

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

2581

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
«СИРОВИНА, ВОДА ТА ЕНЕРГІЯ В ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ»
З ДИСЦИПЛІНИ «ЗАГАЛЬНА ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ВСІХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ
ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Затверджено на засіданні
кафедри загальної хімічної технології.
Протокол № 10 від 22.06.2012.

Дніпропетровськ УДХТУ 2013

Методичні вказівки до самостійної роботи «Сировина, вода та енергія в хімічній промисловості» з дисципліни «Загальна хімічна технологія» призначені для студентів університету всіх спеціальностей денної форми навчання / Укл.: І. В. Скнар, А. О. Костинюк, А. А. Чернишов. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2013. – 34 с.

Укладачі: І. В. Скнар, канд. хім. наук.
А. О. Костинюк, канд. техн. наук
А. А. Чернишов, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск М. В. Ніколенко, д-р хім. наук

Вказівки містять загальні відомості відносно сировини, води та енергії в хімічній промисловості. Наведено класифікацію сировинних, водних і енергетичних ресурсів. Розглянуто основні методи водопідготовки, збагачення та розділення сировини. Висвітлені принципи раціонального використання сировинних та енергетичних ресурсів. Розглянуто методи очищення та переробки промислових викидів.

Навчальне видання

Методичні вказівки до самостійної роботи «Сировина, вода та енергія в хімічній промисловості» з дисципліни «Загальна хімічна технологія» для студентів всіх спеціальностей денної форми навчання

Укладачі: СКНАР Ірина Володимирівна
КОСТИНЮК Андрій Олегович
ЧЕРНИШОВ Анатолій Андрійович

Авторська редакція

Підписано до друку 10.06.13. Формат 60×84 1/16. Папір ксерокс. Друк різнограф. Умов.-друк. арк. 1,48. Облік.-вид. арк. 1,55. Тираж 100 прим. Замовлення № 332. Свідоцтво ДК № 303 від 27.12.2000.

ДВНЗ УДХТУ, 49005, Дніпропетровськ-5, просп. Гагаріна, 8.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ.....	4
2. СКЛАД ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ.....	5
3. СИРОВИННА ПІДСИСТЕМА.....	5
3.1. Класифікація сировини.....	5
3.2. Збагачення та розділення сировини.....	8
3.2.1. Методи збагачення та розділення твердофазової сировини....	9
3.2.2. Методи збагачення та розділення рідкофазової сировини.....	11
3.2.3. Методи збагачення та розділення газофазової сировини.....	12
4. ПІДСИСТЕМА ВОДОПІДГОТОВКИ І ВОДООЧИЩЕННЯ.....	13
4.1. Види і якість споживаної води.....	13
4.2. Основні методи очищення використовуваної води.....	16
5. ЕНЕРГЕТИЧНА ПІДСИСТЕМА	20
5.1. Види і джерела енергії	20
5.2. Енергетичний та ексергетичний баланси.....	22
6. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	24
6.1. Раціональне та комплексне використання сировини.....	24
6.2. Раціональне використання води.....	25
6.3. Раціональне використання енергії.....	26
7. ПІДСИСТЕМА ОЧИЩЕННЯ ВИКИДІВ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ....	29
7.1. Очищення стічних вод.....	29
7.2. Очищення газів, що відходять.....	30
7.3. Переробка твердих відходів.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34

1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ

Походження слова «технологія» (від грецьких «technos» – мистецтво, ремесло й «logos» – навчання, наука) відповідає його змісту: вчення про вміння, мистецтво переробляти вихідні речовини в корисні продукти. Отже **технологія** – це об'єм знань (наука), які використовують для виробництва з економічних ресурсів послуг, продуктів споживання або засобів виробництва.

Технологічний процес (ТП) – цілеспрямована послідовність дій та процесів, які проводяться для створення предметів споживання або засобів виробництва.

Технологічна система (ТС) – упорядкована система елементів, що реалізують технологічний процес.

Кожний етап розвитку цивілізації характеризується **системою технологій** і відповідною **системою виробництв**, які лежать в основі всіх видів людської діяльності і забезпечують матеріальне й духовне існування людства. У всій системі технологій важливе місце займають технології матеріального виробництва. В технологіях матеріального виробництва можна виділити два типи технологій: механічні і хімічні.

До механічних технологій матеріального виробництва відносяться економічно обґрунтовані методи і процеси переробки сировини у продукти споживання та засоби виробництва при збереженні хімічного складу сировини і продукту.

До хімічних технологій матеріального виробництва відносяться економічно обґрунтовані методи і процеси великомасштабної переробки сировини у продукти споживання та засоби виробництва за допомогою хімічних та фізико-хімічних перетворень.

Хіміко-технологічний процес (ХТП) – упорядкована сукупність хімічних і фізико-хімічних процесів, за допомогою яких здійснюється великомасштабна економічно обґрунтована переробка сировини в продукти споживання та засоби виробництва.

Хіміко-технологічна система (ХТС) – упорядкована система апаратів, пов'язаних матеріальними, енергетичними та інформаційними потоками, яка реалізує ХТП.

Загальна хімічна технологія – це наука про загальні принципи створення хіміко-технологічних процесів і хіміко-технологічних систем, для великомасштабної економічно обґрунтованої переробки сировини в продукти споживання та засоби виробництва.

Сировина - матеріал, який переробляється в будь-якому технологічному процесі.

Цільовий продукт – це речовина або виріб, який має певні споживчі властивості, і його одержання є головною метою конкретного виробництва.

2. СКЛАД ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

Сучасне хімічне виробництво зорієнтовано на випуск широкої гами продукції. Тому воно складається із десятків та сотень різноманітних апаратів і пристроїв, пов'язаних між собою матеріальними (сировина, цільовий продукт тощо) та енергетичними (наприклад, тепловими) потоками. Отже, сучасне виробництво є складною структурою, яку визначають як хіміко-технологічну систему.

В ХТС виділяють підсистеми ХТС за функціональною ознакою. Функціональні підсистеми забезпечують виконання функцій виробництва і його роботи в цілому. Вони поділяються на наступні: сировинна, технологічні та енергетичні підсистеми, підсистема водопідготовки і водоочищення, підсистема очищення викидів та утилізації відходів, підсистема управління.

Сировинна підсистема призначена для забезпечення підприємства різноманітною, дешевою і доступною сировиною, оскільки сировина є одним з основних елементів, який в значній мірі визначає технологію того або іншого продукту, його собівартість і якість.

Технологічна підсистема – частина виробництва, де здійснюється власне переробка сировини в продукти, хіміко-технологічний процес.

Енергетична підсистема – частина виробництва, яка служить для забезпечення енергією хіміко-технологічного процесу. Залежно від виду енергії: тепла, електрична та ін. – може бути представлена відповідна підсистема.

Підсистема водопідготовки і водоочищення призначена для очищення вод, які надходять із природних водоймів, від різних домішок в залежності від того, в якому конкретному технологічному процесі вони використовуються, а також кондиціонування води, якщо вона використовується у замкненому технологічному циклі.

Підсистема очищення викидів та утилізації відходів є обов'язковою у структурі сучасного виробництва. Дуже часто вона виглядає як окреме виробництво, де із відходів або під час очищення викидів одержують додатковий продукт.

Підсистема управління - частина виробництва для отримання інформації про його функціонування і для управління ним. Зазвичай, це автоматизована система управління технологічним процесом.

3. СИРОВИННА ПІДСИСТЕМА

3.1. Класифікація сировини

Промислову сировину класифікують за різними ознаками: походженням (рис. 3.1.), запасами, хімічним складом та агрегатним станом.

За походженням сировину поділяють на *мінеральну, рослинну і тваринну*.

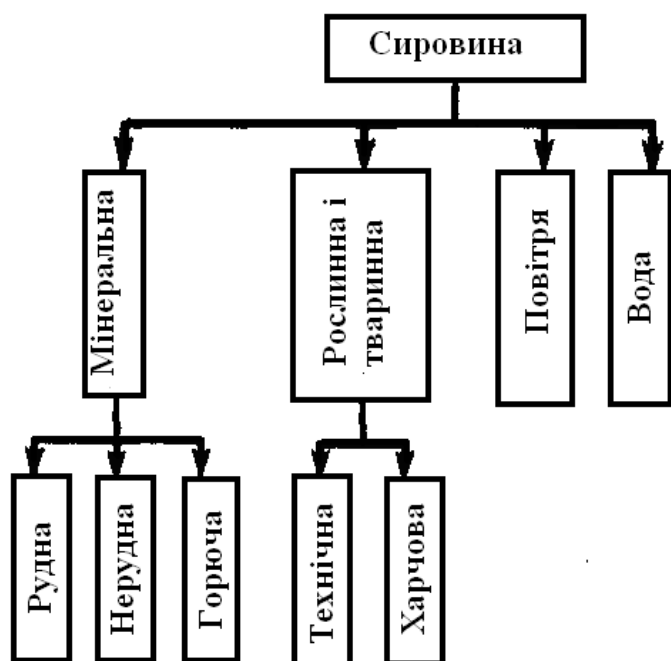


Рис. 3.1. Види сировини за походженням

Мінеральна сировина – це корисні копалини добуті із земних надр. У свою чергу мінеральна сировина поділяється на *рудну, нерудну та горючу*.

Рудна мінеральна сировина – це гірські породи і мінерали, які містять метали у чистому вигляді або у вигляді їхніх сполук (переважно це оксиди та сульфід металів (Me_nO_m , Me_nS_m), наприклад, Fe_2O_3 , CuS). Руди, до складу яких входять декілька металів, називають поліметалічними (наприклад, $CuS-NiS-FeS$). *Нерудна або неметалічна мінеральна сировина* – різні гірські породи або мінерали, які є сировиною того чи іншого

виробництва, але не можуть бути джерелом для добування металів. Нерудна мінеральна сировина є дуже різноманітною за хімічним складом і може застосовуватись у первісному вигляді – пісок, глина та ін., або поступати на хімічну переробку.

Нерудні копалини умовно поділяються на такі групи:

1) будівельні матеріали – це мінеральна сировина, вживана в будівництві або безпосередньо, або після механічної і фізико-хімічної її переробки (гравій, пісок і ін.);

2) індустриальна сировина – копалини, використовувані без хімічної переробки в різних галузях промисловості (графіт, азбест і ін.);

3) хімічна мінеральна сировина – копалини, які піддають хімічній переробці або застосовують безпосередньо в якості добрива або для побутових цілей (сірка, селітра та ін.);

4) дорогоцінна, напівдорогоцінна і саморобна сировина – нерудні копалини, які служать у природному вигляді після механічної обробки для саморобних робіт, прикрас та ін.

Горюча мінеральна сировина містить у своєму складі вуглець, тому її також називають вуглецевмісною. До цього виду сировини відносять вугілля, нафту, торф та інші копалини органогенного походження. Вони здатні згорати в кисневмісному середовищі і тому служать джерелом теплової енергії. Через це їх також називають паливною сировиною.

Економічний потенціал будь-якої країни в сучасних умовах великою мірою визначається природними ресурсами корисних копалин, масштабами і якісною

характеристикою їх родовищ, а також рівнем розвитку сировинних галузей промисловості.

За рівнем економічної ефективності використання запаси мінеральної сировини діляться на дві групи – балансові і позабалансові. До балансових відносяться запаси корисних копалин, які по своїй якості відповідають вимогам промисловості та за умовами залягання можуть бути здобуті та перероблені в даний час економічно ефективними способами. Запаси сировини, які характеризуються низьким вмістом корисної речовини, присутністю несприятливих супутніх компонентів і складними умовами залягання, внаслідок чого вони при сучасному стані техніки і економіки не можуть ефективно експлуатуватися, відносяться до позабалансових. Позабалансові запаси підлягають окремому обліку і становлять інтерес як об'єкт перспективного промислового освоєння.

Рослинна і тваринна сировина має походження, відповідне назві. Рослинна і тваринна сировина поділяється на харчову і технічну. До харчової належать продукти сільського, лісного або рибного господарства, які використовуються для харчових цілей (наприклад, картопля, цукровий буряк, жири тощо). Хімічна та інші галузі промисловості споживають технічну рослинну і тваринну сировину, непридатну для харчових цілей, яка, однак, може бути перероблена в продукти або матеріали побутового і промислового споживання. До цього виду сировини відносяться бавовна, солома, кістки тварин та ін. Найменування "харчова" і "технічна" не означає, що перший вид цієї сировини йде тільки для харчових цілей, а з другого виготовляються продукти тільки побутового і промислового споживання. Харчова сировина нерідко переробляється на технічні продукти, і, навпаки, з деяких видів технічної сировини отримують харчові продукти. Наприклад, деякі харчові жири і рослинні масла переробляють на мило, оліфу й косметичні засоби; картопля та інші харчові продукти - на етиловий спирт та ін.

У хімічній промисловості широко застосовують і такі доступні і дешеві види сировини, як *вода і повітря*. Повітря - це практично невичерпне джерело дешевих азоту і кисню. Вода не тільки служить джерелом безпосереднього отримання з неї водню і кисню, але і бере участь у різноманітних хімічних процесах, а також застосовується для розчинення твердих, рідких і газоподібних речовин.

За запасами сировину поділяють на *невідтворювану та відтворювану*.

Невідтворювана сировина не відновлюється зовсім або відновлюється значно повільніше, ніж використовується людиною в осяжному періоді часу. До неї належать корисні копалини. Використання цієї сировини неминуче призводить до її вичерпання.

Відтворювана сировина – це рослинна і тваринна, деяка мінеральна (наприклад, солі, які осаджуються в озерах і морських лагунах). Відновлення відтворюваної сировини йде з різною швидкістю. Темпи витрат відтворюваної сировини повинні відповідати темпам її споживання. Інакше вона стане невідтворюваною.

За хімічним складом сировину класифікують як *неорганічну* (руди, мінерали, повітря, вода) та *органічну* (нафта, вугілля).

За агрегатним станом сировину поділяють на *тверду* (руди, мінерали), *рідку* (вода, нафта) і *газоподібну* (повітря).

Крім того, сировину можна розділити на ***первинну і вторинну***, а також ***природну і штучну***.

Первинна (природна) – утворюється унаслідок природних процесів, у тому числі біохімічних (мінеральна, рослинна та тваринна, горючі копалини, вода, повітря).

Штучну – одержують обробленням первинної (природної) сировини (наприклад, кокс, хімічні волокна, синтетичні волокна тощо).

Вторинна сировина – використовувані у виробництві речовини і матеріали, які є незатребуваними в інших виробництвах. Джерелами їх є *відходи виробництва, відходи споживання і побічні продукти*.

Відходи виробництва – залишки сировини та допоміжних матеріалів, які втратили свої первісні якості, а також продукти, які не є метою виробничого процесу (додаткові продукти).

Відходи споживання – речовини і вироби, що були у вживанні, відновлення яких економічно недоцільне.

Побічні продукти – утворюються в процесі переробки сировини поряд з основними продуктами виробництва, але не є метою виробничого процесу. Однак побічні продукти, як правило, можуть бути використані в якості готової продукції.

Вторинна сировина частково або навіть повністю замінює первинну у будь-якому виробництві. Очевидно, що вторинна сировина зберігає природні ресурси.

3.2. Збагачення та розділення сировини

Збагачення сировини – це сукупність фізичних, фізико-хімічних, хімічних і біохімічних методів оброблення сировини з метою вилучення порожньої породи або домішок і одержання її концентрату з якомога вищим вмістом основного компонента.

Сировина, яка добувається з надр Землі, крім цільових компонентів містить невикористовуванні (порожня порода) і шкідливі домішки. Чим вищий вміст додаткових компонентів і домішок, а отже, менша концентрація корисного компонента у сировині, тим більші транспортні витрати (бо разом з основним компонентом від місця видобування до переробного підприємства перевозиться пуста порода), зростають також витрати енергії на переміщення сировини за технологічною схемою, її нагрівання, перемішування. Низька концентрація корисного компонента в сировині призводить до зменшення швидкості хіміко-технологічних процесів, ступеня вилучення чи перетворення основного компонента, зумовлює перевитрати реагентів і матеріалів, потребує використання

основного (реактори) й допоміжного (транспортери, ємності з мішалками, насоси) обладнання із значно більшими робочими об'ємами та потужностями.

Досить часто сировина містить декілька корисних компонентів. У цьому випадку її розділяють на компоненти не тільки з метою вилучення домішок, але й для розділення цінних компонентів, які знаходяться разом у багатокомпонентній сировині.

Методи збагачення та розділення сировини залежать від її фазового стану. Основні методи збагачення і підготовки сировини приведено нижче.

3.2.1. Методи збагачення та розділення твердофазової сировини

Методи збагачення та розділення твердих матеріалів досить різноманітні, вони засновані на різниці фізичних і хімічних властивостей речовин, які входять до складу сировини, наприклад, міцності, щільності, твердості, розчинності, температур плавлення і сублімації, магнітної проникності та ін.

Розсіювання (просівання) засноване на тому, що мінерали, які входять до складу сировини, мають різну міцність, тому при подрібненні менш міцні (крихкі) мінерали дробляться на більш дрібні зерна, ніж міцні (в'язкі) матеріали. Якщо після подрібнення таку сировину просіяти через сита з отворами різного розміру, то можна отримати фракції, збагачені тим або іншим мінералом.

Гравітаційний поділ заснований на різниці швидкостей осадження (падіння) частинок у рідині або газі залежно від щільності або розміру цих частинок. Якщо осадження проводять у рідині (найчастіше у воді), його називають *мокрим гравітаційним збагаченням*; якщо осадження ведуть в газі (найчастіше в повітрі), то його називають *сухим гравітаційним збагаченням*. Найчастіше проводять мокре збагачення.

Мокре гравітаційне збагачення здійснюється в апаратах, які називаються класифікаторами. Схема одного з таких класифікаторів показана на рис. 3.2.

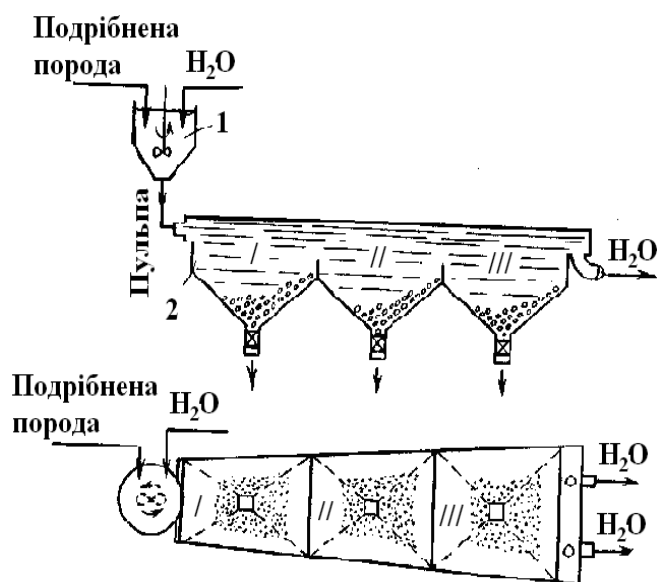


Рис. 3.2. Принципова схема мокрого гравітаційного збагачення:

- 1 – бак з мішалкою;
- 2 – осаджувальні камери (/–///)

сировину, апарати-класифікатори складаються з однієї, двох і більше камер.

При сухому гравітаційному збагаченні застосовують повітряні сепаратори різної будови. Наприклад, у відцентрових сепараторах частинки сировини потрапляють на диск, який обертається в горизонтальній площині з великою швидкістю. Великі і важкі частинки під дією відцентрової сили відкидаються на більш далеку відстань, ніж легкі і дрібні частинки.

Електромагнітне та електростатичне збагачення засноване на різниці магнітної проникності або електричної провідності компонентів сировини. Проходячи на транспортері магнітне або електричне поле, фракції розділяються.

Флотаційний метод збагачення заснований на різній змочуваності водою зерен окремих мінералів. Мінерал, який не змочується, знімають з поверхні рідини, відокремлюючи від руди.

Флотацію проводять у флотаційних машинах різного типу, схема однієї з них наведена на рис. 3.3.

Подрібнену сировину змішують з водою в баку з мішалкою 1, отриману пульпу (суспензія твердого матеріалу в рідині) подають у осаджувальні камери 2 (корита – /–///) з конусоподібними днищами (бункерами). Оскільки ширина камер збільшується від входу до виходу, то швидкість руху пульпи через камери поступово зменшується, що полегшує осадження твердих частинок. В камері / з води випадає найбільш важка (грубозерниста) фракція, в камері // – середня, в камері /// – найбільш легка (дрібнозерниста) фракція. Залежно від того, на скільки фракцій потрібно розділити

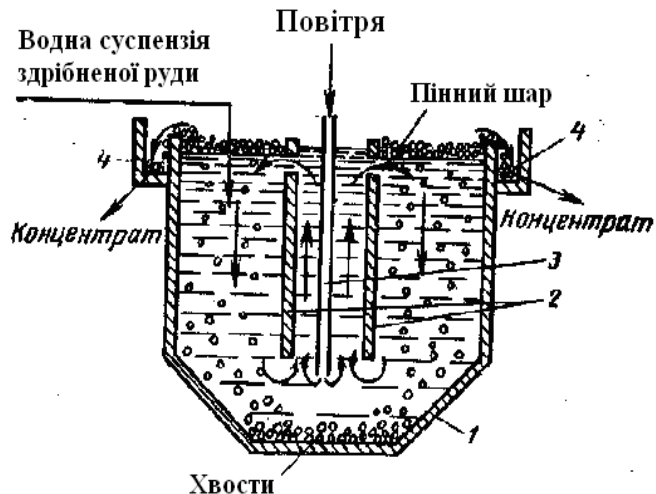


Рис. 3.3. Флотаційна машина з повітряним перемішуванням:

- 1 – резервуар; 2 – перегородки;
- 3 – повітряна трубка;
- 4 – жолоб для прийому концентрату

деревинний дьоготь та ін.). Піна разом із частинками гідрофобного мінералу зливається з поверхні рідини через борт камери в жолоб 4, звідки вона далі надходить на згущення (руйнування піни) і фільтрування. Окремі тверді частинки мінералу сушаться і у вигляді концентрату надходять на подальшу переробку. Частинки, які осіли на дно камери, виводяться у вигляді флотаційних хвостів.

В більшості випадків природні мінерали добре змочуються водою, тому для їхнього поділу флотацією в суспензію вводяться спеціальні реагенти – збирачі, які знижують змочуваність окремих природних мінералів. До таких реагентів відносяться олеїнова кислота, нафтеніві кислоти та ін. Збирачі покривають поверхню частинок гідрофільних мінералів гідрофобною плівкою, частинки спливають і виводяться з камери. В тих випадках, коли необхідно, навпаки, утруднити спливання частинок окремих мінералів, у суспензію вводять подавлювачі (луги, солі лужних металів та ін.). Ці речовини збільшують гідрофільність частинок мінералів, що ускладнює їх спливання і сприяє осадженню частинок на дно.

Флотаційний метод збагачення отримав широке промислове застосування завдяки тому, що використання різних флотореагентів дозволило збагачувати і ділити на фракції найрізноманітнішу сировину.

Термічне збагачення твердої сировини засноване на різній здатності до плавлення компонентів сировини. Наприклад, при нагріванні сірковмісної руди легкоплавка сірка раніше інших компонентів руди переходить у рідкий стан і відділяється.

Хімічне збагачення засновано на різниці у взаємодії компонентів сировини з хімічними реагентами з подальшим виділенням одержаної сполуки осадженням, випаровуванням, плавленням і т.д.

3.2.2. Методи збагачення та розділення рідкофазової сировини

Рідкі суміші розділяють, використовуючи різницю температур кипіння, різницю розчинності, сорбційних, хімічних і інших властивостей компонентів суміші.

Термічні методи базуються на різниці температур кипіння інгредієнтів рідкофазової суміші. До цієї групи методів належить *випаровування, дистиляція, ректифікація*. Розділення рідин зазначеними методами супроводжується зміною агрегатного стану хоча б однієї речовини. Якщо концентрують розчин нелетких або малолетких речовин видаленням леткого компонента під час його кипіння, то процес називають *випаровуванням*. Якщо випаровують леткіший компонент з подальшою його конденсацією, то процес називається *дистиляцією або простою перегонкою*. Оскільки випаровування здійснюється лише один раз, то у більшості випадків повного розділення суміші досягти майже не вдається. Тому його зазвичай застосовують для попереднього (грубого) розділення сумішей.

Ректифікацією називають процес розділення гомогенних рідких сумішей із виділенням компонентів суміші у чистому вигляді шляхом багаторазового почергового випаровування рідини й конденсації її пари, під час яких відбувається взаємний обмін компонентів між рідкою та паровою фазами, що зазвичай рухаються протитоком.

Просту перегонку й, особливо, ректифікацію дуже широко застосовують для перероблення нафти, в органічному синтезі тощо.

Кріогенний метод (виморожування) ґрунтується на виморожуванні частини води з розчинів солей. Він полягає у тому, що за температури, нижчої від температури замерзання, вода утворює кристалики льоду, а розчин солі при цьому концентрується.

Адсорбційний метод (фізична сорбція) ґрунтується на селективному поглинанні компонентів рідини високопоруватими твердими речовинами – сорбентами. Методом адсорбції, наприклад, очищують розчини неорганічних речовин від органічних сполук.

Метод мембранного розділення базується на різній проникності компонентів рідкофазової суміші через напівпроникні перегородки – мембрани. Найчастіше цей метод застосовують для концентрування розчинів солей фруктових соків, знесолення води.

Хімічні методи базуються на застосуванні реагентів. Основна вимога, яка висувається до реагентів, це утворення у разі взаємодії з небажаним компонентом сировини газо- або твердофазового продукту, який належить до гетерофази. Хімічні методи застосовуються як для розділення сумішей солей, так і для очищення рідин від шкідливих домішок.

Екстракція – полягає у вибіркового вилученні одного або декількох компонентів з водної фази органічною фазою і ґрунтується на рівноважному розподілі цих компонентів між рідкими фазами, які обмежено розчиняються одна в одній. Принцип методу полягає у тому, що під час змішування двох рідин –

водного розчину солі та органічної фази (екстрагенту), цінний компонент – метал у вигляді недисоційованої солі або іона – внаслідок перебігу гетерогенного хімічного процесу переходить із водної фази в органічну.

Екстракцію застосовують для вилучення металу з бідних розчинів з відділенням його від супутніх елементів і отриманням концентрованого розчину; глибокого очищення сполук; розділення близьких за властивостями елементів. Екстракцію широко застосовують для вилучення і очищення урану, індію, талію, германію, телуру, металів платинової групи, вилучення міді і вольфраму, розділення кобальту і нікелю, вилучення і розділення танталу і ніобію, цирконію і гафнію та у багатьох інших гідрометалургійних процесах.

3.2.3. Методи збагачення та розділення газофазової сировини

Збагачення та розділення газових сумішей, як правило, проводиться абсорбційним, адсорбційним, кріогенним, компресійним, кріогенно-компресійним, ректифікаційним та хімічним методами.

Абсорбційні методи ґрунтуються на різній розчинності компонентів газової суміші у певній рідині. Внаслідок цього відбувається вибіркове поглинання одного або декількох компонентів суміші без хімічної взаємодії між ними і рідиною. Вибір рідини-поглинача здійснюється на підставі аналізу властивостей кожного із компонентів суміші: абсорбент повинен бути спорідненим абсорбату – речовині, яка поглинається. Так, для поглинання полярних речовин підбирають рідину з високим дипольним моментом: наприклад, аміак добре фізично розчиняється у воді. Неполарні гази поглинаються схожими за властивостями рідинами, наприклад, газоподібні вуглеводні абсорбуються рідкими.

Адсорбційні методи базуються на вибірквому поглинанні одного чи декількох газофазових компонентів твердим сорбентом.

Кріогенні методи базуються на різній температурі фазових перетворень (кипіння) компонентів газової суміші. За поступового зменшення температури спочатку скраплюється той компонент, який характеризується вищою температурою фазового перетворення (має вище значення критичної точки). Після сепарування конденсату подальшим зниженням температури ступенево розділяють інші складові суміші.

Компресійні методи ґрунтуються на різниці значень так званого критичного тиску компонентів газоподібної суміші, тобто значень тиску, за якого певна речовина скраплюється. Наприклад, критичні тиски для інертних газів дорівнюють (МПа): аргон – 4,81; гелій – 0,22; криптон – 5,43; неон – 2,72; ксенон – 5,76.

Обидва зазначені вище методи: кріогенний та компресійний, характеризуються значними енерговитратами. Зменшити їх можна, застосовуючи комбінований **кріогенно-компресійний метод**, який здійснюють за одночасного зменшення температури і підвищення тиску.

Кріогенний, компресійний та кріогенно-компресійний методи, в яких відбувається почергове скраплення компонентів суміші, мають схожий недолік, а саме: внаслідок певної взаємної розчинності інгредієнтів, скраплений газ здатний поглинати певну кількість іншого, що знаходиться у газовій фазі. Через це досягнути глибокого розділення сумішей цими методами неможливо.

Практично повного розділення досягають **методом ректифікації**. Цей метод також базується на різних значеннях температур фазових перетворень – кипіння (інколи й критичних тисків) компонентів суміші. Але в цьому випадку вся газова суміш спочатку скраплюється, а утворену рідкофазову суміш ректифікують за поступового підвищення температури. Ректифікацією, наприклад, розділюють повітря на компоненти.

Хімічні методи ґрунтуються на різній хімічній активності компонентів газової суміші щодо додатково введеного у систему реагенту. Один або декілька компонентів газової суміші, реагуючи із введеною речовиною, перетворюються у конденсовані продукти або хімічно зв'язуються в об'ємах інших фаз - рідкої або твердої. Унаслідок виведення із суміші певних компонентів відбувається концентрування іншого газу або очищення його від шкідливих домішок.

4. ПІДСИСТЕМА ВОДОПІДГОТОВКИ І ВОДООЧИЩЕННЯ

4.1. Види і якість споживаної води

Вода широко використовується в хімічній промисловості, рідкісним винятком є процеси, в яких вода не бере участь. В одних випадках вода слугує сировиною і реагентом, які безпосередньо беруть участь в основних хімічних реакціях, а в інших – вода вживається як розчинник, теплоносій або охолоджувач, а також для інших різноманітних фізичних операцій.

Розвиток хімічної промисловості викликає величезне зростання потреби у воді (сучасні хімічні підприємства витрачають велику кількість води, яка вимірюється мільйонами кубічних метрів на добу). Очевидно, що використання у виробництві лише свіжої води є економічно не вигідним. Крім того, скидання таких значних обсягів використаної води у природні водойми потребувало б величезних очисних споруд, а скидання неочищених стоків призводило б до різкого погіршення якості природних вод. Тому з метою економії витрат води часто застосовують так звану *оборотну воду*, тобто використану і повернуту у виробничий цикл. Однак повністю залишити потоки води у виробництві неможливо, бо існують технологічні втрати внаслідок випаровування води, із вологими шламами тощо. Джерелом промислового водопостачання є *природні води*.

Залежно від походження і складу природні води можна поділити на три групи: **атмосферні, поверхневі і підземні або ґрунтові**.

Серед усіх видів природних вод найбільше значення для промисловості, зокрема, нашої країни, мають поверхневі та підземні води.

Атмосферні води (вода з дощу і снігу) характеризуються найменшим вмістом домішок (солей і газів).

Поверхневі води – це води річок, озер, морів і океанів. Склад води річок і озер значною мірою залежить від кліматичних умов, поверхні ґрунту, забруднення стічними водами. Води річок і озер порівняно з ґрунтовими містять набагато менше розчинених солей і газів, однак у них більше змулених частинок, органічних речовин і різних мікроорганізмів. Дуже важливим є те, що води річок і озер мають здатність самоочищатись: під впливом сонячної енергії і дії корисних мікроорганізмів шкідливі мікроорганізми в воді гинуть. В морській воді є майже всі елементи періодичної системи, включаючи дорогоцінні і радіоактивні метали.

Ґрунтові води відзначаються великим вмістом мінеральних речовин, а часто і газів. Як правило, ці води прозорі і позбавлені мікроорганізмів та змулених частинок. Води з рудників та шахт часто бувають забарвлені і містять солі кольорових і рідкісних металів, I_2 , Br_2 , H_2S тощо. В ґрунтових водах містяться майже всі ті солі, що і в морській воді, проте в значно менших кількостях.

Залежно від призначення споживана вода умовно поділяється на **промислову і питну**.

Відповідно, до якості води ставлять суворі вимоги, допустимі домішки регламентуються ГОСТами. Якість води визначається її фізичними, хімічними та бактеріологічними показниками, зокрема, такими найважливішими, як *вміст завислих частинок, загальний вміст солей, твердість (або жорсткість), прозорість, окиснюваність, кислотність або лужність води, колір, запах, смак, вміст розчинених газів, зміни при зберіганні, а також бактеріальна забрудненість*.

Вміст завислих частинок характеризує забрудненість води твердими нерозчинними домішками у вигляді суспензій піску, глини, частинок ґрунту. Кількість їх зазвичай виражається в міліграмах на літр.

Загальний вміст солей (або мінералізація води), визначається *сухим залишком*, який утворюється при випарюванні 1 л води і висушуванні його при 105–110°C. Вода, яка містить менш як 1 г солей на 1 кг води, називається прісною, 1–10 г/кг – солонуватою, більш як 1 г – солоною. Вміст органічних домішок визначають за різницею мас між сухим і прожареним до червоного жару залишком.

Для хімічних виробництв основним показником якості води служить її *твердість*, зумовлена наявністю солей Ca і Mg. Твердість води визначають у міліграм-еквівалентах Ca^{2+} - або Mg^{2+} -іонів, які містяться у вигляді солей в 1 л води.

За твердістю технічну воду класифікують так: дуже м'яка вода містить 0–1,5 мг-екв/л Ca^{2+} - або Mg^{2+} -іонів; м'яка – 1,5–3,0; середньої твердості – 3,0–6,0; тверда – 6,0–10,0; дуже тверда – більш як 10.

Розрізняють три види твердості води: *тимчасову, постійну і загальну*.

Тимчасова (карбонатна або усувна) твердість зумовлена наявністю у воді $Ca(HCO_3)_2$ і $Mg(HCO_3)_2$. Ці солі порівняно легко видаляються з води при

кип'ятінні, оскільки при цьому вони перетворюються в нерозчинні CaCO_3 або $\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ і випадають в осад, який на посудині утворює накип:



Постійна твердість зумовлена наявністю у воді всіх інших (в основному хлоридів і сульфатів) солей кальцію і магнію. Тимчасова і постійна твердість разом утворюють *загальну твердість*.

Прозорість води визначається товщиною шару води в циліндрі, через який ще видно зображення позначки на дні циліндра. Прозорість води визначається візуально або за допомогою фотоелемента.

Окиснюваність води – маса кисню (в мг/л), необхідна для окиснення речовин зумовлюється, в основному, наявністю у воді органічних речовин і лише незначною мірою – сполук феруму, сірководню, нітритів. Її величина використовується для непрямої кількісної характеристики концентрації органічних забруднень і визначається кількістю міліграмів KMnO_4 , який витрачається на окиснення речовин в 1 літрі води при кип'ятінні протягом 10 хв.

Реакція води, тобто ступінь її кислотності або лужності характеризується концентрацією водневих іонів або рН. Вода вважається нейтральною, коли $\text{pH} = 6,5\text{--}7,5$; кислою, коли $\text{pH} < 6,5$ і лужною, коли $\text{pH} > 7,5$.

Колір води визначається присутніми у воді розчиненими органічними та мінеральними речовинами, які істотно погіршують якість води як реагенту чи розчинника і можуть негативно вплинути на якість отриманого продукту.

Запах води може зумовлюватись органічними домішками антропогенного походження, а також виникати внаслідок природних біохімічних процесів (наприклад, гниття). Відчутний запах свідчить про наявність у воді доволі значних кількостей органічних та біологічно активних сполук, бактерій.

Розчинені гази, зокрема, кисень і вуглекислий газ, незважаючи на їх порівняно невисокі концентрації у воді, можуть призводити до інтенсивної корозії сталевих та бетонних конструкцій, особливо за підвищених температур.

До бактеріологічних показників належить колі-індекс (colі-index), який характеризує ступінь бактеріального забруднення води. За цим показником води поділяють на добрі (до 3), задовільні (3–10), слабкозабруднені (100–1000), забруднені (1000–10000), сильнозабруднені (понад 10000).

4.2. Основні методи очищення використовуваної води

У воді, яка надходить на виробництво, містяться найрізноманітніші домішки, грубодисперсні і колоїдні частинки – різні силікати, гідратована кремнієва кислота, в ній також розчинені гази і солі: бікарбонати, сульфати, хлориди, нітрати кальцію, магнію, калію, натрію та ін.

Промислова водопідготовка являє собою комплекс операцій і методів, які забезпечують очистку води, тобто видалення з неї шкідливих домішок, які

перебувають у розчиненому, колоїдному і завислому стані у воді. На рис. 4.1. представлені основні методи водопідготовки. Методи очистки води вибирають залежно від кількості і складу домішок у воді, а також від вимог, які ставляться до неї виробництвом. Здебільшого на водоочисних станціях запроваджують комбіновані методи очистки.



Рис. 4.1. Класифікація методів очищення води

Освітлення води полягає у вилученні дисперсних завислих і колоїдних частинок. Освітлення води здійснюється в основному методами осадження домішок, які виділяються з води у вигляді осаду. До процесів осадження, застосовуваних для освітлення води, відноситься *відстоювання, коагуляція, флокуляція.*

Відстоювання полягає в осадженні частинок під дією сил гравітації; зазвичай цим методом вилучають грубодисперсні зависі, тобто забезпечується лише грубе, попереднє освітлення води. Його здійснюють у відстійниках різної конструкції.

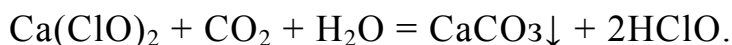
Під *коагуляцією* розуміють фізико-хімічний процес злипання колоїдних частинок і утворення мікродисперсної фази з подальшим її осадженням. Суть коагуляції зводиться до введення в оброблювану воду коагулянтів, зазвичай $Al_2(SO_4)_3$ і $FeSO_4$. Іон коагулянт, який має заряд, протилежний заряду колоїдної частинки, адсорбується на поверхні. При цьому компенсується заряд частинки і стискаються сольватні (гідратні) оболонки довкола колоїдних частинок, унаслідок чого останні агрегуються і можуть осідати (седиментувати). Одночасно з коагуляцією відбувається процес адсорбції на поверхні осаду органічних забарвлених речовин, внаслідок чого вода *знебарвлюється.*

Часто, особливо коли у воді знаходяться не колоїдно-дисперсні речовини, а тонкодисперсні завислі частинки (тобто більш грубі за розмірами частинки), які

зазвичай мають дуже слабкі заряди, для водопідготовки використовують процес *флокуляції*. Речовини, які викликають флокуляцію, називають флокулянтами. Флокулянти являють собою розчинні у воді високомолекулярні сполуки (карбоксиметилцелюлоза, поліакриламід та ін.). Вони утворюють мостикові з'єднання між окремими частинками дисперсної фази, після чого ці важкі агрегати седиментують.

Осад, який утворюється при коагуляції або флокуляції виділяють із води у відстійниках або спеціальних освітлювачах, напірних або відкритих фільтрах і контактних освітлювачах із завантаженням з зернистих матеріалів, а також у флотаторах, гідроциклонах, наливних фільтрах.

Знезараження води здійснюють для знешкодження мікроорганізмів та бактерій. Знезараження води досягається кип'ятінням, озонуванням, ультрафіолетовим опромінюванням, дією ультразвуку, додаванням слабких розчинів солей важких металів (срібла, міді та ін.). Проте найчастішим способом знезараження води є її хлорування: воно дуже економічне, надійне і просте. Для хлорування води використовують хлор, кальцій гіпохлорит та ін. При обробці води кальцій гіпохлоритом протікає реакція:



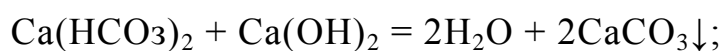
Гіпохлорити володіють сильними окиснювальними властивостями, тому вбивають мікроорганізми та окиснюють органічні домішки.

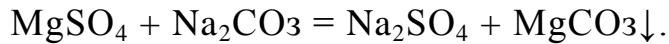
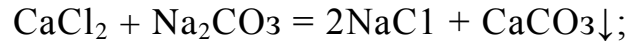
Зм'якшення води полягає у вилученні солей кальцію і магнію. В промисловості застосовують різні методи зм'якшення, суть яких полягає у зв'язуванні іонів кальцію і магнію в нерозчинні сполуки. Якщо з води видаляються також катіони і аніони, тобто видаляються всі солі, які в ній містяться, цей процес називають *знесоленням* води. Пом'якшення та знесолення води є основними процесами підготовки води. Для зменшення твердості промислових вод застосовують *фізичні, хімічні і фізико-хімічні методи*.

Фізичні методи передбачають термічну обробку води, тобто кип'ятіння, дистиляцію і виморожування.

Хімічні способи зм'якшення води полягають в обробці її розчинами хімічних сполук. За реагентами, які застосовуються для зм'якшення води хімічним методом, відрізняють *вапняний (гашене вапно), содовий (кальцинована сода), вапняно-содовий, натронний (натрій гідроксид) і фосфатний (натрій ортофосфат)* методи. Найбільш економічні комбіновані методи зм'якшення води, які забезпечують одночасне видалення тимчасової і постійної твердості, зв'язування вуглекислоти, видалення іонів феруму, коагулювання органічних та інших домішок. Таким методом є вапняно-содовий з додаванням ортофосфатів для більш повного зм'якшення.

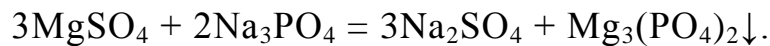
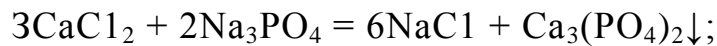
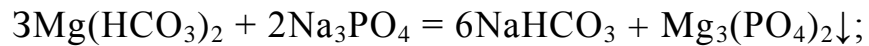
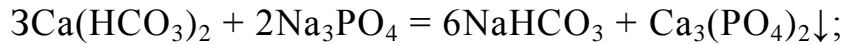
Вапняно-содовий спосіб полягає в обробці води спочатку вапняним молоком, а потім содою, при цьому кальцієві солі перетворюються в нерозчинний кальцій карбонат, магнієві солі – в магній гідроксид і магній карбонат:





Вапняно-содовий спосіб є найбільш поширеним і дешевим, але при цьому досягається лише порівняно грубе пом'якшення води.

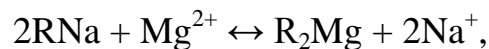
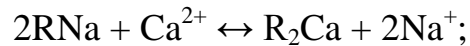
Фосфатний спосіб полягає в обробці води натрій ортофосфатом:



Розчинність $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ і $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ у воді мізерно мала, це визначає високу ефективність фосфатного способу.

Фосфатний спосіб – досить дорогий спосіб зм'якшення, тому застосовується головним чином в комбінованих схемах, в яких основна маса солей видаляється з води вапняним молоком або содою, а подальше зм'якшення здійснюється за допомогою ортофосфатів.

Глибоке зм'якшення води забезпечується використанням *методу іонного обміну*, суть якого полягає у видаленні з води іонів кальцію і магнію за допомогою іонітів – речовин, здатних обмінювати іони, які входять до їх складу, на іони солей, які є у воді. Видалення Ca^{2+} - та Mg^{2+} -іонів відбувається за наступними реакціями:



де R – нерозчинна у воді частина іоніту.

Видалення із води аніонів відбувається за реакціями:



За типом іонів, які беруть участь у обмінній реакції, іоніти прийнято називати катіонітами та аніонітами.

Нейтралізацію води здійснюють у тих випадках, коли значення рН виходить за межі допустимих значень, вказаних у стандартах для певного виробництва.

Природні поверхневі води переважно є слабколужними внаслідок перебігу фотосинтезу за участю мікрофлори та водоростей водоймів. Нейтралізація таких вод частково відбувається одночасно із хлоруванням води, коли внаслідок насичення води хлором утворюється хлоридна кислота. Повну нейтралізацію здійснюють слабкими розчинами хлоридної кислоти.

Кислий характер зазвичай мають промислові оборотні, а також забруднені природні води, які нейтралізують вапняним молоком $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Важлива частина комплексного технологічного процесу водопідготовки – видалення з води розчинених газів. Наявність газів у воді пояснюється як їх сорбцією і перебігом хімічних реакцій в процесі утворення домішок у природній воді, так і появою їх у процесі різних стадій очищення. Процес вилучення із води розчинених газів називають **дегазацією**. Найчастіше з води усувають карбон(IV) оксид, кисень. В окремих випадках вилучають сірководень, метан та інші розчинені гази.

Суть методу дегазації полягає у зменшенні розчинності у воді газів або їх хімічному перетворенні в неагресивні чи нетоксичні сполуки. Дегазація проводиться *хімічним та фізичним способами*.

До *фізичних методів*, застосуванням яких досягається зменшення розчинності газу, належать *десорбція віддуванням, термічні, вакуумні та комбіновані методи*. У деяких випадках застосовується *десорбція витісненням*.

Десорбція віддуванням полягає в тому, що через воду барботують газ, який не містить тієї речовини, яку вилучають (наприклад, для десорбції сірководню застосовують повітря, а кисню – азот). Парціальний тиск газу, який вилучають, у газі, який барботує, дорівнює нулю. Внаслідок цього створюється різниця парціальних тисків – виникає рушійна сила десорбції, відтак розчинений у воді газ переходить у бульбашку газу, який барботує через воду і виводиться із її об'єму.

Термічна дегазація ґрунтується на зменшенні розчинності газів за підвищених температур. Цей метод дуже широко використовується у практиці, але якщо вода містить деякі агресивні гази, наприклад, кисень, сірководень тощо, то одночасно із десорбцією інтенсифікуватимуться корозійні процеси.

Вищим за інтенсивністю та ефективністю процесу, порівняно із термічним і особливо десорбцією віддуванням, є *вакуумний метод*. При зменшенні тиску над рідиною пропорційно зменшується парціальний тиск розчиненої речовини, що зумовлює виникнення різниці парціальних тисків, тобто збільшення рушійної сили процесу. Газова фаза, яка евакуюється з простору над рідиною, є концентрованою за десорбованою речовиною і містить незначну кількість водяної пари. Це зумовлює простоту подальшого технологічного перероблення виділеної сполуки.

Комбіновані методи передбачають здійснення дегазації за одночасного підвищення температури та зменшення тиску. У цьому випадку застосування вакууму сприяє зменшенню температури кипіння води, внаслідок чого зростає парціальний тиск її пари над рідиною. При цьому відбувається інтенсивніше й повніше вилучення розчинених газів й досягається глибока дегазація води.

Витіснявальна десорбція застосовується за необхідності вилучення із води розчинених газів без підвищення температури чи зменшення тиску, наприклад, під час здійснення технологічного процесу. Вона полягає в тому, що через воду

барботують такий газ, за присутності якого різко зменшуються розчинність інших газів. Наприклад, аргон витісняє розчинений у воді кисень.

Хімічні методи дегазації ґрунтуються на взаємодії розчинених газів із спеціально підібраними і введеними у воду реагентами, внаслідок чого утворюються нетоксичні, неагресивні конденсовані речовини. Наприклад, карбон(IV) оксид видаляють з води при пропусканні через фільтр, заповнений гашеним вапном, або додають до води вапняне молоко. В обох випадках утворюється CaCO_3 , який випадає в осад.

Для видалення кисню воду пропускають через фільтр, заповнений залізними тирсою або стружкою; кисень взаємодіє з залізом, утворюючи ферум оксид, який є нерозчинним у воді і випадає в осад.

5. ЕНЕРГЕТИЧНА ПІДСИСТЕМА

5.1. Види і джерела енергії

У хімічних виробництвах протікають різноманітні процеси, пов'язані або з виділенням енергії, або з її витратою, або зі взаємними перетвореннями і переходами. Енергія витрачається на підготовку сировини, здійснення хімічних перетворень, виділення продуктів, транспортування матеріалів, стиснення газу і т. д. Основні види енергії, які застосовуються в тих або інших хімічних виробництвах, залежать від характеру технологічного процесу.

Теплова енергія широко використовується для здійснення самих різноманітних процесів – нагріву, плавлення, сушіння, випарювання, дистиляції, теплової десорбції, ендотермічних перетворень. Джерелом теплової енергії зазвичай служить різноманітне паливо, при спалюванні якого утворюються топочні гази. Ці гази можуть бути безпосередньо використані в якості теплоносіїв або ж для отримання водяної пари, перегрітої води та інших енергоносіїв.

Електрична енергія застосовується для проведення електрохімічних (електроліз розчинів і розплавів), електротермічних (плавлення, опалення, синтез при високих температурах), електромагнітних процесів. У промисловості здійснюють процеси, пов'язані з використанням електростатичних явищ – осадження пилу і туманів, електрокрекінг вуглеводнів. Широко використовується в хімічній промисловості перетворення електричної енергії в механічну в електроприводах різних машин і механічних пристроїв (дробарки, подрібнювачі, змішувачі, центрифуги, вентилятори, насоси, компресори).

Електричну енергію виробляють гідроелектростанції, теплові та атомні електростанції.

Хімічна енергія виділяється зазвичай у вигляді тепла при проведенні різноманітних екзотермічних реакцій. Використання цієї енергії має велике практичне значення, особливо у виробництві великотоннажних хімічних продуктів. Тепло, яке виділяється при протіканні хімічного процесу, може бути використано для отримання водяної пари або перетворено в електроенергію.

Хімічна енергія перетворюється в електричну енергію також в гальванічних елементах і акумуляторах.

Атомна енергія застосовується для виробництва електричної енергії на атомних електростанціях та для здійснення різноманітних радіаційно-хімічних процесів (виробництва синтетичного каучуку, поліетилену тощо).

Світлова енергія – ультрафіолетове, інфрачервоне, лазерне випромінювання застосовується в промисловості для прискорення органічного синтезу – галогенування вуглеводнів, синтезу високомолекулярних сполук та ін. Фотоелектричні явища, в яких відбувається перетворення світлової енергії в електричну, застосовують для автоматичного контролю і управління технологічними процесами.

Джерела енергії умовно діляться на *первинні та вторинні*.

Первинні джерела енергії – джерела, енергетичний потенціал яких є наслідком природних процесів і не залежить від діяльності людини. До них відносяться: горючі копалини і речовини, які розщеплюються, нагріті до високої температури води надр Землі (термальні води), Сонце, вітер, енергія вод річок, морів та океанів. Серед первинних джерел енергії в хімічній промисловості переважають газоподібне та рідке паливо, тобто тепло, отримане від теплових електроцентралей (ТЕЦ) і котельних установок самих підприємств.

Вторинні джерела енергії – речовини, які володіють певним енергетичним потенціалом і є побічними продуктами діяльності людини: горючі органічні речовини, що відходять, гарячі відпрацьовані теплоносії промислових виробництв (газ, вода, пар), гарячі вентиляційні викиди, гарячі технологічні потоки, які знаходяться під тиском та ін.

Первинні джерела енергії підрозділяються на *невідновлювальні та відновлювальні*. До *невідновлювальних* первинних джерел енергії відносять копалини, які містять горючі речовини (вугілля, нафта, природний газ, сланці); до *відновлювальних* – всі джерела енергії, які є продуктами діяльності Сонця і природних явищ і процесів на поверхні Землі: вітер, енергія води річок, морів і океанів, рослинні продукти біологічної діяльності (деревина та інші рослинні продукти), а також Сонце. В даний час в промисловості використовують головним чином невідновлювальні джерела енергії, переважно газове та рідке паливо.

Енергетична цінність джерел енергії визначається кількістю енергії (кВт*год.), яка може бути отримана при спалюванні 1 кг або 1 м³ палива. Енергетична цінність деяких видів палива наведена нижче (для природного газу – у кВт-год/м³, для інших – у кВт*год/кг):

Кам'яне вугілля	8,0	Коксовий газ	4,8
Кокс	7,2	Природний газ	10,8
Торф	4,0	Уран	22,5*10 ⁶

Доцільність застосування деяких джерел енергії визначається не тільки їх енергетичною цінністю, але і запасами їх в природі, географічним положенням, доступністю і деякими іншими факторами.

Цінність енергії визначається не лише її кількістю, але насамперед тим, наскільки вона в конкретних умовах може бути використана. Міра придатності будь-якого виду енергії для одержання максимальної корисної роботи в оборотному процесі взаємодії із довкіллям була названа *ексергією*.

Ексергія дорівнює величині найбільшої (максимально корисної) роботи, що її може виконати енергоносіє в оборотному процесі переходу з нерівноважного стану в стан рівноваги із довкіллям.

Оскільки ексергія характеризує роботоздатність енергоносія відносно довкілля, вона дає змогу оцінити якість енергії. Згідно з визначенням ексергії залежить не тільки від параметрів системи, але й (на протиположність енергії) від параметрів довкілля. Отже, можливий випадок, коли теплову енергію системи не можна використати корисно, якщо і довкілля має таку саму температуру. Аналогічна ситуація може бути і за однакового тиску у системі та довкіллі. В обох випадках ексергія системи дорівнює нулю. І навпаки, чим вища температура чи тиск енергоносія відносно параметрів довкілля, тим більшою є практична придатність енергії виконувати роботу і перетворюватися в інші види енергії.

5.2. Енергетичний та ексергетичний баланси

При проектуванні нових, а також для аналізу роботи існуючих виробництв складають матеріальний і енергетичний баланси. При цьому слід зазначити, що енергетичний баланс враховує лише кількісні співвідношення енергії, оцінка якісної відмінності енергоресурсів різної фізичної природи й різного потенціалу не дається. В зв'язку з цим, вказані балансові рівняння, які базуються на законах збереження й перетворення маси і енергії, доповнюються ексергетичним балансом.

Енергетичний баланс складають на основі закону збереження енергії: в замкнутій системі сума всіх видів енергії незмінна.

Хіміко-технологічні процеси пов'язані з витратою різних видів енергії – теплової, механічної, електричної. Оскільки в цих процесах тепла енергія має найбільше значення, для них зазвичай складають тепловий баланс. Стосовно до теплового балансу закон збереження енергії може бути сформульовано таким чином: *прихід теплоти в даному циклі виробництва* $\sum Q_{\text{прих}}$ повинен точно дорівнювати *витраті її в цьому ж циклі* $\sum Q_{\text{витр}}$, тобто $\sum Q_{\text{прих}} = \sum Q_{\text{витр}}$.

При цьому має бути врахована вся теплота, яка підводиться до апарату та виділяється (поглинається) внаслідок хімічної реакції або фізичного перетворення, теплоти, яка вноситься кожним компонентом, як тим що подається, так і тим, що виходить з апарату, а також теплообмін з навколишнім середовищем. Тепловий баланс у загальному вигляді можна виразити таким рівнянням:

$$Q_{\text{Ф}} + Q_{\text{е}} + Q_{\text{В}} = Q_{\text{Ф}}' + Q_{\text{ВТ}},$$

де $Q_{\text{ф}}$ – фізичне тепло, введене в процес з вихідними речовинами;

$Q_{\text{е}}$ – тепло екзотермічних реакцій і фізичних перетворень, яке виділяється під час процесу (якщо реакція ендотермічна, то тепло реакції з від'ємним знаком буде в правій частині рівняння);

$Q_{\text{в}}$ – тепло, введене в процес ззовні з горючими газами, паливом, водою та ін.;

$Q_{\text{ф}}'$ – фізичне тепло, виведене з продуктами процесу;

$Q_{\text{вт}}$ – втрати тепла в навколишнє середовище.

Для складання енергетичного балансу треба мати дані про всі хімічні і фізичні процеси, які відбуваються в даному виробництві, а також дані про всі матеріальні показники процесу, які входять до матеріального балансу.

Загальне рівняння ексергетичного балансу має наступний вигляд:

$$\sum E' = \sum E'' + D,$$

де $\sum E'$ і $\sum E''$ – вхідні й вихідні потоки ексергії;

D – втрати ексергії.

Терміни «втрати енергії» і «втрати ексергії» мають принципово різне значення. Як відомо, енергія не може зникати, і втрати енергії означають втрати не взагалі, а втрати для даної системи або втрати для даної мети, якщо частина енергії непридатна для неї за своєю формою або параметрами. Втрати ексергії означають, навпаки, її повне зникнення, знищення, пов'язане з дисипацією енергії.

Загальний закон збереження для ексергії є непридатним: сума ексергій всіх елементів системи в ході процесу зменшується; тільки за відсутності втрат сума ексергій до і після процесу залишається постійною.

Відношення $\eta_{\text{а}} = \frac{\sum \dot{A}''}{\sum \dot{A}'}$ (1) називається ексергетичним коефіцієнтом корисної

дії (ККД), який завжди менше одиниці. Ексергетичний ККД показує ступінь наближення системи до ідеальної. Для ідеального процесу, де втрати ексергії відсутні, $\eta_{\text{е}} = 1$. Якщо же підведена ексергія втрачається в процесі повністю, то $\eta_{\text{е}} = 0$.

Ексергетичні втрати – це неперворотні втрати енергії. Визначення причин цих втрат і їх кількісна оцінка являються найважливішою задачею аналізу хіміко-технологічних систем.

Матеріальні і енергетичні баланси мають велике значення для аналізу і оцінки раціональності та доцільності здійснення того чи іншого виробничого процесу в умовах промисловості. За їх допомогою встановлюють питому вагу виходів продукції, витрати і втрати сировини, палива, коефіцієнти використання енергії та ін. Баланси використовують для визначення розмірів апаратури, її потужності і продуктивності, інтенсивності процесів та ряду інших технічних і економічних показників виробництва. Ексергетичний аналіз різних способів виробництва однакового продукту дає змогу вибрати найвигідніший з ексергетичного погляду спосіб, менше розсіювати у навколишнє середовище

енергетичні запаси Землі і зменшити витрати енергії на виробництво того чи іншого продукту.

6. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

6.1. Раціональне та комплексне використання сировини

Сучасна промисловість споживає величезну, безперервно зростаючу кількість природної мінеральної сировини. Високі темпи зростання виробництва різних продуктів виснажують невідновлювальні природні джерела мінеральної сировини. Раціональне та комплексне використання сировини передбачає найбільш повний видобуток з надр корисних копалин, максимально можливе вилучення усіх коштовних компонентів з добутої сировини на всіх стадіях її переробки, більш повне використання відвалів гірських порід і відходів збагачувальних фабрик, теплових електростанцій, металургійних і хімічних виробництв і охорону навколишнього середовища.

Комплексна переробка сировини збільшує ступінь її використання шляхом утилізації побічних продуктів і відходів і перетворення їх у корисні продукти, а також суміщенням декількох виробництв усередині одного підприємства. Так, при конверсії природного газу одержують разом із воднем (для синтезу NH_3) карбон(IV) оксид, який у процесі синтезу NH_3 не застосовується. Тому зазвичай суміщують виробництво аміаку з одержанням карбаміду:



Використання вторинних матеріальних ресурсів заощаджує традиційну сировину й знижує забруднення навколишнього середовища. Завдяки розвитку науки й техніки номенклатура використовуваних відходів у хімічній промисловості постійно розширюється.

Раціональне та комплексне використання сировини, включаючи вторинні ресурси, має важливе значення в задовільненні потреб народного господарства в багатьох видах основної й попутної промислової продукції, дає значний економічний ефект, що виражається в скороченні втрат, розширенні сировинної бази, підвищенні техніко-економічних показників, поліпшенні використання земельних ресурсів.

6.2. Раціональне використання води

Вода завдяки своїм унікальним властивостям використовується практично у всіх хімічних технологіях, а також в енергетичній, металургійній, харчовій та багатьох інших галузях промисловості.

Виробництво кожного конкретного продукту потребує певних витрат води, які залежно від типу виробництва можуть коливатись у дуже широких межах. Наприклад, для виплавлення 1 т сталі необхідно 150 м^3 води, виробництва такої самої кількості паперу – 200...250, синтетичного каучуку – 3600, нікелю – 4000,

капронового волокна – 5600, а для одержання 1 т алюмінію – аж 15000. Поряд із цим хімічні підприємства скидають велику кількість сильно забруднених вод.

Таким чином, раціональне та комплексне використання водних ресурсів в умовах хімічної промисловості і інших галузей народного господарства стає великим технологічним, технічним і економічним завданням. Технологічний аспект у розв'язанні водної проблеми полягає в новому підході до розробки технологічної схеми. Раціональне водоспоживання повинно бути обов'язковим у кожному технологічному процесі. Необхідні створення процесів, які потребують мінімальних витрат свіжої води, розробка науково обґрунтованих норм її витрат в хімічних виробництвах і вдосконалення технологічних процесів у напрямку максимального використання відходів виробництва, що знизить потребу в очисних спорудах.

Одним з найбільш перспективних напрямків раціонального використання води в промисловості є впровадження оборотного циклу водопостачання, тобто замкненої системи водоспоживання з мінімальним додаванням свіжої води. Відпрацьована вода після очищення й вилучення з неї корисних речовин повинна повертатися на підприємство для повторного використання. Таким чином, впровадження системи водообороту в хімічних виробництвах може привести не тільки до різкого зменшення шкідливих для водоймів стічних вод, але й дозволить удосконалити технологію виробництва, поліпшити техніко-економічні показники.

Іншим прикладом раціонального використання води є створення водооборотних циклів вразі, коли вода виступає в якості холодоагенту. В цьому випадку, зазвичай, вода не змінюється за складом, а лише нагрівається, тому після використання таку воду охолоджують у спеціальних водоймах або в градирнях, а потім повертають назад на виробництво (оборотна вода).

Велике значення мають проведені в хімічній промисловості заходи щодо заміни водяного охолодження повітряним. Його широке впровадження дозволить відмовитися від експлуатації багатьох водооборотних циклів і суттєво знизити витрати свіжої води.

6.3. Раціональне використання енергії

Хімічні підприємства споживають велику кількість енергії, тому енергетичні витрати суттєво впливають на техніко-економічні показники процесів. Критерієм економічного використання енергії служить коефіцієнт використання енергії $\eta_{\text{е}}$, що визначається за рівнянням:

$$\eta_{\text{е}} = \frac{W_{\text{д}}}{W_{\text{іД}}} 100\% ,$$

де $W_{\text{т}}$, $W_{\text{пр}}$ – відповідно кількість енергії, затрачувана теоретично й практично на одержання одиниці продукту.

У багатьох виробництвах цей коефіцієнт дуже низький, що свідчить про непродуктивну витрату енергії. Тому велике практичне значення мають заходи, спрямовані на підвищення η_3 .

Із усіх видів споживаної в хімічній промисловості енергії перше місце належить тепловій енергії. Ступінь використання тепла в хіміко-технологічному процесі визначається тепловим коефіцієнтом корисної дії η_t , що виражається рівнянням:

$$\eta_t = \frac{Q_0}{Q_{\text{пр}}} 100\% ,$$

де Q_t і $Q_{\text{пр}}$ – відповідно кількість тепла, теоретично і практично затрачувана на здійснення хімічної реакції.

Використання вторинних енергетичних ресурсів (відходів) підвищує коефіцієнт використання енергії. Енергетичні відходи можуть бути використані в хімічній і інших галузях промисловості для вироблення електричної й теплової енергії в утилізаційних установках; відпрацьована пара й гаряча вода зазвичай витрачаються безпосередньо (без перетворення в інші енергоносії) для опалення й гарячого водопостачання.

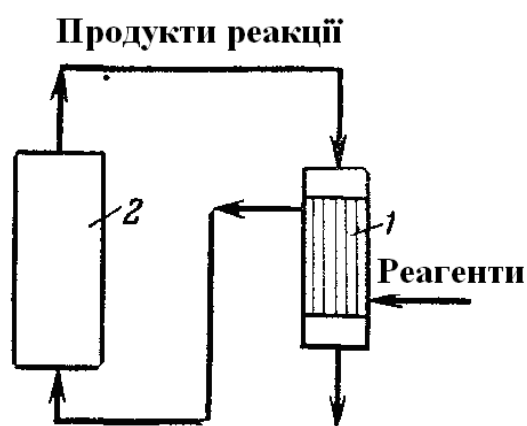


Рис. 6.1. Схема використання тепла продуктів реакції або газів, що відходять:

- 1 – теплообмінник;
- 2 – реактор

Особливо велике значення в хімічній промисловості має утилізація тепла продуктів реакції, які виходять із реакційних апаратів, для попереднього нагрівання матеріалів, що надходять у ці ж апарати. Таке нагрівання здійснюють в апаратах, які називаються рекуператорами (або теплообмінниками). У теплообмінниках (рис. 6.1.) реагенти нагріваються за рахунок тепла гарячих продуктів, що виходять із реакційного апарата, і потім подаються в реактор. За цією схемою теплообмін між гарячими й холодними продуктами відбувається через стінки трубок теплообмінника.

Для утилізації тепла газів також використовують *регенератори*. Вони являють собою періодично діючі камери, заповнені насадкою (зазвичай насадкою слугують решітки із цегли), через які по чергові пропускають продукти реакції та холодні реагенти. Тепло продуктів реакції акумулюється насадкою і віддається реагентам під час їхнього контакту. Для створення безперервного процесу необхідно мати не менше двох регенераторів (рис. 6.2).

Гарячий газ спочатку проходить регенератор *А*, нагріває його насадку, а сам охолоджується. Холодний газ проходить через регенератор *Б* і нагрівається в результаті контакту з раніше нагрітою насадкою. Після нагрівання насадки регенератора *А* і охолодження насадки регенератора *Б* роблять перемикання й

гарячий газ направляють у регенератор *Б*, а холодний газ у регенератор *А*. Після охолодження насадки регенератора *А* і нагрівання насадки регенератора *Б* знову роблять перемикання. При організації такої періодичної роботи регенераторів забезпечується постійний підігрів холодного газу за рахунок тепла гарячого газу, що відходить.

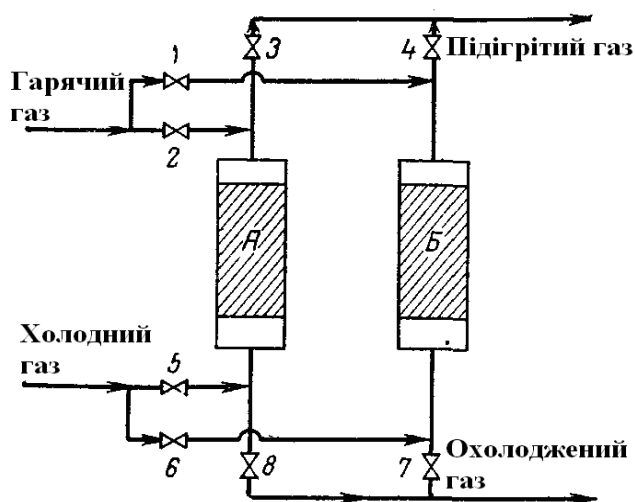


Рис. 6.2. Схема роботи регенератора:
1–8 – задвижки;
А, Б – камери регенератора

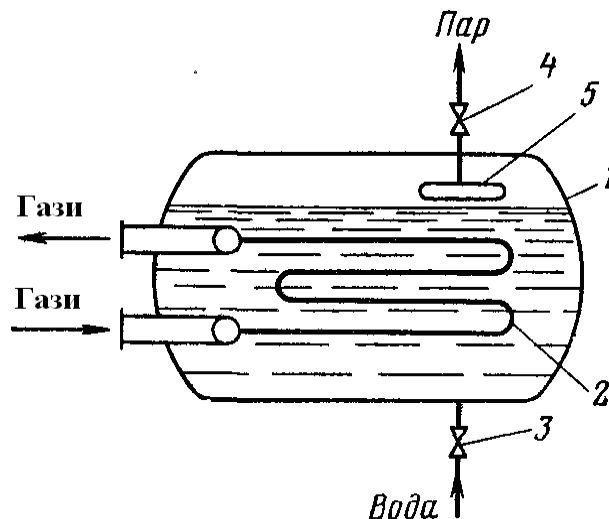


Рис. 6.3. Котел–утилізатор:
1 – корпус; 2 – труби;
3, 4 – вентилі;
5 – вологовіддільник

Тепло газоподібних продуктів реакції і газів, що відходять часто використовують для виробництва пари в так званих *котлах утилізаторах* (рис. 6.3.). Гарячі гази рухаються по трубах, розміщених у корпусі котла. У міжтрубному просторі знаходиться вода, яка надходить через штуцер 3. Пара, яка утворюється, проходячи вологовіддільник 5, виводиться з котла через вентиль 4.

Тепло продуктів, що відходять на хімічних заводах може бути також використане для сушіння, випарювання, дистиляції й інших процесів.

Збільшення ефективності споживання палива у виробництві досягається шляхом переходу до комплексних енерготехнологічних методів використання палива, до вилучення всіх цінних його складових при обов'язковому комбінуванні енергетичного процесу спалювання частини палива для виробництва енергоносія з різного роду технологічними процесами.

Енерготехнологія – розділ науки, який базується на глибоких дослідженнях кінетики і механізму відповідних хімічних реакцій, вивченні фізичних процесів переносу теплоти і речовини при фазових перетвореннях в реагуючих системах та на дослідженні якісних фізико-хімічних, а також економічних характеристик вихідного палива.

Енерготехнологія має два головних практичних напрямки. Першим являється пошук шляхів збільшення ефективності використання органічної та мінеральної частин палива, яке використовується на електростанціях і в промисловій енергетиці. Другий напрямок – створення інтенсивних хіміко-

енерготехнологічних методів виробництва важливих видів промислової продукції (хімічна сировина, будівельні матеріали і т.п.) при споживанні дешевого енергетичного палива, зниженні його питомих витрат, а також використанні теплоти хімічних реакцій.

В сучасній хімічній технології принципове значення має створення енерготехнологічних процесів й схем, в яких мала б використовуватись енергія, одержувана за рахунок теплоти хімічних реакцій.

Хіміко-технологічна система, яка включає енергетичний вузол, який споживає паливо і продукує енергію для компенсації незворотних втрат з метою підтримання технологічного режиму і забезпечення функціонування ХТС, називається енерготехнологічною системою.

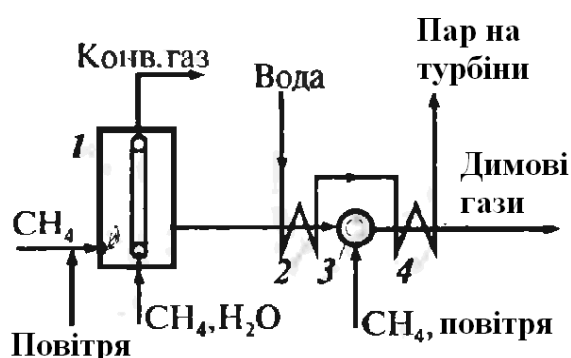


Рис. 6.4. Енерготехнологічна схема виробництва аміаку:

- 1 – трубочата піч конверсії метану;
- 2 – котел-утилізатор; 3 – пальник;
- 4 – пароперегрівач

Найбільш ефективними енерготехнологічними системами в хімічній промисловості являються схеми багатотонажного виробництва аміаку, неконцентрованої нітратної кислоти й карбаміду.

Розглянемо енерготехнологічну систему у виробництві аміаку, яка схематично показана на рис. 6.4. На стадії синтезу для стискання і циркуляції азотоводневої суміші використовують потужні трубокомпресори, які потребують швидкісного приводу (парова турбіна). Пар високих параметрів зазвичай

отримують на ТЕЦ, що обумовлює залежність від неї всього виробництва аміаку. Уникнути цього можна в енерготехнологічній системі. Димові газі після трубочатої печі конверсії метану мають температуру більше 950°C , і їх можна використовувати для вироблення пару високих параметрів, але їх не вистачає для приводу парової турбіни. Брак енергії компенсують спаленням додаткового палива в димовому газоході після трубочатої печі, тобто установкою енергетичного вузла, як елемента технологічної схеми. Використовують також тепло технологічного газу після другої, пароповітряної конверсії метану. Тепла технологічного газу, димових газів і додаткового пальника, як енергетичного вузла, достатньо, щоб відмовитись від споживання енергії зовні. Таким чином, виробництво аміаку стало автономним по енергії.

7. ПІДСИСТЕМА ОЧИЩЕННЯ ВИКИДІВ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

Хімічна промисловість утворює величезну кількість різних відходів, які можна класифікувати за агрегатним станом.

Тверді відходи – це відходи, одержувані у вигляді порошків, пилу, злитків або затверділої маси. До цієї групи відносяться недогарки, зола, частинки пилу й

сажі, відходи пластмас і гуми, відпрацьовані каталізатори, залишки після збагачення руд, тверді органічні залишки, адсорбенти, некондиційні продукти (каучук, волокна) та ін.

Рідкі відходи складаються в основному з рідкої фази й містять розчинені у воді або інших розчинниках солі, луги, кислоти, а також домішки зважених частинок. Вміст зважених частинок зазвичай не перевищує рівня, починаючи з якого відбувається їхнє осадження. Рідкі відходи мають гарну рухливість, і їх можна транспортувати насосами, застосовуваними в хімічній промисловості.

До цієї групи відходів відносяться, насамперед, виробничі стічні води, забруднені токсичними й отруйними сполуками, які потребують спеціальної обробки (води, які містять кислоти, луги, хлориди, флуориди, броміди, іони металів, токсичні органічні речовини і т.д.); відпрацьовані органічні розчинники й рідини. У деяких випадках рідкі відходи являють собою який-небудь продукт, забруднений невеликою кількістю домішок. До подібних відходів відносяться відпрацьовані масла, які містять продукти окиснення, полімеризації й механічні домішки.

Газоподібні відходи містять у собі газові викиди промислових печей і вентиляційних установок, сушарок, різноманітні відхідні гази технологічних установок. До цієї групи відносяться продукти згоряння (димові гази) парогенераторів та печей; гази із сильним запахом, що містять дисперсні тверді частинки (пил) або рідкі частинки у вигляді туману, а також гази, що містять NO_x , SO_2 , HCl , HF , пари органічних речовин та ін.; пароповітряні суміші, забруднені токсичними домішками.

7.1. Очищення стічних вод

Виробничі й побутові стічні води забруднені різними органічними й неорганічними домішками, які при зливі у водойми отруюють їх. Діюче в Україні законодавство передбачає строгу санітарну охорону природних водоймів, тому скидання промислових стічних вод у водойми проводиться відповідно до санітарних правил, у яких визначено гранично припустиму концентрацію (ГПК) речовин у стічних водах. Нижче наведено припустиму концентрацію деяких речовин у стічних водах (у $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$):

Нітратна кислота	30–35	Ртуть	0,005	Мідь	0,1–0,2
Аміак	5	Феноли	0,001–0,002		

Якщо концентрація домішок у стічних водах перевищує ГПК, такі води піддають спеціальній очистці. При цьому домішки, які містяться у воді, або руйнуються, або переходять у нешкідливу форму, або їх вилучають для подальшого використання у якості сировини.

Очистка стічних вод хімічних виробництв та наступне їх використання являють собою велику народногосподарську проблему. Оскільки кількість промислових стічних вод увесь час зростає, чиста вода перетворюється в один із

дефіцитних видів природних багатств, особливо в районах, де широко розвинена хімічна промисловість.

Створення надійних способів очищення забруднених промислових стоків є досить складною проблемою і є далекою від розв'язання для багатьох виробництв. Основний напрямок робіт з істотного поліпшення якості очищення промислових стічних вод є створення очисних споруджень на кожному промисловому підприємстві, що дозволить різко зменшити або навіть повністю ліквідувати скидання стічних вод після їхнього очищення в ріки й озера.

Способи знешкодження стічних вод за їх основним принципом підрозділяються на *механічні, фізико-хімічні, хімічні, термічні і біологічні*. З огляду на численність домішок і їх багатокomпонентний склад методи очистки стічних вод, здебільше, використовуються комплексно.

Механічні способи включають, в основному, відстоювання та фільтрацію. Це найбільш доступні методи очистки для видалення крупнодисперсних завислих частинок.

Фізико-хімічні способи використовують для очистки стічних вод від дрібнодисперсних, колоїдних та розчинених речовин. Це *аерація, адсорбція, екстракція, виділення домішок в осад* та ін.

Хімічні способи ґрунтуються на руйнуванні шкідливих домішок, їх нейтралізації, осадженні різними реагентами та ін.

Біологічні способи знешкодження застосовуються, головним чином, для очищення стічних вод населених пунктів за допомогою деяких мікроорганізмів.

Термічний спосіб знешкодження стічних вод полягає в повному окисненні (спалюванні) органічних домішок з утворенням CO_2 , H_2O , N_2 та зольного остатку.

7.2. Очищення газів, що відходять

Вміст шкідливих домішок у газах, що відходять, має бути таким, щоб після змішування цих газів з атмосферним повітрям концентрація шкідливих домішок у приземному шарі повітря не перевищувала гранично допустимої концентрації. Нижче в табл. 7.1 наведені ГПК (у $\text{мг}\cdot\text{м}^{-3}$) для деяких газів, парів і пилу.

Гази, що відходять, зазвичай виводяться через труби в атмосферу, де вони змішуються з атмосферним повітрям і концентрація шкідливих домішок у повітрі стає більш низькою. Природно, що чим вище труба, тим більше будуть розведені повітрям гази, що відходять і, відповідно, тим нижче буде концентрація шкідливих домішок у приземному шарі повітря.

Таблиця 7.1

Речовини	У повітрі робочої зони приміщень	В атмосферному повітрі	
		максимальна, разова	середньодобова
Карбон монооксид	20	6	1

Пил ванадій(IV) оксиду	0,5	–	0,003
Ртуть металева	0,01	–	0,0003
Сірчистий ангідрид	10	0,5	0,15
Сульфатна кислота, сірчаний ангідрид	1	0,3	0,1
Хлористий водень	5	0,05	0,015

Розрахунок висоти труби, при якій вміст домішок у приземному шарі повітря буде відповідати ГПК, ведуть по емпіричній формулі:

$$i = 12,5 \sqrt{\frac{I}{\tilde{A} \tilde{E} \sqrt[3]{\frac{V \Delta T}{N}}}}$$

де H – мінімально припустима висота труби, м;

M – кількість шкідливих речовин, які викидаються в атмосферу, $г \cdot с^{-1}$;

ГПК – гранично припустима концентрація шкідливих речовин у приземному шарі повітря, максимальна разова, $мг \cdot м^{-3}$;

V – об'єм газів, що відходять, $м^3 \cdot с^{-1}$;

ΔT – різниця між температурами газів, що відходять і навколишнього повітря, $^{\circ}C$;

N – число труб, через які виводяться гази.

Якщо розрахована по формулі висота труби буде занадто великою i , отже, дуже дорогою, гази, що відходять, піддають спеціальному очищенню, а потім вже виводять в атмосферу через трубу відповідної висоти.

Таким чином, вибір шляху досягнення ГПК визначається економічними міркуваннями – ГПК повинні бути забезпечені при мінімальних витратах, що досягається або установкою досить високої труби, або спеціальним очищенням газів, що відходять. Однак техніко-економічний аналіз і досвід експлуатації показують, що в більшості випадків найбільш економічний шлях полягає в тому, щоб основний технологічний процес проводився за умов, які забезпечують низький вміст шкідливих домішок у газах, що відходять. При цьому відпадає необхідність у спеціальному очищенні газів.

Способи очищення залежать від складу, властивостей і концентрації шкідливих домішок у газах, що відходять. Ці способи досить різноманітні, найбільш часто застосовуються *абсорбція й адсорбція та каталітичні методи*.

Абсорбційні методи основані на вибірковій розчинності газо- і парофазних домішок в рідині (фізична абсорбція) або на вибіркового вилученні домішок хімічними реакціями з активним компонентом поглинача (хемосорбція).

Адсорбційні методи основані на вибіркового вилученні з парогазової суміші певних компонентів за допомогою адсорбентів – твердих високопоруватих матеріалів, які мають розвинуту питому поверхню.

Каталітичні методи очистки газів ґруновані на реакціях, які відбуваються за присутності твердих каталізаторів, тобто на закономірностях гетерогенного каталізу. В результаті каталітичних реакцій домішки, які знаходяться в газі, перетворюються на інші сполуки, тобто домішки не вилучаються з газу, а трансформуються в нешкідливі речовини, наявність яких допустима у вихлопному газі, або в сполуки, які легко видаляються із газового потоку.

7.3. Переробка твердих відходів

При виборі метода переробки твердих відходів істотну роль відіграють їх склад і кількість. Переробка твердих відходів здійснюється за трьома напрямками: **вилучення корисних речовин, знешкодження, знищення.**

При вилученні корисних компонентів найбільш поширеними методами є *екстрагування і кристалізація.*

Екстрагування (вилуговування) – вилучення одного або кількох компонентів із твердих тіл за допомогою вибіркових розчинників – екстрагентів. Екстрагування використовується для вилучення сполук металів з твердих відходів, активних дорогих компонентів із відпрацьованих каталізаторів, для виділення органічних сполук. Для екстрагування використовують спеціальні апарати – екстрактори різного типу: колонні, шнекові, ковшові, ротаційні та ін.

Кристалізація може бути використана для поділу твердих відходів, що містять два чи більше компонентів. В цьому випадку відходи розчиняють в розчиннику при нагріві або розтоплюють. При подальшому охолодженні розчину або топу випадають кристали менш розчинного компоненту, які потім відфільтровують. В більшості випадків відокремлений кристалічний продукт утилізують, а фільтрат піддають подальшій переробці.

Розповсюдженими методами переробки твердих відходів являються *термічні*. Суттєвим недоліком метода випалювання являється утворення токсичних газоподібних речовин, тому виникає проблема додаткової очистки газів, що відходять.

Для знешкодження твердих відходів використовують різноманітні способи.

Технічні методи: метод капсулювання відходів, полягає в обгортанні токсичного відходу інертною плівкою.

Хімічні методи дозволяють отримувати із твердих відходів нові продукти. Наприклад, тверді органічні відходи гідруванням перетворюють у рідке та газоподібне паливо.

Знищенню підлягають тверді відходи, які важко знешкодити і дуже дорого переробляти. Одним із способів знищення є затоплення твердих відходів в морях. Широке застосування знаходить так звана санітарна земляна засипка відходів. Санітарну засипку можна здійснювати як в спеціальні канали і підготовлені ями, так і наземним складуванням – формуванням буртів висотою від 2,5 до 4 м.

Головною умовою для подібних звалищ являється ущільнення відходів та їх щоденна засипка шаром землі.

На жаль досі існує наземне складування твердих відходів – "потенціальної сировини" хімічної і інших галузей промисловості: галітових відвалів (500 млн.т), фосфогіпсу (120 млн. т), огарка (28 млн. т).

Значну кількість твердих відходів сучасної життєдіяльності становлять пластичні маси. Вирішення проблеми утилізації полімерних відходів надзвичайно важливе для запобігання забрудненню навколишнього середовища, оскільки в атмосферних умовах полімери не розкладаються, а їх накопичення призводить до забруднення ґрунтів. В теперішній час переробку відходів пластмас здійснюють за двома основними напрямками: знищення і використання відходів.

Знищення відходів не вирішує ні проблеми захисту навколишнього середовища, ні розширення сировинної бази полімерних матеріалів і застосовується в тих випадках, коли відходи неможливо використати за іншими напрямками. Найбільш поширені наступні методи знищення полімерних відходів: безпосереднє спалювання, фото- і біодеструкція, захоронення.

В теперішній час спалювання пластмасових відходів являється основним методом знищення, хоча воно супроводжується рядом труднощів. Більшість пластмас має більш високу швидкість згорання, ніж інші тверді відходи, і потребує в 4–5 разів більше повітря. Із-за великої теплотворної здатності полімерів піднімається висока температура, яка затрудняє роботу печей. Забивання їх продуктами згорання (відкладення вуглистих, фосфорних, кальцієвих і інших твердих сполук) потребує складного ремонту печей. Крім того, процес спалювання нерідко супроводжується утворенням токсичних речовин.

Захоронення полімерних відходів не є перспективним методом, так як воно пов'язано зі значним забрудненням навколишнього середовища, з відводом під відходи великих площ землі, які довгий час не можуть бути використані для господарських потреб.

Можливі різні шляхи використання полімерних відходів. Одним із важливих способів утилізації, який отримав значне поширення в останні роки, є регенерація пластмас. Наприклад, при регенерації термопластичних смол відходи у вигляді бракованих виробів збирають, дроблять і додають в кількості 5–10% до первинної сировини. При регенерації термореактивних пластмас відходи подрібнюють до порошкоподібного стану і використовують в якості інертних наповнювачів, вартість яких у 2 рази нижче вартості вихідних смол. Введення в вихідні компоненти до 20 % відходів не потребує зміни технології лиття під тиском.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Загальна хімічна технологія : [підручник] / В. Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук. – Львів : Львівська політехніка, 2009. – 552 с.
2. Бесков В. С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии : [учеб. для вузов] / В. С. Бесков, В. С. Сафронов. – М. : Химия, 1999. – 472 с.
3. Бесков В. С. Введение в химическую технологию (Сырьевые и энергетические ресурсы) : [учебное пособие] / В. С. Бесков, А. П. Жуков. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1996. – 59 с.
4. Сажин Б. С. Эксергетический метод в химической технологии / Б. С. Сажин, А. П. Булеков. – М. : Химия, 1992. – 208 с.
5. Основы химической технологии : [учеб. для студентов хим.-технол. спец. вузов] / И. П. Мухленов, А. Е. Горштейн, Е. С. Тумаркина, Н. В. Кузичкин. – М. : Высшая школа», 1991. – 463 с.
6. Кутепов А. М. Общая химическая технология : [учеб. для техн. вузов] / Кутепов А. М., Бондарева Т. И., Беренгартен М. Г. – М. : Высшая школа, 1990. – 520 с.
7. Лейтес И. Л. Теория и практика химической энерготехнологии / Лейтес И. Л., Сосна М. Х., Семенов В. П. – М. : Химия, 1988. – 280 с.
8. Бродянский В. М. Эксергетический метод и его приложения. / Бродянский В. М., Фратшер В., Михалек К. М. – Энергоатомиздат, 1988
9. Химико-технологические системы / под ред. И. П. Мухленова. – М. : Химия, 1986. – 423 с.
10. Степанов В. С. Анализ энергетического совершенства технологических процессов / Степанов В. С. – Новосибирск : Наука, 1984. – 273 с.
11. Гончаров А. І. Хімічна технологія / А. І. Гончаров, І. П. Серета. – К. : Вища школа, 1979. – Ч. 1. – 288 с.
12. Общая химическая технология : [учебное пособие для студентов хим.-технол. специальностей вузов] / А. Г. Амелин, А. И. Малахов, И. Е. Зубова, В. Н. Зайцев. – М.: Химия, 1977. – 400 с.

