

М.В. Нечипорук, В.В.Кручина, О.М. Бугаєнко, С.О. Лобов

## МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЗАХИСТУ БІОСФЕРИ

2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

М.В. Нечипорук, В.В.Кручина, О.М. Бугаєнко, С.О. Лобов

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЗАХИСТУ БІОСФЕРИ

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

М.В. Нечипорук, В.В.Кручина, О.М. Бугаєнко, С.О. Лобов

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЗАХИСТУ БІОСФЕРИ

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2012

УДК 504.064.4(075.8)  
М54

Рецензенти: канд. техн. наук, доц. С.Р. Артем'єв,  
канд. техн. наук, доц. Є.М. Варламов

Методи і засоби захисту біосфери [Текст]: навч. посіб. /  
М54 М.В. Нечипорук, В.В. Кручина, О.М. Бугаєнко, С.О. Лобов. – Х.: Нац.  
аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2012 . – 51 с.

Подано відомості про конструкцію, принцип дії й основні характеристики пристроїв, призначених для захисту навколишнього середовища. Розглянуто питання розрахунків очисних апаратів.

Для студентів спеціальності «Екологія і охорона навколишнього середовища». Може бути доцільним при вивченні дисципліни «Методи та засоби захисту біосфери», виконанні домашніх завдань, курсової роботи, а також розділів дипломних робіт.

Іл. 8. Бібліогр.: 6 назв

**УДК 504.064.4(075.8)**

© Нечипорук М.В., Кручина В.В.,  
Бугаєнко О.М., Лобов С.О., 2012  
© Національний аерокосмічний  
університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», 2012

## ВСТУП

Навколишнє середовище потрібно розглядати, як систему взємозв'язаних об'єктів. Порушення зв'язків може призвести до змін в усталених у природі круговоротах речовин і енергії. Вплив промислових підприємств приводить до серйозних порушень в круговороті ряду речовин. При надходженні великої кількості відходів промислового, побутового і сільськогосподарського походження порушуються умови самоочищення, що дозволяє природі самостійно справлятися з переробкою відходів за допомогою бактерій, води, повітря, впливу сонячного світла.

Значна кількість відходів утворюється на підприємствах і їх перелік дуже широкий. Посилення техногенного впливу на природне середовище спричинило ряд екологічних проблем. Багато з них пов'язані з погіршенням стану атмосфери, гідросфери та літосфери.

У результаті технічної та господарської діяльності чиниться антропогенний вплив людини на навколишнє середовище і його ресурси шляхом неконтрольованого змінення складу і режиму атмосфери, гідросфери, літосфери. Це призводить до незворотного порушення складу і структури екосистеми.

Атмосфера – газова оболонка, що оточує Землю.

Аерація – природне або штучне насичення водойм, ґрунту атмосферним повітрям.

Біосфера – оболонка Землі, що включає нижню частину атмосфери, гідросферу і верхні шари літосфери, склад, структура і енергетика яких значною мірою обумовлені минулою та сучасною життєдіяльністю живих організмів.

Біофільтр – споруда для прискорення біологічного очищення стічних вод.

Вода питна – вода, в якій показники бактеріальних, органічних властивостей і ступеня токсичності хімічних речовин знаходяться в межах норм питного водопостачання.

Водообмін – постійне змінення води, її відновлення під час круговороту.

Водовідведення - сукупність санітарних заходів і технічних пристроїв, що забезпечують видалення стічних вод за межі населеного пункту або підприємства.

Водоочищення – комплекс технологічних процесів, спрямованих на очищення води, що надходить у водопровідну мережу з природних джерел.

Водопідготовка – поліпшення якості природних вод, що використовуються в технологічних процесах і для побутових потреб.

Гідросфера – сукупність вод (океани, моря, річки, озера, болота, льодовики, сніговий покрив, води підземні), що утворюють переривчасту водну оболонку Землі.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – кількість шкідливої речовини в навколишньому середовищі, яка практично не впливає на здоров'я людини і не викликає несприятливих наслідків у його потомства при постійному контакті або при впливі за певний проміжок часу.

Гранично допустимий викид (ГДВ) і гранично допустимий скид (ГДС) у водойми шкідливих речовин від джерела забруднення - найбільший викид (скид), який у сукупності з викидом (скидом) інших забруднювачів населеного пункту з урахуванням перспективи розвитку промислових підприємств не перевищить нормативів ГДК цієї речовини у приземному шарі або водоймі.

Екологія – наука про взаємовідносини живих організмів і утворених ними співтовариств один з одним і навколишнім середовищем.

Екологічні збитки – економічні та позаекономічні втрати суспільства, яких можна було б уникнути при оптимальному стані природного середовища.

Літосфера – верхня тверда оболонка Землі, частина біосфери, що є продуктом спільного впливу клімату, рослинності, тварин і мікроорганізмів на поверхневі шари гірських порід.

Моніторинг – система повторних цілеспрямованих спостережень, за станом природного середовища в динаміці, за параметрами, що цікавлять людину. На основі отриманих даних про стан природного середовища даються рекомендації для розроблення раціональних способів її використання.

Навколишнє середовище – цілісна система взаємозв'язаних природних і антропогенних об'єктів і явищ, де відбуваються праця, побут і відпочинок людей. Поняття включає об'єкти: рельєф місцевості і поверхневі відкладення, повітря, клімат, характеристики ґрунтів, вода, рослинний і тваринний світ. Всі ці компоненти навколишнього середовища взаємодіють з включеними в нього технічними компонентами, які створює суспільство.

Природне середовище – сукупність природних і змінених діяльністю людини факторів, які безпосередньо і опосередковано впливають на людину і господарство.

## 1. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАБРУДНЮВАЧІВ БІОСФЕРИ

Джерелом антропогенного забруднення біосфери є неутилізовані відходи виробництв, які утворюються в результаті обміну речовин і енергії сучасних промислових підприємств з навколишнім природним середовищем. Усі забруднювачі можуть бути об'єднані в дві основні групи: матеріальні та енергетичні.

До матеріальних забруднювачів належать неутилізовані хімічно інертні відходи виробництва (механічні забруднювачі) і всі хімічно активні сполуки та елементи, що потрапляють в біосферу та взаємодіють з її компонентами (хімічні забруднювачі). В основу класифікації матеріальних забруднювачів покладено їх агрегатний стан, токсичність і вплив на живі організми.

За характером впливу на живі організми токсичні речовини поділяють на шість груп:

1) загальнотоксичні, що викликають отруєння всього організму (оксид вуглецю, ціанисті сполуки, свинець, ртуть, бензол, миш'як та його сполуки тощо);

2) дратівні, що викликають подразнення дихального тракту та слизових оболонок (хлор, аміак, сірчистий газ, фтористий водень, оксиди азоту, озон, ацетон та ін.);

3) сенсibiliзуючі, що діють як алергени (формальдегід, розчинники, лаки на основі нітро- та нітрозосполук та ін);

4) канцерогенні, які викликають злоякісні пухлини (3, 4-бензапірен, нікель та його сполуки, аміни, оксиди хрому, азбест, радон і т. п.);

5) мутагенні, що призводять до зміни спадкової інформації (свинець, марганець, радій);

6) забруднювачі, що впливають на репродукційну функцію (свинець, уран та ін.)

Хімічно інертні (нетоксичні) забруднювачі, проникаючи в живі організми, при відповідних концентраціях також можуть спричиняти дратівну дію і накопичуватися в дихальних шляхах через погану розчинність в біологічних середовищах. В основному це пил металів та їхніх оксидів (чавун, сталь, алюміній), пластмас, деревини, скляних і мінеральних волокон.

Матеріальні забруднювачі також несприятливо впливають на рослинний світ (наприклад, надлишок міді в повітрі, воді та ґрунті призводить до невизрівання злакових, загибелі плодових дерев) і неживу природу (агресивні пил і гази руйнують античні пам'ятки культури, підсилюють корозію металів). Негативно впливаючи на навколишнє природне середовище, забруднювачі, у свою чергу, піддаються певному впливу самого середовища. За цією ознакою їх можна розділити на неруйнівні (стійкі) і руйнівні під дією природних хіміко-біологічних процесів.

Енергетичні забруднювачі містять промислові теплові викиди, а також усі види випромінювань і полів, які впливають на природне середовище (фізичні забруднювачі). Одна з особливостей енергетичних забруднювачів – обмеженість сфери їх активної дії. Так, якщо матеріальні забруднювачі в атмосфері або гідросфері можуть розповсюджуватися на значні відстані від джерела їх утворення, то зона активної дії випромінювань і полів зазвичай відносно невелика. Іншою особливістю енергетичних забруднювачів, на відміну від матеріальних, є те, що вони у своїй більшості (за винятком теплових та іонізуючих випромінювань) шкідливо впливають на біосферу лише під час роботи джерела і не акумулюються в природі. Тому енергетичні забруднювачі поділяють на акумульовані й неакумульовані.

Деякі види забруднювачів, наприклад радіоактивні відходи, можуть бути одночасно матеріальними й енергетичними.

## **2. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ**

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря є промислові підприємства, теплові електростанції, транспорт, сільське господарство.

*Викиди автотранспорту.* Автомобільні вихлопні гази - суміш приблизно 200 речовин. У них містяться вуглеводні, які не згоріли або не повністю згоріли, компоненти палива. Окис вуглецю, вуглекислий газ та інші газові виділення важчі за повітря, тому всі вони скупчуються біля землі.

У вихлопних газах містяться альдегіди, що мають різкий запах і дратівну дію. До них належать акролен і формальдегід. Крім того, у вихлопних газах містяться сажа, смоли, окиси азоту, сполуки неорганічного свинцю, тетраетил свинцю, галогеніди.

*Теплові електростанції.* Під час спалювання твердого та рідкого палива в атмосферу виділяється дим.

Ступінь забруднення атмосфери продуктами згоряння палива залежить від якості палива і типу устаткування, в якому використовується паливо. Основними забруднювачами є продукти повного (оксиди сірки і зола) і неповного (головним чином окис вуглецю, сажа і вуглеводи) згоряння.

*Чорна металургія.* Процеси виплавки чавуну і перероблення його на сталь супроводжується викидом в атмосферу різних газів. Викид пилу, розраховуючи на 1 т передільного чавуну, становить 4,5 кг, сірчистого газу – 2,7 кг і марганцю – 0,5...0,1 кг. Разом з доменним газом в атмосферу в невеликих кількостях викидаються також сполуки миш'яку, фосфору, сурми, свинцю, пари ртуті й рідких металів, ціанистий водень і смолисті речовини.



*Кольорова металургія.* Викиди кольорової металургії містять токсичні пилоподібні речовини, миш'як, свинець. При отриманні 1 т алюмінію електролізом витрачається від 33 до 47 кг фтору, при цьому близько 65% його потрапляє в атмосферу.

*Вугільна промисловість.* Джерелом забруднення є відвали пустої породи. У середині відвалів внаслідок самозаймання тривалий час відбувається горіння вугілля і піриту, що супроводжується виділенням сірчистого газу, окису вуглецю, продуктів сублимації смолистих речовин.

*Нафтовидобувна, нафтопереробна і нафтохімічна промисловість.* Повітряні викиди цієї промисловості містять велику кількість вуглеводів, сірководню і газів з неприємним запахом.

*Промисловість будівельних матеріалів.* Виробництва цементу і будівельних матеріалів також можуть бути джерелом забруднення атмосфери пилом. Основні технологічні процеси цих виробництв – подрібнення і термічне оброблення шихт, напівфабрикатів і продуктів у потоках гарячих газів, яке супроводжується викидом пилу в атмосферу.

*Хімічна промисловість.* Склад цих промислових викидів дуже різноманітний. Більшість хімічних сполук є дуже токсичними для організму людини. Хімічна промисловість є джерелом викиду окису вуглецю, оксидів азоту, сірчистого ангідриду, аміаку, пилу, органічних речовин, сірководню і сірководню, хлористих і фтористих сполук.

*Джерела забруднення повітря в сільських районах.* У сільських районах основними забруднювачами повітря є тваринницькі й птахівницькі ферми, промислові комплекси, енергетичні та теплові підприємства, пестициди, що застосовуються в сільському господарстві.

### **3. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ**

Найпоширенішими забруднювачами стічних вод є відходи нафтопереробної, металургійної, нафтохімічної, хімічної, целюлозно-паперової і харчової промисловості, а також відходи сільського господарства (тваринництва, птахівництва і підприємств, що переробляють їх продукцію).

За складом стічні води дуже різноманітні. Він залежить від характеру використання води, тобто від виду забруднювачів, які до неї потрапляють. Найбільш шкідливими є стоки хімічних виробництв, гірничодобувних і збагачувальних підприємств, стічні води, які утворюються при видаленні золи та експлуатації нафтоналивних суден, промивні води, дощові потоки в містах та ін.

Велика кількість теплих стічних вод скидається в природні водойми (зокрема скиди теплових електростанцій). Це створює теплове забруднення, що підвищує накопичення органічних речовин і порушує їх нормальний біологічний ритм.

Найбільш поширені види забруднювачів водою – синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), які зазвичай містяться у складі синтетичних миючих засобів (СМЗ). Поверхнево-активні речовини (ПАР) погіршують здатність водою до самоочищення і якість води, а також посилюють несприятливу дію інших речовин. У вододжерела ПАР та СМС надходять зі стоків лазень, пралень і підприємств, що використовують їх у своєму виробництві, підприємств-виробників СМС, з поверхневим стоком з сільськогосподарських земель.

Поширеними хімічними забруднювачами водою є пестициди, які надходять з дощовими та талими водами, при авіа- та наземному обробленні лісів і полів, з дренажно-колекторними водами рисових і бавовняних плантацій та ін.

Небезпечним для життя водою і здоров'я людей є радіоактивне забруднення. Зазвичай воно виникає внаслідок випробувань ядерної зброї під водою, поховання радіоактивних відходів у глибинах океану, а також при порушеннях експлуатаційного режиму заводів з очищення уранової руди і перероблення ядерного пального для атомних реакторів і атомних електростанцій.

Як свідчить аналіз, основна маса стоків містить такі види забруднювачів:

- мінеральні (пісок, глинисті й рудні включення, шлак, розчини мінеральних солей, кислот і лугів, масла та ін);
- рослинного походження (залишки плодів, рослин і т.п.);
- тваринного походження (основною хімічною речовиною в них є вуглець);
- бактеріальні й біологічні (найчастіше вони характерні для стічних вод боєнь, біофабрик і комунального господарства, що містять мікроорганізми і бактерії, а також дріжджові й цвілеві грибки).

Для стоків машинобудівних підприємств найбільш характерними забруднювачами є механічні домішки: гідроксиди металів, нафтопродукти і розчини токсичних сполук (феноли, сульфати та ін.).

У ливарних цехах найбільш характерними операціями з використанням води є вибивання стрижнів, транспортування і промивання формувальної землі, гідротранспорт відходів горілої землі, системи знепилювальної вентиляції та місцевого охолодження повітря (наприклад водяні завіси та ін). Відповідно до цього стічні води найчастіше забруднені кремнеземом, леткими речовинами і оксидами металів (заліза, алюмінію, кальцію, магнію та ін).

У прокатних цехах часто використовують воду для охолодження обладнання прокатних станів і гідрозмивання металевої окалини; при цьому вона відповідно забруднюється маслом і окалиною, об'єм яких досягає 4% від маси прокатуваного металу, а концентрація в стічних водах

– 200...2500 г/м<sup>3</sup> (маса частинок розміром більше 1 мм становить 90% від усієї маси окалини).

У *механічних цехах*, де вода широко використовується при промиванні деталей, для охолодження інструменту та санітарного оброблення приміщень, основним забруднювачем є мастильно-охолоджувальні рідини. Вони широко застосовуються при обробленні деталей на металорізальних верстатах і мають у своєму складі милонафт, кальциновану соду, тринатрійфосфат, триетаноламін та інші шкідливі для флори і фауни компоненти. Крім того, стічні води механічних цехів забруднені металевим та абразивним пилом, мінеральними маслами й іншими речовинами.

Стічні води *ковальсько-пресових і штампувальних цехів* мають аналогічні забруднювачі, але концентрація їх трохи нижче.

У *гальванічних цехах* воду застосовують при приготуванні електролітів; при промиванні деталей перед нанесенням на них покриттів і після цієї операції; для наповнення ванн при уловлюванні забруднюючих речовин. Стічні води порівняно з іншими цехами більшою мірою забруднені токсичними хімічними речовинами, концентрація яких досягає великих значень і визначається видом технологічного процесу і виробничих операцій (від 200 до 100 тис. г/м<sup>3</sup>). Основними забруднювачами є: при травленні, декапіруванні й анодуванні – кислоти; знежирюванні – ціаніди і кислоти; освітленні – луги і азотна кислота; електрополіруванні – сірчана і азотна кислоти, а при нанесенні металевих покриттів – мідь, нікель, олово, хром, цинк та ін. (це визначається видом використовуюваного покриття).

Стічні води *монтажних, лакофарбових, складально-зварювальних цехів* також містять різноманітні, зазначені вище забруднювачі (механічні домішки, кислоти, луги, маслопродукти та ін.), але в значно менших концентраціях, ніж у зазначених вище основних цехах машинобудівного виробництва.

#### **4. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ**

Мінеральні ресурси, закладені в надрах землі і розташовані на її поверхні (піски, глини та ін.), мають значення для народного господарства як джерело енергії (теплової, електричної, ядерної), як промислова сировина для виробництва засобів виробництва (гірничодобувна промисловість, металургія, машинобудування тощо) і предметів споживання (легка, харчова промисловість та ін.), а також як будівельний матеріал і сировина для будівельного виробництва.

Потреба в мінеральних ресурсах безперервно зростає і виникає загроза їх гострого дефіциту вже в найближчому майбутньому. Ця проблема ускладнюється ще й тим, що інтенсивне використання

мінеральної сировини супроводжується утворенням великої кількості твердих відходів і промислових викидів на всіх стадіях його видобутку і перероблення, тобто на гірничих підприємствах, при далекому його транспортуванні та переробленні. У кінцевому підсумку кількість відходів часто перевищує кількість одержуваної продукції. Головна частина відходів утворюється на підприємствах таких галузей промисловості: гірничодобувної, збагачувальної і гірничо-хімічної (відвали, шлаки, так звані «хвости»); чорної і кольорової металургії (шлаки, шлами), машинобудування (стружка), хімічної (фосфогіпс, відходи органічних виробництв); лісової і деревообробної (при заготівлі та обробленні деревини); атомної енергетики (радіоактивні відходи) та ін. Усі зазначені вище відходи дуже забруднюють і змінюють земну поверхню; особливо слід відзначити суттєвий вплив, який чинить на навколишнє середовище і, зокрема, на поверхню Землі, розроблення корисних копалин відкритим і в ряді випадків – шахтним способом. Істотної шкоди навколишньому середовищу завдає складування пустих порід у терикони і відвали. У зв'язку з інтенсифікацією і механізацією сільського господарства зросли і тверді відходи в колгоспах і радгоспах (дерев'яна, металева та пластмасова тара, зношене обладнання та запчастини, стара гума і т.ін.). Значно збільшилась кількість побутових відходів (скло, пластмаси, металеві вироби, паперова, пластикова упаковка тощо).

Становить інтерес характеристика промислових відходів як одного з основних видів забруднювачів.

*В хімічній промисловості* найбільшу кількість твердих відходів маємо при виробництві мінеральних добрив і сірчаної кислоти. У виробництві мінеральних добрив основним джерелом твердих відходів є перероблення фосфатних руд – апатитових і фосфоритних. Під час збагачення апатитових руд утворюється велика кількість твердих відходів у вигляді «нефелінових хвостів» і пилу, а при переробленні калійних солей – тверді галітові відходи і глинисто-сольові шлами. Твердими відходами виробництва сірчаної кислоти із сірчаного колчедану є піритні недогарки, пил і шлами.

Велика кількість твердих, мінеральних і вугільно-мінеральних відходів утворюється в *коксохімічному і торфопереробному виробництвах*.

*На підприємствах чорної металургії* щорічно утворюються шлаки, пил. З кожних 4,7 т твердих речовин, необхідних для виробництва 1 т сталі, відходи становлять 0,4 т.

*У кольоровій металургії* вихід шлаків – від 10 до 200 т на 1 т отриманого металу. Відвали містять багато цінних компонентів (цинку, свинцю, заліза, міді).

Тверді відходи *теплових електростанцій* (зола і шлак) за своїм складом аналогічні відходам чорної металургії (кремнезем, оксиди алюмінію, заліза, кальцію, інших металів і незгорілі частинки палива).

Твердими відходами *в машинобудуванні* є амортизаційний брухт (заміна зношених деталей і модернізація обладнання, технологічної оснастки та інструменту, наслідки корозії та ін.), при виробництві прокату – відходи металу, обрізки, обдирна стружка, тирса, окалина, обрізки злитків на ножицях та ін., при литті – обрізки на літниках, шлаки та ін., при механічній обробці на верстатах – обрізки, стружка, тирса та ін. Зазвичай вони знаходяться в межах 260 кг на 1 т металу, але на деяких підприємствах досягають 50% всієї маси оброблюваних заготовок, а при листовому штампуванні складають 60%, при обробленні легованих сталей основним джерелом утворення відходів є металообробка – 64% їх загальної кількості та 16% – амортизаційний брухт. Велика кількість твердих матеріалів міститься в шламах відстійників очисних споруд і прокатних цехів.

Викиди промислових підприємств і відходи сільськогосподарського виробництва розсіюються на значних територіях і, потрапляючи в ґрунт, не тільки забруднюють і знижують родючість, а й створюють нові сполуки хімічних елементів. Разом з відходами в ґрунт надходять метали й інші хімічні забруднювачі, в тому числі мікроелементи, органічні та неорганічні сполуки. Найбільш відомими і згубними для природи є так звані кислотні дощі з великим вмістом оксидів сірки, які отруюють ґрунт на великих територіях, розташованих на відстанях сотень кілометрів від джерел забруднень. Дуже небезпечним є забруднення ґрунту канцерогенними хімічними, фізичними та біологічними речовинами, які відіграють істотну роль у виникненні пухлинних захворювань у живих організмів. Джерела їх утворення - вихлопні гази автомашин і літаків, викиди промислових підприємств, теплових електростанцій та ін. Значно отруюють ґрунт відходи металургійних і хімічних підприємств (забруднюючи її ртуттю, фтором, свинцем), а також нафтових промислів, вугільних шахт і металевих рудників. Забруднення ґрунту миш'яковистим і цементним пилом у поєднанні з суперфосфатом чи сірчаною кислотою завдає шкоди кореневій системі, затримує ріст і викликає загибель рослин.

## **5. МЕТОДИ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Під методами захисту навколишнього природного середовища розуміють комплекс технологічних, технічних і організаційних заходів, спрямованих на зниження або повне виключення антропогенного забруднення біосфери.

Універсальних методів захисту навколишнього природного середовища (НПС), які радикально вирішили б проблему боротьби з

забрудненнями, поки не існує, і тільки поєднання декількох, раціонально підібраних і науково обґрунтованих заходів у кожному конкретному випадку може привести до бажаних ефективних результатів з охорони НПС.

Для захисту НПС від антропогенних забруднень використовують такі методи (дод. 1):

*технологічні* – безпосередній вплив на технологічні процеси, які є джерелами забруднення, тобто активне втручання в технологію;

*організаційно-технічні* – зменшення концентрацій і рівнів забруднень на шляху їх поширення в біосфері, тобто невтручання в технологію, а лише боротьба з уже утвореними в результаті технологічного процесу забрудненнями шляхом використання технічних засобів захисту та проведення організаційно-планувальних заходів.

При використанні *технологічних методів* проблема усунення забруднень вирішується радикально, але їх розроблення і впровадження пов'язані з трудомісткими і дорогими заходами: реконструкцією підприємств і зміною існуючої технології; значними капітальними витратами; проведенням спеціальних науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт; вирішенням складних технологічних і організаційних завдань не тільки науково-технічного, але й соціально-економічного плану.

Незважаючи на проведення такого складного комплексу заходів, вирішити питання захисту та охорони НПС тільки технологічними методами не завжди можливо. Тому ще широко застосовують організаційно-технічні методи, хоч вони менш ефективні, і захист НПС у цьому випадку має локальний характер.

Під час проведення технологічних заходів з боротьби із забрудненням навколишнього природного середовища застосовують *прямі та непрямі* методи.

*Прямі методи* дозволяють знизити масу, об'єм, концентрацію і рівень забруднення безпосередньо в джерелі їх утворення при основному технологічному процесі.

*Непрямі методи* не забезпечують безпосередньо зниження рівня забруднень в джерелі при основному технологічному процесі, але дозволяють звести до мінімуму або виключити їх утворення під час проведення супровідних технологічних процесів.

Удосконалення технології виробництва – безвідходні технології, замкнуті технологічні процеси, системи оборотного водопостачання – є можливим при поєднанні прямих і непрямих методів. Безвідходна технологія – замкнуті технологічні процеси, за яких відходи кожного попереднього виробництва є вихідною сировиною для наступного.

Використання організаційно-технічних методів застосовується для захисту НПС шляхом:

- розосередження джерел забруднення;
- локалізації джерел забруднення за рахунок ізоляції, герметизації, екранування, а також поховання відходів;
- очищення викидів.

На сучасному рівні розвитку технології застосування організаційно-технічних методів є основним напрямком боротьби із забрудненням навколишнього природного середовища. При цьому перевага віддається розробленню та вдосконаленню устаткування для очищення викидів в біосферу.

## 6. ОЧИЩЕННЯ ПИЛОГАЗОВИХ ВИКИДІВ

### 6.1. Нормування домішок в атмосфері

Концентрація речовини в одиниці об'єму повітря за нормальних умов є основною фізичною характеристикою домішок в атмосфері.

*Гранично допустима концентрація (ГДК)* – така концентрація хімічних елементів і їх сполук в довіклі, яка при повсякденному впливі протягом довгого часу на організм людини не викликає патологічних змін або захворювань, що встановлюються сучасними методами досліджень у будь-які терміни життя нинішнього і майбутнього поколінь. Для кожної речовини, що забруднює атмосферне повітря, встановлено два нормативи: *максимально разова та середньодобова ГДК*.

*Максимально разова ГДК<sub>max</sub>* встановлюється для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, зміна біоелектричної активності головного мозку та ін.) при короткочасному впливі атмосферних забруднювачів, *середньодобова ГДК<sub>сд</sub>* – з метою попередження їх резорбтивного (загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного та ін.) впливу.

Найбільша концентрація кожної шкідливої речовини (С) в приземному шарі атмосфери не повинна перевищувати ГДК<sub>max</sub>:

$$C \leq \hat{A}\hat{E}_{\max},$$

де С – концентрація шкідливої речовини.

Часто атмосферне повітря населених місць одночасно забруднюється кількома речовинами. У зв'язку з цим виникає необхідність вивчення комбінованої дії атмосферних забруднювачів.

При одночасній присутності в атмосфері декількох шкідливих речовин, що мають однонаправлену дію, їх безрозмірна сумарна концентрація повинна задовольняти умові

$$C_1 / \hat{A}\hat{E}_1 + \hat{N}_2 / \hat{A}\hat{E}_2 \dots + \hat{N}_n / \hat{A}\hat{E}_n \leq 1,$$

де  $C_1, \tilde{N}_2, \tilde{N}_n$  – концентрації шкідливих речовин, мг/м<sup>3</sup>;

$\hat{I}\hat{A}\hat{E}_1, \hat{I}\hat{A}\hat{E}_2, \hat{I}\hat{A}\hat{E}_n$  – максимально разові гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосфері, мг/м<sup>3</sup>.

Техніка газоочищення представлена різними методами і апаратами видалення пилу і шкідливих газів (дод. 2). Вибір методу для очищення газоподібних домішок визначається хімічними та фізико-хімічними властивостями домішки.

*Очищення газу* – відділення від газу або перетворення на нешкідливий стан забруднюючої речовини, що викидається промисловим джерелом.

Очищення повітря від домішки являє собою процес отримання цієї домішки в чистому або хоча б у концентрованому вигляді.

## 6.2. Сухе пилоочищення

### 6.2.1. Гравітаційні пиловловлювачі (пилоосаджувальні камери)

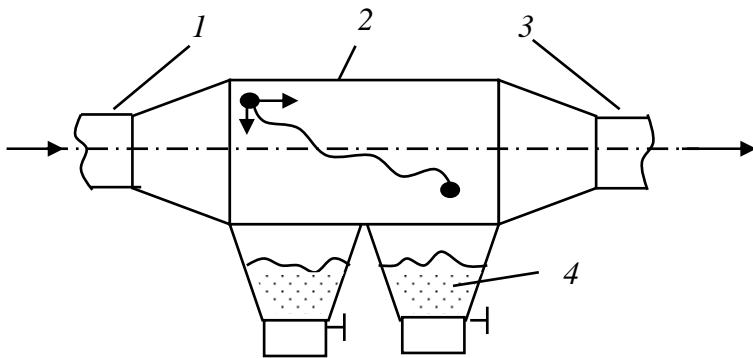


Рис.1. Гравітаційний пиловловлювач:

- 1 – вхідний патрубок;
- 2 – пилоосаджувальна камера;
- 3 – вихідний патрубок; 4 – бункер

Робота цих апаратів (рис.1) ґрунтується на гравітаційному осадженні частинок із горизонтально направленою потоку газів. Для досягнення потрібної ефективності очищення газів необхідно, щоб частинки знаходилися в такій камері якомога більше часу. Для збільшення часу перебування запыленого газового потоку в пиловій камері знижують швидкість його руху. Це

досягається збільшенням поперечного перерізу камери. Пилоосаджувальні камери є громіздкими спорудами, що і пояснює обмеженість використання таких конструкцій для очищення газів.

Виготовляють споруди із цегли або збірного залізобетону, сталі та дерева (для холодних газів). Продуктивність пилоосаджувальних камер залежить від площі їх основи і швидкості осадження пилу.

Для того щоб підвищити ефективність роботи камер їх можна забезпечити додатковими горизонтальними полицями. При цьому зменшується шлях осадження частинок.

Максимальна сумарна ефективність камер – 30...40%, тому такі камери зазвичай застосовують для першого ступеня очищення газів.



Пилоосаджувальні камери застосовуються за необхідності осадження частинок розміром більше 100 мкм.

Мінімальний розмір частинок, які осядуть в осаджувальній камері, можна визначити так:

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{18V_{\tilde{a}}\mu_{\tilde{a}}}{[(\rho_{\tilde{a}} - \rho_{\tilde{a}})gBL]}}$$

де  $V_{\tilde{a}}$  – об'ємна витрата газу, м<sup>3</sup>/с;

$\mu_{\tilde{a}}$  – динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с;

$B, L$  – ширина і довжина камери, м.

### 6.2.2. Інерційні пиловловлювачі

В основі роботи апаратів лежить наявність сили інерції. Коли газовий потік змінює напрям руху, частинки пилу під впливом інерційної сили рухаються в попередньому напрямі і після повороту потоку газу випадають у бункер (рис.2).

Для камери, що має плавний поворот газового потоку, характерним є менший гідравлічний опір. Швидкість газу в перерізі камери приймають 1 м/с. Для частинок пилу розміром 25...30 мкм ступінь уловлювання – 65...80%.

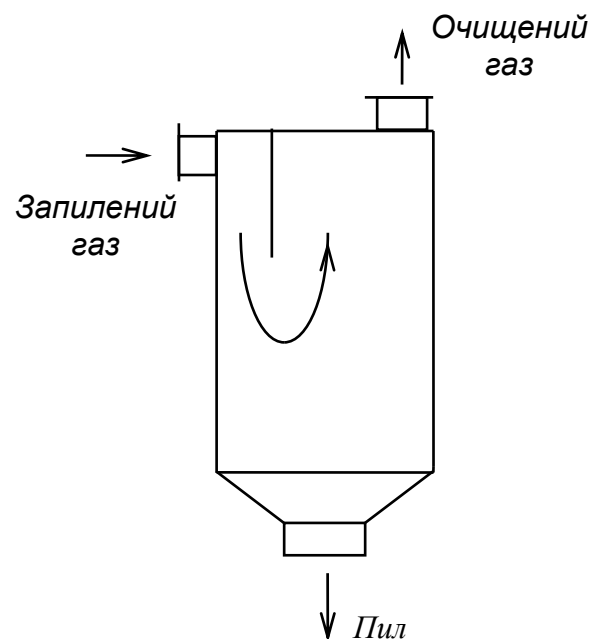


Рис. 2. Інерційний пиловловлювач

### 6.2.3. Циклони

Циклони – це пиловловлювачі (рис. 3), у яких використовується відцентрова сила, що розвивається при обертально-поступальному русі газового потоку, в результаті чого частинки пилу відкидаються до стінок циклона і поступають у бункер. Очищене повітря виходить через вихлопну трубу.

У циклонах уловлюється зола з димових газів котелень, що працюють на твердому паливі, сухий пил з повітря аспіраційних систем та ін. Початкова запиленість повітря – від 0,3 до 400 г/м<sup>3</sup>. Тиск (розрідження) газів, що надходять у циклони на очищення, не повинен перевищувати 2500 Па, температура газів для уникнення конденсації має бути вище

точки роси на 30...50°C, а за умовами механічної міцності конструкції – не вище 400°C.

Діаметр циклона визначають за формулою

$$D_{\ddot{o}} = \sqrt{\frac{q_p^2 \rho_0 \xi_{\ddot{o}} B_p}{\Delta p (273 + t)'}}$$

де  $D_{\ddot{o}}$  – діаметр циклона, м;

$q_p$  – витрата газу в циклоні, м<sup>3</sup>/год;

$\rho_0$  – густина газу, кг/м<sup>3</sup>;

$\xi_{\ddot{o}}$  – коефіцієнт гідравлічного опору циклона;

$B_p$  – тиск робочих газів на вході в циклон, Н/м<sup>2</sup>;

$\Delta p$  – втрати тиску в циклоні, Н/м<sup>2</sup>;

$t$  – температура газу, °С.

За необхідності очищення великих об'ємів газів застосовують

групове компонування апаратів. При цьому діаметр циклона не збільшується, а потрібна ефективність досягається.

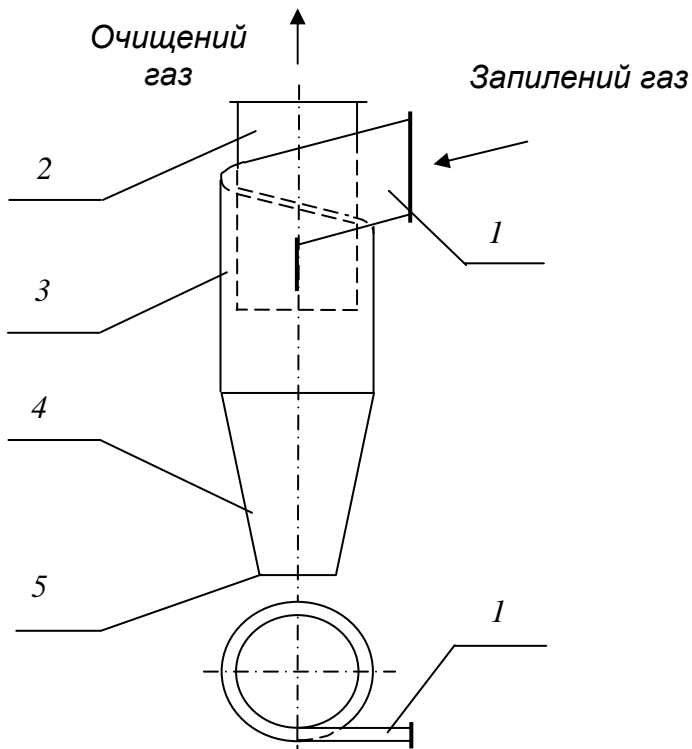


Рис. 3. Одиночний циклон:  
1 – вхідний патрубок; 2 – вихлопна труба;  
3 – циліндрична частина; 4 – конічна частина;  
5 – пилівипускний отвір

#### 6.2.4. Вихрові пилевловлювачі

Від циклонів вихрові пилевловлювачі відрізняються наявністю додаткового закручувального газового потоку.

Запилений газовий потік закручується за допомогою лопаткового завихрювача або кільцевої напрямної з похилими лопатками і рухається вгору. На нього впливають струмені вторинного газу, направлено з сопел, розташованих

тангенціально. Частинки під дією відцентрових сил відкидаються до стінок, а звідти в потік вторинного газу і далі направляються вниз до бункера.

### 6.3. Фільтрація

*Очищення газів у фільтрах.* Процес фільтрації полягає в такому. Газ проходить крізь пористу перегородку, а тверді частинки затримуються в ній.

Фільтрувальні перегородки є різноманітними за своєю структурою. Їх умовно поділяють на типи:

- гнучкі пористі перегородки – тканинні матеріали з різнорідних, синтетичних або мінеральних волокон;
- напівжорсткі перегородки – шари волокон, стружка, в'язані сітки;
- жорсткі пористі перегородки – зернисті матеріали (пориста кераміка або пластмаса, пористі стекла та ін.); волокнисті матеріали; металеві сітки.

Залежно від призначення і величини вхідної і вихідної концентрацій вловлюваної дисперсної фази фільтри умовно поділяють на три класи:

- промислові тканинні, зернисті, грубоволокнисті та ін. Цей клас фільтрів застосовують для очищення промислових викидів з концентрацією не вище  $60 \text{ г/м}^3$ . Це, як правило, регеновані фільтри, в яких підтримується постійна продуктивність і є можливість повертати цінні продукти у виробництво;

- фільтри для очищення атмосферного повітря. Цей клас фільтрів застосовують у системах припливної вентиляції та кондиціонування повітря при концентрації менше  $50 \text{ мг/м}^3$ ;

- фільтри тонкого очищення. Цей клас фільтрів призначено для уловлювання в основному субмікронних частинок з промислових газів із повітря при концентрації менше  $1 \text{ мг/м}^3$ ; ефективність – вище 99%. Їх застосовують для очищення припливного повітря в особливо чистих приміщеннях. Ці фільтри не підлягають регенерації.

*Фільтри з пористих і волокнистих матеріалів.* При очищенні повітря використовують різні види пористих фільтрів. У пористих фільтрах відбувається очищення повітря від пилу під час руху пилоповітряного потоку через пористі перегородки. Механізм осадження пилу і конструкція фільтрів мають багато спільного. Камери відокремлені одна від одної пористою перегородкою. Запилене повітря подається в одну з камер, а в другу камеру воно надходить вже очищеним від пилу. Очищення запилених газів у пористих перегородках характеризується такими особливостями:

- високий ступінь уловлювання частинок усіх розмірів, включаючи субмікронні;
- можливість уловлювання як твердих, так і рідких частинок, при великих і малих концентраціях;
- можливість працювати при будь-якому тиску, при високих температурах, в агресивних середовищах;

- стабільність процесу фільтрації;
- можливість повної автоматизації;
- простота експлуатації.

Недоліками фільтрів цієї групи слід вважати: необхідність очищення відпрацьованого матеріалу, громіздкість фільтруючих установок, висока витрата електроенергії в окремих видах фільтрів, складність експлуатації при роботі з отруйними, радіоактивними, займистими й іншими шкідливими речовинами.

*Зернисті фільтри.* Для уловлювання шкідливих речовин у рідкій фазі широко застосовують зернисті фільтри. Відомі зернисті фільтри можна розділити на два типи: зернисті насадочні (насипні) фільтри, в яких елементи перегородки, не зв'язані жорстко один з одним, і жорсткі пористі фільтри, в яких зерна міцно зв'язані один з одним.

Як насадки в насипних фільтрах використовують пісок, гравій, гальку, шлак та ін. Також можна застосовувати активоване вугілля, силікагель, глинозем та інші матеріали, що забезпечують очищення не тільки від рідких, але й від газоподібних шкідливих речовин. Так, виготовляють апарати із активованим вугіллям для очищення вентиляційних викидів від органічних розчинників, а також спеціальні види активованого вугілля для очищення вентиляційних викидів від оксидів азоту, сірки, озону, меркаптанів та інших видів шкідливих речовин.

Для підвищення ефективності в насипних фільтрах знижують швидкість фільтрації, що призводить до громіздкості установок. Ступінь очищення в зернистих фільтрах – 95...99%, гідравлічний опір – 600...2200 Па.

Для уловлювання рідини у вигляді туману можуть бути використані шари дробленого коксу з розміром гранул 6,3...9,5 мм. Для збільшення ефективності роботи такого насипного фільтра викиди спочатку потрібно охолодити, а потім направити у коксовий фільтр.

До жорстких пористих зернистих фільтрів належать керамічні фільтри, які отримують шляхом спікання відсортованих зерен шамоту, кварцового піску або інших матеріалів до склоподібного стану. Патронний фільтр з пористої кераміки використовують для уловлювання шкідливих речовин у вигляді туману. Швидкість фільтрації в керамічних фільтрах дорівнює 0,3 м/с. Перевищення швидкості призводить до виносу крапель. Для запобігання виносу встановлюються механічні краплевловлювачі. Основними недоліками цих фільтрів є громіздкість, наявність краплевловлювача, високий гідравлічний опір.

*Волокнисті фільтри.* Такі фільтри можна застосовувати для очищення вентиляційних викидів від рідких, а іноді й від газоподібних речовин.

Волокнисті фільтри являють собою шари різної товщини, в яких однорідно розподілені волокна. Це фільтри об'ємної дії, оскільки вони

розраховані на уловлювання й нагромадження частинок переважно по всій глибині шару.

Волокнисті фільтри використовують при початковій концентрації пилу  $0,5...5 \text{ мг/м}^3$ , і тільки деякі види грубоволокнистих фільтрів можуть бути застосовані при концентрації  $5...10 \text{ мг/м}^3$ . Товщина волокнистих фільтрів може бути від десятих часток міліметра до двох метрів. Іноді фільтри можуть мати змінну щільність, при цьому одночасно товщина волокон може змінюватися по глибині фільтра. Для забезпечення необхідної жорсткості, пружності та незмінності структури шару при експлуатації волокна в шарах можуть бути скріплені між собою або затиснуті між сітками. Гідравлічний опір чистих фільтрів – в межах  $200...300 \text{ Па}$ , відпрацьованих –  $700...1500 \text{ Па}$ .

Якщо волокнисті фільтри застосовують для уловлювання частинок з газів і повітря після технологічних процесів або перед викидом в атмосферу, то вони називаються промисловими. Промислові волокнисті фільтри бувають сухі та мокрі. Сухі волокнисті фільтри підрозділяють на тонковолокнисті, електростатичні, глибокі, фільтри грубого або попереднього очищення; мокрі волокнисті фільтри – на сіткові, що самоочищуються, фільтри з періодичним або безперервним зрошенням.

#### **6.4. Електрофільтри**

Електричне очищення є одним з найбільш сучасних видів очищення повітря від зважених частинок пилу і туману. Конструкція електрофільтрів конкретного призначення залежить від умови роботи, складу і властивостей очищуваного повітря і пилу, температури, тиску, вологості запиленого повітря, необхідного ступеня очищення і т.п. Пристрої електрофільтрів відрізняються залежно від необхідності очищення припливного атмосферного і рециркуляційного повітря малих концентрацій або технологічних викидів великих концентрацій.

##### *Принцип роботи електрофільтра*

Стадії знепилювання викиду в електрофільтрі такі: пилові частинки, проходячи з потоком газу крізь електричне поле, заряджаються. Заряджені частинки переміщуються до електродів з протилежним знаком і осідають на них. Осаджений на електродах пил видаляється.

Електрофільтри поділяють на два види: однозонні та двозонні. В однозонних електрофільтрах заряджання і осадження частинок відбуваються в одній зоні, в якій розташовуються коронуючі й осаджувальні електроди; в двозонних електрофільтрах в першій зоні розміщується коронуюча система - іонізатор, а в другій – осаджувальна система. За формою осаджувальних електродів електрофільтри поділяють на трубчасті та пластинчасті, а за напрямом руху повітря

всередині апарата – на фільтри з вертикальним і горизонтальним ходом газів.

Основні елементи електрофільтрів: вузли підведення, розподілення і відведення повітря; корпус з системою коронуючих і осаджувальних електродів, пристрої для видалення вловленого продукту з апарата; вузли введення в електрофільтр струму високої напруги.

Електрофільтри призначено для очищення припливного або рециркуляційного повітря від пилу. Вони мають зони іонізації і осадження та противиносний фільтр. Очищуване повітря спочатку проходить через іонізаційну зону (в якій знаходяться коронуючі електроди). Вона має вигляд решітки з натягнутими в ній вертикальними електродами. Далі повітря, що несе заряджені частинки пилу, надходить в осаджувальну зону, яка являє собою пакет алюмінієвих осаджувальних електродів у вигляді пластинок, установлених паралельно одна одній на відстані 10 мм. До пластин підводиться напруга 30...60 кВ. На них осаджуються заряджені пилові частинки. Накопичений пил періодично зтрушується або змивається водою при промиванні фільтра.

За осаджувальним пакетом установлюється противиносний пористий фільтр, який затримує частинки пилу, зірвані повітряним потоком з осаджувальних електродів, а також захищає обладнання від попадання води при промиванні фільтра. Противиносний фільтр являє собою рознімну клітинку, заповнену фільтруючим матеріалом із пружного скловолна або модифікованого пінополіуретану.

## **6.5. Мокрі пиловловлювачі**

Процес очищення в апаратах цієї групи ґрунтується на явищах, що відбуваються при подачі рідини в запилений газовий потік або пропусканні газу через шар рідини. Як зрошувальна рідина найчастіше застосовується вода. Конструкції апаратів відрізняються залежно від умов, в яких вони застосовуються. Ефективність очищення газу від пилу в мокрих пиловловлювачах перебільшує 90%.

*Порожнисті газопромивачі* являють собою колону (рис. 4) круглого або прямокутного перерізу, в якій здійснюється контакт між газом і краплями рідини, яка розбризкується форсунками. У колоні на шляху руху газів форсунковими пристроями створюється зрошувана зона. За напрямком руху газів і рідини порожні скрубери поділяють на три групи: прямоточні, протиточні, з поперечним підводом рідини.

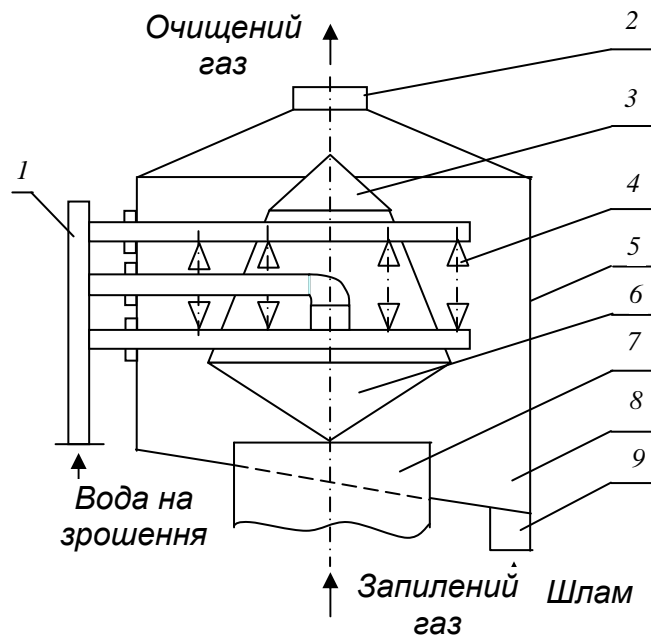


Рис. 4. Порожнистий газопромивач:

- 1 – патрубок для підведення води; 2 – патрубок виходу очищеного газу; 3 – завихрювач; 4 – зрошуючий пристрій; 5 – корпус; 6 – зворотний конус; 7 – шахта вагранки; 8 – бункер-водозбірник; 9 – патрубок для випуску шламу

Визначальними параметрами при виборі порожнистих форсункових скрубєрів є площа поперечного перерізу  $S$ , м/с, і витрата рідини  $Q$ , кг / год.

*Насадочні газопромивачі* являють собою колони, заповнені насадкою – галькою, кільцями з перегородками, кульками з полімерних матеріалів, скла, гуми. Насадка постійно зрошується рідиною. Очищений газ проходить по каналах між елементами насадки, при цьому багаторазово змінюється напрямок окремих струменів газового потоку, газу омивають насадочні елементи, покриті плівкою рідини. Тверді та рідкі включення газового потоку осідають на поверхні насадки і з рідиною, що орошає, надходять у бункер.

*Барботажні пінні апарати (тарілчасті, пінні).* У барботажних апаратах газу, що очищуються, у вигляді бульбашок проходять через шар рідини, де під дією сил інерції, гравітації і дифузії відбувається сепарація твердих і рідких включень газового потоку. Для рівномірного розподілу по перерізу апарата газу подаються через ґрати або перфоровані листи, занурені в рідину на 50 ... 150 мм.

*Газопромивачі ударно-інерційної дії.* В апаратах цього типу газу очищуються від пилу і включень рідини в результаті удару забрудненого газового потоку об поверхню рідини з подальшим пропусканням газорідної суспензії через отвори різної конфігурації.

*Газопромивачі відцентрової дії.* У газопромивачу відцентрової дії використовується той же принцип очищення аерозольних потоків, що і в

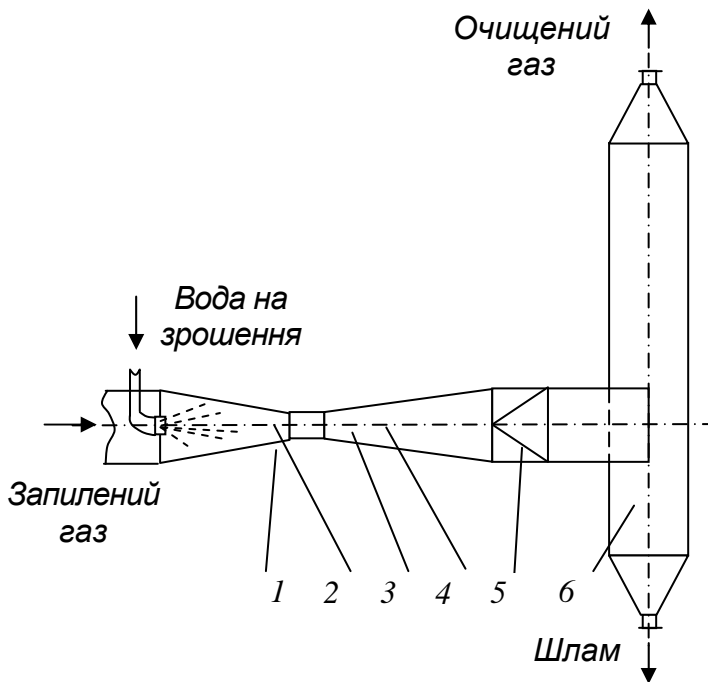


Рис. 5. Скрубер Вентурі:  
 1 – вхідний патрубок; 2 – подача води; 3 – конфузор;  
 4 – горловина; 5 – конфузор;  
 6 – краплевловлювач

циклонах. При цьому очищений газ подається через бічний тангенціальний вхід і закручується. У верхній частині апарата на його внутрішні поверхні соплами тангенціально подається вода, в результаті чого на стінках утворюється плівка рідини, що стікає вниз. Відкинуті відцентровими силами тверді включення газового потоку захоплюються плівкою рідини і транспортуються в шламосбирач.

*Швидкісні газопромивачі.* Швидкісні газопромивачі – скрубери Вентурі (рис. 5) вважаються одним з найбільш ефективних апаратів мокрого очищення повітря.

Скрубер Вентурі складається з двох основних елементів: труби Вентурі, в яку підводиться зрошувальна рідина, і встановлюваного за трубою краплевловлювача. Обидва ці елементи можуть монтуватися як роздільно, так і в одному корпусі. Принцип дії скрубера Вентурі оснований на інтенсивному дробленні повітряним потоком, що рухається з високою швидкістю (40...150 м/с), рідини, що його зрошує. Великі швидкості сприяють осадженню частинок на краплях зрошувальної рідини. За конфігурацією поперечного перерізу труби Вентурі скрубери поділяють на круглі й щілинні. Для малих витрат повітря застосовують круглі скрубери, для великих – щілинні, оскільки при діаметрі горловини 0,25...0,35 м перші не дозволяють забезпечити рівномірний розподіл щільності зрошення в поперечному перерізі труби. Іноді при великих витратах повітря компонують у батареї кілька труб Вентурі з невеликим круглим перерізом (батареїні скрубери Вентурі). У цьому випадку кілька десятків труб круглого перерізу монтується на одній трубній решітці в загальному корпусі з краплевловлювачем. Недоліком батарейного скрубера Вентурі є заростання форсунок при подачі на зрошення недостатньо освітленої води. Пошкодження навіть невеликої кількості форсунок призводить до значного зниження ефективності очищення.



## 6.6. Сорбція

*Метод абсорбції.* У цьому разі під фізичним процесом абсорбції мається на увазі окремий випадок явищ сорбції: поглинання речовин із суміші газів рідинами з утворенням розчинів. Уживані в цьому випадку рідини називаються абсорбентами. Фізична суть процесу абсорбції пояснюється так званою плівковою теорією, згідно з якою при зіткненні рідини і газоподібних речовин на поверхні розділу обох фаз утворюються рідинна та газова плівки. Розчинний в рідині компонент газоповітряної суміші проникає (шляхом дифузії) спочатку через газову плівку, а потім – крізь рідинну і надходить всередину абсорбенту, розподіляючись в його об'ємі. Процес абсорбції може здійснюватися в апаратах різного типу, в яких забезпечується необхідна поверхня контакту газів, що очищуються, із сорбентом. Як такі пристрої застосовують абсорбційні колони, порожнисті, насадочні, пінні й інші скрубери.

*Метод адсорбції.* Фізична основа процесу адсорбції – здатність деяких тіл з ультрамікроскопічною структурою (адсорбентів) вибірково відокремлювати і концентрувати на своїй поверхні окремі компоненти газової, пароповітряної суміші або розчину.

Процеси адсорбції здійснюються в адсорберах, що являють собою вертикальні, горизонтальні або кільцеві ємності, заповнені пористим або кусковим адсорбентом. Серед, що очищується, фільтрується через адсорбент, на поверхні та в порах якого накопичується вловлювана речовина. Як адсорбент використовують активне вугілля, пористе скло.

*Іонітне газоочищення.* Для очищення вентиляційних викидів застосовують іонообмінні високомолекулярні сполуки, що відіграють роль сорбентів. Особливістю цих поглиначів є наявність у них груп молекул, які за певних умов можуть бути вилучені або замінені молекулами інших речовин, завдяки чому ці сполуки мають більшу сорбційну ємність, ніж інші поглиначі. Існують різноманітні природні іонообмінні речовини, а також синтезовано ряд штучних іонітів різного складу.

Іонітами називають органічні або неорганічні речовини (силікагелі, алюмогелі), які є практично нерозчинними у воді й звичайних розчинниках, що містять активні (іоногенні) групи з рухливими іонами, здатні обмінювати ці іони на іони електролітів при контакті з їхніми розчинами.

Синтетичними іонітами називаються штучно отримані нерозчинні органічні високомолекулярні сполуки, що здатні до органічного набухання в розчинах електролітів і містять активні іонообмінні групи, завдяки яким здійснюється обмін іонів.

Іонний обмін, що відбувається між іонітами і розчинами електролітів, обумовлюється в основному електростатичними силами, що, однак, не виключає впливу структур високомолекулярного каркаса іоніту і властивостей розчинів. Іонообмін можливий завдяки наявності в

високомолекулярному каркасі іоніту активних (іоногенних) груп, що мають електронегативні або електропозитивні заряди і які надають іонітам кислотного або лужного характеру. Активні групи, що є в структурі іоніту, пов'язані іонним зв'язком з рухливими іонами протилежного знака, здатними до обміну з іонами розчину електроліту.

Найважливішою характеристикою іонітів є величина їх обмінної ємності, яка виражається в мг / екв. на 1 г сухого іоніту і визначається в умовах повного або неповного заміщення рухливих іонів твердої фази іонами з розчину. Повна обмінна ємність іоніту визначається кількістю активних груп (іоногенних), що входять до складу іоніту, і є постійною величиною, що відповідає станові граничного насичення всіх здатних до іонообміну активних груп, які обмінюються іонами. Величина обмінної ємності іоніту визначається різними чинниками: перш за все властивостями іоніту і розчину електроліту (середовища).

Залежно від складу функціональних хімічно активних груп іоніти можуть діяти як хімічні реагенти (кислоти, основи, солі, окислювачі тощо), а отже, гази і пари здатні взаємодіяти з цими реагентами. На відміну від звичайних реагентів (оксиди, луги, кислоти та ін.) іоніти нерозчинні і в процесі очищення використовується повна хімічна ємність сорбентів.

Від фізичних сорбентів, які поглинають гази і пари на розвиненій поверхні, іоніти відрізняються незалежністю їх ємності від концентрації поглинання газу. Це визначає велику перевагу іонітів як сорбентів в області малих абсолютних концентрацій домішок в очищуваному газі. Наприклад, при концентрації  $100 \text{ мг/м}^3$  питома ємність карбоксильного катіона (в сольовій формі) в 10 разів вище, ніж ємність активованого вугілля.

Волокнисті іоніти мають такі ж хемосорбційні властивості, що й звичайні (зернисті) іоніти з аналогічними функціональними групами, але мають переваги при вирішенні завдань санітарного газоочищення. Перш за все з волокна виготовляють текстильні вироби – полотна та тканини. Використання текстильних матеріалів дозволяє збільшити площу фільтрації в одиниці об'єму апарата, суміщати газо- і пилотримувальні елементи фільтрів. Маючи велику питому поверхню і малу глибину дифузійного шару (мікрони), іонообмінні волокна та вироби з них забезпечують досить високу швидкість сорбції.

## 6.7. Каталітичні й термічні методи очищення

Суть *каталітичних процесів* газоочищення полягає в реалізації хімічних взаємодій, що приводять до конверсії знешкоджуваних домішок в інші продукти у присутності спеціальних каталізаторів. Їх роль зводиться до збільшення швидкості хімічних взаємодій. У ряді випадків функції поверхні каталізатора полягають у зародженні ланцюгів реакцій. У

процесах каталітичного очищення промислових газів високою активністю характеризуються контактні маси на основі благородних металів (платина, паладій, срібло та ін.), оксидів марганцю, міді, кобальту.

Каталізатори поділяються на такі групи:

- суцільнометалеві – метали платинової групи або неблагородні метали, нанесені на сітки, стрічки, спіралі;
- змішані – містять метали платинової групи і оксиди неблагородних металів, нанесених на оксид алюмінію або інші метали;
- керамічні – складаються з металів платинової групи або оксидів неблагородних металів, нанесених на керамічну основу;
- насипні – у вигляді гранул або пігулок різної форми з нанесеними на них металами платинової групи або оксидами неблагородних металів, а також у вигляді зерен оксидів неблагородних металів.

*Термічний метод* полягає в тому, що всі органічні речовини повністю окислюються киснем повітря при високій температурі до нетоксичних сполук. У результаті виділяються мінеральні продукти, вода, діоксид вуглецю, а також теплота, які підлягають подальшій їхньої утилізації. Устаткування прямого спалювання є камерою, в яку по самостійних каналах подається паливо, газ, що очищується, і повітря. Для повного окислення горючих компонентів необхідно ретельно перемішувати суміш.

## **7. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Водні об'єкти вважаються забрудненими, якщо показники складу і властивості води в них змінилися під прямим або непрямим впливом виробничої діяльності й побутового використання і стали повністю або частково непридатними для одного з видів водокористування. Критеріями забрудненості води є зміна її органолептичних властивостей (кольору, запаху, присмаку та ін.) і поява в ній шкідливих для людини та інших живих організмів речовин, а також підвищення її температури до таких значень, коли це змінює умови для нормальної життєдіяльності організмів.

Гігієнічні вимоги до складу і властивостей водних об'єктів устанавлюють допустимі значення для таких параметрів води водойм:

- вміст плаваючих домішок і зважених речовин;
- запах і присмак;
- забарвлення і температура води;
- значення рН;
- склад і концентрація мінеральних домішок і розчиненого у воді кисню;
- біологічна потреба води в кисні;
- склад отруйних і шкідливих речовин;
- наявність хвороботворних бактерій тощо.

## 8. СТИЧНІ ВОДИ. КЛАСИФІКАЦІЯ

На підприємствах утворюються різні категорії стічних вод.

Стічна вода – це вода, що була у побутовому, виробничому чи сільськогосподарському вжитку, а також пройшла через будь-яку забруднену територію. Залежно від умов утворення стічні води розділяють:

- на побутові або господарсько-фекальні;
- атмосферні;
- промислові.

Побутові води – це стоки душових, лазень, пралень, їдалень, туалетів, від миття підлог та ін. Вони містять домішки, з яких приблизно 58% органічних речовин і 42% мінеральних.

Атмосферні води утворюються внаслідок випадання атмосферних опадів і стікають з територій підприємств. Вони містять органічні та мінеральні речовини.

Промислові стічні води являють собою рідкі відходи, які виникають при видобутку і переробленні органічної та неорганічної сировини. У технологічних процесах джерелами стічних вод є:

- води, що утворюються при проходженні хімічних реакцій (вони забруднені вихідними речовинами і продуктами реакцій);
- води, що знаходяться у вигляді вільної та зв'язаної вологи у сировині та вихідних продуктах і виділяються в процесах перероблення;
- промивні води після промивання сировини, продуктів та обладнання;
- водні розчини;
- водні екстракти та абсорбенти;
- води охолодження;
- інші стічні води: води з вакуум-насосів, систем гідрозоловидалення, після миття тари, устаткування і приміщень.

Кількість і склад стічних вод залежить від виду виробництва.

## 9. ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Для видалення зважених частинок із стічних вод використовують різні процеси. Вибір методу залежить від розміру частинок домішок, фізико-хімічних властивостей і концентрації зважених частинок, витрати стічних вод і необхідного ступеня очищення.

## 9.1. Механічне очищення

*Проціджування.* Для видалення крупних домішок, які можуть засмітити труби і канали, стічні води проціджують через ґрати й сита, які встановлюють перед відстійниками.

Зняті з ґратів забруднювачі направляють на перероблення. Для подрібнення відходів використовують дробарки. Ґрати з ручним очищенням наведено на рис. 6.

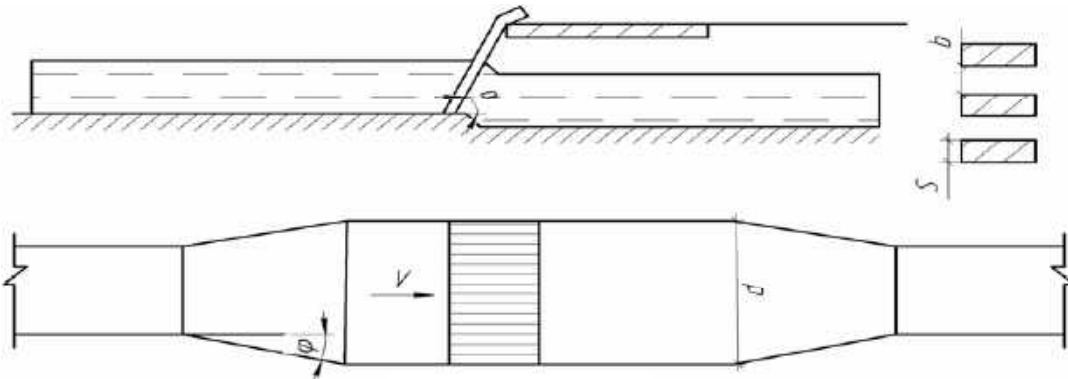


Рис. 6. Ґрати

Ґрати-дробарки являють собою агрегат, який поєднує функції решітки та дробарки. Дробарки подрібнюють відходи, не витягуючи їх з води.

Для видалення більш дрібних зважених речовин, а також цінних продуктів застосовують сита, які можуть бути двох типів: барабанні або дискові. Сито барабанного типу являє собою сітчастий барабан з отворами 0,5...1 мм. При обертанні барабана стічна вода фільтрується через його зовнішню або внутрішню поверхню залежно від підведення води зовні або внутрішньо. Затримані домішки змиваються з сітки водою і відводяться в жолоб. Продуктивність сита залежить від діаметра барабана і його довжини, а також властивостей домішок. Сита застосовують у текстильній, целюлозно-паперовій та шкіряній промисловості.

Для розділення зважених частинок на фракції використовують фракціонатори, складовою частиною яких є вертикальна сітка, що розділяє ємність на дві частини. Діаметр отворів сітки – 60...100 мкм. Стічні води через сопло надходить всередину фракціонатора і розділяються на грубу і тонку фракції.

*Відстоювання.* Для осадження із стічних вод грубодисперсних домішок застосовують процес відстоювання. Домішки осаджуються під дією сили тяжіння. Процес відбувається з використанням пісколовок, відстійників (рис. 7) і освітлювачів.

Стічні води можуть містити зважені частинки різної форми і розміру. Такі води являють собою полідисперсні гетерогенні агрегативно-нестійкі системи. Під час осадження розмір, щільність і форма частинок, а також

фізичні властивості системи змінюються. Крім того, при злитті різних за хімічним складом стічних вод можуть утворюватися тверді речовини, в тому числі й коагулянти. Ці явища також впливають на форму і розміри частинок, що ускладнює встановлення дійсних закономірностей процесу осадження.

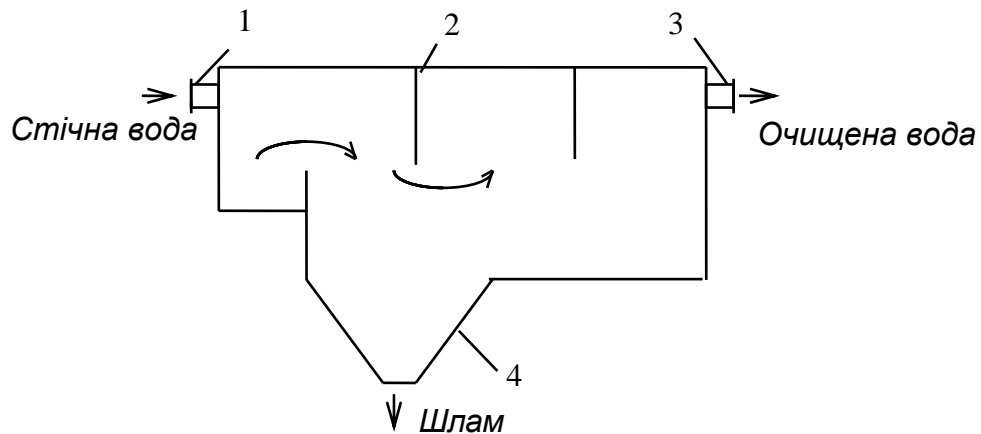


Рис. 7. Відстійник: 1 – вхідний патрубок; 2 – відстійна камера; 3 – вихідний патрубок; 4 – прийомок

*Фільтрування* застосовують для видалення зі стічних вод тонкодиспергованих твердих або рідких речовин, видалення яких відстоюванням є складним. Їх розділяють за допомогою пористих перегородок, крізь які пропускають рідину і затримують дисперговану фазу. Процес відбувається під дією гідростатичного тиску стовпа рідини, підвищеного тиску перед перегородкою або вакууму після перегородки.

Залежно від властивостей стічної води, температури, тиску фільтрування і конструкції фільтра вибирають тип перегородок. Як перегородки використовують металеві перфоровані листи та сітки з нержавіючої сталі, алюмінію, нікелю, міді, латуні та ін, а також різні тканинні перегородки (азбестові, скляні, бавовняні, вовняні, з штучного і синтетичного волокна).

Для хімічно агресивних стічних вод при підвищеній температурі та значних механічних навантаженнях найбільш придатними є металеві перегородки, виготовлені з перфорованих листів, сіток і пластин, які одержують при спіканні сплавів.

Фільтрувальні перегородки, що затримують частинки, повинні мати мінімальний гідравлічний опір, достатню механічну міцність і гнучкість, хімічну стійкість і не повинні набухати і руйнуватися за заданих умов фільтрування. За матеріалом, з якого виготовляють перегородки, їх поділяють на органічні та неорганічні, за принципом дії – на поверхневі й глибинні, а за структурою – на гнучкі та негнучкі.

Процес фільтрування виконують з утворенням осадків на поверхні фільтруючої перегородки або із закупоркою пор фільтруючої перегородки.

Глибинні фільтрувальні перегородки зазвичай застосовують при освітленні суспензій з малою концентрацією твердої фази, яка, проникаючи всередину перегородки, затримується в порах (осідає і адсорбується). На поверхневих фільтрувальних перегородках проникнення частинок в пори перегородки не відбувається.

Осадки, які утворюються в процесі фільтрування, можуть бути стисливими і нестисливими. Стисливі осадки характеризуються зменшенням пористості внаслідок ущільнення та збільшенням опору зі зростанням перепаду тисків. У нестисливих осадків пористість і опір потоку рідини в процесі фільтрування залишаються постійними. До таких осадків належать речовини мінерального походження (пісок, крейда, сода та ін.) з розміром частинок більше 100 мкм. Продуктивність фільтра визначається швидкістю фільтрування, тобто об'ємом води, що пройшла в одиницю часу через одиницю поверхні.

У техніці для очищення стічних вод використовують сітчасті фільтри, фільтри із зернистою перегородкою, з полімерним завантаженням.

## **9.2. Видалення зважених частинок під дією відцентрових сил і віджиманням**

Осадження зважених частинок під дією відцентрової сили виконують у гідроциклонах і центрифугах.

*Гідроциклони* використовують для очищення стічних вод. Гідроциклони бувають напорні й відкриті. Для осадження твердих домішок застосовують напорні гідроциклони, а для видалення домішок, які осідають і спливають, – відкриті. Гідроциклони прості за конструкцією, компактні, їх легко обслуговувати. Вони відрізняються високою продуктивністю і невеликою вартістю.

Під час обертання рідини в гідроциклонах на частинки діють відцентрові сили, що відкидають важкі частинки до периферії потоку, сили опору рухомого потоку, гравітаційні сили і сили інерції. Сили інерції незначні й ними можна знехтувати. При високих швидкостях обертання відцентрові сили значно більше сил тяжіння.

Ефективність гідроциклонів дорівнює близько 70%. При зменшенні в'язкості стічної води швидкість осадження частинок у полі відцентрових сил збільшується. Із зростанням густини рідини зменшується різниця густин фаз і для частинок важче води. Це супроводжується зниженням їх швидкості руху у відцентровому полі, а для частинок легше води – збільшенням швидкості руху.

Поряд із гідроциклонами для очищення стічних вод використовують *центрифуги*.

Центрифуги застосовують, якщо мають місце:

- потреби локального очищення виробничих стічних вод, коли осадком є цінний продукт, який можна утилізувати;
- дрібнодисперсний склад забруднювачів, коли для їх виділення не можна застосувати реагенти.

### **9.3. Фізико-хімічні методи очищення вод**

До фізико-хімічних методів очищення стічних вод належать коагуляція, флоатація, адсорбція, іонний обмін, екстракція, ректифікація, випарювання, дистиляція, зворотний осмос і ультрафільтрація, кристалізація, десорбція та ін. Ці методи використовують для видалення із стічних вод тонкодисперсних зважених частинок (твердих і рідких), розчинних газів, мінеральних і органічних речовин.

Використання фізико-хімічних методів для очищення стічних вод має особливості:

- можливість видалення зі стічних вод токсичних, біохімічно неокислюваних органічних забруднювачів;
- досягнення більш глибокого і стабільного ступеня очищення;
- менші розміри споруд;
- менша чутливість до змінення навантажень;
- можливість повної автоматизації;
- більш глибока вивченість кінетики деяких процесів, а також питань моделювання, математичного опису і оптимізації, що важливо для правильного вибору і розрахунку апаратури;
- методи не пов'язані з контролем за діяльністю живих організмів;
- можливість рекуперації різних речовин.

Вибір того чи іншого методу очищення (або декількох методів) залежить від санітарних і технологічних вимог, що ставляться до очищених виробничих стічних вод з метою подальшого їх використання, а також кількості стічних вод і концентрації забруднень в них, наявності необхідних матеріальних та енергетичних ресурсів і економічності процесу.

### **9.4. Коагуляція і флокуляція**

*Коагуляція* – це процес укрупнення дисперсних частинок у результаті їх взаємодії і об'єднання в агрегати. При очищенні стічних вод коагуляцію застосовують для прискорення процесу осадження тонкодисперсних домішок і емульгованих речовин. Коагуляція найбільш ефективна для видалення з води колоїдно-дисперсних частинок, тобто частинок розміром 1...100 мкм. Коагуляція може відбуватися спонтанно або під впливом хімічних і фізичних процесів. У процесах очищення стічних вод коагуляція відбувається під впливом додаваних до них спеціальних речовин –



коагулянтів. Коагулянти у воді утворюють пластівці гідроксидів металів, які швидко осідають під дією сили тяжіння. Пластівці мають здатність уловлювати колоїдні та зважені частинки і агрегувати їх.

*Флокуляція* – це процес агрегації зважених частинок при додаванні в стічну воду високомолекулярних сполук, які називаються флокулянтами. На відміну від коагуляції при флокуляції агрегація відбувається не тільки при безпосередньому контакті частинок, але й в результаті взаємодії молекул адсорбованого на частинках флокулянта.

Флокуляцію виконують для інтенсифікації процесу утворення пластівців гідроксидів алюмінію та заліза з метою підвищення швидкості їх осадження. Використання флокулянтів дозволяє знизити дози коагулянтів, зменшити тривалість процесу коагуляції і підвищити швидкість осадження утворених пластівців.

*Флотацію* застосовують для видалення із стічних вод нерозчинних диспергованих домішок, що самостійно погано відстоюються. У деяких випадках флотацію використовують і для видалення розчинених речовин, наприклад ПАР. Такий процес називають пінною сепарацією, або пінним концентруванням. Флотацію застосовують для очищення стічних вод багатьох виробництв: нафтопереробних, штучного волокна, целюлозно-паперових, шкіряних, машинобудівних, харчових, хімічних. Її використовують також для виділення активного мулу після біохімічного очищення.

Перевагами флотації є безперервність процесу, широкий діапазон застосування, невеликі капітальні та експлуатаційні витрати, проста апаратура, селективність виділення домішок, порівняно з відстоюванням велика швидкість процесу, а також можливість отримання шламу більш низької вологості (90...95%), високий ступінь очищення (95...98%), можливість рекуперації речовин, що видаляються. Флотація супроводжується аерацією стічних вод, зниженням концентрації ПАР і легкоокислюваних речовин, бактерій та мікроорганізмів. Все це сприяє успішному проведенню подальших стадій очищення стічних вод.

Елементарний акт флотації полягає у такому: при зближенні бульбашок повітря, що піднімаються у воді, з твердою гідрофобною частинкою прошарок води при деякій критичній товщині проривається і відбувається злипання бульбашки з частинкою (рис. 8). Потім комплекс "бульбашка – частинка" піднімається на поверхню води, де бульбашки збираються, і виникає пінний шар з більш високою концентрацією частинок, ніж у вихідній стічній воді.

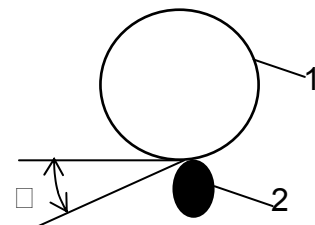


Рис. 8. Схема утворення комплексу "частинка – бульбашка":  
1 – бульбашка; 2 – частинка

Можливість утворення флотаційного комплексу "частинка – бульбашка", швидкість процесу та міцність зв'язків, тривалість існування комплексу залежать від природи частинок, а також характеру взаємодії реагентів з їх поверхнею і здатності частинок змочуватися водою. На величину змочуваності поверхні зважених частинок впливають адсорбційні явища і присутність у воді домішок ПАР, електролітів тощо.

Залежно від способу насичення рідини бульбашками повітря можна виділити:

- флотацію з виділенням повітря з розчину (вакуумні, напірні й ерліфтні установки флотацій);
- флотацію з механічним диспергуванням повітря (імпелерні, безнапірні та пневматичні установки флотацій);
- флотацію з подачею повітря через пористі матеріали;
- електрофлотацію;
- біологічну і хімічну флотацію.

## 9.5. Сорбція й іонний обмін

*Адсорбція.* Адсорбційні методи широко застосовують для глибокого очищення стічних вод від розчинених органічних речовин після біохімічного очищення, а також у локальних установках, якщо концентрація цих речовин у воді невелика і вони біологічно не розкладаються або є сильнотоксичними. Застосування локальних установок є доцільним, якщо речовина добре адсорбується при невеликій питомій витраті адсорбенту. Адсорбція розчинених речовин – результат переходу молекули розчиненої речовини з розчину на поверхню твердого сорбенту під дією силового поля поверхні.

Адсорбцію використовують для знешкодження стічних вод від фенолів, гербіцидів, пестицидів, ароматичних нітросполук, ПАР, барвників та ін. Перевагами методу є висока ефективність, можливість очищення стічних вод, що містять кілька речовин, а також рекуперація цих речовин. Адсорбційне очищення вод може бути регенеративним, тобто з витяганням речовини з адсорбенту і його утилізацією, і деструктивним, при якому витягнуті зі стічних вод речовини знищуються разом з адсорбентом. Ефективність адсорбційного очищення досягає 80...95% і залежить від хімічної природи адсорбенту, величини адсорбційної поверхні і її доступності, від хімічної будови речовини та її стану в розчині. Як сорбенти використовують активне вугілля, синтетичні сорбенти і деякі відходи виробництва (зола, шлаки, тирса та ін). Мінеральні сорбенти – глини, силікагелі, алюмогелі й гідроксиди металів для адсорбції різних речовин зі стічних вод використовують мало, оскільки енергія їх взаємодії з молекулами води велика й іноді перевищує енергію адсорбції. Найбільш

універсальним з адсорбентів є активоване вугілля, однак воно повинне мати певні властивості.

Розрізняють сорбцію в статичних умовах, при цьому частинка рідини не переміщується відносно частинки сорбенту, рухається разом з нею (апарати з перемішувачами пристроями), а також в динамічних умовах, за яких частинка рідини переміщується відносно сорбенту (фільтри, апарати з псевдозрідженим шаром).

Апарати для сорбційного очищення стічних вод класифікують:

за організацією процесу – періодичної і безперервної дії;

за гідродинамічним режимом – апарати витіснення, змішування і проміжного типу;

за станом шару сорбенту – з нерухомим, рухомим, пульсуючим, перемішуваним і циркулюючим шаром;

за організацією контакту взаємодіючих фаз – з безперервним і ступінчастим контактом;

за організацією напрямку руху фаз – з прямоточним, протиточним і змішаним рухом;

за конструкцією – колонні й ємнісні;

за способом підведення енергії – без підведення енергії зовні (гравітаційний рух фаз), з підведенням енергії зовні (примусовий рух твердої фази).

*Іонний обмін, або іонообмінна сорбція*, – процес обміну між іонами, що знаходяться в розчині, й іонами, присутніми на поверхні твердої фази – іоніту.

Іонообмінне оброблення є одним з основних способів зм'якшування, опріснення і знесолювання води і забезпечує рекуперацію розчинених іонних компонентів.

За знаком заряду обмінних іонів іоніти поділяють на катіоніти і аніоніти, що виявляють відповідно кислотні й основні властивості. Іоніти підрозділяють на природні та штучні, або синтетичні. Як іоніти застосовують природні й штучні алюмосилікати, гідроокиси і солі багатовалентних металів, а також іоніти, отримані хімічною обробкою вугілля, целюлози і лігніну. Основна властивість іонітів – обмінна ємність. Повна ємність іоніту – кількість грам-еквівалентів іонів, що знаходяться в стічній воді, які може поглинути 1 м<sup>3</sup> іоніту до повного насичення. При зіткненні іонітів з водою відбувається їх набухання унаслідок осмотичних явищ, об'єм іонітів зазвичай збільшується в 1,2–2 рази. На кінетику іонного обміну впливають також температура, концентрація іонів та ін. Характерною особливістю іонітів є можливість проходження реакції у зворотному напрямі, тобто можлива їхня регенерація.

При *екстракції* здійснюється витягання одного або декількох компонентів із суміші екстрагентом, що має обмежену взаємну

розчинність. Як екстрагенти використовують органічні розчинники (бензол, тетрахлоридметан, бутилацетат тощо). Рідинну екстракцію застосовують для очищення стічних вод, що містять феноли, масла, органічні кислоти, іони металів та ін. Доцільність використання екстракції для очищення стічних вод визначається концентрацією органічних домішок в них. Екстракція може бути економічно вигідним процесом, якщо вартість видобутих речовин компенсує всі витрати на його проведення. Очищення стічних вод екстракцією складається з трьох стадій. Перша стадія – інтенсивне змішування стічної води з екстрагентом (органічним розчинником). В умовах розвиненої поверхні контакту між рідинами утворюються дві рідкі фази. Одна фаза – екстракт містить витягвану речовину і екстрагент, інша – рафінат – стічну воду і екстрагент. Друга стадія – поділ екстракту і рафінату; третя стадія – регенерація екстрагента з екстракту і рафінату.

Технологічна схема очищення виробничих стічних вод екстракційним методом залежить від кількості та складу стічних вод, властивостей екстрагента, способів його регенерації. Схема складається з таких етапів і обладнання:

- підготовка води перед екстракцією — відстійники, флотатори, фільтри, нейтралізатори, охолоджувальні пристрої;

- екстракція — колони для уловлювання парів екстрагента, власне екстракційна колона і резервуари (збірники екстрагента);

- регенерація екстрагента із стічної води;

- регенерація екстрагента з екстракту — теплообмінник, підігрівач, регенераційна (ректифікаційна) колона, охолоджувальні пристрої, сепаратори, збірники регенованого екстракту і екстрагованих речовин.

Для зниження вмісту розчинених домішок до концентрацій нижче гранично допустимих необхідно правильно вибрати екстрагент і швидкість його подачі в стічну воду. При виборі розчинника слід враховувати його селективність, фізико-хімічні властивості, вартість і можливі способи регенерації.

## **9.6. Електрохімічні методи**

Для очищення стічних вод від різних розчинних і диспергованих домішок застосовують електролізери, в яких відбуваються процеси анодного окислення і катодного відновлення, електрокоагуляції, електрофлотації і електродіалізу. Усі ці процеси проходять на електродах при пропусканні через стічну воду постійного електричного струму. Електрохімічні методи дозволяють отримувати із стічних вод цінні продукти за відносно простою автоматизованою технологічною схемою очищення без використання хімічних реагентів.

*Анодне окислення і катодне відновлення.* В електролізері під дією електричного поля позитивно заряджені іони мігрують до негативного електрода – катода, а негативно заряджені іони – до позитивного електрода – анода. Катод віддає електрони в розчин, і в приелектродному просторі відбуваються процеси, пов'язані з приєднанням електронів до реагуючих частинок – відновлення. У прианодному просторі відбуваються процеси перенесення електронів від реагуючих частинок до електрода – окислення.

Ці процеси розроблено для очищення стічних вод від розчинених домішок (ціанідів, роданідів, амінів, спиртів, альдегідів, нітросполук, азотобарвників, сульфідів, меркаптанів та ін). Під час електрохімічного окислення речовини, що знаходяться у стічних водах, повністю розпадаються з утворенням  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  і води або утворюються більш прості й нетоксичні речовини, які можна видаляти іншими методами.

Як аноди використовують різні електролітично нерозчинні матеріали: графіт, магнетит, діоксиди свинцю, марганцю, які наносять на титанову основу.

*Електрокоагуляція.* При проходженні стічної води через міжелектродний простір електролізера відбувається електроліз води, поляризація частинок, окислювально-відновлювальні процеси, взаємодія продуктів електролізу один з одним.

Для очищення промислових стічних вод, що містять високостійкі забруднювачі, проводять електроліз з використанням розчинних сталевих або алюмінієвих анодів. Під дією струму відбувається розчинення металу, в результаті чого у воду переходять катіони заліза або алюмінію, які, зустрічаючись з гідроксильними групами, утворюють гідроксиди металів у вигляді пластівців. Настає інтенсивна коагуляція.

На процес електрокоагуляції впливають матеріал електродів, відстань між ними, швидкість руху стічної води між електродами, її температура і склад, напруга і густина струму. З підвищенням концентрації зважених речовин більше 100 мг / л ефективність електрокоагуляції знижується. Зі зменшенням відстані між електродами витрата енергії на анодне розчинення металу зменшується. Переваги методу електрокоагуляції: компактність установок і простота управління, відсутність потреби в реагентах, мала чутливість до змін умов проведення процесу очищення (температура, рН середовища, присутність токсичних речовин), отримання шламу з добрими структурно-механічними властивостями. Недоліком методу є підвищена витрата металу і електроенергії. Електрокоагуляція знаходить широке застосування в харчовій, хімічній і целюлозно-паперовій промисловості.

*Електрофлотація.* Суть способу електрофлотації стічних вод полягає в перенесенні забруднюючих частинок з рідини на її поверхню за допомогою бульбашок газу, що утворюються при електролізі стічної води.

Під час електролізу стічної води на катоді виділяється водень, а на аноді – кисень. Основну роль у процесі флоатації частинок відіграють бульбашки, що виділяються на катоді при обробленні води в електролізері. Розмір бульбашок, що відриваються від поверхні електрода, залежить від величини крайового кута змочування, кривизни поверхні електрода, а також його конструкції.

*Електродіаліз.* Електродіалізом називають процес сепарації іонів солей, що здійснюється в мембранному апараті під дією постійного електричного струму. Метод використовують для опріснення високомінералізованих стічних вод. Електродіалізатор являє собою апарат, розділений катіонітовими і аніонітовими мембранами, що створюють концентруючі й знесолюючі камери. Під впливом постійного струму катіони, рухаючись до катода, проникають через катіонітові мембрани, але затримуються аніонітовими, а аніони, рухаючись у напрямі анода, проходять через аніонітові мембрани, але затримуються катіонітовими. У результаті цього з одного ряду камер іони обох знаків виводяться в суміжний ряд камер. Мембрани для електродіалізатора виготовляють у вигляді гнучких листів прямокутної форми або рулонів з термопластичного полімерного сполучного і порошка іонообмінних смол.

## 9.7. Методи мембранного розділення

*Зворотний осмос (гіперфільтрація)* — безперервний процес молекулярного поділу розчинів шляхом їх фільтрування під тиском через напівпроникні мембрани, що затримують молекули або іони розчиненої речовини. При досягненні тиску вище осмотичного (рівноважного) здійснюється перенесення розчинника у зворотному напрямі (від розчину до чистого розчинника через мембрану) і забезпечується достатня селективність очищення. Необхідний тиск, що перевищує осмотичний тиск розчиненої речовини в розчині, становить при концентрації солей 2...5 г/л 0,1...1 МПа і при концентрації солей 20...30 г/л — 5...10 МПа.

*Ультрафільтрація* – мембранний процес розділення розчинів, осмотичний тиск яких малий. Цей метод використовують при відділенні порівняно високомолекулярних речовин, зважених частинок, колоїдів. Ультрафільтрація порівняно із зворотним осмосом — більш високопродуктивний процес, оскільки висока проникність мембран досягається при тиску 0,2...1 МПа. Апарати для мембранних процесів підрозділяють на чотири основні типи, що розрізняються способом укладання мембран: апарати з плоскими мембранними елементами, з трубчастими мембранними елементами, з мембранними елементами рулонного типу і з мембранами у вигляді порожнистих волокон.

*Ректифікація стічних вод.* Суть процесу ректифікації полягає у виділенні з суміші двох або декількох рідин з різними температурами

кипіння однієї або декількох рідин у більш-менш чистому стані. Це досягається багатократним тепло- і масообміном між рідкою і паровою фазами; в результаті частина легколеткого компонента переходить з рідкої фази в парову, а частина менш леткого компонента - з парової фази в рідку. Процес ректифікації може відбуватися при атмосферному тиску, а також при тиску вище і нижче атмосферного. Установки ректифікацій бувають періодичної і безперервної дії. Установки ректифікацій періодичної дії успішно застосовують для розділення невеликих кількостей сумішей. Істотним недоліком таких установок є погіршення якості готового продукту (дистиляту) у міру проходження процесу. Установки ректифікацій безперервної дії відрізняються від установок періодичної дії тим, що живлення колони вихідною сумішшю певного складу відбувається безперервно з постійною швидкістю, готовий продукт стабільної якості відводиться також безперервно.

### **9.8. Хімічні методи очищення стічних вод**

До хімічних методів очищення стічних вод належать нейтралізація, окислення та відновлення. Всі ці методи пов'язані з витратою різних реагентів, тому є дорогими. Їх застосовують для видалення розчинних речовин і в замкнених системах водопостачання. Хімічне очищення проводять іноді як попереднє перед біологічним очищенням або після нього як метод доочищення стічних вод.

*Нейтралізація.* Стічні води, що містять мінеральні кислоти або луги, перед скиданням їх у водойми або перед використанням у технологічних процесах нейтралізують. Практично нейтральними вважаються води, що мають  $pH = 6,5 - 8,5$ .

Нейтралізацію можна виконувати різними шляхами: змішанням кислих і лужних стічних вод, додаванням реагентів, фільтруванням кислих вод через нейтралізуючі матеріали, абсорбцією кислих газів лужними водами або абсорбцією аміаку кислими водами. Вибір методу нейтралізації залежить від об'єму і концентрації стічних вод, режиму їх надходження, наявності та вартості реагентів. Під час нейтралізації можуть утворюватися осадки, кількість яких залежить від концентрації і складу стічних вод, а також від виду і витрати використовуваних реагентів.

*Окислення і відновлення.* Для очищення стічних вод використовують такі окислювачі: газоподібний і скраплений хлор, діоксид хлору, хлорат кальцію, гіпохлорид кальцію і натрію, перманганат калію, біхромат калію, пероксид водню, кисень повітря, пероксосірчані кислоти, озон, піролюзит та ін. Під час окислення токсичні забруднювачі, що містяться у стічних водах, у результаті хімічних реакцій перетворюються на менш токсичні, які видаляють з води. Очищення окислювачами пов'язане з великою витратою реагентів, тому його застосовують тільки у тих випадках, коли

речовини, що забруднюють стічні води, недоцільно або не можна видалити іншими способами, наприклад, очищення від ціанідів, розчинених сполук миш'яку та ін.

Активність речовини як окислювача визначається величиною окислювального потенціалу. З усіх відомих у природі окислювачів перше місце посідає фтор, який, однак, через високу агресивність не можна використовувати на практиці. Для інших речовин величина окисного потенціалу становить: для озону – 2,07; для хлору – 0,94; для пероксиду водню – 0,68; для перманганату калію – 0,59.

### 9.9. Біохімічні методи очищення стічних вод

Біохімічний метод застосовують для очищення господарсько-побутових і промислових стічних вод від багатьох розчинених органічних і деяких неорганічних (сірководню, сульфідів, аміаку, нітритів та ін.) речовин. Процес очищення оснований на здатності мікроорганізмів використовувати ці речовини для живлення в процесі життєдіяльності. Органічні речовини для мікроорганізмів є джерелом вуглецю.

*Основні показники.* Стічні води, що направляються на біохімічне очищення, характеризуються величиною БПК і ГПК. БПК – це біохімічна потреба в кисні, або кількість кисню, використаного при біохімічних процесах окислення органічних речовин (не включаючи процеси нітрифікації) за певний проміжок часу (2, 5, 8, 10, 20 діб) в мг  $O_2$  на 1 мг речовини. Наприклад: БСК<sub>5</sub> – біохімічна потреба в кисні за 5 діб, БПК<sub>повн</sub> – повна біохімічна потреба в кисні до початку процесів нітрифікації. ХСК – хімічна потреба в кисні, тобто кількість кисню, еквівалентна кількості витрачаного окислювача, необхідного для окислення всіх відновників, що містяться у воді. ГПК також виражають у мг  $O_2$  на 1 мг речовини.

Контактуючи з органічними речовинами, мікроорганізми частково руйнують їх, перетворюючи на воду, діоксид вуглецю, нітрити, сульфатіони та ін. Інша частина речовини витрачається на утворення біомаси. Руйнування органічних речовин називають біохімічним окисленням. Деякі органічні речовини здатні легко окислюватися, а деякі не окислюються зовсім або окислюються дуже повільно.

Відомі аеробні й анаеробні методи біохімічного очищення стічних вод. Аеробний метод оснований на використанні аеробних груп організмів, для життєдіяльності яких необхідним є постійний приплив кисню і температура 20...40°C. При зміні кисневого і температурного режимів склад і кількість мікроорганізмів змінюються. При аеробному очищенні мікроорганізми культивуються в активному мулі або біоплівці. Анаеробні методи очищення відбуваються без доступу кисню; їх використовують головним чином для знешкодження осадків.



*Склад активного мулу і біоплівки.* Активний мул складається з живих організмів і твердого субстрату. Живі організми представлені скупченнями бактерій і одиночними бактеріями, найпростішими хробаками, пліснявими грибами, дріжджами, актиноміцетами і рідко - личинками комах, рачків, а також водоростями та ін. Сукупність усіх живих організмів, що населяють мул, називають біоценозом. Біоценоз активного мулу в основному представлено дванадцятьма видами мікроорганізмів і найпростіших.

Скупчення бактерій в активному мулі оточено слизовим шаром (капсулами). Такі скупчення називаються зооглеями. Вони сприяють поліпшенню структури мулу, його осадженню і ущільненню. Слизові речовини містять антибіотики, здатні пригнічувати ниткові бактерії. Співвідношення капсульних і безкапсульних штамів називають коефіцієнтом зооглейності. Бактерії, позбавлені слизового шару, з меншою швидкістю окислюють забруднювачі.

Активний мул являє собою колоїдну систему. Незважаючи на істотні відмінності стічних вод, елементарний хімічний склад активних мулів досить близький.

Суша речовина активного мулу містить 70...90% органічних речовин.

В активному мулі знаходяться мікроорганізми різних груп. Виникнення таких груп залежить від складу стічних вод, вмісту в них кисню, температури, реакції середовища, вмісту солей та інших факторів.

Якість мулу визначається швидкістю його осадження і ступенем очищення рідини.

Аеробні процеси біохімічного очищення можуть відбуватися в природних умовах і штучних спорудах. У природних умовах очищення відбувається на полях зрошення, полях фільтрації і біологічних ставках. Штучними спорудами є аеротенкі й біофільтри різної конструкції. Тип споруд вибирають з урахуванням місця розташування заводу, кліматичних умов, джерела водопостачання, об'єму промислових і побутових стічних вод, складу і концентрації забруднювачів. У штучних спорудах процеси очищення відбуваються з більшою швидкістю, ніж у природних умовах.

*Поля зрошення* - це спеціально підготовлені земельні ділянки, які використовуються одночасно для очищення стічних вод і агрокультурних цілей. Очищення стічних вод у цих умовах відбувається під дією ґрунтової мікрофлори, сонця, повітря й під впливом життєдіяльності рослин.

*Аеротенкі* - залізобетонні резервуари, що аеруються. Процес очищення в аеротенку відбувається у міру проходження через нього аерованої суміші стічної води і активного мулу. Аерація необхідна для насичення води киснем і підтримки мулу в завислому стані.

## 9.10. Термічні методи очищення стічних вод

На хімічних підприємствах утворюються стічні води, що містять різні мінеральні солі (кальцію, магнію, натрію та ін.), а також органічні речовини. Такі води можуть бути знешкоджені термічними методами:

- концентруванням стічних вод з наступним виділенням розчинених речовин;
- окисненням органічних речовин у присутності каталізатора при атмосферному та підвищеному тиску;
- рідиннофазного окислення органічних речовин;
- вогневим знешкодженням.

Установки термічного знешкодження стічних вод мають відповідати таким основним вимогам:

- забезпечувати зниження концентрації шкідливих речовин у воді, що очищується до значень, менших ГДК;
- мати незначну чутливість до складу стоків;
- забезпечувати надійність і ефективність у роботі;
- мати високу продуктивність.

Вибір методу очищення залежить від складу, концентрації і об'єму стічних вод, їх корозійної активності та необхідного ступеня очищення.

*Концентрування стічних вод.* Цей метод використовують для знешкодження мінеральних стічних вод. Він дозволяє виділити зі стоків солі з отриманням умовно чистої води, придатної для оборотного водопостачання.

Процес поділу мінеральних речовин і води можна здійснити у дві стадії: стадія концентрування і стадія виділення сухих речовин. У багатьох випадках друга стадія замінюється похованням концентрованих розчинів. Концентровані стічні води можна безпосередньо направляти на виділення сухого продукту, наприклад в розпилювальну сушарку.

Концентрування стічних вод можна проводити у випарних, виморожувальних і кристалогідратній установках безперервної та періодичної дії.

*Метод рідкофазного окислення.* Цей метод очищення оснований на окисненні органічних речовин, розчинених у воді, киснем при температурах 100...350°C і тисках 2...28 МПа. При високих тисках розчинність у воді кисню значно зростає, що сприяє прискоренню процесу окислення органічних речовин. Ефективність процесу окислення збільшується з підвищенням температури. Перевагами методу є: можливість очищення великого об'єму стічних вод без попереднього концентрування, відсутність у продуктах окислення шкідливих органічних речовин, легкість комбінування з іншими методами, безпека в роботі.

Метод парофазного каталітичного окислення. В основі методу лежить гетерогенне каталітичне окислення киснем повітря при високій температурі летких органічних речовин, які знаходяться в промислових стічних водах. Процес відбувається досить інтенсивно в парогазовій фазі в присутності мідно-хромового, цинк-хромового, мідно-марганцевого або іншого каталізатора.

*Окислення органічних речовин у присутності каталізатора.* Установки характеризуються високою продуктивністю і високим ступенем знешкодження. Основний недолік установки - можливість отруєння каталізаторів сполуками фосфору, фтору, сірки. Тому необхідно попереднє видалення каталітичних отрут зі стічних вод.

*Вогневий метод.* Цей метод знешкодження стічних вод є найбільш ефективним і універсальним із термічних методів. Суть його полягає в розпилюванні стічних вод безпосередньо у топкові газу, нагріті до 900...1000°C. При цьому вода повністю випаровується, а органічні домішки згорають. Мінеральні речовини, що містяться у воді, утворюють тверді або оплавлені частинки, які уловлюють в циклонах і фільтрах. Вогневий метод доцільно застосовувати для знешкодження стічних вод, що містять тільки мінеральні речовини.

## **10. ЗАХИСТ ЛІТОСФЕРИ ВІД ПРОМИСЛОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ. ПЕРЕРОБЛЕННЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ**

Тверді відходи являють собою різноманітні за складом і фізико-хімічними властивостями залишки, що характеризуються потенційною споживчою цінністю (придатністю для корисного використання) і є, по суті, вторинними матеріальними ресурсами.

Тверді відходи накопичуються у багатьох галузях промисловості, що обумовлено існуючим рівнем технології перероблення відповідної сировини і недостатністю її комплексного використання. Видалення (транспортування) відходів та їх зберігання (пристрій і склад відвалів і шламонакопичувачів) є дорогими заходами. На металургійних виробництвах, ТЕС і вуглезбагачувальних фабриках витрати на них становлять приблизно 8...30% від вартості виробництва основної продукції. Тим часом у відвали і шламосховища щорічно надходять величезні маси розкривних порід і відходів збагачення та перероблення мінеральної сировини.

Значна частина твердих відходів промислових підприємств може бути ефективно використана в народному господарстві.

Завдання утилізації промислових відходів стає більш актуальним. Організація виробництва продукції на їх основі потребує витрат у два-три рази менших, ніж для відповідних виробництв на основі спеціально видобудованої природної сировини. Крім того, збільшення мінеральної

сировини при одночасному вирішенні завдань захисту біосфери сприяє скороченню споживання ряду його видів.

Видалення і утилізація промислових відходів. Серед твердого сміття особливе місце займають відходи підприємств різних галузей промисловості. У відвалах підприємств чорної металургії та теплових електростанцій накопичуються сотні мільйонів тонн шлаків і золи. Кількість їх щороку зростає. Вони займають велику площу родючих земель. З економічних і гігієнічних позицій промислові відходи доцільно максимально використовувати і переробляти.

У світовій практиці є достатній досвід ефективного використання їх для випуску будівельних матеріалів, в тому числі цементу і шлакоблоків та ін. Деякі відходи можуть бути використані в сільському господарстві як добриво або "вторинна" сировина для промисловості тощо. Проте переважну частину відходів промисловості знищують або захороняють, оскільки не для всіх їх видів розроблено ефективні методи утилізації.

Знищувати та захороняти відходи необхідно з усіма заходами безпеки, щоб уникнути завдання шкоди природі й людині.

Відвали повинні розміщуватися на більш низьких ділянках (ярах). Як основу шламонакопичувачів содових заводів використовують нефільтруючі ґрунти. При організації відвалів необхідно передбачити санітарно-захисні зони такої ж ширини, як для виробництв, що постачають відходи. Конкретні причини утворення твердих відходів дуже різноманітні, причому деякі з них можуть бути без значних витрат досить легко і швидко усунені, для усунення інших, навпаки, потрібні тривалі дослідження і великі витрати.

Тверді відходи класифікують по галузях промисловості (відходи хімічної, металургійної, паливної та інших галузей) або їх групах, по конкретних виробництвах (наприклад, відходи сірчаноокислотного, содового, фосфорнокислого та інших виробництв), за надійністю, ступенем використання, ціннісними показниками, впливом на навколишнє середовище, здатністю до займання, корозійними впливом на обладнання і т.п.

Завдання утилізації відходів ускладнюють різноманіття видів твердих відходів, значна різниця складу, викликаючи в ряді конкретних випадків необхідність визначення певних шляхів їх вирішення. Проте для більшості основних видів твердих відходів нині існують економічно доцільні технології їх утилізації.

## **11. МЕХАНІЧНА, МЕХАНОТЕРМІЧНА І ТЕРМІЧНА ПЕРЕРОБКА**

Утилізація твердих відходів у більшості випадків приводить до необхідності або їх поділу на компоненти з подальшим переробленням

сепарованих матеріалів різними методами, або надання їм певного виду, що забезпечує саму можливість утилізації відходів.

*Дроблення.* У зв'язку з тим, що інтенсивність і ефективність більшості хімічних дифузійних і біохімічних процесів зростає із збільшенням розмірів, власне технічним операціям переробки твердих відходів зазвичай передують операції зменшення розмірів їх шматків.

Метод дроблення використовують для отримання з великих шматків перероблюваних продуктів шматків величиною до 5 мм.

Дроблення широко використовують при переробленні відходів розкриву при відкритих розробках корисних копалин, гумових технічних виробів, що вже не використовуються, відвалів галіту та фосфогіпсу, відходів деревини, деяких пластмас, будівельних і багатьох інших матеріалів. Для дроблення більшості видів твердих відходів використовують щокові, конусні, валкові й роторні дробарки різних видів. Тип дробарки вибирають з урахуванням міцності, пружності й крупності матеріалу, що підлягає переробленню, а також розмірів шматків продукту і необхідної продуктивності.

*Подрібнення.* Метод подрібнення використовують за необхідності отримання з кускових відходів зернових і дрібнодисперсних фракцій крупністю менше 5 мм. Процеси подрібнення широко поширені в технології рекуперації твердих відходів при переробленні розкривних і попутно видобутих порід відкритих і шахтних розробок корисних копалин, будівельних конструкцій і виробів, що вийшли з ладу, деяких видів змішаного брухту виробів з чорних і кольорових металів, паливних і металургійних шлаків, відходів вуглезбагачення, деяких промислових шлаків і відхідних пластмас.

Найбільш поширеними агрегатами грубого і тонкого подрібнення, що використовуються при переробленні твердих відходів, є стрижневі, кульові та ножові млини, хоча в окремих випадках застосовують й інші механізми.

*Класифікація та сортування.* Ці процеси використовують для поділу твердих відходів на фракції за крупністю. Вони включають методи грохочення шматків, що перероблюються, і їх поділ під дією гравітаційно-інерційних і гравітаційно-відцентрових сил. Ці методи є поширеними як самостійні та допоміжні при безпосередній утилізації і переробленні переважної більшості твердих відходів. У тих випадках, коли класифікація має самостійне значення, її називають сортуванням.

*Кускування.* Поряд з переліченими вище методами зменшення розмірів кускових матеріалів і їх поділу на класи крупності в практиці рекупераційної технології твердих відходів велике поширення одержали методи, пов'язані з вирішенням завдань укрупнення дрібнодисперсних частинок. Вони мають як самостійне, так і допоміжне значення, і об'єднують різні прийоми гранулювання, таблетування, брикетування та високотемпературної агломерації. Їх використовують при переробленні в

будівельні матеріали ряду компонентів відвальних порід видобутку багатьох корисних копалин, при підготовці до переплавки дрібношматкових і дисперсних відходів чорних і кольорових металів, у процесах утилізації пластмас, саж, пилу і деревного дрібняку, при обробленні шлакових розплавів у металургійному виробництві.

*Термічна обробка.* При утилізації та переробленні твердих відходів використовують різні методи термічної обробки як вихідних твердих матеріалів, так і одержуваних на їх основі продуктів. Ці методи включають різні прийоми піролізу (наприклад, відходів пластмас, деревини, гумових технічних виробів, шлаків нафтопереробки), переплаву (наприклад, відвальних металургійних шлаків, відходів термопластів, металобрухту), випалу (наприклад, деяких шлаків кольорової металургії, піритових недогарків, ряду залізовмісних шлаків і пилу) і вогневого знешкодження (спалювання) багатьох видів твердих відходів на органічній основі.

## **12. ЕНЕРГЕТИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ БІОСФЕРИ**

Особливим видом антропогенного впливу на навколишнє природне середовище є її енергетичне забруднення. Енергетичні забруднювачі – це викиди в біосферу від промислових та інших об'єктів різних видів енергії таких інтенсивностей, які можуть бути небезпечні (шкідливі) для організму людини і тварин та істотним чином негативно впливати на екологічну обстановку місцевості, регіону. Нині з цієї точки зору становлять інтерес такі види енергетичного забруднення: теплове, електромагнітне, радіоактивне, акустичне.

*Електромагнітне забруднення.* До електромагнітного випромінювання належать радіохвилі (починаючи з наддовгих), інфрачервоне випромінювання, видиме світло, ультрафіолетове, рентгенівське і жорстке (гамма-) випромінювання.

Електромагнітні випромінювання застосовуються для радіозв'язку, радіолокації, радіонавігації, в системах радіотелеметрії, а також в промисловості для високочастотного нагріву матеріалів при їх сушінні, спіканні, плавленні та ін. Передача і поширення цього виду енергії відбуваються відповідно до її призначення, в основному в атмосфері, космосі, хоча можуть відбуватися і в інших середовищах.

Найбільш схильні до впливу електромагнітних полів нервова, імунна, статова, ендокринна, серцево-судинна системи людини.

Захист від дії електромагнітних полів здійснюється шляхом проведення організаційних та інженерно-технічних, лікувально-профілактичних заходів, а також використання засобів індивідуального захисту.

До організаційних заходів належать:

– вибір раціональних режимів роботи устаткування; обмеження місця і часу знаходження персоналу в зоні дії ЕМП;

– інженерно-технічні заходи включають: раціональне розміщення устаткування; використання засобів, що обмежують надходження електромагнітної енергії на робочі місця персоналу (поглиначі потужності, екранування, використання мінімально необхідної потужності генератора); позначення і обгороджування зон з підвищеним рівнем ЕМП;

– лікувально-профілактичні заходи здійснюються з метою запобігання, ранньої діагностики і лікування порушень в стані здоров'я працівника, пов'язані з дією ЕМП, і включають попередні під час вступу на роботу і періодичні медичні огляди;

– до засобів індивідуального захисту належать захисні окуляри, щитки, шлеми, захисний одяг (комбінезони, халати).

*Радіоактивне забруднення.* Розсіяні на Землі природні радіоактивні речовини і проникаючі крізь атмосферу космічні промені створюють природний фон радіоактивного випромінювання, безпечний для живих організмів. Антропогенні джерела та їх випромінювання значно потужніші й небезпечніші для живої природи.

Радіоактивне забруднення природного середовища може спричинятися проникненням в нього радіоактивних речовин у досить великій кількості або роботою спеціальних установок (науково-дослідних, енергетичних, медико-діагностичних та ін.), при якій відбувається випромінювання електромагнітних хвиль діапазону рентгенівських і  $\gamma$ -променів. Небезпека забруднення навколишнього середовища радіоактивними речовинами виникає при видобутку та збагаченні їх руд, вантажно-розвантажувальних роботах, їх перевезенні та зберіганні. Серйозною проблемою є також збирання, знешкодження, видалення і поховання радіоактивних відходів.

Небезпека впливу радіоактивних випромінювань на живі організми, включаючи людину, полягає в іонізації рідин і тканин організму, що супроводжується складними фізико-хімічними та біологічними процесами, які призводять до таких результатів, як розриви молекулярних зв'язків, зміна структури молекул, загибель клітин, порушення обміну речовин, утворення злоякісних пухлин і багатьох інших, аж до смертельного результату.

*Акустичне забруднення.* Шум – сукупність звуків різної частоти і інтенсивності, що безладно змінюються в часі. Для нормального існування, щоб не відчувати себе ізольованим від світу, людині потрібний шум в 10...20 дБ.

Ефективними шляхами вирішення проблеми боротьби з шумом є:

– зниження його рівня в самому джерелі за рахунок змінення технології і конструкції машин;

- зниження рівня шуму вживанням звукопоглинальних пористих матеріалів;
- архітектурно-планувальні й будівельні заходи (будівництво крупних об'єктів з підвищеним шумовим ефектом подалі від житлових комплексів);
- засоби індивідуального захисту органу слуху: вкладиші, навушники і шлеми.

*Теплове забруднення.* Під час вироблення електроенергії на електростанціях відбуваються втрати тепла. Цим теплом «обігріваються» атмосфера і гідросфера.

Іншим споживачем тепла органічного палива є транспортні засоби. Транспортні енергетичні установки перетворюють тепло палива на механічну енергію і при цьому відбуваються втрати тепла в навколишнє середовище.

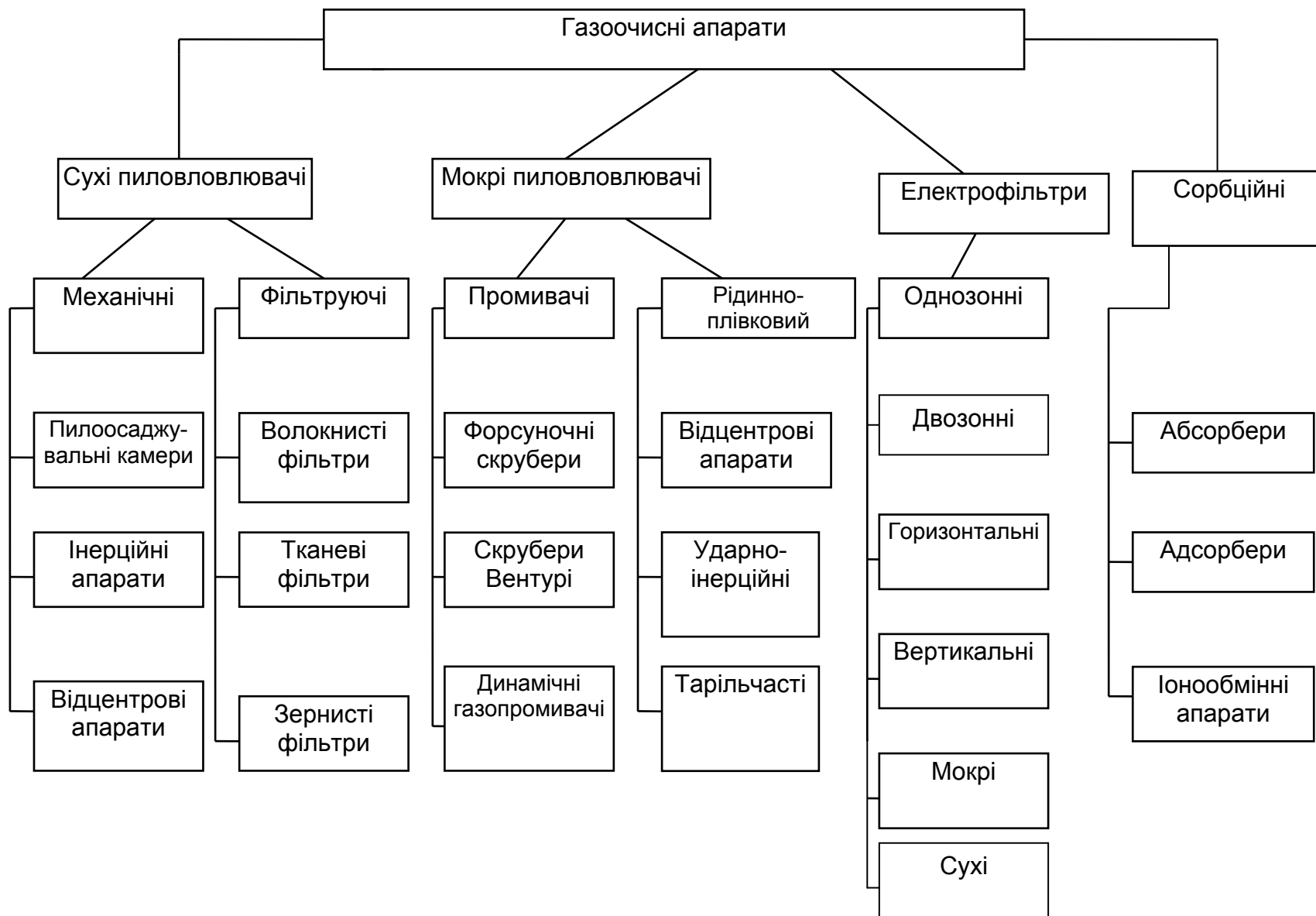
Велика кількість палива (у тому числі дрова, торф та ін.) спалюється в нагрівальних промислових печах, топках технологічних парових котлів, сушильних та інших установках, а також для обігріву житла і громадських будівель. Практично все це тепло розсіюється в навколишньому середовищі.

Джерела антропогенних викидів тепла за умови їх високої концентрації на невеликих територіях можуть значно впливати на тепловий режим цих територій, просторів, акваторій. Температура повітря взимку у великих містах зазвичай на кілька градусів вище, ніж поблизу розташованих невеликих населених пунктах.

Помітно також змінюють тепловий режим річок та озер скиди в них тепла від теплових електростанцій. Це суттєво впливає на умови проживання водних організмів і на структуру екологічних систем таких водоймищ.







## Бібліографічний список

Банников, А.Г. Основы экологии и охрана окружающей среды [Текст] / А.Г. Банников, А.А. Вакулин, А.К. Рустамов. – М.: Колос, 1999. – 304 с.

Белов, С.В. Охрана окружающей среды [Текст] / С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьянов. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.

Грушко, Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах [Текст] / Я.М. Грушко. – Л.: Химия, 1987. – 192 с.

Жуков, А.И. Методы очистки производственных сточных вод [Текст] / А.И. Жуков, И.Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер. – М.: Стройиздат, 1977. – 204 с.

Мотузко, Ф.Я. Основы экологии [Текст] / Ф.Я. Мотузко. – М., 1994. – 125 с.

Родионов, А.И. Техника защиты окружающей среды [Текст] / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, Н.С. Торочешников. – М.: Химия, 1989. – 512 с.

Штокман, Е.А. Очистка воздуха [Текст] / Е.А.Штокман. – М.: АСВ, 1998.– 320 с.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАБРУДНЮВАЧІВ БІОСФЕРИ.....	5
2. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ.....	6
3. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ.....	7
4. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ.....	9
5. МЕТОДИ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	11
6. ОЧИЩЕННЯ ПИЛОГАЗОВИХ ВИКИДІВ.....	13
6.1. Нормування домішок в атмосфері.....	13
6.2. Сухе пилоочищення.....	14
6.2.1. Гравітаційні пиловловлювачі (пилоосаджувальні камери).....	14
6.2.2. Інерційні пиловловлювачі.....	15
6.2.3. Циклони.....	15
6.2.4. Вихрові пиловловлювачі.....	16
6.3. Фільтрація.....	17
6.4. Електрофільтри.....	19
6.5. Мокрі пиловловлювачі.....	20
6.6. Сорбція.....	23
6.7. Каталітичні й термічні методи очищення.....	24
7. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	25
8. СТИЧНІ ВОДИ. КЛАСИФІКАЦІЯ.....	26
9. ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД.....	26
9.1. Механічне очищення.....	27
9.2. Видалення зважених частинок під дією відцентрових сил і віджиманням.....	29
9.3. Фізико-хімічні методи очищення вод.....	30
9.4. Коагуляція і флокуляція.....	30
9.5. Сорбція й іонний обмін.....	32
9.6. Електрохімічні методи.....	34
9.7. Методи мембранного розділення.....	36
9.8. Хімічні методи очищення стічних вод.....	37
9.9. Біохімічні методи очищення стічних вод.....	38
9.10. Термічні методи очищення стічних вод.....	40
10. ЗАХИСТ ЛІТОСФЕРИ ВІД ПРОМИСЛОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ. ПЕРЕРОБЛЕННЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ.....	41
11. МЕХАНІЧНА, МЕХАНОТЕРМІЧЕСКАЯ І ТЕРМІЧНА ПЕРЕРОБКА.....	42
12. ЕНЕРГЕТИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ БІОСФЕРИ.....	44
ДОДАТОК 1.....	47
ДОДАТОК 2.....	48
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	49

Навчальне видання

**Нечипорук Микола Васильович**

**Кручина Вікторія Віталіївна**

**Бугаєнко Олег Михайлович**

**Лобов Сергій Олександрович**

## **МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЗАХИСТУ БІОСФЕРИ**

Редактор Н.М. Сікульська

Зв. план, 2012

Підписано до видання 02.04.2012

Ум. друк. арк. 2.8. Обл.-вид. арк. 3.19. Електронний ресурс

---

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»  
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17  
<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»  
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17  
[izdat@khai.edu](mailto:izdat@khai.edu)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів  
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001