ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

1. Основні відомості про атмосферу та її роль.

2.Джерела забруднення атмосфери.

3. Масштаби і наслідки забруднення атмосфери.

4. Заходи боротьби із забрудненням атмосфери.

5. Стан повітряного середовища України та Запорізької області (самост.)

 АТМОСФЕРА - зовнішня газова оболонка Землі. Вона є сумішшю різних газів, водяної пари та твердих частинок.

*Газовий склад атмосфери:*

Нітроген – 78,084%;

Оксиген – 20,946%;

Аргон – 0,934%;

водяна пара – 0,2% на полюсах – 3% на екваторі;

вуглекислий газ (0,036%),

метан, пил та ін.

Основна маса *водяної пари* зосереджена в нижніх шарах тропосфери, її вміст коливається від 0,1-0,2% у полярних широтах до 3% - в екваторіальних. З висотою кількість водяної пари різко зменшується, в стратосфері водяна пара практично відсутня. Водяна пара атмосфери - причина утворення туманів та хмар і потенційне джерело атмосферних опадів.

*Вуглекислий газ* - також є важливою змінною складовою атмосфери. Середній вміст його в атмосфері становить 0,033-0,034%, причому над суходолом його дещо більше, ніж над океаном. Мінливість вмісту вуглекислого газу пов’язана з життєдіяльністю рослин, тварин та мікроорганізмів, його розчинністю у морській воді та господарською діяльністю людини.

Вуглекислий газ має характерну особливість поглинати інфрачервоне (теплове) випромінювання Сонця. Підвищення його концентрації в атмосфері може зменшувати тепловіддачу Землі та призвести до глобального потепління.

*Озон* - біосферно важливий компонент атмосфери. Є алотропною видозміною кисню (молекула озону складається із трьох атомів кисню), утворюється в стратосфері з молекулярного кисню під впливом ультрафіолетового випромінювання. Найбільша концентрація озону спостерігається на висоті 20-26 км. Біологічне значення озону полягає в тому, що він поглинає основну частину згубного для живих організмів жорсткого ультрафіолету.

До висоти 90-94 км атмосфера зберігає відносно сталий склад. Це забезпечується дією всіх видів вітрів та конвективним рухом повітряних мас.

Такий хімічний склад атмосфера мала не завжди. Первісна атмосфера Землі була схожа з атмосферами інших планет Сонячної системи (наприклад, Венери) і майже повністю складалась з вуглекислого газу з домішками метану, аміаку та ін. Теперішній киснево-азотний склад атмосфери є результатом життєдіяльності живих організмів.

Маса атмосфери складає 5,15 х 1015 т, але вона не є невичерпною, адже для живих організмів потрібне повітря певної якості. За даними американських медиків прогнозована тривалість життя новонароджених землян могла б бути на 3-5 років більшою, якби вдалося удвічі знизити забрудненість повітря у великих містах. При цьому кількість людей із захворюваннями серця та судин зменшилася б на 10-15%, легень – на 25% та значно зменшилася б кількість смертей від раку легень. Близько 90% атмосферних газів зосереджено на висоті до 16 км.

Для атмосфери характерна чітка розшарованість за температурними показниками та хімічним складом. За хімічним складом атмосферу можна поділити на дві частини - гомосферу (характеризується постійним співвідношенням основних складових) та гетеросферу (у ній спостерігається гравітаційний розподіл певних газових компонентів). Межа між ними знаходиться приблизно на висоті 100 км.

*За термічним режимом в атмосфері виділяють такі шари:*

1. *ТРОПОСФЕРА –* нижній, основний шар атмосфери до висоти 8-10 км в полярних, 10-12 км у помірних і 16-18 км в тропічних широтах. У тропосфері зосереджено більше 1/5 всієї маси атмосферного повітря, сильно розвинені турбулентність і конвекція, зосереджена переважна частина водяної пари, виникають хмари, розвиваються циклони і антициклони - все що відіграє визначальну роль для формування погоди на планеті. Температура в тропосфері зменшується із збільшенням висоти. Повітря тропосфери нагрівається безпосередньо від земної поверхні, і тому з підняттям на кожні 100 м температура знижується в середньому на 0,6-0,7 °С. Верхня межа тропосфери знаходиться на висоті 8-9 км у полярних широтах та 15-17 км у тропіках. Тропосфера зверху обмежена тропопаузою, яка відповідає переходу до більш стійких умов вище розміщеної стратосфери.

2. *СТРАТОСФЕРА* – шар атмосфери, що лежить над тропосферою від 8-10 км у високих широтах і від 16-18 км поблизу екватора до 50-55 км. Стратосфера характеризується зростанням температури з висотою від -40 ° С (-80 ° С) до температур, близьких до 0 ° С, малою турбулентністю, дуже незначним вмістом водяної пари.Її термічний режим формується за рахунок сумісної дії сонячної радіації та теплообміну з тропосферою. Нижні шари стратосфери термічно стабільні, а більш віддалені характеризуються зростанням температури з висотою.

3. *ІОНОСФЕРА* – верхні шари атмосфери, починаючи від 50 - 85 км до 600км, характеризуються значним вмістом атмосферних іонів і вільних електронів. Атоми і молекули в цьому шарі інтенсивно іонізуються під дією сонячної радіації, зокрема, ультрафіолетового випромінювання. Переміщення заряджених частинок за магнітними силовими лініями до полярних областей на широтах від 60 до 75 ° призводить до появи полярного сяйва. Верхня межа іоносфери - зовнішня частина магнітосфери Землі. Іоносфера має великий вплив на поширення радіохвиль. Складається іоносфера з мезосфери і термосфери. *іоносфера* - сильно розріджена частина атмосфери, що знаходиться над стратосферою та містить гази переважно в іонізованій формі. у ній виділяють мезосферу, термосферу та екзосферу. Простягається до висоти 3000 км і переходить у космічний вакуум.

 *Функції атмосфери:*

· містить кисень, необхідний для дихання аеробних організмів;

· є джерелом вуглекислого газу для процесу фотосинтезу;

· захищає все живе від згубного ультрафіолетового випромінювання;

· зберігає тепло Землі та регулює коливання температури і клімат;

· переносить водяну пару по планеті;

· є середовищем існування літаючих форм організмів;

· трансформує газоподібні продукти обміну речовин;

· є джерелом хімічної сировини та енергії;

· приймає і трансформує газові і пилові відходи.

 **2.ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ.**

*ПриродніАнтропогенні*

· геологічні процеси -промислові підприємства

· життєдіяльність живих істот -транспорт

· розкладання органічних решток -сільське господарство

· пожежі -військова діяльність

Геологічні процеси – вулкан Огастін (Аляска) у 1976 році викинув 300 млн т магми, в атмосферу потрапило близько 500 тис. т хлору. Допускають, що від 80 до 180 т хлору потрапило в стратосферу. Це становило від 17 до 36% тих кількостей хлору, які містились у фреонах, вироблених у всьому світі в 1975 році.

Вулкан Етна (Сицилія) викидає в повітря оксиду сірки (IV) більше, ніж 50 великих вугільних електростанцій.

Щорічно на Землі відбувається одне велике виверження вулканів, але викид хлору вулканами – це частина природних процесів глобальної хімічної рівноваги.

Життєдіяльність організмів - спори грибів, мікроорганізми, пилок квітуючих рослин, вуглекислий газ тощо.

Розкладання органічних решток - сірководень, метан, неприємний запах.

Пожежі - сажа, органічні сполуки, вуглекислий газ.

 Промисловість - *теплоенергетика*: CO, CO2, SO2, NO2 , радіонукліди, сполуки фтору.

*Хімічна промисловість* – важкі метали, органічні сполуки.

*Чорна металургія* – CO, CO2, SO2, SO3, NO2, важкі метали.

Транспорт - CO, CO2, NO2, свинець, сажа.

Сільське господарство: пестициди (інсектициди, гербіциди, фунгіциди, акарициди), важкі метали, перенасичення мінеральними добривами.

Військова діяльність:ракетне паливо, радіоактивні речовини

**3. МАСШТАБИ І НАСЛІДКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ**.

Основними глобальними наслідками забрудення атмосфери є:

- Парниковий ефект

- Озонові діри

- Кислотні опади

- Смоги

 **Парниковий ефект**- явище збільшення в атмосфері парникових газів, які затримують теплове випромінювання Землі та перешкоджають відтоку тепла в космічний простір. Основними парниковими газами є:

- *водяна пара* (затримує до 60 % теплового випромінювання Землі),

- *вуглекислий газ* (затримує близько 20% тепла) , основними джерелами його надходження в атмосферу є виверження вулканів, лісові пожежі, господарська діяльність - спалювання різних видів палива, антропогенні пожежі, знищення лісів,

- *метан* – потрапляє в атмосферу з рисових полів, при добуванні природного газу, нафтодобуванні, з вугільних шахт, з ферм, де утримують ВРХ

- *хлорфторвуглеводні* – використовуються як холодоагенти в холодильних установках, кондиціонерах, як пропеленти в аерозольних упаковках, як пінний компонент в будівництві та при гасінні пожеж.

- *оксиди азоту* - виділяються при спалюванні палива в двигунах реактивних літаків та ракет, при застосуванні нітратних добрив у с/г

- *озон* – як вторинний забрудник, поява якого пов’язана із зростанням кількості автомобілів.

***Можливі наслідки посилення парникового ефекту:***

· зростання середньорічної температури на планеті (у порівнянні з доіндустріальним періодом температура вже зросла на 0,6°С, до 2025 року вона може зрости на 2,5°С, а до кінця 21 століття – майже на 6°С);

· підвищення рівня Світового океану за рахунок танення материкового та морського льоду (за минуле століття рівень світового океану зріс на 10-25 м ). Унаслідок цього під водою опиниться багато прибережних районів та островів, через вторгнення солоних морських вод у прісноводні річки відбудеться засолення прісноводних прибережних акваторій;

· зміщення кліматичних поясів, розширення зон пустель;

· порушення біологічних ритмів розвитку рослин і як наслідок – довготривалі періоди неврожаїв;

· підвищення рівня захворюваності на серцево-судинні, респіраторні, інфекційні та ін. захворювання через нестачу продуктів харчування та води, збільшення вмісту біозабрудників (пилок, спори), зросте кількість травм, психічних розладів та смертних випадків внаслідок підвищення інтенсивності та тривалості природних аномалій (повеней, ураганів тощо),

· розширення середовища існування переносників хвороб ( наприклад, малярійного комара, черевоногих молюсків – шистоматоз) та ін.

 **Озонові діри** – явище стійкого зниження концентрації стратосферного озону над певними територіями на 30-50%. Вперше про значне потоншання озонового екрану над Антарктидою було повідомлено співробітниками Британської антарктичної служби у 1985 році. Пізніше таке ж явище було зафіксоване і над Арктикою.

Біологічне значення озонового екрану: озон має здатність поглинати короткохвильове ультрафіолетове випромінювання Сонця, згубне для всіх живих організмів (УФ-А має довжину хвиль 315-400 нм, викликає засмагу шкіри. УФ-В має довжину хвиль 280-315 нм, УФ-С мають довжину хвиль менше 280 нм. Вони руйнують білкові молекули, порушують діяльність клітин, збільшують можливість виникнення мутацій).

Однією з гіпотез, що пояснює причину зменшення концентрації озону, є хімічна, згідно з якою за утворення озонової діри відповідають сполуки хлору і, особливо, фреони, або хлорфторвуглеводні. Потрапляючи в атмосферу, вони можуть перебувати в ній до 75 років. Тут під дією сонячного світла, вони розкладаються, виділяючи атомарний хлор, який і руйнує молекули озону, сам при цьому не витрачаючись.

Крім фреону, на вміст озону можуть впливати азотовмісні забрудники повітряного середовища (надходять при запуску ракет і надзвукових літаків, виверженні вулканів тощо).

*Наслідки*: зростання захворюваності людей на рак шкіри та катаракту очей.

Для зменшення викидів промисловістю хімічних речовин, що призводять до руйнування озонового екрану, 16 вересня 1987 було запропоновано до розгляду і ратифікації міжнародною спільнотою ***Монреальский протокол*** – угоду про припинення або обмеження виробництва ряду речовин, що вважалися відповідальними за виснаження озону (переважно, фреонів). Договір вступив у дію 1 січня 1989 року.

 **Термін „кислотні дощі”ввів англійський хімік А. Сміт понад 100 років тому. Дощова** вода вважається кислою, якщо її рН дорівнює або менше 5 (при тому, що нейтральним є середовище з рН=7). У наш час дощова та снігова вода часто являють собою слабкий розчин сірчаної чи азотної кислот, які утворились в атмосфері із оксидів. Ці оксиди утворюються при спалюванні різних видів палива.

Кислотні опади:

· вимивають з ґрунтів поживні елементи;

· пригнічують діяльність ґрунтових мікроорганізмів;

· спричиняють загибель риби у внутрішніх водоймах;

· призводять до загибелі лісів, особливо хвойних;

· руйнують пам’ятки скульптури та архітектури

 Хімічні реакції, які відбуваються в повітрі, призводять до виникнення димних туманів – смогів (від англ. smoke – курити, дим, кіптява; fog – туман).

Типи смогів

Вологий (чорний, лондонського типу) – характерний для країн з морським кліматом, де висока вологість повітря та часто спостерігаються тумани.

5 грудня 1952 року над Англією утворилась зона високого тиску і протягом кількох днів спостерігалась безвітряна погода. Однак трагедія трапилась лише в Лондоні, де був високий ступінь забруднення атмосфери. За 3-4 дні загинуло більш, ніж 4 тис людей.

У смозі лондонського типу практично не утворюється яких-небудь нових речовин. Його токсичність цілком визначається вихідними забруднювачами. Головним діючим компонентом чорного смогу є сірчаний газ.

*Наслідки*: ураження верхніх дихальних шляхів людини, прискорення процесів корозії металів, руйнування будівель, погіршення якості промислових виробів та матеріалів.

Сухий (білий, фотохімічний, лос-анжелеського типу) – виникає, як правило, влітку та ранньої осені у вигляді жовто-зеленої чи сизої сухої імли, а не суцільного туману.

*УМОВИ ВИНИКНЕННЯ:*

· наявність у повітрі різноманітних забруднюючих речовин: газових викидів підприємств хімічної промисловості та вихлопних газів автомобілів;

· низька відносна вологість повітря;

· інтенсивне сонячне випромінювання;

· безвітряна погода;

· наявність температурних інверсій, що сприяють застою повітря над містом.

Білий смог виникає у забрудненому повітрі в результаті фотохімічних реакцій, які відбуваються при дії УФ сонячної радіації на газові викиди, і в результаті утворюються нові речовини, набагато токсичніші за вихідні.

Основні компоненти фотохімічного смогу: озон, органічні перекиси, нітрати, нітрити, оксид азоту (IV), вуглекислий газ, вуглеводні, альдегіди, кетони, феноли, метанол та ін.

Батьківщиною фотохімічного смогу вважають м.Лос-Анжелес, яке з півночі, півдня і сходу оточують гори і передгір’я, утворюючи своєрідну пастку для повітря. Верхню частину цієї величезної природної колби закриває низький інверсійний шар (формується на висоті 200-250 м), який затримує теплі повітряні потоки, що прямують вгору. У ранкові години пік у повітрі накопичується велика кількість вихлопних газів автомобілів. На сонці з цих газів утворюються речовини, що подразнюють слизові оболонки. Перед полуднем виникає фотохімічний туман, а незабаром після полудня інверсія послаблюється, смог піднімається вгору. Вплив вечірніх годин пік вже ледь помітний. Явно виражений сильний фотохімічний смог спостерігається в Лос-Анжелесі більше 60 днів на рік.

*НАСЛІДКИ:*

· у людей спостерігається подразнення очей, слизових оболонок носа та горла, симптоми задухи, загострення легеневих та інших хронічних хвороб;

· гинуть домашні тварини, головним чином собаки та птахи;

· гинуть рослини: спочатку набрякають листки, згодом з нижнього боку поверхня набуває срібного чи бронзового відтінку, а з верхнього – з’являється плямистість і білі нальоти, рослини швидко в’януть. Особливо чутливими до смогу є салатні культури, боби, буряк, злаки, виноград, декоративні насадження. Сосни гинуть навіть на відстані 60 миль від Лос-Анжелеса;

· розвивається корозія металів та відбувається руйнування елементів будівель, розтріскуються фарби, гумові та синтетичні вироби, псується одяг;

· через погану видимість погіршується робота транспорту.

  Льодяний смог (аляскинського типу) – характерний для міст, що знаходяться в північних широтах. виникає при низьких температурах (нижче -30 С), повному штилі, високій вологості повітря та наявності потужних джерел забруднення. При низькій температурі крапельки водяної пари перетворюються на кристалики льоду і зависають у повітрі у вигляду густого білого туману, при цьому видимість зменшується до 8-10 м. На кристаликах адсорбуються частинки і молекули пилогазових викидів. Важчаючи, кристалики льоду опускаються в приземний шар. Дихати в такому тумані неможливо.

 **4. ЗАХОДИ БОРОТЬБИ ІЗ ЗАБРУДНЕННЯМ АТМОСФЕРИ.**

Заходи забезпечення охорони атмосферного повітря міського середовища умовно можна розділити на такі групи:

* організація санітарно-захисних зон (СЗЗ),
* архітектурно-планувальні заходи,
* інженерно-організаційні заходи,
* впровадження безвідходних та маловідходних технологій,
* використання технічних засобів та технологій очищення викидів.

 *Організація санітарно-захисних зон.*

СЗЗ – це озеленена територія, спеціально виділена між промисловим підприємством та житловим районом.

Будь-які об’єкти, що є джерелами викидів у довкілля шкідливих речовин, а також джерелами шуму, вібрацій, ультразвуку, електромагнітних хвиль, радіочастот, статичної електрики в обов’язковому порядку потрібно відокремлювати від житлової забудови санітарно-захисними зонами. Тому в сучасному місті СЗЗ стали обов’язковими складовими компонентами промислового підприємства або іншого об’єкта, що є джерелами хімічного, біологічного чи фізичного впливу на навколишнє природне середовище та здоров’я людини.

Розміри нормативної СЗЗ до межі житлової забудови встановлюють в залежності від:

* потужності підприємства,
* особливостей технологічного процесу виробництва,
* характеру і кількості шкідливих та з неприємним запахом речовин, що виділяються в атмосферу.

Територія СЗЗ повинна бути облаштована та озеленена. Її не можна використовувати для розширення території промислового підприємства, але на ній допускається розміщення об’єктів нижчого класу шкідливості, ніж основне виробництво – складів, гаражів, автостоянок тощо.

Поблизу підприємств із великою кількістю викидів шкідливих речовин СЗЗ формується у вигляді аеродинамічної системи, яка складається із зелених захисних смуг та відкритих ділянок між ними. При цьому територія провітрюється по численних каналах в горизонтальному напрямку, а завихрення повітря за смугами сприяє утворенню висхідних потоків та розсіюванню викидів у високих шарах атмосфери. Разом з тим, захисні смуги та газонні покриття затримують пил і аерозолі, поглинають шкідливі гази.

У відповідністю із санітарною класифікацією промислових підприємств розміри СЗЗ встановлюють у межах від 50 до 3000 м в залежності від класу небезпечності підприємства (табл. 1).

 Таблиця 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Розмір СЗЗ, м  | Клас небезпечності підприємства  | Приклади підприємств  |
|  | І.А  |    |
|  | І.Б  |    |
|  | ІІ  |    |
|  | ІІІ  |    |
|  | IV  |    |
|  | V  | *Підприємства харчової промисловості, громадського харчування, видовищні та культурні об’єкти.*    |

 Розміри СЗЗ уточнюються при розрахунках розсіювання пилогазових викидів і можуть виявитись більшими або меншими від нормативних. Якщо розрахунковий розмір СЗЗ більший від нормативного, то застосовують заходи для зменшення об’єму пилогазових викидів або ж розмір СЗЗ встановлюють у відповідності з розрахунковим.

Якщо промислове підприємство знаходиться всередині житлової забудови і неможливо забезпечити дотримання розмірів СЗЗ у відповідності з нормативами, слід забезпечити такий ступінь очищення пилогазових викидів, щоб на межі підприємства не було перевищення ГДК.

Отримані розрахункові розміри СЗЗ необхідно також уточнити для різних напрямків вітру в залежності від результатів розрахунку забруднення атмосфери та середньорічної рози вітрів у районі розташування підприємства.

**АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНІ ЗАХОДИ.**

До архітектурно-планувальних відносять заходи, пов’язані із:

* вибором майданчика для будівництва промислового підприємства,
* взаємним розташуванням підприємства і житлових кварталів,
* взаємним розташуванням цехів підприємства,
* влаштуванням зелених зон.

 Найкраще джерела забруднення атмосфери розташовувати за межами населеного пункту, з підвітряного боку від житлових масивів.

Але якщо промисловий об’єкт розташований у межах міста, то шкоду, якої він завдає повітряному середовищу слід звести до мінімуму. Для цього потрібно дотримуватись таких вимог:

* промислове підприємство повинно бути розташоване на рівному, підвищеному, добре провітрюваному місці,
* райони житлової забудови повинні розташовуватись нижче від підприємства, інакше втрачатиме доцільність використання високих димових труб;
* цехи, що виділяють найбільше забруднюючих речовин, слід розташовувати скраю виробничої території, з боку, протилежного житловим масивам;
* розташування цехів повинно бути таким, щоб при напрямку вітру в бік житлових кварталів, їх викиди не об’єднувались;
* територія промислового підприємства повинна бути добре озеленена, оскільки зелені насадження є ефективними біофільтрами.

**ІНЖЕНЕРНО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАХОДИ.**

Основні види інженерно-організаційних заходів полягають у наступному:

* Зниження інтенсивності та організація руху автотранспорту. Для цього будують об’їзні та окружні дороги навколо міст та населених пунктів, влаштування розв’язок доріг на різних рівнях, організація руху на основних міських магістралях по типу „зеленої хвилі”.
* Збільшення висоти димових труб. Чим вища труба, тим краще розсіюються в атмосфері пило газові викиди. Якщо димова труба заввишки 100м дозволяє розсіювати шкідливі речовини в радіусі до 20 км, то труба заввишки 250 м збільшує радіус розсіювання до 75 км. Найвища у світі димова труба висотою понад 400 м збудована на мідно-нікелевому комбінаті в м. Садбері (Канада).

Однак слід враховувати, що при викидах через високі димові труби зростає загальне фонове забруднення повітря. Також із збільшенням висоти труби збільшується її вартість, тому на практиці не рекомендується будівництво димових туб висотою понад 150 м.

* Збільшення швидкості руху газів у димовій трубі. Це сприяє покращенню умов розсіювання пилогазових викидів, але при цьому зростають питомі енерговитрати на транспортування газів.

 **ВПРОВАДЖЕННЯ МАЛОВІДХОДНИХ І БЕЗВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.**

Це один із найперспективніших напрямків боротьби із забрудненням атмосферного середовища, що дозволяє суттєво знизити рівень забруднення повітря.

Найефективніші заходи по зменшенню газоподібних відходів підприємства:

* перехід підприємств теплоенергетики із твердого палива на природний газ, що дозволяє істотно знизити рівень забруднення атмосферного повітря пилом та сполуками Сульфуру;
* відмова від використання етилованого бензину та впровадження в якості автомобільного палива природного газу;
* удосконалення енергетичних котлів та оптимізація процесу згорання палива, що дозволить зменшити викиди оксидів Нітрогену в атмосферу;
* зниження енергоємності виробництв та використання вторинних енергоресурсів у вигляді гарячої води і гарячих газів.

 **ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ ВИКИДІВ.**

Існують різні методи очищення викидів від твердих, рідких та газоподібних домішок. На основі цих методів розроблено багато різних пристроїв і апаратів, при комплексному використанні яких можна досягнути високоефективного очищення пилогазових викидів. З метою економії виробничих площ ці пристрої і апарати розташовують, як правило, у верхніх ярусах цехового простору. Видалені із пилогазових викидів речовини здебільшого є або готовим продуктом або цінним видом вторинної сировини.

**Для очищення газів від твердих і рідких частинок застосовують технології:**

* сухого інерційного очищення газів,
* мокрого очищення газів,
* фільтрації,
* електростатичного осадження.

**Для очищення газів від газо- та пароподібних компонентів використовують методи:**

* абсорбції (промивання викидів розчинних домішок),
* адсорбції (поглинання газоподібних домішок твердими активними речовинами),
* хемосорбція (промивання викидів розчинами реагентів, які зв’язують домішки хімічно),
* термічного та термокаталітичного очищення,
* біохімічного очищення.

Основними вимогами до апаратів пило- та газоочищення є висока ефективність та експлуатаційна надійність. Слід враховувати, що чим вищою є ступінь очищення газів та чим дрібніші вловлювані частинки, тим більшими є питомі капітальні витрати на спорудження установок і їх експлуатацію.