченні дисципліни «Захист від техногенного впливу». Ця дисципліна включає в себе комплекс знань, методів та прийомів, спрямованих на усунення, пом'якшення та попередження наслідків техногенних катастроф, аварій та інших небезпечних ситуацій, які можуть виникнути у зв'язку з діяльністю людини.

Під час циклу лекцій з дисципліни «Захист від техногенного впливу» ми розглянемо різні аспекти техногенної безпеки, починаючи з аналізу сучасних технологій і їх можливих наслідків для людства та довкілля. Ми дослідимо причини техногенних аварій і катастроф, оцінимо їхні наслідки та шляхи запобігання. Також буде розглянуто методи та засоби забезпечення техногенної безпеки.

Метою циклу лекцій з дисципліни «Захист від техногенного впливу» є формування у студентів глибокого розуміння проблем, пов'язаних з техногенними загрозами та їхнім впливом на людське життя, природне середовище і соціально-економічний розвиток.

Під час лекцій ви ознайомитеся з основними поняттями, теоретичними моделями та принципами, які лежать в основі захисту від техногенного впливу. Крім того, будуть розглянуті сучасні підходи до проєктування безпечних технологій та інженерних систем, включаючи застосування інноваційних матеріалів і методів. Ви дізнаєтеся про важливість впровадження превентивних заходів та систем моніторингу для виявлення та контролю потенційних небезпек.

Крім теоретичних знань, під час лекцій буде надано можливість аналізувати реальні приклади техногенних аварій і вивчати їх наслідки. Ви ознайомитеся з історичними фактами та важливими випадками, пов'язаними з виникненням надзвичайних ситуацій, що сталися у різних галузях промисловості та технологій.

Після успішного завершення цього курсу ви будете мати необхідні знання та навички для виявлення потенційних небезпек, аналізу ризиків та розробки стратегій захисту від техногенного впливу. Ви будете готові до ефективної роботи в галузях, пов'язаних з безпекою.

ЛЕКЦІЯ 1 НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

1.1 Види забруднення навколишнього середовища. Природне і антропогенне забруднення.

1.2 Класифікація промислових забруднень біосфери.

1.3 Сучасне промислове підприємство і навколишнє середовище.

1.1 Види забруднення навколишнього середовища. Природне і антропогенне забруднення

Види забруднення навколишнього середовища. Природне і антропогенне забруднення.

Наука і техніка є надзвичайно важливим аспектом розвитку суспільства, оскільки це є елементом взаємозв'язку природи і суспільства, і вони стали основним засобом раціонального використання природних ресурсів. Науково-технічна революція, що розпочалась у середині ХХ століття і є одним з найбільш складних і важливих явищ у сучасному суспільстві, поставила перед людством цілу низку складних проблем, в тому числі загальних соціально-економічних, екологічних, характерних для різних суспільно-економічних ладів.

Проте надмірне використання природних ресурсів призвело до енергетичної кризи, до зростання забруднення навколишнього середовища і до багатьох інших негативних наслідків. У виробництво втягуються значні обсяги природних ресурсів, постійно збільшується використання корисних копалин. Усе це призводить до порушення екологічної рівноваги. Відбувається інтенсивне забруднення навколишнього середовища виробничими відходами. Самоочисна функція біосфери не справляється із значною кількістю забруднень, яка продовжує зростати. Порушення екологічної рівноваги обертається величезною загрозою для існування багатьох видів представників флори та фауни, здоров'я людини [2].

Науково-технічний і соціальний прогрес супроводжується величезними перетвореннями усього навколишнього природного середовища і переважно - негативними. Причиною цього є неадекватність принципів і методів втручання людини у природу і, як наслідок – забруднення природного середовища зростаючою кількістю відходів виробництва.

Прогрес, який супроводжується зростанням чисельності населення на Землі, призводить до того, що діяльність людини щоразу більше впливає на міграцію хімічних елементів у біосфері. Забруднення навколишнього середовища, що досягнуло критично небезпечних обсягів для життя людини, охоплює всю біосферу – атмосферне повітря, водойми, ґрунт і здійснює негативний вплив на умови існування фауни та флори. Хімізація, канцерогенні речовини, іонізуючі випромінювання, теплові викиди, електромагнітні випромінювання та поля, шум, вібрація, інфра- та ультразвук стали загальновідомими компонентами, які негативно впливають на довкілля.

Забруднення охоплює всі сфери навколишнього середовища. Розуміння впливу комплексу чинників навколишнього середовища на формування певного способу життєдіяльності людини і способу існування усіх складових біосфери в період науково-технічної революції є важливим і потужним важелем у відкритті нових можливостей підвищення екологічної безпеки.

1.2 Класифікація промислових забруднень біосфери

Сучасне суспільство знаходиться в органічному зв'язку з природою, перетворює її за допомогою техніки, причому в таких дієвих масштабах, які зумовили формування штучного середовища існування людини, яке щодалі набуває риси цілісної оболонки, що трактується як техносфера Землі. Техніка допомагає людині задовольняти багато потреб, проте вона є головною причиною змін, які відбуваються у природі (антропогенні зміни), які є небажаними для всіх мешканців біосфери. Викиди промислових підприємств, енергетичних систем і транспорту в атмосферу, водойми і надра на сучасному етапі розвитку досягли таких розмірів, що в ряді районів, особливо в значних промислових центрах, рівні забруднень істотно перевищують допустимі санітарні норми.

Забруднення – привнесення або утворення у середовищі зазвичай не характерних для нього фізичних, хімічних, інформаційних чи біологічних агентів; перевищення в досліджуваній період часу природного середньобагаторічного рівня (у межах його граничних коливань) концентрацій перелічених агентів у середовищі, що нерідко призводить до негативних наслідків; або збільшення концентрації фізичних, хімічних, інформаційних чи біологічних агентів понад встановлену кількість.

У загальному вигляді забруднення – це все те, що не в тій кількості виявляється у природі і порушує в її системах рівновагу, відхиляється від звичайних чи звичних для людини норм [4].

За масштабами поширення забруднення поділяються на глобальні, регіональні та локальні.

Глобальні забруднення можна виявити на всій території планети, наприклад, заборонений препарат ДДТ виявлено навіть в Антарктиці.

Регіональне забруднення – привнесення в середовище або виникнення в ньому нових фізичних, хімічних, біологічних чинників, не притаманних йому, або перевищення природної середньорічної концентрації згаданих чинників у середовищі, що виявляється в значних межах, але не охоплює всю планету.

Локальне забруднення поширюється на невеликий регіон і спостерігається навколо населених пунктів, промислових підприємств.

Виведення в навколосезонний та космічний простір різноманітних об'єктів, які з часом виходять з ладу, руйнування ядерних силових установок, які знаходяться на орбіті, зумовлює загальне та радіаційне забруднення космосу, створює перешкоди функціонуванню радіотехнічних пристроїв та астрономічних приладів.

Втручання людини у природні процеси біосфери, яке спричиняє небажані для екосистем антропогенні зміни, можна згрупувати за наступними видами забруднень:

а) інгредієнтне забруднення – забруднення сукупністю речовин, кількісно або якісно ворожих природним біогеоценозам (інгредієнт – складова частина складної сполуки або суміші);

б) параметричне забруднення – пов'язане зі зміною якісних параметрів навколишнього середовища (параметр навколишнього середовища – одна з його властивостей, наприклад, рівень шуму, радіації, освітленості тощо);

в) біоценотичне забруднення – полягає у впливі на склад та структуру популяції живих організмів;

г) стаціонально-деструктивне забруднення (стація – місце існування популяції, деструкція – руйнування) – викликає зміну ландшафтів та екологічних систем у процесі природокористування.

До 60-х років минулого століття під охороною природи розуміли переважно захист тваринного та рослинного світу від знищення.

Відповідно і формами цього захисту було створення територій, які охоронялися, обмеження промислу окремих тварин тощо. Вчених та громадськість турбували перш за все біоценотичний та частково стаціонально-деструкційний вплив на біосферу. Інгредієнтне та параметричне забруднення існувало також, але воно не було настільки багатограним та масованим, як тепер, практично не містило штучно створених сполук, котрі не підлягають природному розкладанню, тому природа з таким забрудненням справлялася самостійно.

Наприклад, у річках з непорушеним біоценозом та з нормальною швидкістю течії, яка не сповільнювалася гідротехнічними спорудами, під впливом перемішування, окислення, осадження, поглинання та розкладання редуцентами, знезараження сонячним випромінюванням забруднена вода повністю відновлювала свої властивості на відстані 30 км від джерел забруднення.

До середини ХХ століття темпи інгредієнтного та параметричного забруднень зросли і їх якісний склад змінилися настільки різко, що на значних територіях здатність природи до самоочищення була втрачена.

Наприклад, здатність ґрунту самоочищатися порушується різким зменшенням у ньому кількості редуцентів, що відбувається під впливом нестримного застосування пестицидів, та мінеральних добрив, вирощування монокультур, повного прибирання з полів всіх частин вирощених рослин тощо.

А відтак новим змістом наповнилося і поняття охорони природи. Основні зусилля тепер скеровано на зниження рівня матеріального та енергетичного забруднення довкілля.

У більшості випадків забруднення – це відходи різних виробництв, що утворюються поряд з готовою продукцією в результаті переробки природних ресурсів – палива, сировини, кисню повітря, води тощо. Відходи виробництва

можна розглядати як продукти своєрідного «обміну речовин» між індустріально розвиненим суспільством і природою, як своєрідні «екскременти виробництва». Типовим «організмом», що здійснює такий «обмін речовин», є сучасне промислове місто.

1.3 Сучасне промислове підприємство і навколишнє середовище

У системі «суспільство – природне середовище» основною ланкою є підприємство незалежно від його галузевої належності, відомчої підлеглості і форми власності. Саме на підприємстві починається і реалізується поетапний процес впливу на екосистему (розвідка ресурсів, розроблення родовищ, їх облаштування; видобуток і збагачення сировини, його переробка для отримання готової продукції; використання останньої аж до включення її після реалізації у кругообіг речовин у природі). Цей процес супроводжується як споживанням ресурсів з екосистеми, так і надходженням у неї відходів, нереалізованої енергії і т. д., може бути поданий у кількісному відношенні балансом речовин енергії, а в якісному – оцінкою змін параметрів екосистем різного рівня. Цей процес на підприємстві супроводжується послугами допоміжних підрозділів (енергозабезпечення, водозабезпечення, матеріальне забезпечення, транспорт, зв'язок, управління).

Схему обміну речовинами промислових підприємств з навколишнім середовищем, внаслідок якого відбувається забруднення довкілля, наведено на рисунку 1.1.

За походженням промислові забруднення поділяються на:

- механічні (запилення атмосфери, тверді частки і різноманітні предмети у воді і ґрунті);
- хімічні (газоподібні, рідкі і тверді хімічні сполуки й елементи, що потрапляють в атмосферу та гідросферу і вступають у взаємодію з навколишнім середовищем);
- фізичні (усі види енергії, як відходи різноманітних виробництв – теплової, механічної, зокрема вібрації, шум, ультразвук, освітлення, електромагнітні випромінювання);
- біологічні (усі види організмів, що з'явилися за участю людини і які завдають шкоди їй самій або живій природі).

Джерела забруднення навколишнього середовища, зокрема атмосферного повітря, поділяються на:

- зосереджені (точкові) – димові і вентиляційні труби, шахти;
- розсіяні – аераційні ліхтарі цехів, ряди близько розташованих труб, відкриті склади тощо.

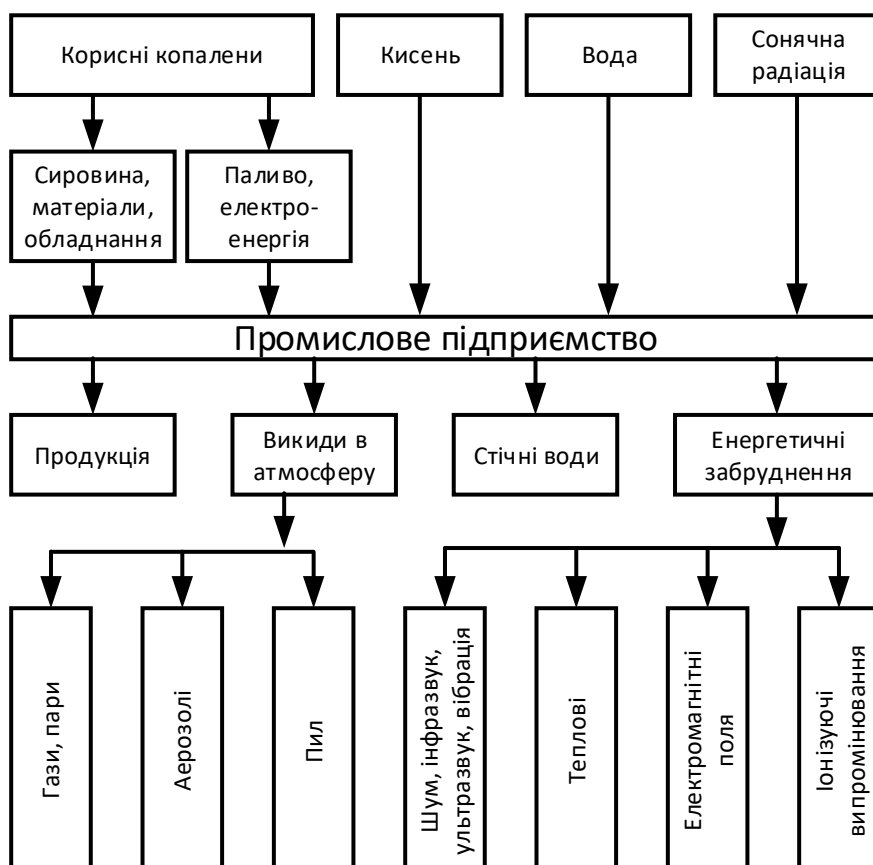


Рисунок 1.1 – Обмін речовинами та енергією сучасного промислового підприємства з навколишнім середовищем

Джерела можуть бути також безперервної і періодичної дії.

Забруднення поділяються на 2 основні групи: матеріальні (речовини), які включають механічні і хімічні забруднення (запилення атмосфери, тверді частинки у воді і ґрунті, газоподібні, рідкі і тверді хімічні сполуки і елементи), та енергетичні забруднення (теплота, шум, вібрація, ультразвук, світло, інфрачервоне (ІЧ) та ультрафіолетове (УФ) випромінювання, електромагнітне поле (ЕМП), іонізуючі випромінювання). Об'єднання механічних і хімічних забруднень в одну групу зумовлене тим, що значна частина речовин здійснює на довкілля обидва види впливу, а деякі види забруднень (радіоактивні) можуть бути матеріальними й енергетичними.

За основу класифікації матеріальних забруднень прийнято:

- середовище поширення – (повітря, вода, ґрунти);
- їх агрегатний стан (газоподібні, рідкі, тверді);
- застосовувані методи знешкодження;
- а також ступінь токсичності забруднення.

Наприклад, для хімічної промисловості характерними є токсичні відходи, а для машинобудування – більш характерні відходи хімічно інертні (CO₂, абразиви і т. п.). Слід зазначити, що абсолютно нешкідливих відходів не існує (CO₂ знижує у повітрі відносний вміст O₂, а абразивний пил, потрапляючи на слизові поверхні очей і верхніх дихальних шляхів може

призвести до захворювань). Саме тому шкідливі речовини часто ототожнюються з поняттям «токсичні речовини» навіть за відсутності власне отруйних властивостей.

Здійснюючи негативний вплив на навколишнє середовище, забруднення також можуть піддаватися певному впливу довкілля. За цією ознакою (тобто *за впливом з боку навколишнього середовища*) забруднення поділяються на:

- стійкі (що не руйнуються);
- нестійкі, що руйнуються під впливом природних хіміко-біологічних процесів.

Ці викиди залежно від складу шкідливих речовин класифікуються за агрегатним станом цих речовин і за масовими викидами, тобто за масою речовин, що викидаються за одиницю часу. За хімічним складом викиди поділяються на групи; в залежності від розміру частинок – на підгрупи.

Найбільш негативний вплив на середовище України чинять гірничовидобувні, енергетичні підприємства, промислово-територіальні комплекси, промислово-міські агломерації тощо. Основними чинниками антропогенного впливу на геологічне середовище є скидання стічних вод, викиди твердих та газоподібних речовин в атмосферу, складування твердих відходів, розробка родовищ корисних копалин тощо.

ЛЕКЦІЯ 2 ОСНОВНІ ВИДИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

2.1 Теплове забруднення.

2.2 Віброакустичне забруднення.

2.3 Радіоактивне забруднення та іонізуючі випромінювання.

2.1 Теплове забруднення

Останнім часом дедалі актуальнішою постає проблема теплового забруднення довкілля, яке пов'язане з нагріванням атмосфери, гідросфери, і що призводить до змін флори і фауни в окремих регіонах і суттєво впливає на глобальне потепління на Землі в цілому. Теплове (термальне) забруднення довкілля нерозривно пов'язане з явищем парникового ефекту.

Антропогенний вплив (домінуючим серед якого є промисловий) на довкілля призводить до «підігрівання» атмосфери внаслідок спалювання великої кількості вугілля, нафти, газу шляхом прямого викидання тепла у довкілля і при охолодженні технологічних нагрітих вод, а також нагрівання природних водоймищ внаслідок скидання підігрітих вод з промислових підприємств і теплових електростанцій в ріки й озера.

Серед найбільших техногенних джерел теплового забруднення довкілля слід відзначити об'єкти теплоелектроенергетики та теплопостачання, металургійні підприємства, транспорт, підприємства, де використовується нагріта вода чи водяна пара, випаровувальні або охолоджувальні башти (градирні) тощо.

Так, викиди підприємств чорної металургії мають температуру 300–400 °С, а іноді й близько 800 °С. У деяких промислових районах концентрація теплової енергії завдяки промисловості значно зросла, над промисловими центрами, де теплові аномалії вже на кілька градусів перевищують норму, з'явилися теплові ореоли. Їх добре помітно на космічних знімках земної поверхні.

Найбільші проблеми термального забруднення пов'язані з теплоелектроенергетикою. Незважаючи на низку недоліків, притаманних електростанціям, де для вироблення електроенергії використовується водяна пара, зокрема низька ефективність використання потенційної енергії вугілля (37–39 %) і ядерної енергії (31 %), вони продовжують існувати.

Викиди теплоти є одним з основних чинників взаємодії теплоенергетичних об'єктів з навколишнім середовищем, частково з атмосферою і гідросферою. Виділення тепла відбувається на всіх стадіях перетворення хімічної енергії органічної речовини чи ядерного палива для вироблення теплової енергії. Велика частина теплоти, яку отримує охолоджувальна вода в конденсаторах парових турбін, передається у охолоджувальні споруди, водойми, водостоки, а звідти в атмосферу (температура в місці скидання нагрітої води підвищується, що призводить до

підвищення середньої температури поверхні водойми, і відповідно температура атмосферного повітря над теплоенергетичною установкою підвищується завдяки енергії, виділеній цією установкою в атмосферу).

Зокрема, для електростанції потужністю 1 000 МВт потрібно озеро площею 810 га, глибиною близько 8,7 м.

Електростанції можуть підвищувати температуру води в порівнянні з навколишньою на 5–15 °С. Якщо температура води у водоймі становить 16 °С, то температура відпрацьованої на станції води буде від 22 °С до 28 °С. У літній період вона може досягати 30–36 °С.

Підвищення температури води здатне порушити структуру рослинного світу водойм. Характерні для холодної води водорості замінюються більш теплолюбними і, зрештою, за високих температур цілком ними витісняються.

Усі перелічені вище наслідки теплового забруднення водойм та атмосфери наносять величезну шкоду природним екосистемам і призводять до згубних змін середовища існування людини.

Збитки, що утворилися в результаті теплового забруднення, можна розділити на:

- економічні (втрати внаслідок зниження продуктивності водойм, витрати на ліквідацію наслідків від забруднення тощо);
- соціальні (естетичні втрати від деградації ландшафтів, шкода рекреаційним ресурсам тощо);
- екологічні (необоротні руйнування унікальних екосистем, зникнення видів, генетичний збиток тощо).

На сучасному етапі проблема взаємодії промислових об'єктів – джерел теплових викидів у довкілля, і навколишнього середовища набула нових ознак, поширюючи свій вплив на значні території, велику кількість річок і озер, величезні об'єми атмосфери і гідросфери.

Вирішенню цієї проблеми повинен сприяти науково-технічний прогрес за умови його екологізації, що сприятиме розробці нових технологій охолодження або більш економічних методів та обладнання з усунення теплового забруднення.

2.2 Віброакустичне забруднення

У зв'язку зі зростанням кількості автомашин, індустріалізацією міст, зростанням транспортної рухливості населення, зростанням технічного оснащення міського господарства розширюються взаємозв'язки між техногенним середовищем міста і природним середовищем. Сільські ландшафти, приміські території зазнають активного впливу шосейних доріг і залізниць, морських і річкових портів. Віброакустичне забруднення довкілля є однією з найактуальніших проблем сьогодення.

Найбільшими джерелами шуму та вібрації є промислові об'єкти і великі бази будівельної індустрії, енергетичні установки, залізничні вузли і станції, великі автовокзали і автогосподарства, мотелі і кемпінги, трейлерні парки тощо.

У багатьох містах домінуючими джерелами шуму та вібрації є промислові підприємства і будівельні майданчики, міський транспорт. У різних за величиною містах України рівні шуму на транспортних магістралях досягають у середньому 75–80 дБА. Населення, яке проживає поблизу магістралей з інтенсивним рухом транспорту, піддається впливу еквівалентного рівня звуку 77–84 дБА. Так, зашумленість мікрорайону сел. Котовського (м. Одеса) складає від 55 дБА (в глибині мікрорайону) до 75–80 дБА в зонах, які безпосередньо прилягають до транспортних магістралей, еквівалентні рівні звуку складають 80–85 дБА.

Розташування аеропортів у межах міст призводить до значного акустичного дискомфорту у житлових районах, над якими проходять траси польотів, оскільки створюється шум з максимальними й еквівалентними рівнями відповідно 105-116 і 87-98 дБА, що значно перевищує нормативно допустимі значення.

Шум від залізниці проникає на територію прилеглої житлової забудови і на відстані 7,5 м від першої колії залізничного полотна максимальні рівні звуку при проїзді електропотяга досягають 88 дБА, вантажного потяга – 90–93 дБА.

Рівень звуку, який проникає у житлові приміщення не повинен перевищувати 30 дБ у нічний час і 40 дБ у денний час. Високий рівень шуму створюють промислові об'єкти, транспортні потоки на магістральних вулицях, що значно порушує умови відпочинку населення, впливає збудливо на центральну нервову і серцево-судинну системи, викликає напруження захисно-адаптаційних механізмів в організмі людини, зумовлює розвиток атеросклерозу тощо [1].

При вирішенні питань щодо шумозниження у виробничих приміщеннях та на території промислових майданчиків необхідно також враховувати, що часто шум діє більш негативно на осіб, які безпосередньо не пов'язані з технологічним процесом, що генерує даний шум, а знаходяться поблизу, на інших, відносно безшумних ділянках або на прилеглих територіях поблизу промислових об'єктів.

Ось чому серед населення, яке проживає у шумних районах міста, випадки серцево-судинних захворювань у декілька разів частіші, ніж у мешканців тихих районів. Доведена наявність кореляції між інтенсивністю шуму і захворюваністю населення. Виявлена також залежність захворювань серцево-судинної системи від дії міського шуму. Рівень цієї патології у жінок, що не працюють, але проживають у будинках, де рівень шуму досягає 70–75 дБ, у 2–3 рази вищий, ніж у жінок, що проживають у будинках, де середній рівень шуму нижчий за 70 дБА. Встановлена також кореляція між захворюваністю домогосподарок та рівнем шуму. Згідно з даними багатьох вчених, в умовах побуту найбільш характерними симптомами дії шуму є роздратованість, втомлюваність та порушення концентрації уваги, пам'яті. У таких умовах проживання виявляється в 3 рази більше хворих ішемічною хворобою серця, ніж у мешканців тихого району.

За твердженнями фахівців Українського гігієнічного центру при МОЗ України, близько 40 % загальної площі середньостатистичного міста (з населенням 750 тис. жителів) непридатні для нормального проживання через надмірне акустичне забруднення, у містах з мільйонним населенням жителі магістральних вулиць відчувають значне шумове навантаження, яке в ряді випадків сягає 83–90 дБ, причому на 54,8–86,5 % джерелом підвищеного рівня шуму є автотранспорт. Між тим гранично допустимий рівень шуму на територіях, що прилягають до будинків, на протязі доби становить 70 дБ від 7 години до 23 години і 60 дБ від 23 години до 7 години.

Промислові шум і вібрації шкідливі не лише для людини. Встановлено, що рослини під впливом шуму повільніше ростуть, у них спостерігається надмірне (навіть повне, що призводить до загибелі) виділення вологи через листя, можливі порушення клітин. Гинуть листя і квіти рослин, що розміщені біля гучномовця. У клітинах рослини відбуваються метаболічні зміни морфологічних ознак або навіть і генні мутації. Ці явища справляють дуже негативний вплив на еволюцію рослин на сучасному етапі розвитку через те, що виживають переважно мутанти з різними відхиленнями від нормального розвитку (кривий стовбур, змінені листки тощо). Внаслідок таких мутацій, особливо в містах, підвищується кількість дерев мутагенної структури.

Соціальний характер проблеми віброакустичного забруднення середовища свідчить про те, що боротьба з цими явищами – завдання не тільки технічне, а й суспільне. У проблемі взаємодії людського суспільства і природи важливе місце посідає активна боротьба з шумовим та вібраційним забрудненням довкілля.

2.3 Радіоактивне забруднення та іонізуючі випромінювання

Захист організму людини та інших живих організмів від радіоактивного опромінення у зв'язку зі зростаючим радіоактивним забрудненням планети – одна з найактуальніших проблем екології.

Усі види флори та фауни Землі протягом мільйонів років виникали та розвивалися під постійним впливом природного радіоактивного фону й пристосовувалися до нього. Життя еволюціонувало на фоні випромінювання, створюваного радіоактивними ізотопами низки хімічних елементів, які знаходяться в гірських породах, у ґрунті, воді, повітрі, а також внаслідок впливу космічного жорсткого опромінювання. Значний період біологічної історії Землі природний фон залишався незмінним і зумовлював дозу радіації близько 10^{-3} Гр/рік (Гр – грей – одиниця оцінювання поглиненої дози іонізуючого випромінювання).

Природними джерелами радіоактивного опромінювання, що здійснює іонізуючий вплив на організми є: космічні промені, ґрунт (особливо розкритий під час видобутку корисних копалин), скельні породи, споруди з природних будівельних матеріалів, внутрішні джерела опромінювання організму (переважно радіоактивно забруднені продукти харчування, вода, повітря) та ін.

Штучними джерелами та процесами, які можуть спричиняти іонізуюче опромінювання можуть бути певні медичні процедури, специфічне технологічне обладнання, телевізійна і комп'ютерна техніка, польоти у літаках, працюючі АЕС, вугільні ТЕС, випробування ядерної зброї, радіоактивні опади та ін.

Штучно створені радіоактивні речовини, ядерні реактори, спеціалізоване устаткування сконцентрували незнані раніше у природі обсяги іонізуючого випромінювання, до чого природа виявилася непристосованою. За останні 50 років рівень радіоактивного фону істотно підвищився внаслідок впливу радіоактивних відходів від АЕС та інших потенційно радіаційно-небезпечних об'єктів, але більш суттєво – завдяки радіоактивним опадам внаслідок випробувань ядерної зброї. Так, у період з 1945 до 1975 рр. було здійснено 1 165 ядерних вибухів різного характеру, що безсумнівно завдало значної шкоди навколишньому природному середовищу.

Зв'язки між життям, здоров'ям людей, станом флори та фауни й сучасним рівнем радіаційного забруднення всієї планети та окремих її регіонів дуже складні. Нині головними джерелами радіоактивних забруднень біосфери є радіоактивні аерозолі, які потрапляють в атмосферу під час випробувань ядерної зброї, аварій на АЕС та радіоактивних виробництвах, а також радіонукліди, що виділяються з радіоактивних відходів, захоронених на суходолі й у морі, з відпрацьованих атомних реакторів і устаткування. Радіоактивні опади залежно від розміру частинок і висоти їх виносу в атмосферу мають різний час осідання та радіус поширення.

Під час аварій атомних реакторів, розгерметизації захоронень радіоактивних відходів радіаційний бруд поширюється на десятки й сотні кілометрів, внаслідок вибухів ядерних бомб по всій планеті.

Критичними ланками природних екосистем, в яких відбувається акумуляція радіонуклідів і створюються високі дозові навантаження є лісова підстилка, тонкий шар цілинних ґрунтів.

За силою та глибиною впливу на організм іонізуючого випромінювання вважається найсильнішим. Різні організми мають неоднакову стійкість до дії радіоактивного опромінення, навіть клітини одного організму мають різну чутливість. Кінцевий результат опромінення (крім віддалених наслідків) залежить не стільки від повної дози, скільки від її потужності, тобто часу, протягом якого вона накопичена, а також від характеру її розподілу. Це пов'язано з тим, що в живих організмах у відповідь на опромінення, як і на інші подразники середовища, включаються захисні механізми системи адаптації (компенсації), які мають забезпечити стабільність функціонування організму і відновити зруйновані функції. Результат залежить від співвідношення кількості ушкоджених тканин і захисно-відновної здатності організму.

Різні біологічні об'єкти мають різний рівень радіочутливості. Наприклад, деякі найпростіші організми, бактерії, віруси здатні переносити величезні дози радіації 1 000–10 000 Гр і при цьому зберігати свою

життєдіяльність. Аналіз нещасних випадків показує, що абсолютна смертельна доза для людини, це 600 ± 100 Р (Р – рентген – одиниця оцінювання потужності експозиційної дози випромінювання), а безпосередні (найближчі) ефекти опромінення не розвиваються при дозах, менших 100 Р у результаті короткотривалого опромінення. Загалом чутливість клітини до опромінення залежить від швидкості процесів обміну, що відбуваються у них, кількості внутрішньоклітинних структур та інтенсивності поділу клітин.

Іонізуючі випромінювання поділяються на електромагнітні (фотонні) – гамма та рентгенівські випромінювання, а також на корпускулярні (складаються із потоку частинок, маса спокою яких відмінна від нуля) – потоки альфа-, бета- частинок, протонів, нейтронів та ін. З точки зору впливу на організм людини і ссавців найбільш важливими є три типи іонізуючих випромінювань – іонізуючі випромінювання α , β , і γ .

α -випромінювання – це потік ядер гелію, що становлять позитивно заряджені частинки, які складаються з двох нейтронів і двох протонів. Ці промені мають найменшу проникну здатність, а тому як зовнішній випромінювач вони мало небезпечні. Проте завдяки високій іонізуючій здатності α -частинок дуже небезпечне внутрішнє опромінення організму, оскільки у цьому випадку відбувається локальне опромінювання тих чи інших органів.

β – це потік заряджених негативно (електрони) або позитивно (позитрони) частинок.

γ -випромінювання – це короткохвильове електромагнітне випромінювання, яке за своїми властивостями подібне до рентгенівського, проте має значно вищу швидкість поширення та енергію, що забезпечує дуже високу проникну здатність γ -променів.

Енергія частинок іонізуючого випромінювання оцінюється у позасистемних одиницях – електрон-вольтах (eV): $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19}$ Дж.

Ступінь впливу радіоактивного випромінювання на біологічні об'єкти, зокрема на організм людини, залежить від кількості енергії, переданої тканинам організму випромінюванням (доза). Характеристикою радіаційної небезпеки і мірою дії випромінювання в якому-небудь середовищі є доза випромінювання.

Сучасними дослідженнями встановлено, що відносно людини не існує порогу рівня впливу радіації, тобто граничного рівня перевищення природного радіаційного фону. Тому вплив хронічного або досить тривалого опромінювання організму навіть у дозах, лише трохи більшими за природний фон, є вкрай небезпечним.

Іонізуючі випромінювання, впливаючи на організм живих істот, викликають в ньому зворотні та незворотні зміни. Внаслідок іонізації та збудження складних молекул відбувається їх дисоціація, спричинена руйнуванням хімічних зв'язків. Такі зміни є ознакою безпосереднього впливу радіації.

Радіаційний вплив поділяється на соматичний та генетичний. Соматичний вплив виявляється як гостра або хронічна променева хвороба, локальні променеві ушкодження. Можливі також віддалені реакції організму. Спостерігаються порушення структурних елементів, відповідальних за спадковість. За відсутності лікування соматичний вплив переважно закінчується смертю внаслідок інфекційних захворювань та крововиливів.

Іонізуючі випромінювання викликають також віддалені наслідки – лейкози, злоякісні новоутворення, раннє старіння.

Ступінь впливу радіації залежить від того, чи є опромінення зовнішнім чи внутрішнім. Внутрішнє опромінення виникає при вдиханні, ковтанні радіоізотопів та проникненні їх в організм через шкіру. Можуть бути локальні ураження, оскільки деякі речовини поглинаються і накопичуються в конкретних органах. Наприклад, кальцій, радій, стронцій тощо накопичуються в кістках. Ізотопи йоду викликають ушкодження щитовидної залози. Рідкоземельні елементи спричиняють переважно пухлини печінки. Ізотопи цезію, рубідію викликають порушення кровотворення, атрофію яєчників, пухлини м'яких тканин. Найбільш небезпечними при внутрішньому опроміненні є альфа-випромінювальні ізотопи полонію та плутонію.

Важливість знешкодження та переробки радіоактивних відходів пов'язана з їх особливою небезпекою для біосфери, і перш за все – для людини. На відміну від усіх інших відходів, токсичність яких залежить від їх хімічних та бактеріологічних властивостей, радіоактивні відходи не можуть перероблятися з метою зниження їх токсичності. Якщо активність радіоактивних відходів перевищує рівень, котрий допускає їх скидання, вони підлягають захороненню таким чином, щоб запобігти їх проникненню в навколишнє середовище та доступу до них людей без спеціального захисту.

Найважливіша проблема, яка виникає при переробці радіоактивних відходів – тривала потенційна небезпека певних категорій радіоактивних відходів. Технічна можливість безпечного зберігання відходів протягом десятків та сотень років існує, але вона повинна здійснюватись під постійним наглядом спеціального персоналу.

Викиди радіоактивних відходів АЕС призводять до забруднення довкілля та опромінення населення.

Джерелами радіоактивних відходів є також численні науково-дослідні організації, промислові підприємства, медичні заклади, що використовують джерела іонізуючого випромінювання, котрі розташовані у великих містах та промислових центрах, де сконцентровані промисловість та населення. У зв'язку з цим необхідно забезпечувати радіаційну безпеку не лише персоналу, який працює з радіонуклідами, але й всього населення цих промислових зон шляхом навчання безпечному поводженню з радіоактивними відходами (їх збирання, тимчасове зберігання, транспортування, перероблення та надійне остаточне захоронення). Це є важливою складовою захисту природного середовища та людини від радіоактивних забруднень.

ЛЕКЦІЯ 3 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ

3.1 Групи антропогенних викидів в атмосферу.

3.2 Основні шляхи зниження забруднення повітряного середовища.

3.3 Вивчення систем очищення викидів в атмосферу.

3.1 Групи антропогенних викидів в атмосферу

Атмосфера (Землі) – газоподібна оболонка планети, що складається із суміші різних газів і тягнеться на 1,5–2 тис км. Атмосфера регулює клімат Землі, оберігаючи її від приземного нагрівання й охолодження, затримує радіоактивне космічне випромінювання і потік метеоритних тіл. Середній тиск атмосфери на рівні моря – 1 013 мБ (1 мБ = 100 Н/м²). Виділяють п'ять основних шарів атмосфери:

- тропосфера (до висоти 17 км над поверхнею Землі);
- стратосфера (висота до 40 км);
- мезосфера (висота до 80 км);
- термосфера (іоносфера) – понад 80 км (до 800–1 000 км);
- озоновий шар.

Тропосфера містить основну масу всіх газів атмосфери. На висоті 10–60 км (максимум 20–25 км) розташований захисний озоновий шар (екран), що поглинає ультрафіолетову короткохвильову радіацію Сонця і регулює температурний стан біля поверхні Землі.

До складу сухого атмосферного повітря в основному входять: нітроген (азот) – 75,5% від загальної маси, кисень (кисень) – 23,1 %, аргон – 1,286 %, двооксид карбону (вуглекислий газ) – 0,046 % і невелика кількість інших газів.

Атмосфера завжди містить у своєму складі певні речовини, кількість яких регулюється, як природними, так і антропогенними чинниками.

До природних джерел відносяться виділення, що є результатом життєдіяльності організмів, розкладання органічних речовин, лісових та інших пожеж, діяльності вулканів і гейзерів, пило виділення при руйнуванні гірських порід і ґрунту внаслідок ерозії. Джерела цих виділень розподілені більш-менш рівномірно по планеті, діють мільярди років, врівноважуються в колообігу речовин у природі.

Більш небезпечними є антропогенні виділення в атмосферу, які з випадкових перетворилися на такі, що постійно діють і до того ж постійно кількісно зростають. Їх можна об'єднати у такі групи:

– забруднення, які утворюються в результаті згоряння палива для потреб промисловості, опалення житлових будинків, при роботі усіх видів транспорту;

– забруднення, які утворюються в результаті промислових викидів;

– забруднення, які утворюються при згорянні і переробленні побутових і промислових відходів.

Ці забруднення різні за походженням: димові гази від спалювання палива, вихлопні гази двигунів внутрішнього згоряння, хвостові гази й гази технологічних процесів, вентиляційні викиди, неорганізовані виділення з каналізації, стічних вод, відвалів і багато інших видів викидів в атмосферу.

Промисловий пил – основний вид забруднення атмосфери, який наносить глобальну шкоду: погано пропускає ультрафіолетову радіацію, перешкоджає самоочищенню атмосфери, засмічує слизові оболонки дихальних органів та зорового аналізатора, подразнює шкіру, є переносником бактерій і вірусів, призводить до онкологічних захворювань.

Сьогодні в атмосферу в усьому світі щорічно викидається до $2,5 \times 10^9$ т різних видів забруднення: газів, пари, пилу, аерозолів. Незважаючи на це, середній склад повітря над планетою, у межах існуючої точності вимірювань, поки ще залишається стабільним. Тому забруднення атмосфери має швидше локальний характер, крім підвищення концентрації вуглекислого газу, аерозолів і руйнування озонового шару. Частка різних галузей промисловості у забрудненні атмосфери за всіма видами забруднень складає (у % від загального забруднення) [4]:

- теплова енергетика – 30,7 %;
- автотранспорт – 22,8 %;
- чорна металургія – 15,7 %.
- промисловість будівельних матеріалів – 13,3 %;
- кольорова металургія – 7,4 %;
- нафтопереробна промисловість – 6,3 %;
- хімічна промисловість – 3,8 %.

Як видно, теплоелектростанції і підприємства чорної металургії, дають більше половини всіх забруднень атмосфери. Варто пам'ятати, що викиди підприємств хімічної промисловості досить концентровані і дуже агресивні.

Важливу роль у локальних забрудненнях атмосфери відіграють аерозолі штучного походження. На першому місці знаходиться промисловість будівельних матеріалів, і насамперед – виробництво цементу. Цементні заводи викидають в атмосферу до 3 % цементного пилу. Велика кількість пилу також утворюється у процесі виробництва чорних і кольорових металів.

Раніше вулканічні явища давали значну частку двоокису вуглецю в атмосферу. Тепер виділення його за рахунок спалювання палива перевищує на два порядки надходження цього газу з мантиї Землі.

Що стосується пилу, то найбільша кількість його викидається в атмосферу тепловими електростанціями, що використовують переважно місцеві види низькосортного вугілля, яке при згорянні виділяє значну кількість золи і сірчистих сполук. Спалюються вони в пилоподібному стані, викидаючи багато золи з димовими газами в атмосферу, яка осідає потім у вигляді кіптяви.

Теплові електростанції, які працюють на твердому паливі, забруднюють атмосферу золою (щодоби викидається близько 3 200 т золи), нафтохімічні підприємства – пилом токсичним і вибухонебезпечним і т. д. Іншим суттєвим

джерелом виділення окисів вуглецю, азоту, деяких вуглеводнів (пентан, гексан і ін.), токсичних сполук свинцю і навіть канцерогенних речовин (бензапірен) є двигуни внутрішнього згоряння. З відпрацьованими газами легкового автомобіля протягом 1 години викидається до 3 м³, а вантажного автомобіля – до 6 м³ окису вуглецю. Інтенсивне зростання кількості одиниць автомобільного й авіаційного транспорту призводить до того, що викиди цього газу сягають досить високих значень. На вуличних перехрестях великих міст відзначаються випадки гострого і хронічного отруєння регулювальників, вуличних торговців і навіть пішоходів.

Сьогодні у містах багатьох країн забруднення повітря у 15 разів вище, ніж у сільській місцевості й у 150 разів вище – ніж над океаном. У деяких промислових містах за добу випадає більше 1 т пилу на 1 км² території, а за рік – більше 1 кг/м² пилу і сажі.

Внаслідок забруднення атмосфери важкими металами спостерігається зростання алергічних і хромосомних захворювань, хвороб кровотворних органів, імунодепресивних станів, злоякісних новоутворень. Збільшення концентрації фтору, миш'яку, деяких важких металів призводить до серцево-судинних і легеневих захворювань, не доношування плоду вагітними. Формальдегід зумовлює подразнення слизових оболонок очей і дихальних шляхів.

Потенційно шкідливий вплив хімічних забруднювачів на здоров'я згідно з «Керівними матеріалами Всесвітньої організації охорони здоров'я про якість атмосферного повітря» наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Потенційно шкідливий вплив хімічних забруднювачів на здоров'я

| Забрудник | Шкідливий вплив на здоров'я |
|------------------------------------|---|
| Бензол | Гематоксичність, канцерогенність, мутагенний процес |
| Окис вуглецю | Неврологічні порушення, погіршення здатності крові переносити кисень |
| Формальдегід | Подразнення очей, носа і горла, нудота, рак носової порожнини, генотоксичність |
| Поліциклічні ароматичні вуглеводні | Імунотоксичність, генотоксичність, канцерогенність, токсичність репродуктивних органів |
| Свинець | Гематологічні і неврологічні ефекти, зниження рівня гемоглобіну |
| Двооксид азоту | Хронічна обструктивна легенева недостатність, посилення респіраторних симптомів |
| Тверді частинки | Бронхіти, ослаблена легенева функція, ймовірне скорочення середньої тривалості життя |
| Двооксид сірки | Респіраторні симптоми (утруднене дихання, кашель з виділенням мокротиння, задишка), хронічна обструктивна легенева недостатність, смертність від респіраторних та серцево-судинних хвороб |

Промисловий негативний вплив на атмосферу продовжує зростати і загрожує глобальними наслідками для майбутніх поколінь, що ставить перед наукою і технікою серйозні інженерні завдання з їх попередження .

3.2 Зниження ступеня забруднення повітряного середовища населених пунктів

У розміщенні продуктивних сил на території України необхідно забезпечувати оптимальне співвідношення між подальшим зростанням виробництва та якістю навколишнього середовища регіону. Необхідно, зокрема, розосереджувати підприємства, які забруднюють повітряне середовище, враховувати явище синергізму, антагонізму тощо. Одним із шляхів ефективної боротьби із забрудненням повітряного басейну населених пунктів є врахування особливостей метеорологічного режиму. Не можна споруджувати підприємства в долинах, а слід розташовувати їх з підвітряного боку відносно населеного пункту, тобто з урахуванням напрямку панівних вітрів і на рівні – не нижче рівня житлового масиву, щоб виключити застій забрудненого повітря і забезпечити розсіювання шкідливих речовин до рівня ГДК.

Питання про раціональне розміщення джерел забруднень («захист відстанню») вирішується на різних рівнях (загальнодержавному, регіональному, місцевому) у залежності від їх масштабу (розташування територіально-промислових комплексів на території країни, виробничих об'єднань і окремих підприємств у республіці, області, місті, цехів усередині підприємства, устаткування усередині цеху), причому, враховується велика кількість факторів (рівень виробничих шкідливостей, рельєф місцевості, метеоумови, водопостачання, каналізація, заселеність, планування виробничих будівель і кварталів житлової забудови, особливості технології виробництва і т. д.).

Велике значення мають планувальні заходи, які визначають доцільне розташування житлових масивів і селищ відносно джерел викидів у атмосферу.

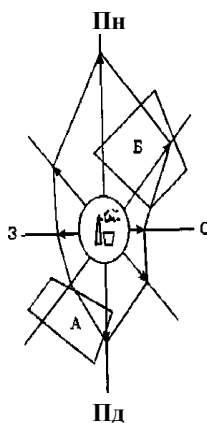


Рисунок 3.1 – Діаграма панівних вітрів

Насамперед, необхідно розташовувати житлові об'єкти з урахуванням

напрямку панівних вітрів у даній місцевості. На рисунку 3.1 зображена, як приклад, діаграма панівних вітрів, на якій векторами вказані панівні в цій місцевості вітри (кількість днів у році, коли є вітер даного напрямку, визначена на основі багаторічних спостережень). Як видно, у даній місцевості переважають північні і північно-східні вітри, тому для меншого занесення шкідливих викидів доцільніше розташовувати селище на ділянці А, ніж на ділянці Б.

Ступінь забруднення атмосферного повітря залежить також від висоти викиду.

За наявності вітрового потоку повітря, спрямованого на будівлі промислових підприємств, над дахами і за будівлями утворюється область зниженого тиску, яка називається зоною аеродинамічної тіні (рис. 3.2). Всередині цієї зони виникає циркуляція повітря, у результаті якої в зону затягується пил і газові викиди. Тому всі організовані викиди слід направляти вище від цієї зони, тоді приземні концентрації шкідливих речовин зменшуються приблизно в 6 разів.

Останнім часом усе ширше застосовують так званий факельний викид шкідливих речовин (позиція 4 на рис. 3.2), який полягає в тому, що вихлопний струмінь викиду під підвищеним тиском спрямовують угору зі швидкістю 15–40 м/с, при цьому струмінь досягає висоти 60 м і більше, що забезпечує краще розсіювання забруднюючих речовин і зниження їх концентрації до допустимої.

Для того щоб концентрація шкідливої речовини у приземному шарі атмосфери не перевищувала гранично допустиму максимальну разову концентрацію пилогазові викиди розсіюються в атмосфері за допомогою висотних труб.

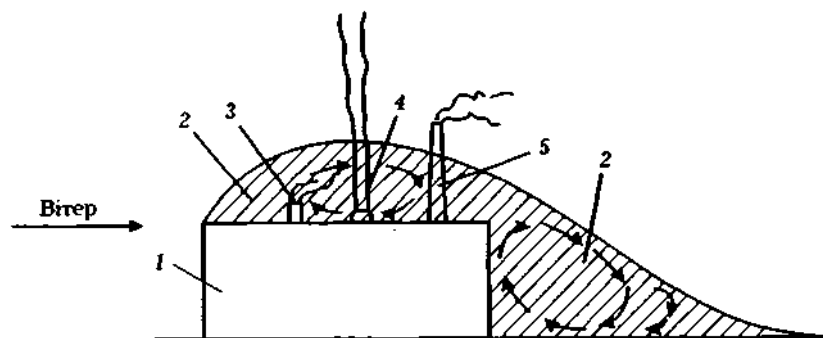


Рисунок 3.2 – Розподіл викидів у зоні аеродинамічної тіні:

- 1 – промислова будівля;
- 2 – зона аеродинамічної тіні;
- 3 – джерело викиду в зону аеродинамічної тіні;
- 4 – факельний викид;
- 5 – джерело викиду вище зони аеродинамічної тіні

Зі збільшенням висоти викиду ступінь розсіювання забруднюючих

речовин зростає, їх концентрація знижується і може бути зменшена до гранично допустимої. Тому високі труби споруджують, переважно, для викиду димових газів теплоелектроцентралей. Будівництво високих труб є дорогим (вартість труби висотою 120 м складає близько 800 тис. дол.), і їх будують або за дуже значних викидів диму чи газу, або в тих випадках, коли до однієї труби підключено кілька джерел викидів.

Прикладом раціонального розміщення може бути відповідний вибір висоти димарів, тому що у випадку застосування високої труби забруднений газ досягає приземного шару атмосфери на значній відстані від труби, коли шкідливі речовини, що містяться у ньому, уже встигають розсіятися в атмосфері. Однак таке зниження рівня забруднень повітряного басейну має значення лише в локальному чи, у кращому випадку, у регіональному масштабі, оскільки шкідливі речовини, що акумулюються в атмосфері, рано чи пізно опускаються в приземний шар атмосфери і на землю або вступають в реакцію з іншими з утворенням шкідливих та небезпечних сполук.

На рисунку 3.3 наведено розподіл концентрації шкідливих речовин в атмосфері над факелом організованого висотного джерела викиду. Зі збільшенням віддалі від труби в напрямку поширення промислових викидів концентрація забруднювачів у приземному шарі атмосфери спочатку зростає, досягає максимуму і потім повільно спадає, що дозволяє говорити про наявність трьох зон неоднакового забруднення атмосфери: зона переміщення факела викидів, що характеризується відносно невисоким вмістом шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери; зона задимлення – зона максимального вмісту шкідливих речовин і зона поступового зниження рівня забруднення.

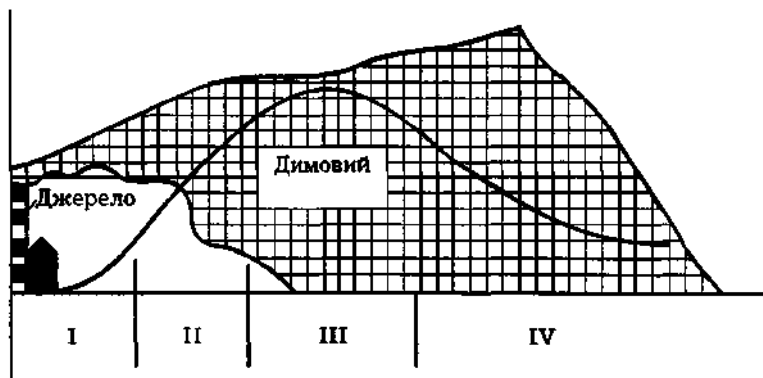


Рисунок 3.3 – Схема розподілу концентрації шкідливих речовин в атмосфері від організованого висотного джерела викиду:

- I – зона неорганізованого забруднення;
- II – зона переміщення (перекидання) факела;
- III – зона задимлення;
- IV- зона поступового зниження рівня забруднення

В основу регламентації розрахункового розсіювання викидів промислових підприємств в атмосфері і визначення приземних концентрацій шкідливих речовин закладено те, що величина найбільшої концентрації кожної шкідливої речовини в приземному шарі атмосфери не повинна перевищувати максимальну разову гранично допустиму концентрацію даної шкідливої речовини в атмосферному повітрі. За одночасної наявності в атмосферному повітрі декількох речовин, що мають адитивні властивості, повинна виконуватися ця умова для кожної точки місцевості.

Відповідно до санітарних норм проєктування промислових підприємств виробництва, технологічні процеси яких супроводжуються шкідливими викидами, відокремлюються від житлових районів санітарно-захисними зонами (розривами).

Санітарно-захисні зони (СЗЗ) – це ділянки землі навколо підприємств, що відокремлюють їх від житлових масивів з метою зменшення шкідливого впливу цих підприємств на здоров'я людини. Їх розташовують з підвітряного боку підприємств і засаджують пилистійкими деревами та чагарниками, що мають бактерицидні властивості (береза, біла акація, грецький горіх, дуб, канадська тополя, сосна, смерека, бузина, смородина та ін.) [4].

Санітарно-захисна зона – територія навколо потенційно небезпечного підприємства, в межах якої заборонено проживання населення та ведення господарської діяльності, розміри якої встановлюються проєктною документацією відповідно до державних нормативних документів (Державний комітет України у справах містобудування і архітектури Наказ Про затвердження Методики обстеження і паспортизації гідротехнічних споруд систем гідравлічного вилучення та складування промислових відходів (п. 1.9.25 Методики) № 252 від 19.12.95 м. Київ).

Санітарно-захисна зона – функціональна територія між промисловим підприємством або іншим виробничим об'єктом, що є джерелом надходження шкідливих чинників в навколишнє середовище, і найближчою житловою забудовою (чи прирівняними до неї об'єктами), яка створюється для зменшення залишкового впливу цих факторів до рівня гігієнічних нормативів з метою захисту населення від їх несприятливого впливу.

Санітарно-захисна зона – озеленена територія спеціального призначення, яка розділяє (відокремлює) сельбищну частину міста від промислових підприємств (Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України Наказ Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України (п. 2.1) 10.04.2006 № 105).

Санітарно-захисна зона сприяє розведенню шкідливих викидів до допустимого рівня; її територію упорядковують та озеленюють, тому що зелені насадження очищають і освіжають повітря. Установлено, що на 1 м² поверхні листків рослин у середньому затримується 1,5–3,0 г пилу, а 1 га зелених насаджень поглинає з повітря до 8 кг/год двоокису вуглецю.

Наприклад, найбільша зона, шириною 1 000 м, установлена для підприємств, що виготовляють азотну і сірчану кислоти, анілінові барвники, віскозне волокно, а також для підприємств, що переробляють нафту, яка містить більше 0,5 % (масових) сірки, для сажових заводів; найменша зона, шириною 50 м, – для підприємств, що виготовляють шляхом механічного оброблення виробу з пластмас, неорганічні реактиви, для пунктів очищення, промивання і пропарювання цистерн з-під нафтопродуктів.

Згідно із санітарними нормами проектування промислових підприємств, виділяють 5 класів промислових об'єктів із СЗЗ завширшки від 50 м до 3 000 м з урахуванням ступеня забруднення повітря поблизу виробництва.

Перший клас поділяють на підкласи 1А з СЗЗ завширшки 3000 м та 1Б – 1 000 м.

До першого класу А із СЗЗ завширшки 3 000 м належать особливо небезпечні об'єкти (АЕС та ін.).

До першого класу Б із СЗЗ завширшки 1 000 м належать хімічні, нафтопереробні, паперово-целюлозні та металургійні заводи й підприємства, що займаються випалюванням коксу, вторинною переробкою кольорових металів, видобутком нафти, природного газу та кам'яного вугілля.

До другого класу із СЗЗ завширшки 500 м належать цементні, гіпсові, вапнякові та азбестові заводи і підприємства, що виробляють свинцеві акумулятори, пластичні маси, видобувають горючі сланці, кам'яне, буре та інше вугілля.

До третього класу із СЗЗ завширшки 300 м належать підприємства з виробництва скловати, керамзиту, толю й руберойду, вугільних виробів для електропромисловості, різних лаків та оліфи, ТЕЦ, заводи залізобетонних виробів, асфальтобетонні, кабельні заводи тощо.

До четвертого класу СЗЗ завширшки 100 м належать підприємства металообробної промисловості, машинобудівні заводи, електропромисловість з невеликими ливарними цехами, виробництва неізолюваного кабелю, котлів, цегли, металевих електродів, будівельних матеріалів з відходів ТЕС.

До п'ятого класу із СЗЗ завширшки 50 м включено підприємства легкої промисловості, металообробної промисловості з термічною обробкою без ливарних цехів, виробництва лужних акумуляторів, приладів для електротехнічної промисловості без застосування ртуті й лиття, друкарні, виробництва харчової промисловості, пункти очищення й промивання цистерн, виробництво стиснених і зріджених продуктів розділення повітря [4].

Санітарно-захисна зона може бути збільшена (не більше ніж у три рази) за умов:

- використання неефективних методів очищення викидів в атмосферу;
- відсутності ефективних способів очищення викидів;
- необхідності розміщення житлової зони з підвітряного боку відносно до підприємства, у зоні можливого забруднення атмосфери;
- залежно від рози вітрів та інших несприятливих метеорологічних умов (часті штилі, тумани та ін.);

– будівництва нових, ще недостатньо вивчених у санітарному відношенні підприємств [7].

3.3 Загальна характеристика систем очищення викидів в атмосферу

У тих випадках, коли заходи, що зменшують викиди в атмосферу, не в змозі знизити вміст забруднень в атмосферному повітрі до гранично допустимих концентрацій, то викиди належить піддавати очищенню до такого ступеня, щоб у кінцевому результаті гранично допустимі концентрації не перевищувалися.

Сьогодні очищення забрудненого повітря і газів, які утворюються в технологічних процесах і викидаються в атмосферу, від домішок, що містяться в них, є основним способом охорони повітряного басейну від забруднення, який застосовується у всіх випадках, коли використання активних методів поки неможливе або економічно недоцільне. Завдання промислового газоочищення полягає у вилученні шкідливих домішок або їх нейтралізації з організованих газових викидів та викидів від стаціонарних джерел з метою захисту повітряного басейну.

Очищення викидів значно спрощується, якщо гази, що відходять, наприклад, димові, рухаються по газоходах. Проте у багатьох випадках, наприклад у процесах, де застосовуються дробарки, грохоти, травильні установки, гальванічні ванни, у процесах обробування і зачищення виливків, оброблення крихких матеріалів з інтенсивним пилоутворенням, а також в інших випадках необхідне застосування спеціальних заходів для запобігання виділенню шкідливих речовин безпосередньо в атмосферу виробничих приміщень. Інакше шкідливі домішки – забрудники не лише створюють небезпеку для працівників, можуть впливати на якість продукції, але також стають важко вловимими. Тому уловлювання шкідливих речовин безпосередньо в джерелі їх виділення є запорукою не лише поліпшення гігієнічних умов праці на робочих місцях, але і високої ефективності пило- і газоуловлювальних установок.

Установки для уловлювання шкідливих речовин, що містяться в повітрі, складаються, з наступних елементів:

- уловлювального чи пилоприймального пристрою, що може включати один або групу приймачів;
- мережі трубопроводів;
- вентилятора, що відсмоктує запилене або загазоване повітря по трубопроводах до пило- чи газоочисної установки.

Системи очищення і знешкодження газових викидів можна умовно розділити на 2 групи:

- I група – установки з очищення від токсичних газових домішок (хімічного очищення);
- II група – установки з очищення газових викидів від аерозолів (пилу, диму, крапель туману або бризок).

Темпи зростання ефективності роботи комплектуючих апаратів схем

пило очищення помітно відстають від вимог до них з точки зору енерго- і металоємності. Виникає протиріччя: з одного боку, значно підвищилися потенційні можливості установок для очищення повітря від пилу і вимоги до них, а з іншого – зросла кількість проблем, пов'язаних з реалізацією цих можливостей внаслідок ускладнення схем пило очищення. Це протиріччя зумовило необхідність забезпечення підвищених вимог щодо ефективності роботи апаратів пило очищення, яка визначається здатністю пилоочисної установки зберігати працездатність протягом певного часу в певних умовах експлуатації.

Проектування схем пило очищення, які базуються на апаратах, що характеризуються високою ефективністю, малим гідравлічним опором і габаритами, допоможе у вирішенні актуальної проблеми сучасності – очищення повітря від пилу.

ЛЕКЦІЯ 4 ЗАХИСТ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВІД ВИКИДІВ ПРОМИСЛОВОГО ПИЛУ

- 4.1 Апарати сухого очищення газів від пилу.
- 4.2 Електрофільтри.
- 4.3 Установки мокрого очищення газів.

4.1 Апарати сухого очищення газів від пилу

Атмосферне повітря може забруднюватись твердими (пил, сажа), рідкими (крапельними) та газоподібними домішками, які складаються з стабільних атомів або радіоактивних ізотопів. Очищення атмосферного повітря здійснюється за допомогою використання сучасних повітряних фільтрів. Залежно від принципу дії апарати очищення поділяються на дві групи – фільтри сухого та вологого очищення.

Методи сухого очищення газів від пилу поділяються на механічні та електричні. При механічних методах очищення відділення пилу від газів проходить під дією сил гравітації, інерції, при фільтрації потоків через фільтри, рідини та ін. При електричних – сепарація твердих частинок проходить під дією сил електричного поля на заряджені пилинки.

Важливою особливістю фільтрів для очищення повітря є те, що принципи, які використовуються у них, також можна застосовувати і у фільтрах для очищення води. Тому, це дозволяє краще знаходити ефективні шляхи щодо інженерного захисту людини й довкілля. Спочатку розглянемо пиловловлювачі сухого очищення повітря від пилу.

Використання сухого очищення повітря від пилу дозволяє у ряді випадків полегшити віддалення забруднювача з фільтра та його подальшу переробку. Розглядаючи принципові схеми конструкцій фільтрів, варто указати на їх переваги і недоліки.

Для порівняння конструкцій фільтрів умовно поділимо частинки, що забруднюють повітря, на 5 груп:

- перша група – великий пил, із розміром частинок приблизно 1–0,1 мм;
- друга група – середній пил, із розміром частинок приблизно 0,1–0,01 мм;
- третя група – дрібний пил, із розміром частинок менше 0,01 мм;
- четверта група – гази, які знаходяться у повітрі у вигляді молекул;
- п'ята група – віруси та бактерії, які знаходяться у повітрі.

Розглянемо принципові схеми конструкцій фільтрів у тій послідовності, в якій їх розробляли вчені на протязі століть.

У гравітаційних пиловловлювачах осадження пилових частинок із газів проходить завдяки дії сил гравітації. Причому, чим менша швидкість руху частинок і час перебування їх у камері, тим вища ефективність очищення газів.

Гравітаційні пиловловлювачі працюють так. Через вхідну трубу забруднений газ потрапляє у корпус пиловловлювача, де швидкість газового потоку знижується. У цей час під дією сили тяжіння, переважно крупні частинки, що забруднюють повітря, осаджуються у нижній частині корпусу пиловловлювача. Частково очищене повітря виходить через вихідну трубу.

У пиловловлювачах інерційної дії видалення частинок з газового потоку здійснюється під дією сил гравітації та інерції частинок, які рухаються в аерозольному потоці. Ефект сил інерції досягається при зміні напрямку газового потоку; при цьому тверді частинки намагаються зберегти першочерговий напрям руху й осаджуються в нижній частині корпусу пиловловлювача. Приклад інерційної пилоосаджувальної камери подано на рисунку 4.1.

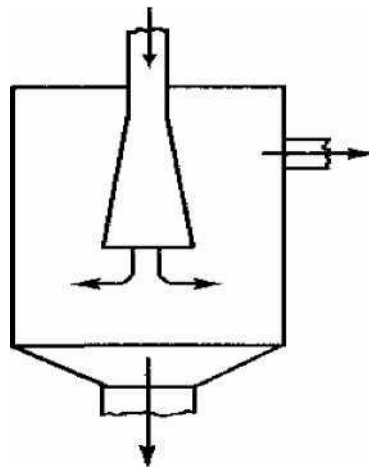


Рисунок 4.1 – Пиловловлювач інерційної дії

У пиловловлювачах інерційної дії сепарація частинок з газового потоку проходить наступним чином. Через вхідну трубу забруднений газ потрапляє до корпусу пиловловлювача, де швидкість газового потоку знижується та змінюється напрям його руху. На забруднювачі повітря діють сила тяжіння та сила інерції, яка виникає при зміні напрямку газового потоку. Внаслідок цього, ті частинки, які не встигають змінити напрям руху, осаджуються в нижній частині корпусу пиловловлювача.

Порівняно з гравітаційним пиловловлювачем у фільтрах інерційної дії збільшується осаджування великого пилу (з розміром частинок приблизно 1–0,1 мм), середнього пилу (із розміром частинок приблизно 0,1–0,01 мм) та частково дрібного пилу. Очищене повітря виходить через вихідну трубу.

Перевагами фільтрів таких конструкцій є простота в експлуатації, здатність працювати у широкому колі температур, більш висока, порівняно з гравітаційними пиловловлювачами, ступінь очищення повітря, менші габаритні розміри. Недоліками є неповне очищення повітря від середнього, дрібного пилу молекул газів, вірусів та бактерій, які знаходяться у повітрі.

Найширше в практиці використовується група апаратів типу «циклон» (рис. 4.2), в яких під дією відцентрової сили тверді включення переміщуються до стінок «циклону», а потім осаджуються. Ступінь ефективності очищення газів у таких апаратах від великого пилу (з розміром частинок приблизно

1–0,1 мм), середнього пилю (з розміром частинок приблизно 0,1–0,01мм) більша, ніж у фільтрах інерційної дії.

Поданий на рисунку 4.2 відцентровий пиловловлювач працює наступним чином: через вхідну трубу 1 забруднений газ по дотичній потрапляє у циліндричний корпус 2, де починає обертатись навколо вихідної труби 3. Видалення пилю з аерозольного потоку проходить під дією відцентрової сили, яка виникає при обертово-поступальному русі газового потоку, а також сил гравітації та інерції пилових частинок, які рухаються в аерозольному потоці.

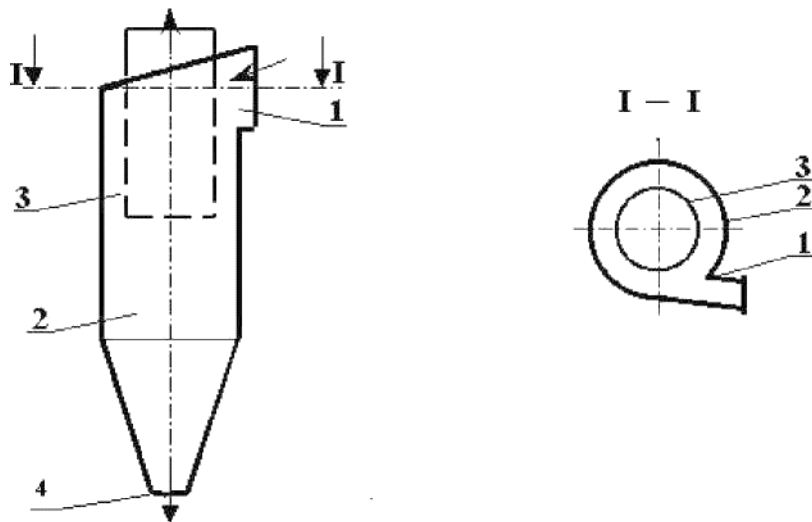


Рисунок 5.2 – Схема циклона:

- 1) вхідна труба, що входить до корпусу фільтра по дотичній;
- 2) корпус циклона циліндричної форми, що звужується донизу;
- 3) вихідна труба, яка знаходиться у центрі циліндричного корпусу;
- 4) труба для віддалення пилю з нижньої частини фільтра

Ефект сил інерції досягається при повороті рухомого газового потоку у вихідну трубу; при цьому тверді частинки намагаються зберегти першочерговий напрям руху й осаджуються в нижній частині циклону 4. Очищене повітря виходить з апарату через вихідну трубу 3.

Перевагами фільтрів таких конструкцій є простота в експлуатації, здатність працювати у широкому колі температур, більш висока, порівняно з гравітаційними пиловловлювачами та пиловловлювачами інерційної дії, ступінь очищення повітря, менші габаритні розміри. Недоліками є неповне очищення повітря від середнього, дрібного пилю, молекул газів, вірусів та бактерій.

4.2 Електрофільтри

Для очищення повітря від дрібних забруднюючих частинок були розроблені фільтри, у яких використовувалась сила електростатичного притягання забруднюючих частинок до корпусу фільтра. Вони отримали назву електрофільтрів. Схема класичного електрофільтра показана на рисунку 4.3.

Принцип роботи електрофільтра криється в наступному. Забруднене повітря скрізь вхідну трубу 1 потрапляє у корпус електрофільтра 2, наближається до негативно зарядженого електрода 3, навколо якого, за рахунок високої напруги 5–10 кВ створюється зона іонізації. Електрод 3, закріплений на ізоляторах 4, має малу площу, тому щільність зарядів на ньому велика і вони починають стікати у повітря. За рахунок цього поверхня дрібних частинок заряджується негативно. Корпус електрофільтра заряджений позитивно. Таким чином, ті дрібні частинки, що наближаються до корпусу, притягуються та осаджуються. Очищене повітря виходить з електрофільтра крізь вихідну трубу 5. Накопичений пил періодично виводять з електрофільтра крізь трубу 6. Перевагами електрофільтра є можливість очищувати сухе та вологе повітря від усіх видів пилу при низьких та високих температурах. Важливою особливістю електрофільтра є руйнування молекул токсичних речовин у зоні іонізації. Хімічні реакції виникають також при взаємодії отруйних речовин з озоном, який з'являється в зоні іонізації. Постійний струм між електродом 3 та корпусом 4, проходячи крізь повітря, дуже малий, тому електрофільтри не потребують значних витрат електроенергії.

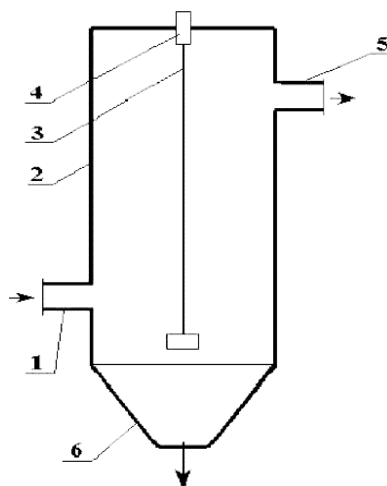


Рисунок 4.3 – Схема електрофільтра:

- 1 – вхідна труба;
- 2 – корпус електрофільтра;
- 3 – коронуючий електрод;
- 4 – ізолятор;
- 5 – труба для виходу очищеного повітря;
- 6 – труба для виходу пилу

До недоліків електрофільтрів слід віднести необхідність спеціального обладнання, яке забезпечує високу напругу, особливі заходи електробезпеки генерація озону, який має здатність окислювати організм людини. Також необхідно передбачити спеціальний пристрій для видалення пилу з внутрішньої поверхні корпусу фільтра. Для очищення повітря без допомоги високої напруги в інженерних системах захисту довкілля були розроблені фільтри, де високий ступень очищення досягався за рахунок фільтрації повітря

крізь спеціальні тканини, металеві сітки та зернисті матеріали. Одним із представників такої групи апаратів є рукавний фільтр (рис. 4.4).

Такий фільтр працює наступним чином. Забруднене повітря потрапляє у корпус 2 крізь вхідну трубу 1, та очищується, проходячи крізь циліндричні мішки з фільтрувальної тканини 3. Далі очищене повітря виходить із фільтра крізь вихідну трубу 5. Пил, який накопичується на фільтрувальній тканині, очищується шляхом вмикання клапана подачі стислого повітря 6 для продувки фільтрувальної тканини. Якщо цього недостатньо, можливе механічне коливання фільтрувальної тканини за рахунок вібрації пристрою 4, до якого закріплені циліндричні мішки з фільтрувальної тканини.

Перевагами рукавного фільтра є можливість очищення сухого повітря від усіх видів пилу, при низьких та високих температурах, які не повинні перевищувати температуру теплостійкості тканини, очищення повітря без допомоги високої напруги, відносна простота експлуатації.

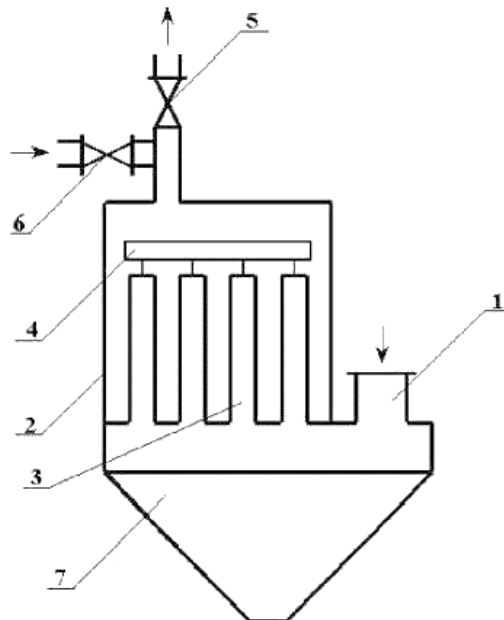


Рисунок 4.4 – Схема рукавного фільтра:

- 1 – вхідна труба, через яку заходить забруднене повітря;
- 2 – прямокутний корпус;
- 3 – циліндричні мішки з фільтрувальної тканини;
- 4 – пристрій для струшування пилу;
- 5 – вихідна труба;
- 6 – клапан подачі стислого повітря для продувки фільтрувальної тканини та струшування пилу;
- 7 – нижня частина рукавного фільтра, де накопичується пил

До недоліків рукавного фільтра слід віднести неможливість очищати вологе повітря, складність пошуку розривів у тканині, які можуть виникнути в процесі експлуатації.

4.3 Установки мокрого очищення газів

Для очищення повітря крім сучасних фільтрів сухого очищення широко використовують фільтри мокрого очищення. Розглянемо загальні положення, пов'язані з такими апаратами.

У фільтрах мокрого очищення інженери намагались очистити повітря не тільки за рахунок максимальної кількості сил, що діють на забруднену частинку, але і намагались забезпечити якомога більшу площу взаємодії повітря та води.

У сучасних фільтрах мокрого очищення вода повинна використовуватись раціонально, тобто багаторазово. У фільтрах мокрого очищення з'явилась можливість нейтралізувати токсичні гази, за рахунок додання до води хімічних домішок, здатних вступити з ними у хімічну реакцію.

У фільтрів мокрого очищення є спільний недолік - в них утворюються вологі забруднювачі, які здатні залипати у корпусі апаратів, що ускладнює їх віддалення.

Розглянемо найпростіші фільтри мокрого очищення, першим представником яких є полий скруббер (рис. 4.5). Фільтр складається з вхідної труби 1, через яку заходить забруднене повітря. Далі воно потрапляє у циліндричний корпус полого скруббера 2, де підіймається угору та потрапляє під краплини води, які розпилюються за допомогою форсунок 3.

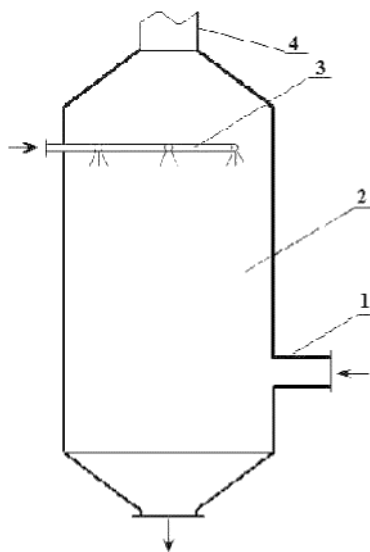


Рисунок 4.5 – Схема полого скруббера:

- 1 – вхідна труба, через яку заходить забруднене повітря;
- 2 – корпус полого скруббера;
- 3 – форсунки для розпилення крапель рідини;
- 4 – труба для виходу очищеного повітря

Очищене повітря потрапляє у вихідну трубу 4, а забруднюючі домішки з водою накопичуються у нижній частині фільтра, звідки періодично їх виводять. Забруднена вода потрапляє у систему фільтрів, очищується та знов подається у форсунки.

Перевагами фільтрів такої конструкції є простота в експлуатації, здатність працювати у широкому колі температур, очищення повітря від крупного, середнього пилю, деяких окремих токсичних газів. Недоліками є неповне очищення повітря від дрібного пилю, комплексів токсичних молекул, вірусів та бактерій.

Для підвищення ефективності очищення повітря інженери вирішили забезпечити якомога більшу площу взаємодії повітря та води. Так був розроблений ще один фільтр – насадний скруббер, схема якого подана на рисунку 4.6.

Фільтр складається з вхідної труби 1, через яку заходить забруднене повітря, і яке далі потрапляє у циліндричний корпус насадного скрубера 2, де і підіймається угору. Усередині корпусу встановлена касета з наповнювачем 3 (наприклад, із скляними кульками), по поверхні якого стікає вода, яка розпилюється за допомогою форсунок 4. Забруднене повітря, рухаючись угору, шукає вихід між частинками наповнювача, змішуючись із водою. Значна площа взаємодії повітря та води забезпечує ефективне очищення повітря, яке далі потрапляє у вихідну трубу 5, а забруднюючі домішки з водою накопичуються у нижній частині фільтра, звідки періодично їх зливають через трубу 6. Забруднена вода потрапляє у систему фільтрів, очищується та знову подається у форсунки.

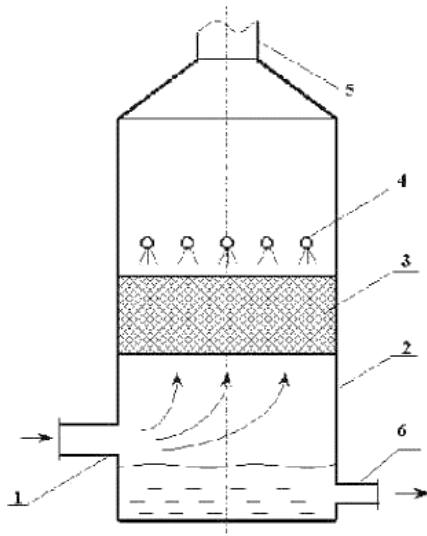


Рисунок 4.6 – Схема насадного скрубера:

- 1 – вхідна труба, через яку заходить забруднене повітря;
- 2 – корпус насадного скрубера;
- 3 – касета із дрібними частинками заповнювача;
- 4 – форсунки для розпилення краплин рідини;
- 5 – труба для виходу очищеного повітря

Перевагами фільтрів такої конструкції є здатність працювати у широкому колі температур, очищення повітря від крупного, середнього та дрібного пилю, деяких окремих токсичних газів. Недоліками є неповне очищення повітря від комплексів токсичних молекул, вірусів та бактерій,

прилипання забруднювачів до поверхні наповнювача, необхідність постійної заміни касет, збільшення опору руху повітря, поява нових відходів – забруднених частинок наповнювача.

Недосконалість насадного скрубера вимагала пошуку нових конструкцій фільтрів для ефективного очищення повітря. Один із таких фільтрів поданий на рисунку 4.7. Він складається з вхідної труби 1, через яку заходить забруднене повітря. Далі воно потрапляє у корпус фільтра 2, де розташована решітка для підтримки шару піни 3. Повітря проходить крізь шар піни 4, який утворюється за рахунок подачі з труби 5 рідини з домішками піноутворюючих хімічних сполук.

Велика площа взаємодії шару піни та повітря забезпечує очищення повітря від усіх видів забруднювачів, крім комплексів токсичних молекул, вірусів та бактерій. Далі частково очищене повітря виходить через трубу 6, а забруднювачі та рідину зливають крізь трубу 7.

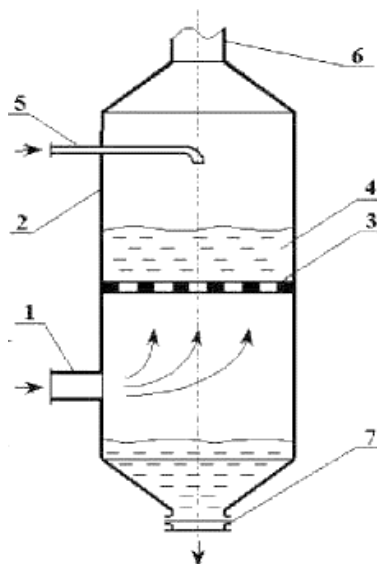


Рисунок 4.7 – Схема пінного скрубера:

- 1 – вхідна труба, через яку заходить забруднене повітря;
- 2 – корпус фільтра;
- 3 – решітка для підтримки шару піни;
- 4 – шар піни;
- 5 – труба для подачі рідини з домішками піноутворюючих хімічних сполук;
- 6 – труба для виходу очищеного повітря;
- 7 – труба для виходу забруднювачів та рідини

Перевагами фільтрів такої конструкції є здатність працювати у широкому колі температур, ефективне очищення повітря від крупного, середнього та дрібного пилу, деяких окремих токсичних газів, зменшення опору руху повітря. До недоліків слід віднести неповне очищення повітря від комплексів токсичних молекул, вірусів та бактерій, а також поява у відходах піноутворюючих хімічних сполук.

Крім пінного скрубера, був розроблений повітряний фільтр, у якому забезпечення більшої площі взаємодії повітря та води проходило за рахунок ефективного перемішування повітря та води.

Схема такого фільтра зображена на рисунку 4.8. Він складається з вхідної труби 1, через яку заходить забруднене повітря. Далі воно збільшує швидкість за рахунок зменшення діаметру вхідної труби. В найменшому перерізі 4 у повітря подають краплини води, які розпилюють за допомогою форсунки 2. Далі повітря потрапляє на обтічник 5, проходячи який, струмені повітря інтенсивно змішуються з краплинами води. Після цього забруднюючі частинки з водою осаджуються у корпусі фільтра 6, побудованого на базі циклона. Такий фільтр забезпечує очищення повітря від усіх видів забруднювачів крім комплексів токсичних молекул, вірусів та бактерій. Далі частково очищене повітря виходить крізь трубу 7, а забруднювачі та рідину зливають через нижню трубу.

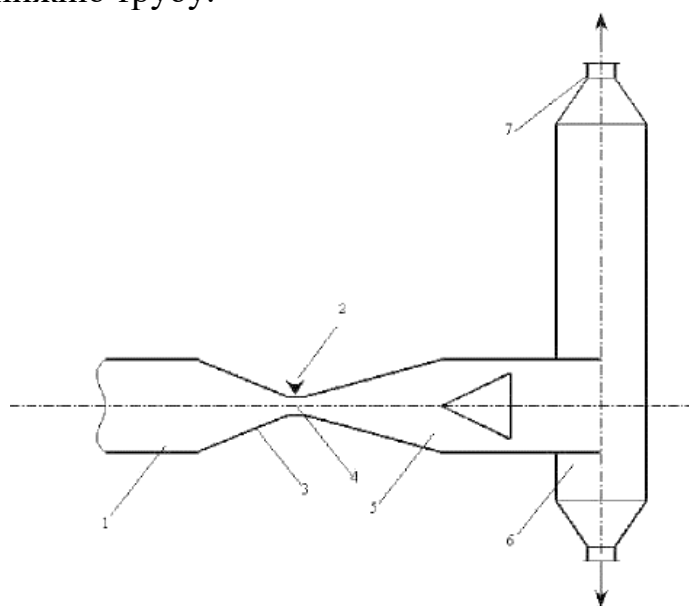


Рисунок 4.8 – Схема скрубера Вентурі:

- 1 – вхідна труба, через яку потрапляє забруднене повітря;
- 2 – форсунка для подачі рідини;
- 3 – конфузор;
- 4 – дифузор;
- 5 – обтічник;
- 6 – циклон;
- 7 – труба для виходу очищеного повітря

Перевагами фільтрів такої конструкції є здатність працювати у широкому колі температур, ефективне очищення повітря від крупного, середнього дрібного пилу, деяких окремих токсичних газів, відсутність піноутворюючих хімічних сполук. Недоліком є неповне очищення повітря від комплексів токсичних молекул, вірусів та бактерій.

Одним із засобів очищення повітря є пропускання його крізь шар води. Схема такого пристрою, який зветься барботажний фільтр, подана на рисунку 4.9. Він складається з входної труби 1, через яку заходить забруднене повітря. Далі повітря потрапляє у розширення труби 2, проходить скрізь отвори 5 у шар води, яка залита у корпус 3, очищується та виходить із фільтра через трубу 4.

Перевагами фільтрів такої конструкції є здатність працювати у широкому колі температур, ефективне очищення повітря від крупного, середнього та дрібного пилу, деяких окремих токсичних газів, відсутність піноутворюючих хімічних сполук. Недоліками є неповне очищення повітря від комплексів токсичних молекул, вірусів та бактерій, збільшення опору руху повітря.

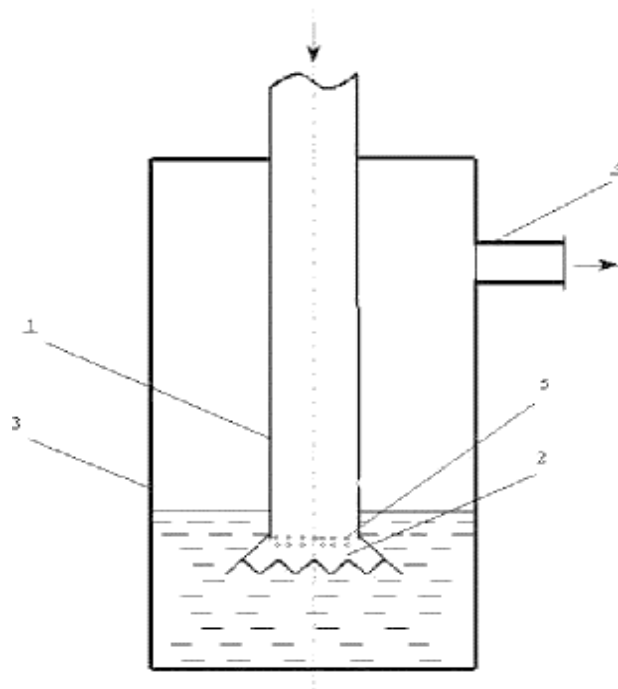


Рисунок 4.9 – Схема барботажного фільтра:

- 1 – входна труба, через яку входить забруднене повітря;
- 2 – конус з отворами для виходу бульбашок повітря;
- 3 – корпус фільтра;
- 4 – труба для виходу очищеного повітря

ЛЕКЦІЯ 5 ОЧИЩЕННЯ ВИКИДІВ ГАЗО- ТА ПАРОПОДІБНИХ ДОМІШОК

- 5.1 Метод абсорбції.
- 5.2 Метод адсорбції.
- 5.3 Метод хемосорбції, каталітичний та біохімічний методи очищення.
- 5.4 Метод термічної нейтралізації.
- 5.5 Вибір типу очисних пристроїв та фільтрів.

5.1 Метод абсорбції

Методи очищення промислових викидів від газоподібних домішок за характером протікання фізико-хімічних процесів поділяються на групи:

- промивання викидів розчинниками, що не сполучаються із забруднювачами (метод абсорбції);
- поглинання газоподібних домішок твердими активними речовинами (метод адсорбції);
- промивання викидів розчинами реагентів, що вступають у хімічне з'єднання із забруднювачами (метод хемосорбції);
- поглинання домішок шляхом застосування каталітичного перетворення (використання каталізаторів);
- термічна обробка викидів;
- осаджування в електричних та магнітних полях;
- виморожування.

Сорбцією називається поглинання твердим тілом чи рідиною речовини з навколишнього середовища.

Зворотний процес називають – десорбцією (найчастіше його здійснюють підвищенням температури чи зниженням тиску сорбованої речовини).

Абсорбцію у техніці часто називають скрубєрним процесом очищення. Принцип цього методу полягає у розділенні газоповітряної суміші на складові частини поглинанням одного або кількох газових компонентів (абсорбентів) цієї суміші рідким поглиначем (абсорбентом) з утворенням розчину. Рушійною силою при цьому є градієнт концентрації на межі фаз «газ-рідина». Розчинений у рідині абсорбент внаслідок дифузії проникає у внутрішні шари абсорбента. Даний процес визначається величиною поверхні розділення фаз, турбулентністю потоків і коефіцієнтом дифузії. Головною умовою у виборі абсорбента є розчинність у ньому компонента, який вилучається, та її залежність від температури й парціального тиску.

Для підвищення ефективності очищення повітря від пари розчинників, розріджувачів і газів застосовують хімічні поглиначі у вигляді водних розчинів електролітів (кислот, солей, лугів тощо).

Наприклад, для очищення повітря від двооксиду сірки як поглинач (нейтралізатор) застосовують розчин лугу, у результаті реакції одержують сіль.

5.2 Метод адсорбції

Адсорбційний метод дозволяє вирішувати завдання щодо глибокого очищення технологічних викидів від шкідливих речовин. Якщо правильно вибрати технологічний режим, схеми та апаратуру, то можна практично повністю видалити шкідливі речовини з повітря виробничих приміщень. Разом з цим адсорбційний метод відіграє важливу роль - вловлює і повертає в технологічний процес деякі цінні речовини, наприклад розчинники. Цей метод найчастіше застосовують для очищення атмосферного повітря від летких компонентів лакофарбових матеріалів, карбамідоформальдегідних смол та ін.

Адсорбцію поділяють на фізичну адсорбцію і хемосорбцію. У випадку фізичної адсорбції молекули газу прилипають до поверхні твердого тіла під впливом міжмолекулярних сил тяжіння. Теплота, що при цьому вивільнюється, за значенням збігається з теплотою конденсації пари. Перевага фізичної адсорбції – зворотність процесу, особливо за умови, якщо економічно вигідно рекуперувати газ або адсорбент.

В атмосферному повітрі у місцях розміщення деревообробних підприємств може знаходитися значна кількість пари формальдегіду. Основними джерелами забруднення повітря такою речовиною є: личкувальні, клеїльні цехи, а також цехи з виробництва клеєної фанери, деревиностружкових плит, варіння та приготування сечовиноформальдегідних смол та ін.

Для очищення атмосферного повітря від пари формальдегіду застосовують спеціальні установки-фільтри.

5.3 Метод хемосорбції, каталітичний та біохімічний методи очищення

Метод хемосорбції ґрунтується на поглинанні газів і пари твердими або рідкими поглиначами з утворенням малолетких або малорозчинних хімічних сполук. Поглинальна здатність хемосорбента не залежить від тиску, через що хемосорбція більш вигідна за незначної концентрації забруднень. Більшість реакцій, що відбуваються у процесі хемосорбції, є екзотермічними та оборотними, оскільки хімічна сполука у разі підвищення температури розкладається на вихідні елементи.

У ролі адсорбентів найчастіше застосовують речовини, що мають велику площу поверхні на одиницю маси. Такою речовиною є активоване вугілля (марки АГ, СКТ або АР), оскільки питома поверхня його сягає 105–106 м²/кг. Такі поглиначі відрізняються від інших значною гідрофобністю та адсорбційною здатністю.

Установки, що уловлюють пару розчинників, яку після її оброблення повертають у вигляді продуктів розкладу знову у виробництво, називають рекупераційними.

Ступінь «витягування» розчинника в таких установках досягає 95–99 %, а залишковий вміст його у повітрі, що виходить з адсорбера, не перевищує 0,5 г/м³.

Продуктивність рекупераційних установок такого типу коливається від 10 тис. м³ до 150 тис. м³ повітря за 1 годину, а концентрація в ньому пари розчинника змінюється від 0,5 г/ м³ до 20 г/ м³.

Каталітичний метод очищення використовують для перетворення розчинників і розріджувачів у нешкідливі або менш шкідливі речовини за допомогою каталізаторів. Наявність каталізаторів різко скорочує процес і габарити очисного обладнання. У цьому випадку температура реакції порівняно з термічною оксидацією істотно знижується.

В якості каталізаторів використовують платину, метали платинового ряду, окиси міді, двоокис марганцю, п'ятиокис ванадію.

Основним апаратом для каталітичного очищення є реактор, робота якого характеризується певними технологічними параметрами.

Біохімічний метод базується на здатності мікроорганізмів руйнувати й перетворювати різні сполуки. Речовини розпадаються під дією ферментів, вироблених мікроорганізмами під впливом окремих сполук або групи речовин, наявних у газах, що очищаються.

Біохімічний метод газоочищення найбільше застосовується для очищення відвідних газів постійного складу. При частій зміні газу мікроорганізми не встигають адаптуватися до нових речовин і виробляють недостатню кількість ферментів для їх розкладання, внаслідок чого біологічна система матиме слабку руйнівну здатність відносно шкідливих компонентів газів. Високий ефект газоочищення досягається за умови, що швидкість біохімічного окислення вилучених речовин більша, ніж швидкість їхнього надходження із газової фази.

5.4 Метод термічної нейтралізації

Метод базується на допалюванні та термічній нейтралізації шкідливих речовин у викидах (горючі токсичні компоненти (гази, пари та дуже ароматні речовини) окислюються до менш токсичних за наявності вільного кисню та високої температури газової суміші).

Переваги методу – відсутність шламів, невеликі габарити очисних приладів, простота їх обслуговування, можливість автоматизації їх роботи, висока ефективність знешкодження шкідливих речовин. Використовується тоді, коли об'єми викидів надто великі, а шкідливі домішки піддаються спалюванню.

Ефективність очищення систем термічного та вогневого знешкодження – 99 %.

Застосування обмежується характером утворених при окисленні продуктів реакції - лише для викидів, що не містять токсичних компонентів (органічні речовини, до яких не входять галогени, сірка та фосфор).

Ефективний при очищенні викидів від лакофарбованих та просочувальних дільниць.

5.5 Вибір типу очисних пристроїв та фільтрів

Послідовність вибору типу очисних пристроїв та фільтрів зазвичай така:

- виявлення характеристик викидів (температура, вологість, вид та концентрація домішок, токсичність, дисперсність тощо);
- визначення типу очисного пристрою або фільтра за витратою газу, необхідним ступенем очищення, можливостями виробництва та іншими факторами;
- знаходження робочої швидкості газів;
- техніко-економічний аналіз можливих варіантів очищення;
- розрахунок параметрів очисного пристрою;
- проєктування та вибір очисного пристрою або фільтра.

При виборі засобів очищення викидів в атмосферу враховують такі рекомендації:

- сухі механічні способи та пристрої не ефективні при видаленні дрібнодисперсного та липкого пилу;
- мокрі методи не ефективні при очищенні викидів, в яких містяться речовини, що погано злипаються й утворюють грудки;
- електроосаджувачі не ефективні у випадку видалення забруднень з малим питомим опором і тих, які погано заряджаються електрикою;
- рукавні фільтри не ефективні для очищення викидів з липкими та зволоженими забрудненнями;
- мокрі скрубери не можна застосовувати для роботи поза приміщеннями в зимових умовах.

Процеси очищення технологічних і вентиляційних викидів від газів і пароподібних домішок характеризуються низкою особливостей:

1) гази, що викидаються в атмосферу мають досить високу температуру і містять велику кількість пилу, що істотно ускладнює процес газоочищення і вимагає попередньої підготовки газів, які відходять;

2) концентрація газо- і пароподібних домішок величина непостійна.

ЛЕКЦІЯ 6 Основні джерела забруднення водоймищ

- 6.1 Джерела забруднення гідросфери.
- 6.2 Забруднення природних вод України.
- 6.3 Основні види стічних вод.
- 6.4 Особливості забруднення побутовими стічними водами.

6.1 Джерела забруднення гідросфери

Вода є однією з найбільш необхідних і найпоширеніших речовин. Вода необхідна для життя, оскільки бере участь у кожному процесі, що відбувається в рослинах та в живих організмах. Вона є потужним розчинником, і живі організми використовують водні розчини для функціонування біологічних процесів. Загальний об'єм води на нашій планеті оцінюється у 1 385 млн км³ [3].

Усі водні ресурси поділяють на підземні, поверхневі та атмосферні. Водою вкрито близько 70 % земної кулі. Основна маса води на Землі – солоня, лише 4 % – прісна, з них 2 % – доступна.

Зростання населення, бурхливий розвиток промисловості і транспорту викликає подальше збільшення водоспоживання і одночасно призводить до прогресуючого забруднення води, яке спостерігається не тільки в річках і озерах, але навіть у морях і океанах.

Основними джерелами забруднення і засмічення водоймищ є:

- стічні води промислових та комунальних підприємств;
- відходи від розробок рудних і нерудних копалин;
- води рудників, шахт, нафтопромислів;
- відходи деревини при заготівлі, обробці, сплаві лісових матеріалів (кора, тирса, тріска, колоди, хмиз та ін.);
- викиди водного, залізничного та автомобільного транспорту;
- первинна переробка льону, коноплі та інших технічних культур.

Найінтенсивнішими забруднювачами поверхневих вод є великі целюлозно-паперові, хімічні, нафтопереробні, харчові та текстильні підприємства, гірничорудні і металургійні комбінати, а також сільськогосподарське виробництво.

За останнє тридцятиріччя стан вод Світового океану значно погіршився. Його поверхня вкрита нафтою, пластиковим пакувальним матеріалом, іграшками, пляшками та іншим сміттям, котре багато років не розкладається у воді. Таких твердих відходів нагромадилося вже понад 20 млн тон.

Одним з основних видів забруднення людиною гідросфери є забруднення континентальних і океанічних вод вуглеводнями. Вуглеводневе забруднення виникає в результаті багатьох чинників, пов'язаних із видобутком нафти, її транспортуванням танкерами, переробкою і використанням нафтопродуктів. На шельфі видобувається майже 30 % всієї нафти, сотні мільйонів тон її перевозяться морськими шляхами, на яких

щорічно втрачається не менше як 1 % нафти, тобто 5–10 млн тон. Особливу тривогу викликають випадки транспортних аварій великих танкерів. У 1968 р. із «Торріканйону» в Ла-Манші вилитося 119 тис. тон нафти, відомі катастрофи на морських промислах поблизу Каліфорнії, в Північному морі, в Мексиканській та Персидській затоках.

Значна частина вуглеводнів скидається в океан більш менш свідомо в результаті практики скидання промивальних і баластних вод нафтоналивних судів. Крім того, води всіх річок у промислово розвинених країнах містять вуглеводень. Зокрема, Рейн у своїй нижній течії переноситься близько 12 тис. т нафтопродуктів на день.

Забруднення океану вуглеводнями є основною причиною масової загибелі птахів та морських звірів, що особливо наочно виявляється при аваріях танкерів. Від контактів з вуглеводнями різко зменшується кількість планктону і гинуть мальки багатьох видів риб, а крупна риба через неприємний присмак стає непридатною до їжі.

Нафтова плівка зустрічається навіть в антарктичних водах, де від неї гинуть тюлені та пінгвіни. Нафта пошкодила багато європейських курортів світового значення. Нині діє міжнародна конвенція щодо запобігання забруднення морських просторів нафтою, яку підписали найбільші морські держави. Згідно з конвенцією, всі морські райони в межах 50 миль від берега є забороненими зонами, де не дозволяється вилив нафти у море.

Приблизно 40 % нафти, що потрапила у водоймище, осідає на дно у вигляді донних відкладень, причому нафтопродукти, що осіли на дно, окислюються у 10 разів повільніше, ніж води, що знаходяться на поверхні. Шар нафтопродуктів на воді при певній товщині і продукт, що вбрався у берег, можуть спалахувати і викликати пожежі.

Дуже небезпечним забруднювачем вод є фенол, який міститься в стічних водах нафтохімічних і хімічних підприємств, особливо багато його в стоках коксохімічних заводів – 0,4–0,75 г/л, а за добу скидається до 4–10 т фенолу. Вода водоймища набуває забарвлення, специфічного запаху карболу, покривається флуоресцентуючою плівкою, що заважає природному перебігу біологічних процесів у водоймищі. Процес самоочищення водоймищ від фенолу протікає повільно, його залишки відносяться течією річки на великі відстані, а феноли є сильними отрутами для риб.

Велику небезпеку становить забруднення Світового океану радіоактивними речовинами внаслідок випробування термоядерної зброї, захоронення радіоактивних відходів, роботи ядерних реакторів на військових підводних човнах і криголамах. Радіоактивність планктону може бути у 1 000 разів вищою, ніж радіоактивність води, а деяких риб – вищою навіть у 50 тис. разів, ніж у ланцюгу живлення.

Щороку у Світовий океан з різних джерел потрапляє понад 4 млн тон летких органічних сполук (дихлоретан, фреон та ін.), близько 120 тис. то 10 тис. тон кадмію. Крім повітряного перенесення і забруднення внаслідок судноплавства та робіт на шельфі, велика кількість забруднюючих речовин

виноситься річковим стоком, куди скидається близько 600 млрд тон промислових і побутових стоків. За деякими даними промислові стоки додають до природного виносу річок ще подвоєну кількість ртуті, у 12–13 разів більшу кількість свинцю, міді, цинку, у 30 разів більшу кількість сурми. За даними ЮНЕСКО, щороку з водами річок у море потрапляє понад 320 млн тонн заліза, 6,5 млн тон фосфору.

Забруднення вод важкими металами призводить до страшних наслідків. В Японії масове забруднення вод морської затоки поблизу міста Мінамато викликало хворобу «мінамато», при якій ртуттю отруювалася риба, що є основним джерелом білкової їжі населення даного міста. У хворих порушувалася мова, послаблювався зір, параліч сковував м'язи рук, ніг. Інша хвороба – «ітай-ітай» – викликана хронічним отруєнням кадмієм, що знаходиться в рисі. А рис накопичував цю речовину через забруднення відходами гірничодобувної промисловості, розміщеної навколо полів. Смертність серед хворих досягла 50 %.

Особливим видом забруднення гідросфери є теплове забруднення, яке спричинене спуском у водойми теплих вод від енергетичних установок. Величезна кількість тепла, що надходить з нагрітими водами в річки й озера, істотно змінює їх термічний і біологічний режими. Серед теплових забруднювачів гідросфери перше місце посідають АЕС.

Сільське господарство – один з найбільших споживачів і, одночасно, забруднювачів природних вод внаслідок використання міндобрив, пестицидів та інших хімікатів, функціонування великих тваринницьких комплексів, зрошування земель.

Тваринництво є постачальником значної кількості мертвої органіки – гною, підстилки, сечовини, які потрапляють у водойми. Повсюдно відбувається забруднення вод добривами і пестицидами, небезпечними своєю токсичністю. Щорічно лише азотних добрив вноситься в ґрунт понад 50 млн тон. У багатьох сільських районах з інтенсивним застосуванням азотних добрив вже сьогодні у 50 % колодязів вода містить нітрати, а нітритів - уже понад норму – 20 мг/л; у переважній більшості випадків їх вміст сягає 100–1 500, а подекуди – більше 2 000 мг/л. Відомі випадки тяжких захворювань, навіть смертності дітей, особливо немовлят. Сполуки азоту і нітратні іони належать до мутагенних речовин, які призводять до генетичних захворювань. За даними ВООЗ, з 1986 до 2000 року кількість людей, що народилася зі спадковими хворобами збільшилася з 10 % до 35 %.

Одним із серйозних наслідків забруднень водоймищ мінеральними солями, головним чином, з'єднаннями фосфору і азоту, є їх евтрофікація. Під процесом евтрофікації розуміють різке збільшення біопродуктивності водоймищ у зв'язку із збільшенням кількості живильних речовин. Зовні це виявляється, як правило, у «цвітінні» водоймищ – утворенні великої кількості водоростей, які потім відмирають і загнивають. У результаті зменшується кількість розчиненого у воді кисню і гине риба. Особливо небезпечна евтрофікація озер. Озера при цьому зменшуються, затягуються мулом і

поступово зникають. Людина прискорює евтрофікацію, скидаючи в озера і закриті моря значну кількість органічних речовин, здатних до бродіння, а також стічних вод, багатих фосфатами (миючі засоби, хімічні добрива) і нітратами. Ознаки евтрофікації водоймищ спостерігаються, якщо концентрація фосфору у воді перевищує 0,3 мг/л, а азоту – 15 мг/л.

Біологічно чисті води містять лише соті і тисячні долі мг/л фосфору. Сьогодні усі великі альпійські озера в Європі і Великі озера у Північній Америці перебувають під загрозою або на шляху до прискореної евтрофікації.

Зважені у воді мінеральні частинки, особливо з гострими краями, нанносять пошкодження зябрам риб; деякі водні організми обволікаються цими частинками, втрачають здібність до пересування і гинуть. Зважені речовини, смоли, важкі фракції нафтопродуктів утворюють донні осідання, дуже стійкі до процесів самоочищення, а іноді і зовсім йому невіддатливі. Донна рослинність покривається ними і не може розвиватися. Це викликає, так зване, вторинне забруднення водоймища.

Останнім часом великої шкоди завдають природним водам кислотні дощі. Що частіше випадають кислотні дощі й що більшу концентрацію кислоти вони містять, тим швидше зменшується кількість і видовий склад живих істот, у водоймах гинуть ікринки земноводних, равлики, прісноводні креветки, вимирають бактерії, а отруєні листки і стебла накопичуються на дні, зникає планктон. З донних залишків починається вилуговування отруйних металів: алюмінію, ртуті, свинцю, кадмію, олова, берилію, нікелю та ін. Внаслідок цього багато риб гине від пошкодження зябер, викликаного отруйною дією алюмінію. Далі розвиваються кислотнолюбиві мохи, гриби, нитчасті водорості, які пригнічують решту рослинності. Гине риба, в першу чергу щука й окунь. Вимирають жаби, комахи. Проте, вода здається чистою, оскільки в ній відсутні майже всі мікроорганізми. Наявні лише анаеробні бактерії, котрі виділяють вуглекислий газ, метан, сірководень.

Сьогодні проблема захисту вод Світового океану стала однією із найактуальніших, бо стосується всіх країн світу. Через це в ООН розроблено і прийнято кілька важливих угод, що регулюють рибальство, судноплавство, добування корисних копалин з морських родовищ тощо. У 1982 р. була підписана більшістю країн світу відома угода «Хартія морів». Також створена міжнародна служба моніторингу для постійного спостереження за станом Світового океану.

6.2 Забруднення природних вод України

Ріки Дніпро та Дністер є найбільшими прісноводними водоймами країни, в басейнах яких проживає близько 80 % населення. Ці ріки впродовж тривалого часу мали велику біологічну продуктивність, а їх природні ресурси споживали мільйони людей. З інтенсивним розвитком промисловості, сільського й житлово-комунального господарства було побудовано понад 800 водосховищ, зокрема 13 з об'ємом понад 100 млн м³, значно зросло

споживання прісної води та скидання забруднених стічних вод. Для потреб промисловості й сільського господарства з Дніпра щороку відбирають близько 15 млрд м³ води і скидають у нього близько 10 млрд м³ неочищених стічних вод. В атмосферу басейну щороку викидається понад 10 млн т газопилових забруднень з промислових об'єктів. У басейні Дніпра працюють 4 атомні електростанції. У стічних водах містяться в надлишковій кількості амонійний та нітратний азот, нафтопродукти, фенол, солі важких металів та хлорорганічні пестициди. З дощовими й талими водами в Дніпро та його водосховища потрапляє близько 500 тис. т сполук нітрогену, 1 тис. т заліза, 40 тис. т фосфорних і 20 тис. т калійних добрив, 40 т нікелю, 2 т міді, 0,5 т хрому. У результаті води Дніпра містять 3-38 ГДК амонійного азоту, 5-29 ГДК цинку, 2-25 ГДК мангану та ін.

Значної шкоди Придніпров'ю завдало будівництво шістьох ТЕС та водосховищ, що затопили майже 700 тис. га родючих заплачних земель (близько 2,1 % загальної площі України). У результаті такого будівництва режим Дніпра наблизився до застійного озерного. Різко зменшився водообмін і створилися застійні зони. Ріка втратила здатність самоочищатися. Піднявся рівень ґрунтових вод далеко від берегів. Почастішала евтрофікація вод і посилилося засолення ґрунтів. Майже в десять разів збільшився об'єм підземного стоку вод. У нижній частині басейну іригації змінився водно-сольовий режим ґрунтів, зменшився вміст гумусу в ґрунтах та посилилася їх ерозія в прибережній зоні. Внаслідок затоплення водою садів та городів щороку втрачається 3-4 млн т фруктів і овочів та близько 1 млн т зерна. Екологічна, енергетична та рибогосподарська вигода від створення водосховищ незначна, а нині вони перетворилися на гігантські накопичувачі промислового й побутового бруду. Майже половина річного обсягу стоку Дніпра забруднена.

Наша країна вважається найменш забезпеченою водними ресурсами в Європі. У малодощові роки на одного жителя припадає 1 000 м³ води, що у 10 разів менше, ніж у багатих водою країнах. Для збалансування водних ресурсів в Україні будувались сотні водосховищ, тисячі озер.

На межі 50-60 років ХХ століття, коли, наприклад, бурхливо розвивалася промисловість Львівщини, вирішено було побудувати Буське море, потім – Львівське море. Сьогодні побудовано 80-гектарне озеро для технічних потреб Львівської ТЕЦ-2. У 80-ті роки минулого століття почали реалізовувати проєкт водосховища Сірійського, так званого Карпатського моря. У нереалізовані проєкти було вкладено десятки мільйонів умовних одиниць.

Із-за варварського водогосподарства в Україні знищено 3 % територій (втрачено, затоплено, пересушено і т. д.). З 71 тисячі річок України за останні 10 років пропало 8 тисяч.

Враховуючи невеликі запаси поверхневих вод фахівці змушені впритул займатися проблемами експлуатації підземних родовищ води. В Україні щорічно видобувається 5,15 км³ підземних вод (77 % – для потреб питного і

технічного постачання, 23 % – водовідлив на виробництвах добувної промисловості). Найбільший водозабір артезіанських вод здійснюється в Луганській, Донецькій і Львівській областях. Оскільки має місце тотальне забруднення підземних вод, деякі водозабори закривають, а гідрогеологи розривають інші. Фахівці знають, що інтенсивна експлуатація підземних родовищ може призвести до необоротних негативних екологічних процесів: зневоднення річок, осушення колодязів, пересушування ґрунтів і, відповідно, погіршення росту флори і фауни, просідання земної поверхні і т. д.

Аналіз ситуації показав, що малі річки України забруднені більше, ніж великі. Це пояснюється не тільки їх малою водністю, але й недостатньою охороною. Найбільш забруднені Південний Буг, річки Донецької і Луганської областей, Чорноморське узбережжя півдня України.

Наслідки забруднення водного середовища можуть бути дуже різноманітними для здоров'я людини. Шкоди можуть завдати такі поширені забруднювачі як фторо-, хлоро- і фосфороорганічні забруднювачі, нітрати, нітрити, нітросполуки, пестициди, гербіциди тощо. Дуже небезпечними є синтетичні миючі засоби, котрі потрапляють у водоймища, і навіть незначна їх кількість викликає неприємний смак і запах води та утворює піну і плівку на поверхні, що утруднює доступ кисню та призводить до загибелі водних організмів. До особливих видів забруднення належить також заростання водойм водоростями, особливо синьо-зеленими, гниття яких викликає захворювання і загибель риби. Ця дуже гостра проблема, характерна для водоймищ басейну Дніпра.

Ці та інші негативні явища відбуваються на тлі низьких запасів води в Україні, які складають 97,3 км³ (у маловодні роки – 66 км³). Дефіцит води в Україні вже зараз складає 4 млрд м³.

Деградація, висихання малих річок невідворотно призведе до деградації великих рік, тому проблема їх збереження й оздоровлення є однією з найгостріших для держави.

Водомірні пости України свідчать про переважання помірно забруднених вод (умовно чистих). Екологічно чиста вода виявлена в Закарпатській, у південній частині Вінницької, на південному сході Харківської та заході Одеської областей, а також у південно-західній частині АР Крим. Підвищена забрудненість води відмічена у Львівській, Одеській, Запорізькій, Дніпропетровській та Донецькій областях. Висока забрудненість води – на півночі Донецької області і дуже висока – на значній території Херсонської області.

Забруднення поверхневих вод значною мірою впливає на якість підземних вод. Найбільш незадовільний якісний стан підземних вод на Півдні України: в Одеській, Миколаївській, Херсонській і Запорізькій областях та АР Крим. Понаднормове забруднення пестицидами спостерігається у Вінницькій, Житомирській, Луганській та Миколаївській областях та Криму. Нітратне забруднення, що перевищує ГДК, відмічається практично на всій території України, за винятком її західних областей.

6.3 Основні види стічних вод

Стічні води – води, які відходять після використання в побутовій, промисловій та сільськогосподарській діяльності людини або які пройшли через будь-яку забруднену територію чи об'єкт.

Стічні води умовно поділяються на 3 види:

- виробничі – використані в технологічному процесі виробництва або утворені при видобутку корисних копалин (вугілля, нафти, руди і т. п.);
- побутові – від санітарних вузлів виробничих і невиробничих корпусів і будівель, а також від душових установок;
- атмосферні – дощові і від танення снігу.

У різних технологічних процесах у промисловості використовують воду, внаслідок чого утворюються такі відпрацьовані стічні води:

- реакційні води, що виділяються під час реакцій. Вони забруднені домішками сировини і продуктів реакції;
- промивні води після промивання сировини, продуктів, обладнання, тари, маточні водні розчини;
- води, що надходять із сировиною у вигляді вільної та зв'язаної води;
- водні екстрагенти і абсорбенти;
- охолодні води, що не стикаються з сировиною і продуктами;

а також:

- побутові води з їдалень, душових, після миття приміщень, пралень, туалетів та ін.;
- атмосферні опади, що стікають з території промислових підприємств та інших господарських об'єктів.

Залежно від характеристики стічні води поділяють на умовно чисті (оборотні) і брудні. Умовно чистими (оборотними) стічними водами вважають води після охолодження технологічного обладнання, компресорів та іншого устаткування. Після використання в технологічних процесах їх охолоджують у градирнях і заводських ставках, у деяких випадках звільняють від зависей і знову повертають на охолодження. Брудні стічні води різняться за складом забруднювачів, який визначається технологією виробництва.

Забруднені виробничі стічні води містять різні домішки і підрозділяються на три групи:

- забруднені переважно мінеральними домішками (стоки заводів, що виготовляють мінеральні добрива, кислоти, будівельні вироби і матеріали й ін.);
- забруднені переважно органічними домішками (стоки підприємств хімічної і нафтохімічної промисловості, що виготовляють полімерні плівки, пластмаси, каучук та ін.);
- забруднені мінеральними й органічними домішками (стоки підприємств нафтовидобувної, нафтопереробної, нафтохімічної промисловості, що виготовляють продукти органічного синтезу й ін.).

До першої групи відносяться стічні води содових, сірчаноокислотних заводів, збагачувальних фабрик, свинцевих, цинкових, нікелевих руд, шахт, копалень та інших галузей промисловості. У цих водах містяться кислоти, луги, солі, сірчисті з'єднання, тони важких металів, зважені мінеральні речовини й інші речовини, що несприятливо змінюють властивості води у водоймищах – її прозорість, колір, смак, рН, жорсткість.

До другої групи відносяться стічні води хімічної і нафтохімічної промисловості, що виготовляють пластмаси, каучук і т. д. У цих стоках містяться аміак, вуглеводні, спирти, альдегіди, кетон, феноли, смоли, сірководень і т. п. Їх шкідлива дія виявляється, в основному, в окислювальних процесах, що знижують у воді вміст кисню, збільшують її окиснюваність і біологічну потребу в кисні, погіршуються й органолептичні показники води.

Речовини третьої групи – нафтопродукти, які потрапляючи у водоймища створюють плаваючі плівки, розчинені або такі, що емульсують у воді, нафтопродукти, важкі фракції, що осіли на дно, продукти адсорбції ґрунтом дна або берегів водоймища.

За концентрацією забруднюючих речовин виробничі стічні води розділяються на чотири групи:

- I – 50 мг/л;
- II – 500...5 000 мг/л;
- III – 5 000...30 000 мг/л;
- IV – більше 30 000 мг/л;

За ступенем агресивності стічні води поділяють на:

- неагресивні – рН=6,5-8,0;
- малоагресивні – рН=8-9;
- сильноагресивні – рН > 9.

6.4 Особливості забруднення побутовими стічними водами

Особливо небезпечним для здоров'я людини є забруднення природних вод побутовими стоками. Така забруднена вода зовсім непридатна для постачання населенню.

Забруднення побутовими стічними водами довгий час вважалось менш небезпечним, оскільки забруднюючі водоймища речовини були малостійкими. Проте останніми роками були синтезовані і стали широко застосовуватися мийні речовини, які стійкі й отруйні для мешканців водоймищ (зокрема морів).

Значним джерелом забруднення водоймищ можуть бути побутові стічні води, які несуть із собою фізіологічні виділення людини, забруднення від купання, умивання, прання білизни, миття приміщень, а також папір, обривки тканин, сміття. У цих стоках 60 % складають органічні речовини. Відмінною рисою побутових стічних вод є їх бактеріальне зараження: в 1 мм³ води можуть міститись десятки мільйонів бактерій, у тому числі і хвороботворні, а також яйця гельмінтів. Підраховано, що на нашій планеті майже 500 млн людей щорічно хворіє через користування забрудненою водою, оскільки вона містить збудники різноманітних інфекційних захворювань (паратиф, дизентерія, інфекційний вірусний гепатит, туляремія та ін.).

Зливові стоки змивають у водоймища забруднення з поверхні землі: при сильних зливах і затяжних дощах їх кількість може перевищувати побутові стоки, а концентрація забруднюючих речовин у них бути високою.

Слід зазначити, що основна маса побутових відходів піддається очищенню і знезараженню перед скиданням у водоймища. Спочатку для видалення щільних зважених частинок проводиться механічне очищення стоків, потім вони піддаються біологічному очищенню шляхом окислення мікроорганізмами в полях фільтрації або в полях зрошування, а частіше в спеціальних очисних пристроях (біофільтри, аеротенки й ін.), що імітують і прискорюють процес природного очищення.

Крім очищення від забруднень побутові стоки повинні бути звільнені від мікробів і яєць гельмінтів, що і досягається на полях зрошування (до 98 %); для інших способів очищення необхідне додаткове знезараження хлором або іншими дезінфікуючими речовинами.

Отже, особливо сильно забруднюють природні поверхневі води промислові стічні води хімічних, нафтопереробних, металургійних, шкіряних заводів, текстильних і целюлозно-паперових фабрик, м'ясокомбінатів та інших підприємств.

Усі види забруднень можна розподілити на хімічні, фізичні, біологічні й теплові.

Залежно від виду виробництва стічні води містять різні шкідливі сполуки неорганічної (луги, кислоти, мінеральні солі) та органічної (органічні сполуки, поверхнево-активні речовини, мийні засоби, пестициди, нафтопродукти тощо) природи. Більшість з них отруйні для біоти водойм. Ці сполуки поглинаються фітопланктоном і передаються ланцюгами живлення більш високоорганізованим організмам. У результаті вміст шкідливих речовин у м'ясі хижкої риби (щука, судак, окунь) може в тисячі разів перевищувати їх вміст у воді. Це дуже небезпечно для людей, птахів і тварин, що споживають цю рибу.

Біологічне забруднення води відбувається за рахунок надходження зі стічними водами різних мікроорганізмів, рослин і тварин (найпростіші, гриби, черви, бактерії, віруси та ін.). Найбільшими біологічними забрудниками є комунально-побутові стічні води. Промисловими біологічними забрудниками є підприємства шкірообробної промисловості, м'ясокомбінати й цукрові заводи. Фізичне забруднення води пов'язане зі зміною її фізичних властивостей: прозорості, вмісту зависей та інших нерозчинних домішок, температури й радіоактивності. Теплове забруднення спричиняє спускання у водоймища теплих вод з різних енергетичних установок. Надходження нагрітих вод у ріки й озера істотно змінює їх термічний і біологічний режими.

Забруднення промисловими відходами, скидання недостатньо очищених стічних вод, термічні води, змивання сільськогосподарських добрив і пестицидів, а також кислотні дощі стали реальною загрозою всій гідрографічній системі Землі та існуванню людини.

ЛЕКЦІЯ 7 МЕХАНІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

7.1 Проціджування та відстоювання.

7.2 Нафтовловлення, усереднення.

7.3 Виділення механічних домішок у полі дії відцентрових сил та фільтрування.

7.1 Проціджування та відстоювання

Механічне очищення застосовують для вилучення зі стічних вод (СВ) нерозчинених грубодисперсних домішок методами проціджування, відстоювання, фільтрування.

Для уловлювання крупних забруднювачів воду проціджують через ґрати. Частинки, які мають більшу щільність, ніж щільність води, видаляють відстоюванням у відстійниках. Речовини, легші за воду (нафтопродукти, смоли, жири) – у пастках, смоловловниках, олієвловниках, у яких речовини-забрудники спливають на поверхню води, звідки видаляються.

Частинки мінерального походження (частіше пісок) виділяють осадженням у пісковловниках. Для звільнення від дрібних частинок застосовують фільтри, найчастіше, з шару зернистого матеріалу.

Очищення механічними способами зазвичай застосовують як першу стадію в загальній системі очищення стічних вод.

Основними процесами механічного очищення є:

- проціджування стічної води на решітках і сітках для вилучення великих шматків домішок і сторонніх предметів;
- уловлювання в пісковловниках важких домішок, які проходять через ґрати і сітки;
- відстоювання для видалення нерозчинних, тих що тонуть і плавають, органічних і неорганічних речовин, які не затримані решітками і пісковловниками;
- видалення твердих завислих частинок у гідроциклонах;
- фільтрування через різні фільтри для затримування тонкодисперсних суспензій.

Той або інший процес механічного очищення або їх комбінацію застосовують залежно від властивостей домішок і необхідного ступеня їх вилучення.

Для попереднього видалення плаваючих великих або волокнистих забруднювачів (шматки дерева, ганчірки), частинок, що плавають, застосовується проціджування стоків через решітки і сита. За значного вмісту в стічних водах грубодисперсних суспензій першою стадією очищення повинне бути відділення частинок у піскових фільтрах різних конструкцій (пісковловниках). Проціджування як різновид механічного очищення призначене в основному для вилучення із стічних вод великих твердих нерозчинених частинок розміром до 25 мм, а також дрібних волокнистих

частинок, які при подальшій обробці стоків є перешкодою для нормальної роботи очисного обладнання.

Решітки, через які проциджують стічні води, виготовлені з металевих прутів (стрижнів) із проміжком 5–25 мм, встановлюють у колекторах очисних споруд вертикально або під кутом 60–75° до горизонту. Їх розраховують на максимальний притік стічних вод або на пропускну здатність очисної станції.

Швидкість стічної води на решітці не повинна перевищувати 0,8–1,0 м/с при максимальному потоці стічних вод.

Під час роботи решітки повинні постійно очищатися механічним способом за допомогою вертикальних чи поворотних граблів. Зняті з решітки домішки подрібнюють у спеціальних дробарках і скидають у потік стічної води за решіткою або спрямовують на переробку.

Широке застосування на практиці мають решітки таких типів:

- механічні уніфіковані решітки типу РМУ;
- решітки з механічними граблями типу МГ;
- комбіновані решітки – дробарки типу РД і КРД.

Для видалення більш дрібних зважених частинок застосовують сита, які бувають двох типів: барабанні й дискові. Перші являють собою сітчасті барабани з отворами 0,5–1,0 мм. При обертанні барабана стічна вода фільтрується через його зовнішню або внутрішню поверхню в залежності від подачі води. Затримані домішки змиваються з сітки водою і відводяться в жолоб. Продуктивність сита залежить від діаметра барабана, його довжини і властивостей домішок. Сита широко застосовують у целюлозно-паперовій промисловості, а також у виробництві деревноволокнистих плит.

Витрати рідини, що подається до проціджувача визначаються з розрахунку 40 м³ на одну тонну викидів.

За невеликого об'єму уловлених твердих відходів їх збирають в контейнери і видаляють, а за значного – розмелюють на дробарках.

У разі наявності в стічних водах значної кількості грубодисперсних суспензій першою стадією очищення повинно бути відділення частинок у пісковловниках, які розраховують на максимальну витрату стічних вод і перевіряють розрахунок за мінімального притоку.

Основне призначення пісковловників – затримання мінеральних частинок розміром, більшим за 0,2 мм (пісок).

Пісковловники бувають горизонтальні з коловим рухом стічної води і горизонтальні з прямолінійним рухом стічної води, а також пісковловники, що аеруються.

Для підтримання в горизонтальних пісковловниках постійної швидкості руху стічних вод на виході з них необхідно встановлювати водозлив з широким порогом.

Стічна вода підводиться до пісковловників і відводиться від них по лотках. Після заповнення пісковловників осад видаляють по гідроелеваторах. Для великогабаритних пісковловників розроблено пристрій, який збирає нафтопродукти. Пісковловники можна встановлювати після нейтралізаторів

сірчаноокислих стічних вод в тому випадку, коли випадання нерозчинних домішок вапняного молока (або меленого вапняку) і валиків кристалів гіпсу призводять до появи важких зважених частинок, які були відсутні у водах до нейтралізації. Аеровані пісковловники у вигляді горизонтальних резервуарів застосовуються для виділення мінеральних частинок з одночасною аерацією стічних вод повітрям, що подається від насосно-повітряної станції.

Конструкції застосовуваних відстійників залежать від витрати, складу і тощо.

Найбільш поширені горизонтальні відстійники, в яких частинки суспензії, осідаючи на дно або спливаючи, рухаються горизонтально разом з очищеною водою. Затримуються частинки, які встигають осісти на дно або піднятися на поверхню води в межах робочої довжини.

Швидкість руху шкребків (шкребки згрібають шлам до приямка, а речовини, які випливають на поверхню – до лотка або труби для їх видалення, в залежності від характеру шламу, становить 20–30 м³/год й ефективність їх роботи складає 85 % щодо завислих частинок і 50–80 % щодо нафтопродуктів.

За великих кількостей СВ застосовують радіальні відстійники – це конструктивний різновид горизонтальних. Застосовують також тонкошарові відстійники для очищення низькоконцентрованих СВ, які містять дрібнодисперсні нерозчинні домішки. Утворений у відстійнику або гідроциклоні шлам, що становить суміш піску й олії, перед вивезенням у відвал зневоднюється на фільтр-пресах або вакуум-фільтрах.

Ефективність відстоювання СВ можна підвищити, здійснюючи його двічі у первинних і вторинних відстійниках (у випадку застосування біохімічного очищення вторинне відстоювання зазвичай виконується після нього). З іншого боку, ефект очищення оливомістких СВ може бути зведений нанівець несвоєчасним очищенням відстійників і відсутністю систем збирання олії.

Таким чином, відстоювання будучи основним і часто єдиним методом очищення стоків від механічних домішок і нафтопродуктів, має низку істотних недоліків:

- громіздкість, велика площа;
- видалення тонких суспензій вимагає тривалого перебування стічних вод у відстійнику, що знижує продуктивність;
- ступінь очищення відносно низький.

7.2 Нафтовловлення та усереднення

Полютанти з густиною, нижчою за густину води, необхідно видаляти, змушуючи їх спливати на поверхню води. Це – нафтопродукти, олії, смоли й інші речовини, які вловлюють в пастках, олієвловниках, смоловідстійниках.

Нафтовловник – прямокутний, витягнутий у довжину залізобетонний відстійник, що розділений на декілька секцій, щоб можна було періодично виключити одну з них для очищення або ремонту.

Переважно глибина нафтовловника складає 2 м, довжина визначається з розрахунку, щоб середня тривалість відстоювання складала близько 2 годин. Забруднена вода через горизонтальний водозлив потрапляє у відстійну камеру пастки. Внаслідок різниці питомої ваги води, нафтопродуктів і твердих механічних домішок, що залишилися в стоці, відбувається їх розділення: нафтопродукти спливають на поверхню, домішки – осідають на дно, вода – виходить з пастки.

Нафтопродукти, що зосередились на поверхні води, вловлюються горизонтальною нафтозбірною трубою, яка обертається і спрямовується в резервуари для відділення від води і використання за призначенням.

До недоліків нафтовловників відносять:

- вони займають багато місця;
- забруднюють атмосферу виділеннями;
- потік води в них розподіляється нерівномірно;
- шкребковий механізм ненадійний в роботі;
- низький ступінь очищення;
- правильна експлуатація є складною.

Необхідно передбачити пристрої для збирання нафтопродуктів, які спливли, і вилучення осаду.

За таким самим принципом працюють олієвловники.

Якщо необхідно усереднити вміст і витрати виробничих стічних вод передбачаються усередники, об'єм яких визначається за графіками притоку стічних вод і коливань концентрацій забруднень в них.

7.3 Виділення механічних домішок у полі дії відцентрових сил та фільтрування

Виділення механічних домішок у полі дії відцентрових сил здійснюється в гідроциклонах і центрифугах, де зважені частинки виділяються з рідини під дією відцентрових сил, які виникають від того, що рідина, яка очищується, вводиться в пристрій тангенційно. Це викликає її обертовий рух і прояв відцентрових сил.

Швидкість відбору зі стічної води завислих твердих частинок може бути збільшена дією відцентрових сил у гідроциклонах, що бувають напірні і безнапірні (відкриті).

У напірній гідроциклонній конструкції (закриті гідроциклони) стічна вода подається під тиском тангентально. Основний потік її рухається в білястінковому просторі по спіралі донизу. У кінцевій частині потік повертає до центру апарата і рухається нагору до вихідного патрубку. Завислі частинки переміщуються в білястінковий шар, сповзають до вершини конуса і видаляються через розвантажувальний отвір.

Напірні гідроциклони затримують частинки суспензії величиною 0,1–0,5 мм і більше. У випадку очищення стічних вод, що містять абразивні домішки, застосовуються напірні гідроциклони з внутрішньою поверхнею,

футерованою зносостійким литтям. Напірні гідроциклони застосовують для видалення зі стічних вод механічних частинок зі швидкістю осадження менше 0,02 м/с.

Очищувана вода подається по патрубку в циліндричну частину гідроциклону зі швидкістю до 20 м/с і рухається вздовж стінок по спіралі донизу; в кінчній частині вона повертається до вертикальної осі апарата і по внутрішній спіралі піднімається догори до вихідного патрубка. Під дією відцентрової сили зважені частини випадають з потоку і через спуск для шламу виводяться з системи.

Для збільшення пропускної здатності і ступеня очищення встановлюють групу з паралельно включених гідроциклонів.

Істотним недоліком напірних гідроциклонів є їх відносно велика енергоємність і складність видалення речовин, які спливають.

Недоліків напірних гідроциклонів не мають відкриті (безнапірні) гідроциклони, що працюють за порівняно невеликих швидкостей потоку, унаслідок чого завислі частинки видаляються, в основному, внаслідок дії гравітаційних, а не відцентрових сил. Проте вони затримують лише великі частинки (10 мм і більш).

Відкриті гідроциклони застосовуються для виділення зі стічних вод великих механічних частинок зі швидкістю осадження більше 0,02 м/с. Переваги відкритих гідроциклонів – велика продуктивність і незначні витрати тиску (не більше 0,5 Па). Ефективність очищення в них залежить від характеристик забруднень (виду матеріалу, розміру і форми частинок тощо), а також від конструктивних і геометричних характеристик самого гідроциклону.

Застосовуються відкриті гідроциклони трьох типів:

– гідроциклони без внутрішніх пристроїв для виділення домішок, а також зкоагульованих зважених частинок нафтопродуктів;

– гідроциклони з діафрагмою і циліндричною перегородкою за витрати стічних вод на один апарат до 220 м³/год – для частинок розміром 0,2 мм і більше, а також зважених нафтопродуктів;

– багатоярусні – за витрати стічних вод на один апарат більше 200 м³/год – для виділення частинок розміром 0,2 мм/с і більше і нафтопродуктів.

Допускається для стічних вод, які містять 0,2–4 г/л зважених частинок з питомою вагою 2–2,5 г/см³.

Оскільки відцентрові сили в багато разів перевищують сили тяжіння, гідроциклони в десятки разів менші за об'ємом або площею за відстійники, в них значно збільшується швидкість осадження зважених частинок і зменшується площа, яку вони займають. Їх дуже зручно використовувати для замкнених зворотних циклів. До недоліків треба віднести – значні витрати електроенергії для створення необхідного тиску і швидке зношування апаратів.

Фільтрування застосовується також після застосування фізико-хімічних і біологічних методів очищення, тому що деякі з цих методів супроводжуються видаленням у воду, яка очищається, механічних домішок.

Процес фільтрування полягає у тому, що стічна вода проходить (фільтрується) через пористе середовище, яке знаходиться у спеціальних установках-фільтрах. При цьому зважені частинки затримуються на поверхні і в тілі фільтрувальних речовин. Найчастіше для фільтрування застосовують кварцовий пісок із зерном діаметром 0,5–2,0 мм. Чим дрібніший пісок, тим вищий ступінь очищення, але тим скоріше забруднюється фільтрувальний матеріал і виникає необхідність його регенерації.

Робота фільтра характеризується швидкістю фільтрування, яка визначається в м³/год на 1 м² площі поверхні фільтрувального шару. Розрізняють швидкісні фільтри зі швидкістю 6–10 м³/год і надшвидкісні, які працюють з початковою швидкістю 50–100 м³/год і кінцевою швидкістю 20 м³/год. Перші – виготовляються відкритими (безтисковими), другі – закритими (тисковими), причому тиск в них створюється водою або подачею стисненого повітря.

ЛЕКЦІЯ 8 ЗАХИСТ ЛІТОСФЕРИ

8.1 Ґрунти та поверхня землі.

8.2 Раціональне використання земельних надр.

8.3 Охорона ґрунтів.

8.1 Ґрунти та поверхня землі

Як зазначається в одній з останніх доповідей ООН про стан земельних ресурсів світу, подальше існування сучасної цивілізації поставлено під загрозу через широкомасштабну загибель родючих земель, яка дедалі збільшується. Необхідні термінові заходи для відновлення структури і родючості ґрунтів – нейтралізація, розсолення, збагачення гумусу і т. п.

Сьогодні охорона і раціональне використання земельних ресурсів (оброблювані землі, пасовища, сінокоси, рекреаційні землі) – одна з найактуальніших проблем людства.

Загальна площа родючих земель суші складає близько 1,5 млрд га (10–11 % площі суші), пасовищ і сінокосів – близько 3 млрд га (20 % площі суші). На кожного жителя Землі сьогодні припадає лише 0,4 га родючої землі.

За даними Всесвітньої організації з продовольства (ФАО), брак продуктів харчування у світі, переважно у країнах, що розвиваються, складає 230 млрд калорій на рік (37 млн тон пшениці). Для усунення недоліків у харчуванні і забезпеченні населення, яке щороку зростає, необхідно збільшити виробництво зерна на 65–70 млн тон на рік. Потенційні можливості для цього існують як за рахунок освоєння і відкриття нових земель, так і за рахунок підвищення врожайності. Важливо зазначити, що нестача продуктів харчування у ряді країн світу має не стільки технічну, скільки соціальну проблему, вирішення якої вже зараз може бути досягнуте шляхом справедливого перерозподілу надлишку продукції промислово розвинених країн.

Не дивлячись на освоєння цілини, меліорацію й іригацію, кількість придатних до обробітки сільськогосподарських земель безперервно зменшується. За даними ООН, щорічно з різних причин – запустинювання, відчуження, ерозії, засолення та ін. – втрачається величезна кількість земель. Причому втрачені землі не відновлюються або відновлюються ціною величезних матеріальних витрат.

Однією з основних причин деградації земель є запустинювання. Вважається, що утворення більшості пустель на Землі пов'язане із людською діяльністю і є наслідком знищення лісів, надмірного використання пасовищ і обробки землі, перенаселення. У наш час розширення пустель продовжується широким фронтом. У результаті сильних, повторюваних посух Сахара поступово захоплює великі території Судану, Ефіопії, Сомалі і Сенегалу. На пустелі перетворюються величезні райони Бразилії, Ірану, Пакистану,

Бангладеш, Афганістану. Загалом через запустинювання у світі втрачається до 6×10^6 га сільськогосподарських земель на рік. При будівництві трансамазонської магістралі в Бразилії були необдуманно знищені ліси на величезній території. Обробіток земель, що звільнилися, із застосуванням сучасної техніки перетворив їх на пустелю навіть в районах, розташованих близько до річки.

Іншу важливу причину втрати сільськогосподарських угідь становить відчуження земель за рахунок містобудування, будівництва доріг, аеродромів, сховищ, промислових і побутових звалищ.

Особливе місце у зменшенні придатних до використання сільськогосподарських земель посідає деградація ґрунтів за рахунок ерозії, засолення, хімічної деградації.

Сотні мільйонів гектарів земель страждають від ерозії. Тільки в Україні щорічно від ерозії гинуть десятки тисяч гектарів родючої землі.

За даними ЮНЕСКО щорічно внаслідок впливу на ґрунти вітрів, ураганів, хімізації, будівництва доріг, промислових об'єктів, аеродромів, розробки кар'єрів у світі втрачається від 5 млн га до 7 млн га родючих земель.

Ґрунти – органо-мінеральні утворення, що виникли в результаті тривалої взаємодії живих організмів і порід (гранітів, вапняків, базальтів, глин, пісків, сланців і т. д.), розкладання живих організмів, впливу природних вод і атмосфери.

Ґрунтоутворення є важливою частиною біологічного коловороту речовин і енергії. Ґрунт забезпечує рослини калієм і вуглецем, азотом і фосфором, бере активну участь в очищенні стічних і природних вод (фільтруються через ґрунт), є основним джерелом отримання продуктів харчування, регулятором водного балансу суші (поглинає, утримує і перерозподіляє атмосферну вологу), універсальним біологічним фільтром і нейтралізатором антропогенних забруднень.

Однією з найбільших бід ґрунтів є засолення внаслідок неправильного зрошування.

Великої шкоди землям завдають обумовлені діяльністю людини (підрізування ухилів, риття кар'єрів, підтоплення, будівництво водосховищ та ін.) зсуви, селі й осипання ґрунтів.

Дедалі відчутнішими стають наслідки хімізації сільського господарства - погіршення стану ґрунтів через накопичення в них шкідливих хімічних речовин після тривалих і інтенсивних внесень добрив і пестицидів. Адже внесений до ґрунту фосфор практично не вимивається (до річі, його надходження від промислових і побутових стоків значно перевищує надходження з сільськогосподарських угідь). Внесені до ґрунту фосфорні добрива призводять також до накопичення в ґрунтах фтору, стронцію, урану, радію.

У ґрунтах світу сьогодні накопичено близько 150 млн тон азоту. Дуже важливим є поступове розкладання гумусу протягом декількох років, перехід азоту з однієї форми в іншу. Розкладають азотні з'єднання і відновлюють їх до

оксидів і молекулярної форми азоту бактерії-денітрифікатори.

Одним з негативних наслідків перезбагачення ґрунтів і водоймищ хімікатами є евтрофікація водоймищ – збільшення їх біологічної продуктивності із-за накопичення біогенних елементів, пов'язаних з азотом, «цвітіння» водоростей, їх накопичення, відмирання, розкладання з інтенсивним поглинанням кисню з водоймищ, що призводить до задихання, загибелі риби та інших водних тварин.

Нітрати концентруються не тільки у воді і ґрунтах, але і рослинах, овочах і фруктах, здійснюючи негативний вплив на здоров'я людей. Надлишки нітратів в організмі беруть участь в утворенні нітрозозамінів – канцерогенів. Крім того, вони, взаємодіючи з гемоглобіном крові, перетворюють двовалентне залізо на тривалентне, зменшуючи транспорт кисню і перешкоджаючи диханню.

З овочів найбільш акумулюють нітрати кріп, салат, петрушка, буряк, капуста (у центральній, кореневій системі і верхніх місцях), морква (у нижній частині плоду), картопля (в середині), кабачки (нижня частина плоду).

Граничнодопустима концентрація нітратів (мг/кг): у картоплі – 80, капусті і моркві – 300, помідорах – 60, цибулі – 60, огірках – 150, кавунах, динях – 45, буряку – 140. Для інших овочів ці цифри подвоюють.

Наполовину зменшують вміст нітратів в овочах їх консервування, соління, маринування, квашення. Для зменшення нітрифікації рекомендують інгібітори – речовини, що гальмують цей процес.

Для зменшення побічної дії мінеральних добрив і нітратів необхідно:

- користуватися встановленими нормами їх якості, типу і кількості;
- правильно організувати їх транспортування, зберігання і використання;
- організувати моніторинг земель – систему спостереження за станом земельного фонду;
- постійно контролювати вміст у ґрунтах і ґрунтових водах пестицидів (метафос, карбофос, цирам, гептахлор, карбатион, поліхлорпропілен та ін.) і ДДТ;
- постійно контролювати навколо міст і промислових центрів вміст в ґрунтах і водах важких металів.

Величезної шкоди земельним ресурсам завдає геологічна і гірничодобувна промисловість. При розвідці і пошуках корисних копалин тимчасово побудованими дорогами пересувається величезна кількість техніки, утворюються тисячі свердловин, копаються десятки тисяч каналів, шурфів, будуються тимчасові бази, поселення, аеродроми, шляхи, що веде до зміни природних ландшафтів місцевості, порушення ґрунтового-рослинного покриву, утворення западин і опуклостей на поверхні.

Для зменшення тимчасової дії цих робіт необхідне:

- використання техніки з широкими шинами;
- селективна виїмка і складування ґрунтів;
- проведення робіт з відновлення ґрунтів і рекультивації земель;

- зменшення ресурсів ділянок свердлення;
- виведення порід в траншеї;
- проведення екологічної паспортизації земель, відведених під гірські роботи.

8.2 Раціональне використання земельних надр

Надра Землі використовуються в декількох напрямках задля:

- видобутку корисних копалин;
- зберігання рідких і газоподібних корисних копалин у природних і штучних сховищах;
- утворення різних споруд і навіть цілих заводів;
- будівництва транспортних комунікацій, метро, трубопроводів;
- поховання токсичних і радіоактивних відходів.

Мінеральні ресурси – це сукупність всіх корисних копалин суші, Світового океану, які використовуються в галузях енергетики, чорної і кольорової металургії, хімічної промисловості, будівництва.

Мінеральні ресурси є національним багатством кожної країни. Щорічно на нашій планеті видобувається майже 30 т різних корисних копалин на людину, але тільки 1–5 % їх через недосконалість технології і техніки реалізується у вигляді продукції виробництва, інше йде у відходи і втрачається на різних етапах виробництва.

За даними німецьких фахівців мінеральні ресурси України оцінені у вісім балів за десятибальною системою.

Правильна охорона природи передбачає, щоб експлуатація одних видів ресурсів не завдавала збитку іншим.

У зв'язку із цим варто розглянути шкідливий вплив гірничодобувної промисловості на природу, який виявляється у створенні відвалів, кар'єрів, териконів, провальних воронок, в забрудненні води, ґрунту, повітря. Розглянемо деякі з цих порушень і заходи з їх ліквідації.

Відвали утворюються або з порожньої породи, яку піднімають з шахт разом з рудою або вугіллям, а потім відсортовують на збагачувальних фабриках і звалюють поблизу (іноді такі відвали називають «хвостами»), або з відходів промислових підприємств (наприклад, попелівідвали теплових електростанцій), або з так званої вскриші, тобто верхніх шарів земної кори, що покривають поклади.

Якщо корисна копалина залягає неглибоко, її прагнуть розробляти відкритим способом, що значно дешевше. У такому випадку риють кар'єри, тобто проводять виїмку на велику глибину (іноді до 100 м), а потім відвалюють убік, створюючи своєрідні штучні плато, які виводять з ладу значні площі цінних земель.

Видобуток корисних копалин відкритим способом завдає найбільшого збитку природному середовищу, оскільки часто повному руйнуванню піддаються десятки і сотні гектарів цінних лісових і сільськогосподарських угідь.

Відновлення колишніх властивостей і родючості земель, що піддалися промислового впливу, так звана їх рекультивация набуває великого господарського і соціально-економічного значення, особливо в промислових районах з високою щільністю населення. Цим пояснюється зростаючий інтерес до проблеми рекультивации як за кордоном, так і в Україні.

Териконами є різновиди відвалів – у формі конусів. Ці конуси складаються з порожньої породи або з шлаку і часто зустрічаються навколо шахт, заводів, електростанцій та інших промислових підприємств. Терикони не тільки займають багато місця, але сильно порожать за наявності вітру, багато з них продовжують тліти усередині, виділяючи їдкий дим і сірчистий газ. У териконах вуглезбагачувальних фабрик завжди міститься багато вугільного штибу (пилу), який може самозайматися. Іноді внутрішня пожежа триває роками, а вся поверхня величезного конусу випускає жар і палиться цівками диму, як справжній вулкан. Якщо сильна злива глибоко промочить такий терикон, він може з величезною силою вибухнути, заподіюючи серйозні руйнування. Холодний терикон під впливом тривалих дощів здатний втратити зв'язаність і розпливтися.

Охороняти мінеральні ресурси необхідно, перш за все, від непродуктивної витрати, що відбувається у ряді випадків через недбалість або недосконалість самого процесу видобутку. Наприклад, багато кам'яного вугілля втрачається при підземних пожежах, значна кількість горючого газу пропадає при спалюванні у факелах на нафтопромислах і т. д.

З метою раціонального використання мінеральних ресурсів здійснюються безперервна розвідка, економне і комплексне витрачання їх, заміна дефіцитної мінеральної сировини іншими ресурсами. Для економії мінеральної сировини велике значення має збір металобрухту і його повторне використання. Крім того, необхідно передбачати заходи щодо запобігання і ліквідації шкідливого впливу гірничодобувної промисловості на природне середовище.

Економне і комплексне витрачання мінеральної сировини забезпечує продовження експлуатації існуючих (вже розвіданих) корисних копалин з тим, щоб їх вистачило на довший термін. У природі майже не зустрічаються «чисті» руди, що містять тільки залізо або тільки мідь, цинк, свинець. Руди величезної більшості родовищ – це складні комплекси, що включають основний елемент і ряд додаткових компонентів, які іноді називають супутниками. Часто трапляється, що гірничопромислові підприємства «знімають вершки», тобто здобувають тільки основну копалину, притому лише з найбагатших пластів. Бідні пласти, що залягають тут же, не розробляють, а залишають у землі або вибирають і кидають у відвали з порожньою породою. Туди ж звальюють копалини-супутники, виділення яких з комплексної руди потребує додаткових технологічних операцій. А потім, коли багаті родовища виснажуються або виникає потреба саме у викинутих раніше супутниках, починається процес вторинної переробки і збагачення відвалів зазвичай набагато більш коштовної, ніж організація одночасного видобутку всіх копалин. Щоб запобігти подібним

фактам, потрібні не тільки організаційні заходи, але і наукові дослідження, спрямовані на створення досконаліших технологічних процесів видобутку мінеральної сировини.

Доцільність економного і комплексного використання мінеральних ресурсів яскрава на прикладі горючих сланців. Сланці органічного походження – стародавні морські відкладення. Їх доцільніше використовувати не як паливо, а як хімічну сировину. Наприклад, розроблений спосіб виготовлення препарату СРР – сланцевої ростової речовини. Випробування, проведені у спеціалізованих інститутах, дозволили рекомендувати цю речовину для використання в сільському господарстві з метою підвищення врожайності ряду сільськогосподарських культур. Особливо ефективно СРР збільшує перші збори томатів – майже у 3 рази. Створені й упроваджені у виробництво нові методи термічної переробки сланців, що дозволяють отримувати велику кількість етилену, пропилену, бутилену – добре відомої сировини для синтезу полімерів, пластмас і ряду хімікатів. Смоли, що одночасно утворюються, використовуються як відмінне паливо. Отже, використання сланців можливе у двох напрямках - як хімічна сировина і як ушляхетнене паливо, що не забруднює атмосферу попелом і сірчистими газами. Із сланців можна отримати миючу речовину – сульфонол, якому притаманні усі переваги синтетичних миючих засобів і в той же час він не забруднює природу. Сульфонол, як і мило, з часом розкладається.

У перспективі важливою сировиною-продуктом океанських глибин будуть діатомові і глобигеринові голки (містять кремнезем і алюміній), «червоні» глини (окисел алюмінію) і багаті кольоровими металами гідротермальні відкладення рифових долин серединно-океанічних хребтів.

Не менш важливі і води Світового океану, в яких розчинено багато корисних речовин і елементів.

8.3 Охорона ґрунтів

У багатьох країнах екологічна безпека людини тісно пов'язана з питаннями відновлення родючості ґрунтів і рослинного покриву. Такі способи мають назву рекультивация. Рекультивация – штучне відновлення родючості ґрунтів і рослинного покриву.

Існують наступні способи очищення ґрунтів.

Низькотемпературна термічна десорбція – це технологія очищення ґрунтів, що заснована на застосуванні нагрівання для випару органічних речовин і видалені їх таким чином із забрудненої матриці. Гази, що утворюються при випарі органічних речовин, потім обробляються іншими методами, часто спалюванням. Оброблені ґрунти, звичайно, можуть бути повторно використані як засипного матеріалу. Така технологія, ефективна для летучих речовин у проникних ґрунтах, менш ефективна для слабо проникних ґрунтів.

Перевага способу: очищений ґрунт може використовуватися як заповнювач при будівельних роботах.

Недоліки:

- газ, що відходить, вимагає очищення;
- технологія має високі капітальні витрати.

Біоремедіація – ґрунти витягаються й обробляються таким чином, щоб інтенсифікувати ріст мікроорганізмів, зокрема, із застосуванням аерації, підгодівлі й поливу. Ці мікроорганізми, або природні, або культивовані, розкладають забруднюючі речовини. Дана технологія може застосовуватися в ряді варіантів. Перерахуємо їх.

Сільськогосподарська обробка землі – ґрунти забезпечуються живильними речовинами, поливаються водою і переорюються культиваторами з метою інтенсифікації мікробіологічного розкладання забруднюючих речовин. Сільськогосподарська обробка землі має ряд переваг, а саме: невисока вартість, ефективність у застосуванні до ідентифікованих забруднюючих речовин, якщо на місцях маються достатні площі для застосування цієї технології. Сільськогосподарська обробка землі найбільш застосовна до ґрунтів, забруднених вивітряними нафтопродуктами при високих концентраціях (3% - 10%). Ця технологія не повинна застосовуватися до ґрунтів, забруднених летучими органічними речовинами, тому що при цьому може виникнути проблема запахів.

Недоліки технології:

- вона ефективна для не летучих органічних сполук;
- менш ефективна для летучих органічних сполук;
- має потребу у відповідних ґрунтових і кліматичних умовах;
- треба заждати до 3 років для отримання необхідного результату;
- більш підходить для грубозернистих ґрунтів;
- вимагає наявності великих площ землі.

До переваг способу можна віднести низькі капітальні витрати.

Компостування – ґрунти, переміщають у відвали, де вони забезпечуються живильними речовинами, щоб інтенсифікувати ріст мікроорганізмів, зокрема, із застосуванням аерації, підгодівлі і поливу. Ці мікроорганізми, або природні, або культивовані, розкладають забруднюючі речовини.

Переваги способу:

- ефективний для не летучих органічних сполук;
- менш ефективний для летучих органічних сполук;
- технологія вимагає наявності невеликих площ землі і помірних капітальних витрат.

Очищення ґрунту в суспензійних біореакторах – технологія, включає завантаження ґрунту у пристрій, де ґрунти механічно перемішуються з водою. Далі до біореактора додають мікроорганізми.

Активізація мікроорганізмів досягається шляхом постачання повітря і живильних речовин, а також підтримкою температури, що веде до мікробіологічного розкладання забруднюючих речовин.

Недоліки:

- має потребу у відповідних кліматичних умовах;
- треба чекати до 3 років необхідного результату;
- використовується примусова аерація;
- вимагає очищення газу, що відходить.

Переваги способу – вимагає наявності невеликих площ землі і помірних капітальних витрат.

Промивання ґрунту – технологія, що включає загрузку ґрунту у пристрої, де ґрунти механічно перемішуються з водою та далі потрапляють у систему фільтрів, в яких з водою від ґрунту віддаляються забруднювачі.

Переваги способу – ефективність для більшості типів забруднюючих речовин.

Недоліки – високі капітальні витрати.

Перетворення ґрунту у будівельні матеріали - забруднені ґрунти змішуються з вапняком, цементом та деякими іншими в'язучими агентами для стабілізації забруднювачів у виді твердої маси з низькою проникністю. Це охороняє від їх розповсюдження і наступного переносу. Оброблені ґрунти потім ізолюються в сховищах або можуть залишатися на місці у контрольованому землекористуванні.

Переваги – ефективний для більшості типів забруднюючих речовин, особливо неорганічних з'єднань.

Недоліки – ґрунт стабілізований, однак забруднювачі не зруйновані, високі капітальні витрати.

Включення в асфальт – ця технологія являє собою включення забрудненого ґрунту до складу гарячої композиції асфальту. Летучі вуглеводні випаровуються під час нагрівання і згорають, продукти згорання уловлюються системами фільтрів асфальтового заводу. Більш важкі вуглеводні залишаються у складі композиції асфальту.

Переваги технології – ефективна для усіх вуглеводнів.

Недоліки – ефективна тільки для ґрунтів піщаного й гравійного типів, високі капітальні витрати.

Хімічна обробка – забруднювачі трансформуються в безпечні речовини шляхом хімічних реакцій зі специфічними реагентами, що додаються.

Переваги – неефективна для деяких хімічних речовин.

Недоліки – неефективна для вуглеводнів, високі капітальні витрати.

Ізоляція ґрунтів у сховище – ґрунт розміщається в спеціально побудованих сховищах, що ізолюють забруднюючі речовини від навколишнього середовища, із контролем підземних вод. Сховище може бути як тимчасове, так і довгострокове.

Ізоляція ґрунтів на місці – забруднені ґрунти залишаються на місці, але ізолюються від навколишнього середовища, із проведенням контролю фільтрату й міграції забруднюючих речовин. Ізоляція досягається шляхом спорудження покрить, чи стінок, що відтинають забруднювачі від довкілля, а також інших інженерних рішень.

Переваги способу – ефективний для більшості типів забруднюючих речовин, включаючи неорганічні з'єднання; ефективний для забрудненого устаткування й уламків.

Недоліки – ґрунт стабілізований, однак забруднювачі не зруйновані, високі капітальні витрати, фільтрат може мати потребу в очищенні.

Спалювання ґрунту (захист від високотоксичних відходів) – ґрунт пропалюється у спеціальних печах, де при високих температурах розкладаються високотоксичні органічні забруднювачі.

Переваги способу – ефективний для деяких високотоксичних органічних хімічних речовин.

Недоліки – неефективний для деяких неорганічних забруднювачів, високі капітальні витрати.

Проблеми екологічної безпеки людини тісно пов'язані зі станом довкілля. На жаль розглянуті способи очищення ґрунтів не завжди допомагають повернути їх до необхідного стану, та зазвичай потребують значних матеріальних затрат.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білявський Г. О. Основи загальної екології / Г. О. Білявський, М. М. Падун, Р. С. Фурдуй. – Київ : Либідь, 1995. – 368 с.
2. Грицик В. Екологія довкілля. Охорона природи : навч. посіб. / В. Грицик, Ю. Канарський, Я. Бедрій. – Київ : Кондор, 2009. – 292 с.
3. Запольський А. К. Основи екології : підручник / за ред. К. М. Ситника. – 3-тє вид., стер. – Київ : Вища шк., 2005. – 285 с.
4. Злобін Ю. А. Загальна екологія : навч. посіб. / Ю. А. Злобін, Н. В. Кочубей. – Суми : Університетська книга, 2003. – 416 с.
5. Кучерявий В. П. Екологія / В. П. Кучерявий. – Львів : Світ, 1999. – 320 с.
6. Назарук М. М. Основи екології та соціоекології : навч. посіб. для ВЗО І–ІІ рівнів акредитації / М. М. Назарук. – Львів. – 1997. – 210 с.
7. Сухарев С. М. Основи екології та охорони довкілля : навч. посіб. / С. М. Сухарев, С. Ю. Чундак, О. Ю. Сухарева. – Київ, 2006. – 394 с.
8. Основи екології та охорони навколишнього природного середовища : навч. посіб. / Я. І. Бедрій, В. С. Джигирей, А. І. Кидисюк. – Львів, 1999. – 238 с.
9. Чайка В. Є. Урбоекологія : підручник для студентів / В. Є. Чайка. – Вінниця. – 1999. – 368 с.
10. Царенко О. Основи екології та економіка природокористування : навч. посіб. для студ. вузів / Олександр Царенко, Олександр Несветов, Микола Кадацький. – 2-е вид., стереотипне. – Суми : Університетська книга, 2004. – 399 с.

Електронне навчальне видання

РОГОЗІН Анатолій Сергійович

ЗАХИСТ ВІД ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 263 – Цивільна безпека, освітні програми «Охорона праці», «Аудит та консалтингова діяльність в охороні праці»)

Відповідальний за випуск *В. Е. Абракітов*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *А. С. Рогозін*

План 2022, поз. 43Л

Підп. до друку 16.06.2023. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 3,9.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
№ ДК 5328 від 11.04.2017.