



**Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»**



**СУЧАСНІ ТЕОРЕТИЧНІ ТА
ПРАКТИЧНІ ПРОБЛЕМИ В
ХІМІЧНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ТА
ІНЖЕНЕРІЇ : ЛК 5_6**

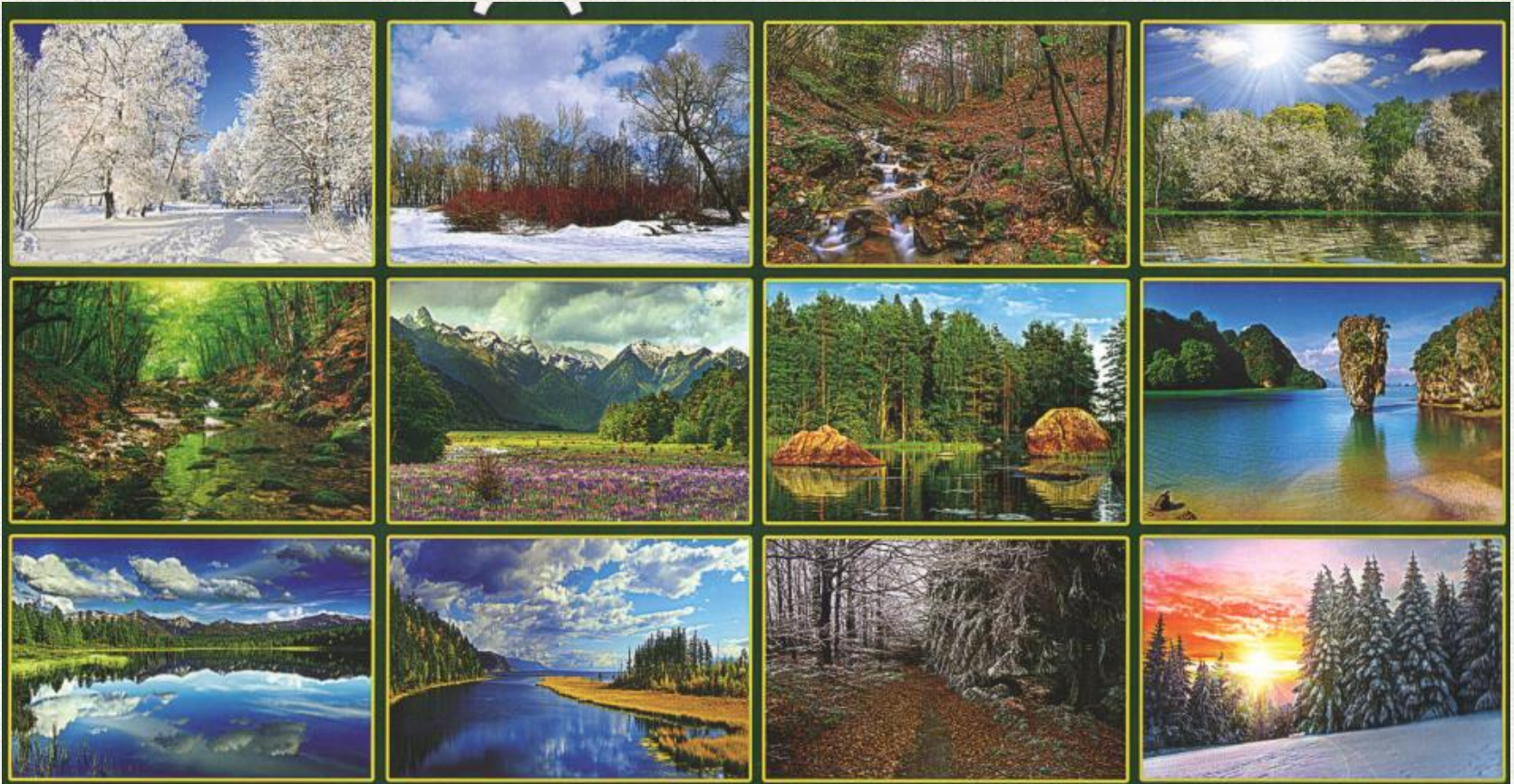
Лектор - проф. Сахненко М.Д.

Харків 2026

Промислові відходи хімічних виробництв

1. Основні відходи, які утворюються в процесі хімічних виробництв.
2. Основні способи утилізації хімічних відходів.
3. Утилізація газових відходів.
4. Утилізація рідких та твердих відходів.
5. Технологічна схема рекуперації відходів.

Такою ми одержали землю



Основні відходи, які утворюються в процесі хімічних виробництв

- Хімічні процеси і реактори, об'єднані в хіміко-технологічні системи, складають основу виробництва в багатьох галузях промисловості: нафтохімічній, металургії чорних і кольорових металів, целюлозній і лісохімічній, харчовій, хіміко-фармацевтичній, виробництві мінеральних добрив та будівельних матеріалів, фото- і кіноматеріалів. Продукти хімічної промисловості забезпечують хімізацію всього господарства, у тому числі й агропромислового комплексу.
- Розвиток хімічної промисловості вимагає усе більше робити акцент на розробку і впровадження високоефективних енерго- і ресурсозберігаючих, а також екологічно чистих технологій.
- Всупереч перевагам та матеріалам, які дає людині хімічна промисловість, існує проблема досить значного масштабу – забруднення довкілля відходами. Відходи викидаються у всі частини біосфери і спричиняють значні небажані наслідки.
- Всі відомі технологічні процеси хімічного виробництва ведуть до утворення значної кількості відходів у вигляді шкідливих газів та пилу, шлаків, шламів, стічних вод, що містять різні хімічні компоненти, які забруднюють атмосферу, воду та поверхню землі.

- Хімічна промисловість спричиняє значні забруднення метаном, аміаком, пилом. Загальні обсяги промислових викидів у повітряний простір колосальні. Найбільш небезпечними забруднювачами атмосфери є кислототвірні оксиди - азоту, сірки, а також вуглекислий газ, чадний газ, амоніак, фтор, хлор та промисловий пил. Їх надходження в повітря помітно змінило склад сучасної атмосфери порівняно з доіндустріальним періодом.
- Основним джерелом забруднення атмосфери викидами є коксохімічне, агломераційне, металургійне, сталеплавильне та інші виробництва.
- **Коксохімічне виробництво** забруднює атмосферу оксидом та діоксидом вуглецю, оксидом сірки. На 1 т перероблюваного вугілля виділяється близько 0,75 кг діоксиду сірки та по 0,03 кг різних вуглеводнів та амоніаку. Поблизу коксохімічних заводів середній рівень вмісту в повітрі діоксиду сірки складає від 0,05 до 0,2 мг/м³.



- Цехи сіркоочистки коксохімічних заводів зазвичай обладнані електрофільтрами, через які в атмосферу потрапляють сірчаний газ, сірководень, діоксид азоту, аерозоль сульфатної кислоти. Вміст сірководню у вихідних газах складає $0,14 \text{ мг/м}^3$, а діоксиду азоту - $0,9 \text{ мг/м}^3$, тому на відстані 1 км від цеху сіркоочистки в повітрі може міститися до $0,2 \text{ мг/м}^3$ сірчаного газу. Окрім газів, коксохімічне виробництво викидає в атмосферу велику кількість пилу. Наприклад, при виробництві коксу на 1 тонну переробленого вугілля виділяється близько 3 кг вугільного пилу. Значна кількість пилу виділяється при розвантаженні вугілля - $0,005\%$ від маси розвантаженого вугілля.
- Джерелами забруднення повітряного басейну на аглофабриках є агломераційні стрічки, барабанні охолоджувачі агломерату, випалювальні печі, вузли пересилки, транспортування, сортування агломерату та інших компонентів, що входять до складу шихти. Кількість агломераційних газів - $2,5-4,0 \text{ тис. м}^3$ на 1 тонну отриманого агломерату з вмістом в них пилу від 5 до 10 г/м^3 . До складу газів входять оксиди сірки та вуглецю, а пил містить залізо і його оксиди, а також оксиди марганцю, магнію, фосфору, кальцію, іноді частинки титану, міді, свинцю.

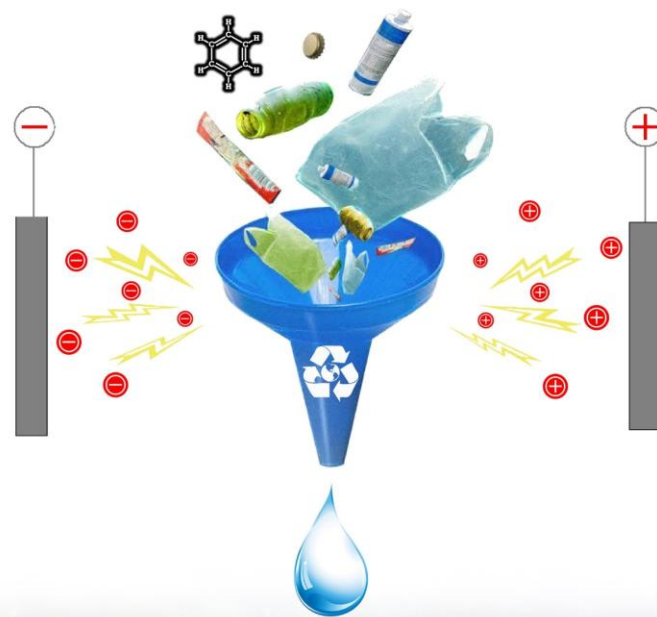
- Газ SO₂ утворюється як побічний продукт при **металургійному виробництві** та спалюванні кам'яного вугілля або нафти, що містять домішки сірки. Обсяги викидів сірчистого газу залишаються великими в промислово розвинених країнах, незважаючи на введення жорсткого контролю та економічних санкцій на наднормативні викиди окидів сірки.
- **Виробництво сталі** супроводжується виділенням в атмосферу значної кількості газів та пилу. Виплавка однієї тонни сталі пов'язана з викидами в атмосферу 0,04 т твердих частинок, 0,03 т діоксиду сірки, близько 0,05 т оксиду вуглецю. Пил містить сполуки марганцю, заліза, міді, цинку, кадмію, свинцю та інших сполук. При виплавці високо- та складнолегованих сталей в пил потрапляють і діоксиди кремнію, сполуки сірки, фосфору, оксиди ванадію, сполуки хрому, нікелю, молібдену, селену, телуру та ін. Кількість утворених газів і вміст в них твердих частинок залежить від способу виробництва сталі, використання кисневого дуття та інших факторів.
- Забруднення навколишнього середовища навколо підприємств чорної металургії відчувається в радіусі 20-50 км. На 1 км² цієї території на добу випадає 5-15 кг пилу. Навколо металургійних заводів формуються своєрідні техногенні області, в усіх поверхневих утвореннях яких (ґрунті, снігу, воді, рослинності) міститься широкий набір шкідливих речовин, включаючи такі надзвичайно небезпечні, як свинець та ртуть.

- Чорна металургія є одним з найбільших споживачів води.
- Сучасний завод на виробництво 1 т сталі витрачає 180-200 м³ води. Незважаючи на те, що на металургійних заводах широко використовується оборотне водопостачання, кількість стічних вод дуже велика. Вони містять механічні домішки органічного походження, а також гідроксиди металів, стійкі та легкі нафтопродукти, розчинені токсичні сполуки органічного та неорганічного походження. Стічні води мають приблизно однаковий якісний склад забруднення, однак концентрація забруднюючих речовин, як правило, змінюється в широкому діапазоні залежно від видів та особливостей технологічних процесів. Стічні води аглофабрик містять залізо, оксид кальцію, вуглець. На коксохімічних заводах стічні води утворюються від хімічних цехів (фенольні стічні води) і від процесу гасіння коксу. Витрати свіжої води на одну тонну коксу складають 1,2-1,6 м³ (при використанні фенольної води для гасіння коксу). В процесі очистки коксового газу від сірководню миш'якосодовим методом утворюється за годину 4-6 м³ стічних вод, в яких містяться феноли, амоніак, сірководень, ціаніди, бензольні вуглеводи, які є канцерогенними речовинами.

- Стічні води в процесі виробництва сталі утворюються при очистці газів мартенівських печей, конверторів, охолодженні та гідроочистці виливниць, пристроїв безперервного розливання сталі та обмивання котлів-утилізаторів. При киснево-конверторній виплавці сталі вміст завислих частинок в стічній воді систем очистки газу сягає 7,0 г/л.
- При скидах забруднених стічних вод металургійних підприємств у водоймищах збільшується кількість завислих частинок, значна кількість яких опадає поблизу місця скиду, підвищується температура води, погіршується кисневий режим, від виносу з водою мастильних продуктів з прокатних цехів утворюється масляна плівка на поверхні водоймища. Потрапляння шкідливих речовин може призвести до загибелі водних організмів та порушення природних процесів самоочищення водоймищ. Шкідливий вплив на людей, тварин, макро- та мікроорганізми, рослинний світ мають багато металів, їх сполуки та інші неорганічні речовини, що містяться в стічних водах металургійних підприємств.

■ В технологічних процесах хімічної промисловості утворюється значна кількість **твердих відходів**, які складуються на великих площах та шкідливо впливають на ґрунт, рослинність, водні джерела та повітряний басейн. Звалища твердих відходів займають зараз тисячі гектарів корисного ґрунту. В них накопичено близько 500 млн. т шлаків. Шламопилові відходи утворюються практично на всіх стадіях виробництва. Зараз в нашій країні щорічно утворюється близько 80 млн. т доменних, сталеплавильних та феросплавних шлаків, 1 млн. т шламів, 110 тис. т пилу. Шлам містить велику кількість заліза (майже 50%). При виробництві сталі шлаків утворюється вдвічі менше, ніж в доменному виробництві, близько 25 млн. т, з них 66,5% мартенівські шлаки, 30% - конверторні та 3,1% - електросталеплавильні. До 1975 р. близько 87,6% шлаків направлялася на звалища. Шлаки містять значні кількості сполук фосфору та оксиду кальцію, та інші елементи, що використовуються як добрива в сільському господарстві. Найбільшу небезпеку для ґрунтів становлять антропогенні забруднювачі, серед яких свинець, ртуть, уран, торій, кадмій, берилій, хром, нікель та кобальт, а також германій, олово, вольфрам, літій, молібден, вісмут, марганець, мідь, миш'як, селен та алюміній, які в підвищених концентраціях завдають біологічної шкоди всім живим організмам.

А.П. ПОСПЕЛОВ, Н.Д. САХНЕНКО



**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИМПЕРАТИВ
СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Харьков 2018



Открывает список городов, пребывание в которых опасно для жизни, российский Дзержинск.

В 1930 — 1998 годах в Дзержинске было захоронено более 200 тысяч тонн химических отходов — включая самые опасные — нейротоксины. Уровень загрязнения городской воды, по имеющимся данным, в 17 миллионов раз превышает безопасный уровень. На сегодняшний день в городе проживает около 300 тысяч жителей. Средняя продолжительность жизни 45 лет.

ЭКОЛОГИЯ

ГОРОД ХИМИКОВ ОБРЕЧЕН НА ВЫМИРАНИЕ?

Синдром зоны

“ЭКСПРЕСС” выезжает в город мой родной, детишкам выдают противогазы, я узнаю тебя, Дзержинск любимый мой, - столица химии и прочей там заразы!”. Этому дворовому гимну города химиков больше тридцати лет. В советское время второй по величине город Нижегородской области действительно считался столицей отечественной химии со всеми вытекающими отсюда экологическими последствиями. Сегодня назвать Дзержинск столицей химии вряд ли у кого повернется язык, а вот с экологией в городе-спутнике Нижнего Новгорода по-прежнему не все в порядке.

НЕСКОЛЬКО лет назад ведущая программа “Сегодня” телеканала НТВ Татьяна Миткова объявила во всеулышье о “репортаже из самой грязной точки планеты”. Речь шла о городе Дзержинске Нижегородской области.

белый песок и чистойшая голубая вода (на самом деле щелочной раствор). Зрелище “Черной дыры”, расположенной неподалеку от завода “Оргстекло”, тоже впечатляет - абсолютно черная поверхность огромного

почв. Владимир Прозоров полагает, что в сегодняшней ситуации не имеет смысла “будить спящего зверя” - раскапывать нелегальные свалки и пытаться вывезти их содержимое. В России существует единственный полигон для захоронения отходов первого класса - под Санкт-Петербургом. Где найти деньги для перевозки туда отходов?

В Дзержинске страшнее

В РОССИИ есть еще не-

получной Голландии эти неприятные показатели еще выше, чем самые высокие цифры из российских регионов.

Где выход?

МЕЖДУНАРОДНАЯ экологическая организация “Совет Гринпис” несколько лет назад выступала за придание Дзержинску статуса зоны чрезвычайной экологической ситуации. Лев Федоров полагает, что “лечение” такого города, как Дзержинск, потребует затрат в несколько сот миллионов долларов. При этом должна

вать на деньги международных и российских экологических и медицинских программ. В то же время Владимир Прозоров говорит, что, например, тот же Чапаевск сегодня получает какие-то деньги как “зона”, но они не позволяют решать большую часть накопившихся проблем. Признание Дзержинска зоной экологического бедствия отпугнет последних инвесторов, некоторых виды на изрядно обветшавшие химические производства. Без финансовых инъекций крупного капитала городу химиков почти наверняка грозит постепенное умирание.

Основні способи утилізації хімічних відходів

- Однією з особливостей атмосфери є її здатність до самоочищення. Самоочищення атмосферного повітря відбувається внаслідок сухого та мокрого випадання домішок, абсорбції їх земною поверхнею, поглинання рослинами, переробки бактеріями і мікроорганізмами, іншими шляхами. Садіння дерев та кущів сприяє очищенню повітря від пилу, оксидів вуглецю, діоксидів сірки та інших речовин. Найкращі поглинальні властивості стосовно діоксиду сірки має тополя, липа та ясен. Одне доросле дерево липи може акумулювати протягом доби до десяти кілограмів діоксиду сірки, перетворюючи його в нешкідливу речовину. Велика роль в очищенні атмосферного повітря належить ґрунтовим бактеріям та мікроорганізмам. При температурі 15-35 °С мікроорганізми переробляють до 81 т на добу оксидів та діоксидів вуглецю. Однак можливості природи щодо самоочищення мають обмеження, що слід враховувати при розробці нормативів ГДВ.

- За несприятливих метеорологічних умов підприємства повинні знизити викиди шкідливих речовин за рахунок технічних засобів або повної (часткової) зупинки джерел забруднення. Сучасні вимоги до якості та ступеня очищення викидів досить високі. Для їх дотримання необхідно:
- - використовувати технологічні процеси та обладнання, які знижують або повністю виключають викиди шкідливих речовин в атмосферу та забезпечують нейтралізацію утворених шкідливих речовин;
- - експлуатувати обладнання, яке виділяє мінімальну кількість шкідливих речовин;
- - закрити невеликі котельні та підключити споживачів до ТЕЦ;
- - застосовувати антитоксичні присадки, перевести теплоенергетичні установки з твердого палива на газ.
- Способи очищення викидів в атмосферу від шкідливих речовин можна об'єднати в такі групи:
- — очищення викидів від пилу та аерозолів шкідливих речовин;
- — очищення викидів від газоподібних шкідливих речовин;
- — зниження забруднення атмосфери вихлопними газами від ДВЗ транспортних засобів та стаціонарних установок;
- — зниження забруднення атмосфери при транспортуванні, навантаженні і вивантаженні сипких вантажів.

Методи очищення викидів

Найбільш вживані методи очищення ВИКИДІВ

- Для очищення викидів від шкідливих речовин використовуються механічні, фізичні, хімічні, фізико-хімічні та комбіновані методи.
- **Механічні методи** базуються на використанні сил гравітації, сил інерції, відцентрових сил, принципів сепарації, дифузії, захоплювання тощо.
- **Фізичні методи** базуються на використанні електричних та електростатичних полів, охолодження, конденсації, кристалізації, поглинання.
- **У хімічних методах** використовуються реакції окиснення, нейтралізації, відновлення, каталізації, термоокиснення.
- **Фізико-хімічні методи** базуються на принципах сорбції (абсорбції, адсорбції, хемосорбції), коагуляції та флотації.
- **Гравітаційні пилоочисні камери** працюють за принципом зниження швидкості руху газів до рівня, коли пил та частинки рідини осідають під впливом сил ваги.

- **Гравітаційні пилоосаджувальні камери** - це порожнинна або з полицями коробка з листової сталі з бункером для збирання пилю.
- При зниженні висоти камери процес очищення поліпшується, тому порожнину камери розділяють полицями, котрі проєктуються під кутом або з можливістю регулювання. Гравітаційні пилоосаджувальні камери придатні для осадження частинок пилю діаметром понад 50 мкм. Гідравлічний опір гравітаційних камер лежить в межах 50-150 Па. Швидкість газу - 0,2-1,5 м/с. Камери забезпечують ступінь очищення не більше 50 %, тому їх використовують як попередній ступінь пиловловлювання.
- **Інерційні сепаратори** працюють на принципі різкої зміни напрямку потоку газів. У місцях зміни напрямку відбувається осідання твердих частинок забруднюючих речовин. Сепаратори дозволяють осаджувати частинки діаметром 25-30 мкм. Інерційні газоочисники мають продуктивність від 45 до 582 м³/год. До цього типу можна віднести і жалюзійні пиловловлювачі, які мають гідравлічний опір 100-400 Па, допускають температуру газу, що очищається, до 450 °С, швидкість на підході до решітки складає 15—25 м/с.

- **Циклонні сепаратори** працюють за принципом використання відцентрового ефекту. Практично використовуються такі типи циклонних сепараторів:
- - горизонтальні пиловловлювачі, що працюють за принципом надання газам вихороподібного кругового руху за допомогою вертушки з системою невідхилюваних лопатей;
- - вертикальні сепаратори, що працюють за принципом подавання газу зверху через горизонтально встановлену кільцеву крильчатку, яка надає газові обертового руху; тверді частинки осідають на дні, а очищений газ відводиться через центральну трубу;
- - вертикальні сепаратори з тангенціально розташованою вхідною частиною. У цьому сепараторі газ надходить збоку або знизу і набуває тангенціального руху, котрий виносить тверді частинки до стінок, а потім в пилозбирачі;
- - ротаційні струменеві пиловловлювачі є різновидом відцентрового циклонного сепаратора, в якому вихороподібність руху газу посилена тангенціальним повітряним потоком. У них пил накопичується в середині повітряного середовища і під дією гравітаційних сил падає на дно пилозбирача.

- **Апарати мокрого очищення** газів від пилу працюють за принципом промивання газів, їх застосовують на дільницях фарбування виробів, нанесення полімерних покриттів, в замкнених системах повітрокористування, вони очищають гази від дрібних механічних забруднень. Існує велика кількість апаратів мокрого очищення газів, зокрема водяні завіси, через які пропускаються потоки повітря.
- За **принципом роботи апарати мокрого очищення газів** поділяються на порожнинні і насадкові; барботажні та пінні; ударно-інерційні; відцентрові; динамічні та турбулентні промивачі.
- Порожнинні та насадкові апарати-скрубери працюють за принципом пропускання газів через потік розпиленої, розбризканої або стікаючої по насадках води. Швидкість потоку газів не перевищує 1—1,2 м/с, гідравлічний опір апаратів не перевищує 250 Па. Витрата води складає до 10 м³ на 1 м апарата. Найбільш повно скрубери видаляють частинки розміром більше 10 мкм.
- При роботі барботажних та пінних апаратів забруднені гази проходять через шар рідини або піни. Апарати мають значний гідравлічний опір (до 2000 Па). Вони дозволяють вловлювати частинки розміром до 2 мкм. Продуктивність апаратів від 2 до 45 тис. м³/год, швидкість проходження газів - до 2 м/с, ступінь очищення - до 99 %.

Апарати ударно-інерційного типу працюють за принципом інерційного осаджування механічних забруднень під час зміни напрямку газового потоку над поверхнею рідини. Найбільшого застосування набули статичні пиловловлювачі типу ПВМ, ротоклони та скрубери ударної дії. Продуктивність ударно-інерційних апаратів - 2500-90 000 м³/год, ступінь очищення - до 98 %, витрата води - 0,8-4 м³/год на 1000 м³ газу.

Відцентрові апарати мокрого очищення газів працюють за принципом завихрення газів спеціальними лопатками або тангенціальним підведенням газу з одночасним зрошенням з форсунок. Їх використовують для очищення димових газів з великим вмістом сірчаних газів, забезпечуючи ступінь очищення до 90 %. Використовуються також динамічні та турбулентні промивачі.

При роботі **електростатичних установок** очищувані гази пропускають через електростатичне поле високої напруги (до 50 кВ), створюване спеціальними електродами, де частинки набувають негативного заряду і притягуються до заземлених електродів. Для очищення електродів передбачена спеціальна механічна система. Електростатичний метод дозволяє вловлювати частинки розміром до 0,1 мкм. Початкові видатки на створення електростатичних фільтрів вищі, ніж для апаратів інших типів, однак експлуатаційні видатки нижчі - споживання енергії складає 0,3—0,6 кВт на 10 000 м³ газу.

- У **пористих фільтрах** забруднені гази пропускають через тканину, сукно, повсть, синтетичні матеріали (нітрон, лавсан, хлорин), металеві сітки, гравій тощо. Ці фільтри забезпечують високу якість очищення. Основний їхній недолік - зниження тиску газу після фільтрації, висока вартість експлуатації, часта заміна фільтрувальних елементів.
- Найбільш поширеними апаратами для очищення газів від механічних частинок є рукавні фільтри, основним елементом котрих є рукавоподібний мішок, натягнений на трубчасту раму. При проходженні газів через мішок пилові частинки залишаються на тканині. Видалення пилу з мішків здійснюється механічним витрушуванням, продуванням його в зворотному напрямку, очищенням - струменями повітря, використанням низькочастотних акустичних генераторів. Існують також зернисті фільтри, в тому числі з металокераміки, і тканинні рулонні фільтри, котрі забезпечують високу якість очищення. Однак їхнім недоліком є невисока пилоємність та швидке засмічування.
- У технологічних вентиляційних та енергетичних викидах на підприємствах найбільш часто зустрічаються діоксид сірки, оксиди азоту, оксиди та діоксиди вуглецю, мінеральні речовини від виробництва будівельних матеріалів, сполуки металів, феноли, синтетичні матеріали, лакофарбові матеріали тощо.

Методи очищення викидів від газоподібних речовин



...бо інакше нюхати квіти в протигазі...



Найбільш розповсюджені методи очищення викидів від газоподібних речовин

- Методи очищення викидів від газоподібних речовин за характером фізико-хімічних процесів з очищуваними середовищами поділяються таким чином:
- - промивання викидів розчинниками, що не сполучаються із забруднювачами (метод абсорбції);
- - промивання викидів розчинами, що вступають в хімічну взаємодію з забруднювачами (метод хемосорбції);
- - поглинання газоподібних забруднювачів твердими активними речовинами (метод адсорбції);
- - поглинання та використання каталізаторів;
- - термічна обробка викидів;
- - осаджування в електричних та магнітних полях;
- - виморожування.

- **Метод абсорбції** базується на розділенні газоповітряної суміші на складові шляхом поглинання шкідливих компонентів абсорбентом. Як абсорбенти вибирають рідини, здатні поглинати шкідливі домішки. Для видалення з викидів амоніаку, хлористого та фтористого водню використовується вода. Один кілограм води здатен розчинити сотні грамів хлористого водню та амоніаку. Сірчисті гази у воді розчиняються погано, тому витрата води у цьому випадку дуже велика. Для видалення з викидів ароматичних вуглеводнів, водяної пари та інших речовин застосовується сульфатна кислота. Для здійснення процесу очищення газових викидів методом абсорбції застосовуються плівкові, форсункові, трубчасті апарати – абсорбери.
- **Метод хемосорбції** базується на поглинанні газів та пари твердими поглиначами з утворенням хімічних сполук. Цей метод використовується при очищенні викидів через вентиляції гальванічних дільниць. При цьому розчинником для очищення викидів від хлористого водню є розчин їдкого натру. Цей метод використовується також для очищення викидів від оксидів азоту.

- **Метод адсорбції** базується на селективному вилученні з газових сумішей шкідливих домішок за допомогою твердих адсорбентів. Найбільш широко як адсорбенти застосовують активоване вугілля, іонообмінні смоли та ін.
- **Каталітичний метод** базується на перетворенні токсичних компонентів викидів у менш токсичні або нешкідливі за рахунок використання каталізаторів.
- В ролі каталізаторів використовують платину, метали платинового ряду, оксиди міді, діоксид марганцю, п'ятиокис ванадію тощо. Каталітичний метод використовується для очищення викидів від окису вуглецю за рахунок його окиснення до CO_2 .
- **Термічний метод** базується на допалюванні та термічній нейтралізації шкідливих речовин у викидах. Цей метод використовується тоді, коли шкідливі домішки у викидах піддаються спаленню. Термічний метод ефективний у випадку очищення викидів від лакофарбових та просочувальних матеріалів. Системи термічного та вогневого знешкодження забезпечують ефективність очищення до 99 %.

Послідовність вибору очисних пристроїв

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

Загальні рекомендації по вибору засобів очищення викидів

- При виборі засобів очищення викидів в атмосферу слід керуватися такими рекомендаціями:
- - сухі механічні способи та пристрої не ефективні при видаленні дрібнодисперсного та липкого пилу;
- - мокрі методи не ефективні при очищенні викидів, в котрих містяться речовини, що погано злипаються і утворюють грудки;
- - електроосаджувачі не ефективні у випадку видалення забруднень з низьким питомим опором і які погано заряджаються електрикою;
- - рукавні фільтри не ефективні для очищення викидів з липкими та зволоженими забрудненнями;
- - мокрі скрубери не можна застосовувати для роботи поза приміщеннями в зимових умовах.

Утилізація відходів



- **Організаційні заходи** зводяться до попередження скидання стічних вод у водойми без їх очищення.
- **Технічні заходи** передбачають очищення стічних вод різними методами, повторне використання стічних вод для технічних потреб та поливу, створення оборотних та замкнених систем водокористування, вдосконалення технологічних процесів зі зменшення надходження забруднень у стоки,
 - перехід на безвідходні технології, зменшення забруднення територій нафтопродуктами, котрі зі зливними стоками можуть потрапляти до водойм.
- **Схеми очищення стічних вод на підприємствах :**
 - - очищення стічних вод на заводських очисних спорудах;
 - - очищення стічних вод після їхнього забруднення на заводських, а потім на міських очисних спорудах з подальшим спуском у водойми;
 - - безперервне очищення промислових вод та розчинів на локальних очисних спорудах протягом певного часу, після чого вони передаються на регенерацію, після регенерації повертаються в оборот та лише після з'ясування неможливості регенерації, усереднюються і передаються на заводські очисні споруди та утилізуються.

Способи очищення забруднених промислових вод :

- механічні,
- фізичні,
- фізико-механічні,
- хімічні,
- фізико-хімічні,
- біологічні,
- комплексні.

Механічні способи очищення

- Для очищення стоків від твердих та масляних забруднень залежно від виду і кількості забруднень та необхідного ступеня очищення застосовують перелічені методи:
- - подрібнення великих за розміром забруднень у менші за допомогою механічних пристроїв;
- - відстоювання забруднень зі стоків за допомогою нафтовловлювачів, пісковловлювачів та інших відстійників;
- - розділення води та забруднювачів за допомогою центрифуг та гідроциклонів;
- - усереднення стоків чистою водою з метою зниження концентрації шкідливих речовин та домішок до рівня, при якому стоки можна скидати у водойми або в каналізацію;
- - вилучення механічних домішок за допомогою елеваторів, решіток, скребків та інших пристроїв;
- - освітлення води шляхом пропускання її через пісок або пристрої, наповнені композиціями, здатними поглинати завислі частинки.

Фізико-механічні способи очищення СТОКІВ



Фізико-механічні способи очищення стоків

Вони базуються на флотації, мембранних методах очищення, азеотропній відгонці.

Флотація — процес молекулярного прилипання частинок забруднень до поверхні розподілу двох фаз (вода — повітря, вода — тверда речовина). Процес очищення від СПАР, нафтопродуктів, волокнистих матеріалів флотацією полягає в утворенні системи "частинки забруднень - бульбашки повітря", що спливає на поверхню та утилізується. За принципом дії флотаційні установки класифікуються таким чином:

- флотація з механічним диспергуванням повітря;
- флотація з подачею повітря через поруваті матеріали;
- електрофлотація;
- біологічна флотація.

Зворотний осмос (гіперфільтрація) — процес фільтрування стічних вод через напівпроникні мембрани під тиском. При концентрації солей 2—5 г/л повинен бути тиск до 1 МПа, а при 10-30 г/л — близько 10 МПа.

Ультрафільтрація — мембранний процес відокремлення розчинів, осмотичний тиск котрих малий. Застосовується для очищення стічних вод від високомолекулярних речовин, завислих частинок та колоїдів.

Водонапірні вежі з міцного залізобетону забезпечували тиск у водогонях міста Ель-Кувейт і зберігали воду. Колись найвища з башт в своїх двох кулях містила мільон галонів води (4,5 тис. м³) і забезпечувала нею всі сусідні райони. Зараз башта як водонапірна не використовується.



- **Електродіаліз** — процес сепарації іонів солей в мембранному апараті, котрий здійснюється під впливом постійного електричного струму. Електродіаліз застосовується для демінералізації стічних вод. Основним обладнанням є електродіалізатори, що складаються з катіонітових та аніонітових мембран.
- **Хімічне очищення** використовується як самостійний метод або як попередній перед фізико-хімічним та біологічним очищенням. Його використовують для зниження корозійної активності стічних вод, видалення з них важких металів, очищення стоків гальванічних ділень, окиснення сірководню та органічних речовин, для дезінфекції води та її знебарвлення.
- **Нейтралізація** застосовується для очищення стоків гальванічних, травильних та інших виробництв, де застосовуються кислоти та луги. Нейтралізація здійснюється шляхом змішування кислих стічних вод з лугами, додаванням до стічних вод реагентів (вапно, карбонати кальцію та магнію, амоніак тощо) або фільтруванням через нейтралізуючі матеріали (вапно, доломіт, магнезит, крейда тощо). Окиснення застосовують для знезараження стічних вод від токсичних домішок (мідь, цинк, сірководень, сульфід), а також органічних сполук. Окисниками є хлор, озон, кисень, гіпохлорид кальцію тощо.

Фізико-хімічні методи

- **Коагуляція** — процес об'єднання дрібних частинок забруднювачів в більші за допомогою коагулянтів. Для позитивно заряджених частинок коагулюючими іонами є аніони, а для негативно заряджених - катіони. Коагулянтами є вапняне молоко, солі алюмінію, заліза, магнію, цинку, сульфат кальцію, вуглекислий газ тощо. Коагулювальна здатність солей тривалентних металів в десятки разів вища, ніж двовалентних і в тисячу разів вища, ніж одновалентних.
- **Флокуляція** — процес агрегації дрібних частинок забруднювачів у воді за рахунок утворення містків між ними та молекулами флокулянтів. Флокулянтами є активна кремнієва кислота, етери, крохмаль, целюлоза, синтетичні органічні полімери (поліакриламід, поліоксиетилен, поліакрилати, поліетиленаміни тощо).
- Для освітлення води одночасно використовуються коагулянти та флокулянти, наприклад, сульфат алюмінію та поліакриламід ППА. Коагуляція та флокуляція здійснюються у спеціальних ємностях та камерах.

- При очищенні води використовується і **електрокоагуляція** — процес укрупнення частинок забруднювачів під дією постійного електричного струму.
- **Сорбція** — процес поглинання забруднень твердими та рідкими сорбентами (активованим вугіллям, золою, дрібним коксом, торфом, селікагелем, активною глиною тощо). Адсорбційні властивості сорбентів залежать від структури пор, їхніх розмірів, розподілу за розмірами, природи утворення. Активність сорбентів характеризується кількістю забруднень, що поглинаються на одиницю об'єму або маси ($\text{кг}/\text{м}^3$). Пристрої для вилучення забруднень зі стічних вод або розчинів за цим методом виготовляють у вигляді фільтрів.
- При адсорбції поглинання забруднювачів відбувається тільки поверхнею адсорбента за рахунок молекулярних сил двох тіл, що взаємодіють.
- При **хемосорбції** поглинання забруднювачів сорбентом відбувається з утворенням на поверхні розподілу нового компонента або фази. Вибір сорбента визначається характером та властивостями забруднень. Процес очищення стоків різними видами сорбентів здійснюється в спеціальних колонах, заповнених сорбентами.

- **Екстракція** - вилучення зі стічних вод цінних речовин екстрагентами, які повинні мати такі **властивості**:
- високу екстрагувальну здатність,
- селективність,
- низьку розчинність у воді,
- невелику питому теплоту випаровування,
- малу теплоємність,
- бути вибухобезпечними та нетоксичними, мати невелику вартість.
- Екстрагування речовин зі стічних вод здійснюється **одним з методів**: перехресно потоковим, ступінчасто протипотоковим, неперервно протипотоковим. Зокрема, цей спосіб використовують для вилучення фенолу.
- **Іонний обмін** базується на вилученні зі стічних вод цінних домішок хрому, цинку, міді, ПАР за рахунок обміну іонами між домішками та іонами (іонообмінними смолами) на поверхні розподілу фаз "розчин - смола". За знаком заряду іоніти поділяються на катіоніти та аніоніти, котрі мають відповідно кислі та лужні властивості. Іоніти можуть бути природними та синтетичними. Практично застосовуються природні іоніти типу алюмосилікатів, гідроксидів та солей багатовалентних металів, іоніти з вугілля та целюлози та різноманітні синтетичні іонообмінні смоли. Основною властивістю іонітів є їхня обмінна ємність (кількість грам-еквівалентів цінних речовин у стічній воді, що поглинається іонітом до повного насичення).

Біологічні аспекти очищення стічних вод

- Після механічних, хімічних та фізико-хімічних методів очищення у стічних водах можуть знаходитись різноманітні віруси та бактерії (дизентерійні бактерії, холерний вібріон, збудники черевного тифу, вірус поліомієліту, вірус гепатиту, цитопатогенний вірус, аденовірус, віруси, що викликають захворювання очей і т.і.). Тому з метою запобігання захворюванням стічні води перед повторним використанням для побутових потреб підлягають біологічному очищенню.
- **Стерилізація води** здійснюється шляхом нагрівання, хлорування, озонування, обробки ультрафіолетовими променями, біообробки, електролітичному обробленні сріблом, коли анодом є срібний електрод, а катодом - вугілля. Іони срібла мають бактерицидну дію. Для стерилізації 20 м³ потрібно розчинити з анода 1 г срібла.

Утилізація рідких та твердих відходів

Це – вода, джерело життя!



Допливли...



Утилізація твердих відходів

- У хімічній промисловості і суміжних галузях утворюється значна кількість твердих відходів, що скорочують земельний фонд і отруюють ґрунт. Важливою умовою охорони ґрунту є суворе дотримання науково обґрунтованих методик внесення добрив і обробки рослин отрутохімікатами.
- Одним із самих багатотоннажних відходів хімічної промисловості є піритний недогарок, що утворюється у виробництві сульфатної кислоти. На заводах накопичено близько 40 млн. т піритних недогарків, причому щорічно додається 7 млн. т. Недогарок складається з оксидів заліза, сульфатів і оксидів інших металів, кварцу, алюмосилікатів і неокисненого FeS_2 . У недогарку міститься близько 58% Fe, до 2% Cu, невеликі кількості срібла, золота й інших цінних компонентів. Піритні недогарки можуть бути використані в цементній промисловості і виробництві скла. Найбільш перспективною є комплексна переробка недогарків з високим вмістом Cu, Zn, Pb, Ag і S шляхом випалу, що дозволяє вилучити і використувувати цінні компоненти цього відходу. Після вилучення цінних металів хлорним випалюванням, недогарок являє собою сировину для одержання заліза. Як хлорувальний агент можна застосувати відходи виробництва соди - розчин хлориду кальцію. Недогарок змішують і гранулюють з цим розчином, і отримані гранули обпалюють при 1500 К. При цьому відбувається сублімація кольорових металів і утворення міцних гранул, що є сировиною для доменного виробництва чавуна.

- Значна кількість твердих відходів утвориться у виробництві калійних добрив із сильвініту (KCl+NaCl). На 1 т хлориду калію утворюється 1,8-2,6 т так званих галітових відходів - хлориду натрію з домішками KCl та інших солей. Складування галітових відходів займає великі площі сільськогосподарських угідь і веде до засолення ґрунту, підвищення вмісту мінеральних солей у підземних водах. Галітові відходи можна переробляти на поварену сіль.
- У виробництві фосфорних добрив при збагаченні фосфорної сировини флотацією утворюється велика кількість хвостів збагачення - 1,7-2 т на 1 т фосфору. Комплексна переробка цих відходів необхідна з екологічної точки зору та з метою одержання кольорових і рідкісних металів (Al, Ti, V, Ga), а також цінних неметалічних продуктів - соди, поташу, цементу і т.і.
- Інший із найбільш багатотонажних відходів хімічної промисловості - це фосфогіпс, що скидається підприємствами, які виробляють фосфорну кислоту і фосфорні добрива.

- Значні кількості твердих відходів скидають підприємства азотної промисловості, виробництва високополімерних матеріалів і багато інших хімічних виробництв. Відходи хімічної промисловості все в більшому ступені утилізують як вторинну сировину. Однак цілий ряд хімічних заводів, побудованих без урахування вимог екології, до переводу їх на замкнений виробничий цикл, ще тривалий час будуть нарощувати потужності і скидати зростаючу кількість твердих відходів. Необхідно в короткий термін цілком утилізувати відходи, доводячи їх до товарної продукції, або застосовувати як вторинну сировину. Неутілізовані тверді відходи необхідно знешкоджувати і піддавати похованню. Орні і лісові ділянки ґрунту, зайняті раніше твердими промисловими відходами, варто піддавати рекультивації, тобто відновленню природних ландшафтів. Для збереження літосфери необхідно постійно робити рекультивацію земель навколо промислових підприємств, а також при розкритті земної поверхні з метою видобутку корисних копалин, при прокладанні газо- і нафтопроводів та ін.

- Існують такі методи знешкодження і поховання твердих промислових відходів:
- 1) біологічне окиснення в умовах, що моделюють природні;
- 2) термічна обробка;
- 3) складування відходів на поверхні землі;
- 4) поховання особливо шкідливих відходів на ділянках, що не мають господарського значення - яри, кар'єри, шурфи, траншеї.
- **Біологічне окиснення** застосовується для знешкодження твердих відходів, у тому числі осадів, що утворюються в системах біологічного очищення.
- **Термічна обробка** - найбільш надійний спосіб знешкодження й утилізації твердих відходів.

Термічна обробка

- **Термічна обробка** - найбільш надійний спосіб знешкодження й утилізації твердих відходів. Спалювання здійснюють у високотемпературних хімічних реакторах - печах, що забезпечують:
 - 1) ретельне перемішування для збільшення поверхні контакту фаз і прискорення дифузії кисню для максимального окиснення органічної частини відходів;
 - 2) високу температуру, достатню для повного знешкодження токсичної частини відходів.
- Застосовуються найчастіше барабанні і камерні печі, а також циклонні і киплячим шаром твердого металу. У барабанних печах відходи проходять підсушування, підготовку до спалювання, запалення, горіння, догорання. У зоні підсушування застосовують димові гази з температурою 800 – 1000⁰ С. У зоні підготовки відбувається частковий відгін летких органічних продуктів; температура смоли, що утворюється, досягає 300 С - температури запалення окремих складових відходів. Горіння твердої маси починається при 600⁰С. Температуру в зоні горіння підтримують у межах 1100 - 1500 °С. Найбільше повно й інтенсивно відбувається спалювання в циклонних печах завдяки енергійному перемішуванню твердого матеріалу з повітрям.

- Досить перспективна термічна обробка твердих відходів **методом піролізу** - продукти піролізу можуть служити енергетичним паливом, а також сировиною для органічного синтезу. Піроліз проводять у вертикальних циліндричних печах. Нагрівання забезпечують за допомогою електричної дуги, струмів високої частоти або застосуванням твердих теплоносіїв - розплавів солей, продуктів піролізу твердого палива та ін. Піроліз ведуть при 300-900 °С залежної від необхідного складу газоподібних продуктів. Склад газів залежить від складу відходів, що переробляються, і вмісту кисню в зоні піролізу. Для попередження утворення сажі і токсичних продуктів у реакційну зону вводять водяну пару. Твердий залишок піролізу утилізують як наповнювач для пластичних мас і гум, як сорбент.
- Тверді відходи переробляють також під **високим тиском**, під дією якого утворюються спресовані спечені матеріали, які може використовувати промисловість будівельних матеріалів - таким методом обробляють відходи деревини, відвали золи, відходи збагачення мінеральної сировини.

- **Поховання твердих відходів** у поверхневих сховищах - найбільш розповсюджений спосіб їх знешкодження, який однак веде до відчуження великих ділянок землі та забруднення поверхневих і підземних вод. Основний тип поверхневих сховищ - шламонакопичувачі, що будують за каскадним принципом. Шламосховища включають чашу, береги, греблю і дренажну систему, що захищає ґрунти під спорудженням від фільтраційних деформацій. Поховання промислових токсичних відходів на ділянках, що не мають господарського значення, проводять після їх стабілізації обробкою в'язучими або цементуючими речовинами - рідким склом, цементними розчинами, бітумами. Отримані блоки закладають у кар'єри, шпари, шурфи й інші природні або штучні заглиблення в поверхневих шарах землі. Такий прийом застосовують для відходів, що містять сполуки ртуті, миш'яку, ціанідів, слабо радіоактивних відходів.
- Усі способи консервації і поховання твердих відходів аж ніяк не безпечні, ведуть до відчуження родючих земель і пов'язані зі значними витратами. Такі прийоми надалі недоцільні і повинні замінятися повною утилізацією твердих відходів, у першу чергу як вторинну сировину.

Технологічна схема рекуперації відходів

- Вибір шляхів удосконалення процесів охорони навколишнього середовища в кожній виробничій системі залежить від економічної обґрунтованості технічних рішень, а також від природних особливостей конкретного регіону. Наприклад, у південних регіонах нашої країни, у яких розташована велика кількість хімічних підприємств, існує гострий дефіцит водних ресурсів. У таких умовах першочерговою задачею є впровадження водооборотних циклів. Ряд старих хімічних підприємств, розташованих часто в межах міської забудови, мають гостру потребу в скороченні викидів летких компонентів, зокрема пари органічних розчинників. При впровадженні адсорбційної рекуперації розчинників не тільки запобігається викид в атмосферу токсичних компонентів, але і повертається значна їхня частина в основне виробництво. Таким чином, шляхи і методи поступового створення маловідхідних, а потім і безвідхідних виробництв на діючих підприємствах ґрунтуються, насамперед, на специфіці цих виробництв.
- Для нових споруджуваних підприємств організація безвідходних технологічних процесів повинна бути закладена на пошуковій і передпроектній стадії, потім конкретизована при проектуванні і реалізована в ході будівельно-монтажних робіт.

- Як наочний приклад наведем структуру комбінату безвідхідного виробництва і зазначимо, що агресивні пило-газові, рідкі і тверді відходи промислових підприємств за допомогою спеціальних засобів їхнього забору, перемішування і переміщення мають бути нейтралізовані в підземному реакторі, сполученому із системою промислової каналізації.
- Пило-газові викиди направляються в реактор за рахунок розрядження, створюваного потужною вентиляційною установкою. У скруберах і самому реакторі гарячі пило-газові викиди проходять через завісу з слабколужного оборотного розчину, що розприскується за допомогою системи розпилення (зрошувачів), який розчиняє в собі хімічно активні газові компоненти, а також насичує гази водяною паром і осаджує пил. Багатокомпонентна газова суміш, що надходить у реактор, містить (у порівнянні з повітрям) знижену кількість O_2 і підвищену CO_2 . Ця суміш охолоджується розчином і по плоскому наземному газоводу надходить на біологічну обробку, по шляху обігриваючи тепличне господарство. Біологічна обробка газів може бути сполучена з виробництвом біомас.

- **Агресивні промислові стоки** надходять у реактор і змішуються зі стікаючим потоком оборотного розчину, поповнюючи його зменшення через упарювання і втрати з осадом. Основна маса твердих відходів (різні шлаки) транспортуються до наземних пристроїв реактора - нейтралізаторів, де лужні шлаки промиваються поданим наверх і просвітленим у відстійнику оборотним розчином. Після промивання шлаків розчин відстоюється і знову подається на зрошення.
- Визначена частина твердих відходів (пил, шлам) подається на знешкодження в реактор, минаючи нейтралізатор.
- **Промислові стоки, забруднені нерозчинними речовинами**, минаючи реактор, подаються в загальний відстійник, де звільняються від суспензій і знову направляються в систему водообороту.
- **Горючі відходи** йдуть на спалювання в піч, а недогарки - на комплексну переробку твердих продуктів, газ - у реактор, тепло - утилізується.
- **Побутові стічні води** піддаються попередньому знешкодженню, а потім природній обробці в ставках, де доводяться до стану, близького до природного. Вода використовується для технічного водопостачання і йде на зрошення. У результаті всі промислові і побутові стічні води замикаються в загальній системі водокористування. Їхнє скидання в природні водойми ліквідується.

- Тверді речовини - осад з реактора, виробниче та побутове сміття, шлаки, недогарки, органічні залишки від біологічного очищення побутових і промислових стічних вод надходять у блок цехів для комплексної переробки - у добриво, будматеріали і різні види сировини. Такий комбінат безвідхідного виробництва у визначеній мірі моделює використання природних ресурсів та біогеохімічні системи, що розвилися на Землі.



БМВ: Вода...



Висновки

- 1. Всі відомі технологічні процеси хімічного виробництва супроводжуються утворенням значної кількості відходів у вигляді шкідливих газів та пилу, шлаків, шламів, стічних вод, що містять різні хімічні компоненти, які забруднюють атмосферу, воду та поверхню землі.
- 2. Для знешкодження відходів хімічної промисловості використовують механічні, фізичні, хімічні, фізико-хімічні та комбіновані методи. Механічні методи використовують переважно для знешкодження паро- та газоподібних відходів, вони базуються на використанні сил гравітації, сил інерції, відцентрових сил, принципів сепарації, дифузії, захоплювання. Ці методи використовують для вилучення пилу з газових відходів у коксохімічному виробництві, виробництві будматеріалів. Фізичні та хімічні методи, що в більшості випадків використовують для утилізації рідких відходів, базуються на використанні електричних та електростатичних полів, охолодження, конденсації, кристалізації, поглинання. У хімічних методах використовують реакції окиснення, нейтралізації, відновлення, каталітичної конверсії, термоокиснення з метою утилізації відходів у виробництві мінеральних солей та добрив, неорганічних кислот.

Все буде Україна!

