

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Белянська О.Р.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «Технології очистки та утилізації промислових стоків та викидів»

Для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 161 - «Хімічні технології та інженерія», 162 - «Біотехнології та біоінженерія»

(Частина II)

Затверджено редакційно-видавничою секцією науково-методичної ради ДДТУ 2022р, протокол №____

Кам`янське

2022

Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу Дніпровського державного технічного університету заборонено.

Конспект лекцій з дисципліни «Технології очистки та утилізації промислових стоків та викидів» (Частина II) для здобувачів спеціальності 161 - «Хімічні технології та інженерія», 162 - «Біотехнології та біоінженерія», Укладач: Белянська О.Р. - Кам'янське: ДДТУ, 2022. - 82 стор.

Укладач: к.т.н., доцент Белянська О.Р.

Відповідальний за випуск: Керівник секції. ХТНР кафедри ХБТ, д.т.н., професор Іванченко А.В.

Рецензент: к.т.н., доцент Похвалітий А.А.

Затверджено на засіданні секції. ХТНР кафедри ХБТ (протокол № від _____ 2022р.)

Коротка анотація видання. В конспекті лекцій викладено зміст предмету, практичні основи техніки та технології очищення промислових та побутових стічних вод. Розглянуто устрій апаратів та технологічні схеми установок для очистки стічних вод фізико-хімічними, хімічними та біохімічними методами. Розглянуто джерела утворення твердих відходів, методи, устаткування та споруди для їх зберігання, знезараження та утилізації. Охарактеризовано основні способи переробки твердих відходів та проаналізовано основні напрямки зменшення негативного впливу на довкілля при виробництві неорганічних речовин.

Вступ	
Тема 7 ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	
7.1 Властивості та класифікація вод	
7.2 Видалення зважених частинок зі стічних вод.....	
7.2.1 Проціджування, прояснення та відстоювання.....	
7.2.2 Фільтрування.....	
7.2.3 Центрифугування і віджимання	
7.3 Фізико-хімічні методи очищення стічних вод.....	
7.3.1 Коагуляція і флокуляція.....	
7.3.2 Флотація	
7.3.3 Адсорбція	
7.3.4 Йонний обмін	
7.4 Хімічні методи очищення стічних вод	
7.4.1 Нейтралізація	
7.4.2 Окислення та відновлення	
7.4.3 Видалення йонів важких металів	
7.5. Термічні методи очищення СВ.....	
Тема 8 БІОХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД	
8.1 Основні показники.....	
8.2 Закономірності розпаду органічних речовин.....	
8.3 Очистка СВ в природних і штучних умовах.....	
8.4 Обробка осадів	
8.5 Рекуперація та утилізація активного мулу.....	
Тема 9 ОБОРОТНІ Й ЗАМКНУТІ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ	
Тема 10 ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ	
10.1 Механічна та механотермічна переробка	
10.2 Збагачування.....	
10.3 Термічна обробка	
10.4 Ліквідація промислових твердих відходів.....	
10.5 Переробка відходів неорганічних виробництв	
10.6 Переробка відходів коксохімії.....	
Тема 11 ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВ ФОСФОРНИХ	
ДОБРІВ.....	
Тема 12 ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО	
ВПЛИВУ ВИРОБНИЦТВ ТНР НА ДОВКІЛЛЯ	
12.1 Основні напрямки раціонального використання природних ресурсів та	
охорони довкілля	
12.2 Створення маловідходних, безвідходних та безстічних виробництв	
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ	

ВСТУП

Інтенсивний розвиток промислових методів життєдіяльності сучасного людства спричиняє інтенсивний ріст споживання води як питної, так і технічної. Відповідно збільшується кількість забруднених різними домішками стічних вод. Скидання цих вод у водойми (навіть після очищення) веде до їх незворотного забруднення, тобто до погіршення стану довкілля. Через це, при здавалося б невичерпних запасах води на Землі, постійно відчувається нестача прісної води, особливо гостро - питної.

Ця проблема не оминула й Україну, де в багатьох регіонах відчувається нестача якісної питної води. Такий стан спричинило скидання протягом багатьох десятиліть недостатньо очищених або й взагалі неочищених стічних вод промислових підприємств, гірничодобувних комплексів, комунальних господарств великих міст.

Яскравим прикладом такої проблеми є Придніпров'я, переважна кількість населення в якому проживає на берегах р. Дніпра й споживає воду із нього. Але, на відміну від людей, котрі проживали тут ще 100 років назад, ми змушені витратити багато різноманітних зусиль на очистку води і не завжди досягаємо необхідного якісного рівня. В той же час такі промислові підприємства як ВАТ "ДніпроАЗОТ" продовжують скидати неочищені промислові стічні води в р.Дніпро.

Продовжують щорічно зростати обсяги твердих відходів як промислових, сільськогосподарських, так і побутових. В промисловості це пов'язане зі збідненням природної сировини, недосконалістю технологій виробництва, практично декларативності комплексного використання сировини, а в побуті - із широким впровадженням полімерних та інших матеріалів, які не піддаються природному розкладенню, відсутністю системи комплексної утилізації побутових відходів (можливо через недостатню екологічну культуру населення).

Наразі Україна має досить досконале продоохоронне законодавство, великий обсяг теоретичних та практичних розробок щодо захисту водних об'єктів від забруднень, раціонального використання ресурсів прісної води, очищення забруднених стічних вод, створення безвідходних виробництв та утилізації твердих відходів. Але в нестабільних умовах перехідної економіки, за недостатнього усвідомлення негативних наслідків забруднення довкілля значною частиною наших громадян, впровадження згаданих розробок здійснюється вкрай повільно.

Тому ефективність очищення стічних вод, раціональне використання питної та технічної води, скорочення кількості твердих відходів та їх утилізація є одним із основних завдань як в промисловості, так і сільському господарстві, транспорті, комунальному господарстві та інших сферах діяльності людини.

Тема 7

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

7.1 Властивості та класифікація вод

Вода відіграє істотну роль в життєво-важливих процесах, в т.ч. в біологічних процесах забезпечення життя людини. Вона є найпоширенішою речовиною в природі. З неї складається гідросфера. В значній кількості вода знаходиться в зв'язаному стані в мінералах, ґрунті, гірських породах.

У техніці воду використовують як розчинник, холодоагент, сировину, джерело енергії, транспортний засіб. В сільському господарстві - для живлення рослин і тварин.

Фізичні властивості води.

Основні властивості відомі всім (тпл, ткип.). Молекула води теоретично може мати 42 ізотопних різновиди (7 стійких). Звичайна вода H_2O в природі становить 99,73 %. Багато фізичних властивостей води є аномальними, що може пояснюватись властивостями елементів, які утворюють її молекулу.

У молекулі води кут між зв'язками 105°

Завдяки великому дипольному моменту (1,8 Д) молекули води сильно взаємодіють між собою і з молекулами інших речовин полярного характеру (спирти, кислоти, інші сполуки з атомами O, N, S, F, Cl). Виявляючи водневий зв'язок молекули води прагнуть скласти кут O-H-O 180° . При нагріванні середня довжина водневих зв'язків збільшується, що призводить до зменшення густини. У газоподібному стані асоціати становлять лише 1 %.

У воді розчинні дуже багато неорганічних солей, які утворюють розчини електролітів. З органічних речовин - лише ті, які мають полярні (гідрофільні) групи - спирти, аміни, цукри, органічні кислоти.

Ультрафіолетові (УФ) промені легко проникають через воду, а інфрачервоні (ІЧ) - погано.

Чинники погіршення якості води . Якість води гіршає внаслідок антропогенного впливу. При цьому відбувається:

1. Зниження рН прісних вод під впливом кислотних дощів, в зв'язку з підвищенням вмісту сульфатів і нітратів.
2. Збільшення вмісту іонів Ca, Mg, Si в прісних водах за рахунок вимивання і розчинення карбонатних, силікатних і інших порід.
3. Збільшення вмісту у водах важких металів, фосфатів, нітратів, нітритів і інш.
4. Підвищення вмісту солей у водах за рахунок змивання твердих відходів, попадання забруднених стічних вод та з атмосферними опадами (для рік до 50 мг/дм щорічно додатково).
5. Збільшення вмісту органіки (пестициди, синтетичні миючі засоби (СМЗ), серед них ряд канцерогенних і мутагенних речовин);
6. Зниження концентрації кисню у водоймищах в зв'язку зі збільшенням витрати його на окислювальні процеси: при обмеженому надходженні кисню з повітря у водоймищі розвивається процеси відновлення сульфатів в сірководень;
7. Зниження прозорості води веде до розмноження вірусів і бактерій, в тому числі хвороботворних;
8. Існує небезпека забруднення води радіонуклідами;

Якість води, що використовується для питних, технічних або поливних цілей, визначається конкретними умовами її застосування.

Технічна вода може бути енергетичною, охолоджувальною, технологічною.

Ресурси води великі($(1464,4826 \cdot 10^{15} \text{ т})$ [1], але на 97,5 % вони складаються з солоної води, в світовому океані $(1338 - 1386) \cdot 10^{15} \text{ т}$.

Прісна вода розподілена на Землі дуже нерівномірно, переважно це льодовики, підземні води, що знаходяться у важкодоступних місцях.

Вода в природі знаходиться в постійному русі та безперервному процесі обміну між складовими частинами гідросфери - колообіг води, в результаті чого здійснюється її фільтрація та значне очищення.

Запаси прісної води в Україні оцінюються як невеликі - 95 млрд.м (0,0003 % світових запасів) [1].

Приблизно половина вод споживається безповоротно, інша повертається як стічні води.

Води за вмістом солей діляться на:

- прісні (вміст < 1 г/дм);
- солоноваті (1-10 г/дм);
- солоні (10-50 г/дм);
- розсоли (>50 г/дм).

Прісні води поділяються на води:

- малої мінералізованості (<200 мг/дм);
- середньої мінералізованості (200 - 500 мг/дм);
- підвищеної мінералізованості (500-1000 мг/дм).

За переважаючим аніоном води діляться на хлоридні, сульфатні, гідрокарбонатні.

Жорсткість води зумовлена наявністю в ній солей Ca^{2+} і Mg^{2+} і виражається їх концентрацією в ммоль-екв/дм³.

Розрізняють загальну, карбонатну і некарбонатну жорсткість.

Загальна є сумою карбонатної та некарбонатної жорсткості. Карбонатна пов'язана з присутністю у воді бікарбонатів Ca і Mg. Некарбонатна жорсткість залежить від присутності сульфатів, хлоридів, нітратів Ca і Mg.

Раціональне використання водних ресурсів Якщо в кам'яному віці середньодобове споживання води людиною становило 10 л, то в XX сторіччі - 200 л (в США понад 7000л) [1]. Це вода, яка використовується в побуті сільському господарстві та промисловості. На жаль вона витрачається в надлишкових кількостях через недосконалість технологій, аварійний стан комунікацій, обмежене використання "сухих" технологій, консервативне мислення людей.

Класифікація стічних вод - промислові, побутові, атмосферні.

Промислові стічні води поділяють на три основні групи:

- утворювані внаслідок використання чи отримання безпосередньо в технологічних процесах виробництва;

- від допоміжних процесів та операцій під час поверхневого охолодження технологічної та енергетичної апаратури;
- від допоміжних цехів і цехів обслуговування. За типом забруднень:
- переважно мінеральними домішками;
- переважно органічними домішками;
- мінеральними та органічними домішками. За ступенем мінералізації:
- мінералізація до 3 кг/м³;
- мінералізація від 3 до 15 кг/м ;
- мінералізація понад 15 кг/м.
- За вмістом органічних домішок:
- перша категорія - до 500 мг/дм;
- друга категорія - 500 - 5000 мг/дм;
- третя категорія - 5000 - 30000 мг/дм;
- четверта категорія - понад 30000 мг/дм . За ступенем агресивності:
- неагресивні - рН = 6,5 - 8,0;
- слабкоагресивні - рН = 6,0 - 6,5 та 8,0 - 9,0;
- сильноагресивні - рН < 6,0 та >9,0;

Норма водоспоживання - доцільний об'єм води, необхідний для виробничого процесу і встановлений (або рекомендований) на підставі досвіду чи науково обґрунтованого розрахунку.

Норма водовідведення - встановлений середній об'єм стічних вод, які виводяться від підприємства у водойми, за доцільної норми водоспоживання.

Технологічна і стічна вода

Якість води, що використовується для технологічних процесів, звичайно вище, ніж води в оборотних системах.

Під якістю води розуміють сукупність фізичних, хімічних, біологічних показників, які обумовлюють її придатність для промислового виробництва.

Основні вимоги до води, що йде на різні цілі, можуть істотно розрізняватися, наприклад, за жорсткістю, рН, окислюємістю й інш. У виробництві утворюються різні стічні води (СВ).

СВ - це вода, що пройшла через якусь забруднену територію, це також вода, вживана в побуті, виробництві або сільському господарстві. У залежності від умов освіти СВ діляться на:

- побутові стічні води (ПСВ)
- атмосферні стічні води (АСВ)
- виробничі стічні води (ВСВ).

Комітетом Всесвітньої організації здоров'я (ВОЗ) рекомендована наступна класифікація хімічних забруднювачів води:

- біологічні нестійкі органічні сполуки,
- малотоксичні неорганічні солі,
- нафтопродукти,
- специфічні токсиканти (важкі метали, стійкі синтетичні реагенти). СВ

класифікують за ступенем дисперсності нерозчинних домішок - колоїдні, дрібно - і грубо дисперсні.

Для створення замкнених систем водопостачання СВ очищають механічними та механохімічними, хімічними та фізико-хімічними, біологічними, а також термічними методами (Рис.7.2).

Методи очищення поділяються на рекуперативні і деструктивні. У I випадку забруднювачі витягують і повертають на переробку, у II випадку руйнують і видаляють із води. Застосовують також захоронення видалених забруднень в глибинні свердловини, шахти або в моря.

Очищення СВ здійснюють на очисних установках, спорудах і станціях. За місцем розташування розрізняють локальні (цехові) очисні споруди (установки); заводські або загальнозаводські очисні споруди (станції); районні або міські очисні споруди (станції).

Локальні розміщують безпосередньо на виробництві (в цеху) або поблизу. Вони призначені для вилучення переважно рекуперативними методами цінних компонентів, зменшення концентрації забруднень до рівня можливості повернення у виробничий цикл або скидання в каналізаційний колектор.



Рисунок 7.2- Класифікація методів очищення промислових стічних вод

Заводські здійснюють очищення всіх СВ підприємства перед їх передаванням до районних чи міських станцій біохімічного очищення.

Міські очисні станції або об'єднані очисні споруди кількох підприємств очищують СВ до рівнів можливих для скидання вод у відкриті водойми.

7.2 ВИДАЛЕННЯ ЗВАЖЕНИХ ЧАСТИНОК ЗІ СТІЧНИХ ВОД

7.2.1 Проціджування, прояснення та відстоювання

Перед більш тонким очищенням СВ проціднують через ґратки (решітки) і сита, які встановлюють перед відстійниками. Схеми найпоширеніших ґраток наведені на рис.7.3.

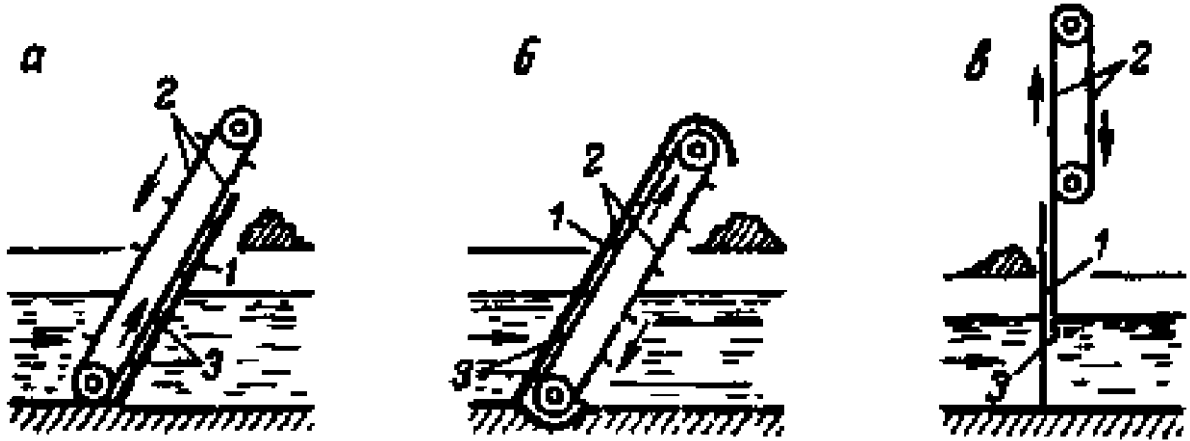


Рисунок 7.3 - Види ґраток із граблями для очищення. 1- ґратка; 2 - нескінченний ланцюг; 3 - граблі

Ескіз уніфікованих механічних ґраток найпоширеніших розмірів наведений на рис.7.4. Найпоширеніші нерухомі ґратки, хоч іноді застосовують рухомі (рис.7.5). Ширина просвітів ґраток 16-19 мм, швидкість СВ приймають 0,8-1 м/с. Зняті з ґраток забруднення направляють на переробку. Для подрібнення відходів використовують дробарки, які часто суміщають із ґратками, не витягуючи відходи з води.

Дрібніші зважені частинки виділяють на ситах, які бувають дисковими і барабанними.

Сито барабанного типу - сітчастий барабан з отвором 0,5 - 1 мм в який подається СВ на фільтрацію зовні або зсередини. Продуктивність його залежить від діаметра і довжини, а також від властивостей домішок.

Для попереднього відокремлення піску та твердих часточок розміром понад 100 – 150 мкм і густиною 1,2 г/см доцільно застосовувати напірні гідроциклони (Рис.7.6).

Діаметр напірних гідроциклонів 150 - 2000 мм, кут конусності 20°.

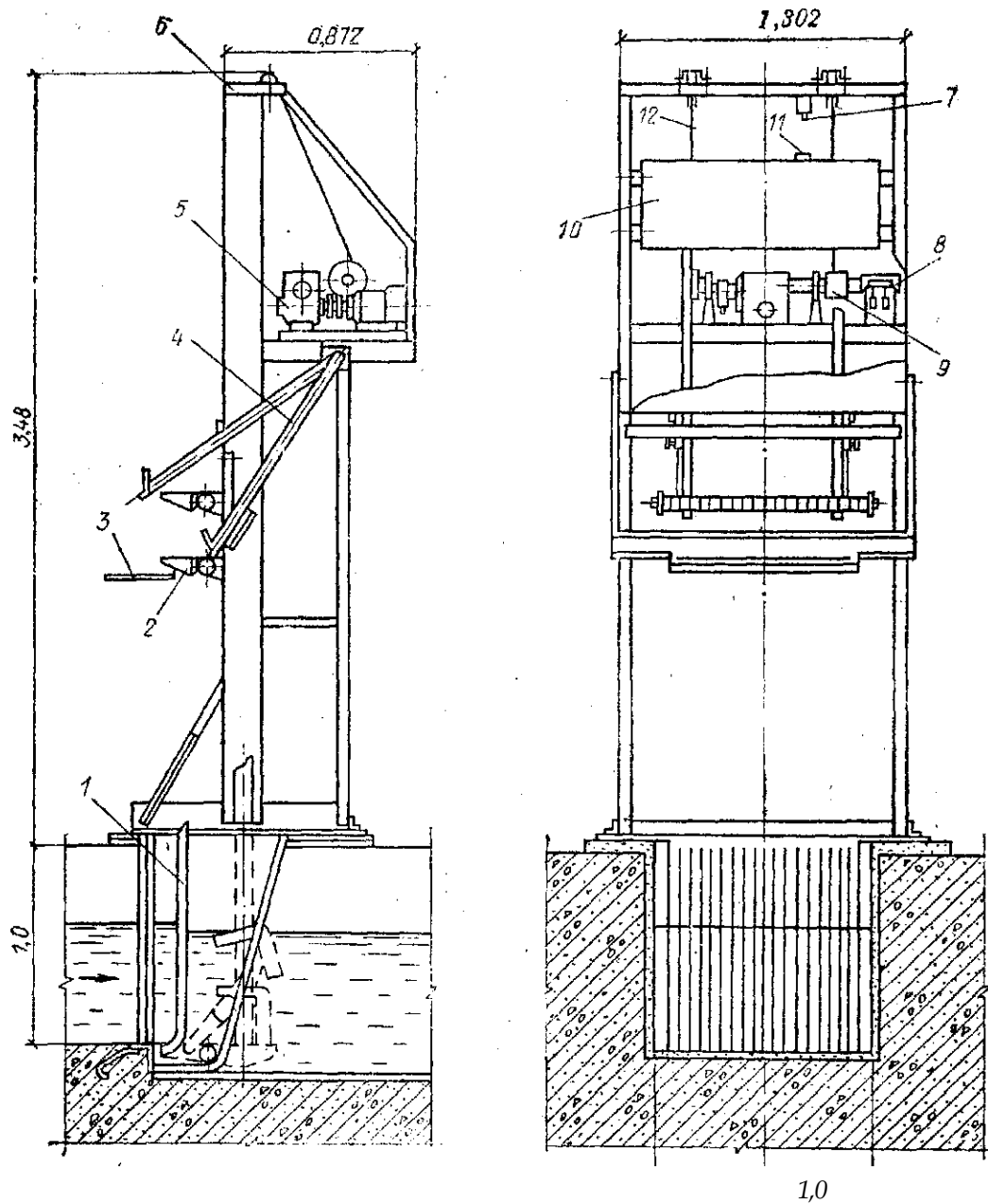


Рисунок 7.4 - Механічна уніфікована решітка типу РМУ 1 - решітка; 2 - граблі; 3 - лоток відкидний; 4 - скидувач; 5 - електропривід; 6 - траверса верхня; 7 - кінцевий вимикач; 8 - блок переключення; 9 - барабан грузовий; 10 - каретка рухома; 11 - упор каретки; 12 - канат металічний

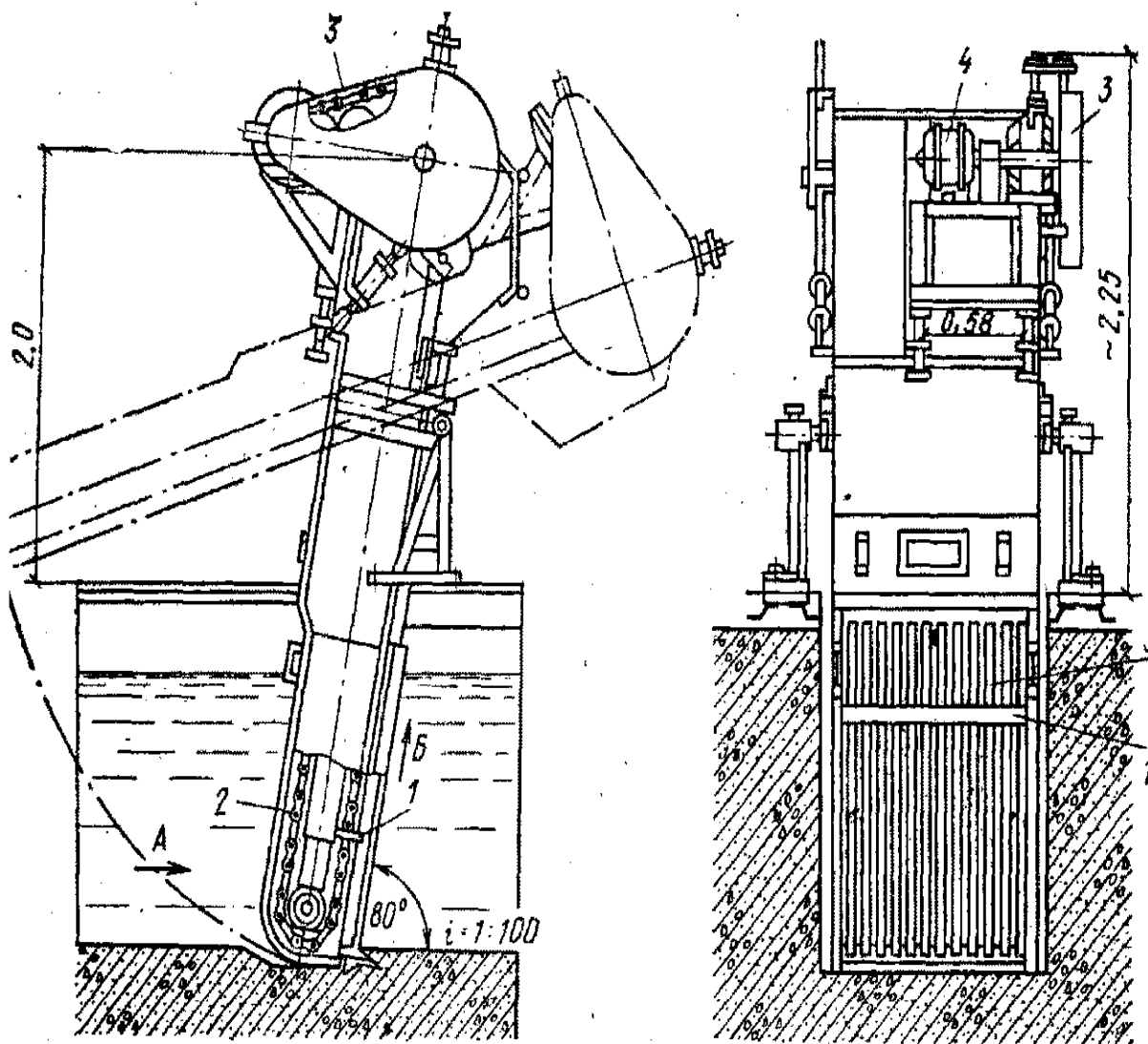


Рисунок 7.5 - Механізована похила решітка типу МГ (стрілка А показує напрямок руху рідини; стрілка Б - напрямок руху ланцюга з граблями) 1 - граблі; 2 - тяговий ланцюг; 3 - електропривід; 4 - електродвигун; 5 - решітка

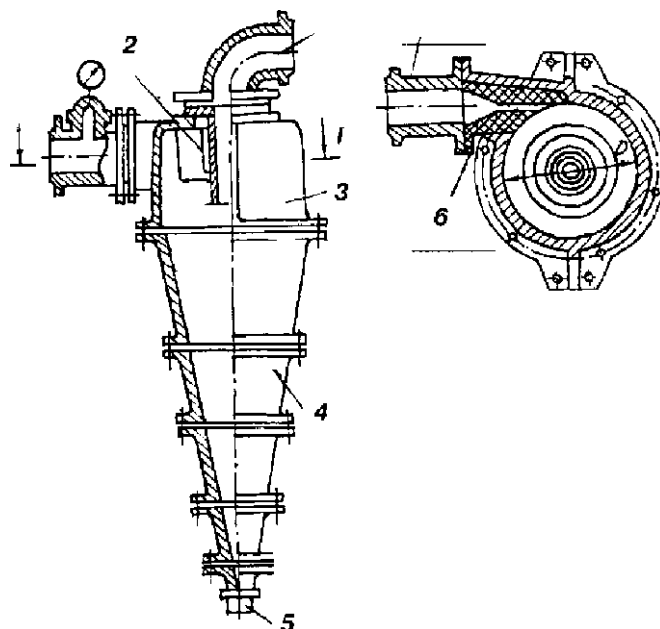


Рисунок 7.6 - Напірний гідроциклон: 1 - зливний патрубкок; 2 - живильний отвір; 3 - корпус; 4 - конус; 5 - змінна насадка для випускання осаду; 6 - змінна вкладка живильного отвору

Відстоювання застосовують для осадження зі стічних вод грубодисперсних (>100 мкм) домішок під дією сили земного тяжіння (гравітації).

У процесі використовують пісколовки, відстійники та прояснювачі, причому в прояснювачах крім відстоювання йде фільтрація СВ через шар зважених частинок. СВ звичайно являють собою полідисперсні гетерогенні агрегативно-нестійкі системи.

Властивості СВ відрізняються від властивостей чистої води. Вони мають більш високу густину і в'язкість.

При злитті різних за хіміскладом СВ можуть утворитися тверді речовини, в т.ч. коагулянти.

При розрахунку відстійників використовують основний параметр - швидкість осадження частинок - W_w .

У стічних водах відбувається обмежене осадження, яке супроводжується зіткненням частинок, тертям і зміною швидкостей частинок.

Якщо процес іде при ламінарному режимі для визначення швидкості осадження використовують формулу Стокса:

$$w_{oc} = d^2 g (\rho_{тв} - \rho) R / 18 \mu_o, R = \epsilon \mu_o / \mu_c \quad (7.1)$$

Де $\rho, \rho_{тв}$ – густина чистої води і твердих частинок, кг/м^3 ;

d - діаметр частинки, м;

ϵ -об'ємна частка рідкої фази, витіснена часточками;

μ_o, μ_c - динамічна в'язкість чистої води та стічної води, $\text{Па}\cdot\text{с}$.

Швидкість осадження внаслідок скупчення частинок може змінюватися в декілька разів в порівнянні з розрахунковою.

Для полідисперсних систем кінетику прояснення встановлюють дослідним шляхом.

Пісколовки

Застосовують для попереднього виділення забруднень (200 - 250 мкм) із СВ.

Це горизонтальні резервуари з трикутним або трапецієдальним перетином глибиною до 1 м (найпоширеніші). Схеми горизонтальних пісколовок наведені на рис. 7.7, 7.8.

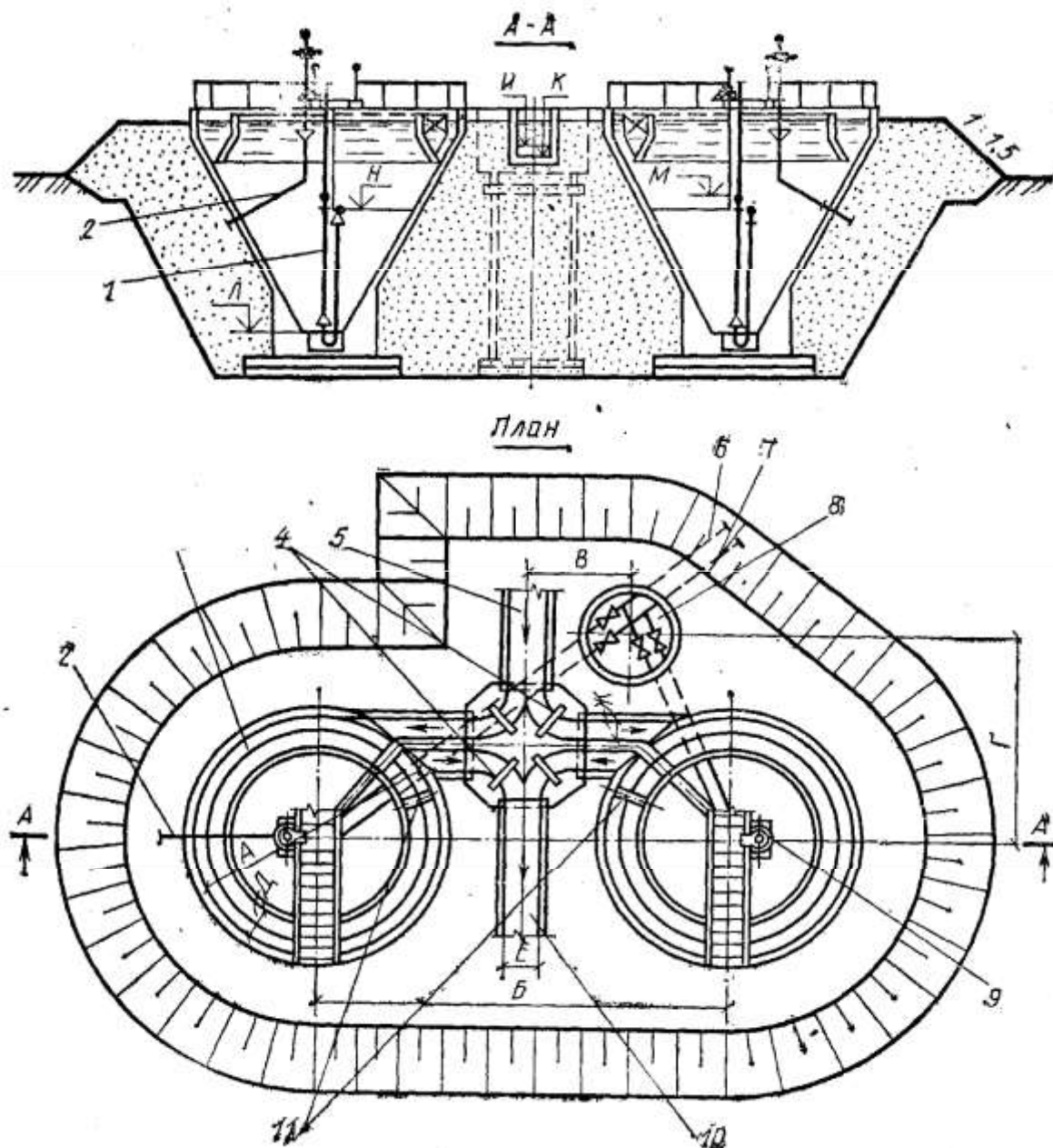


Рисунок 7.7 - Горизонтальні пісколовки з коловим рухом стічних вод пропускною здатністю 1 400 - 70 000 м /доб: 1 - гідроелеватор; 2 - вівід домішок, які спливають; 3 - жолоб; 4 - поверхневі затвори з ручним приводом; 5 - підвідний лоток; 6 - пульпопровід; 7- подача робочої рідини; 8 - камера переключення; 9 - пристрій для збирання спливаючих домішок; 10 - відвідний лоток; 11 - напівзанурені щити (при очищенні нафтовмісних вод)

Швидкість руху води в них $< 0,3$ м/с, при витратах до 7000 м /доб.

Осад збирають в конічному днищі й відправляють на переробку (у відвал).

Крім найпоширеніших горизонтальних є пісכולки вертикального типу, які можуть мати прямокутну або круглу форму. СВ в них рухаються вертикальним вихідним потоком зі швидкістю 0,05 м/с.

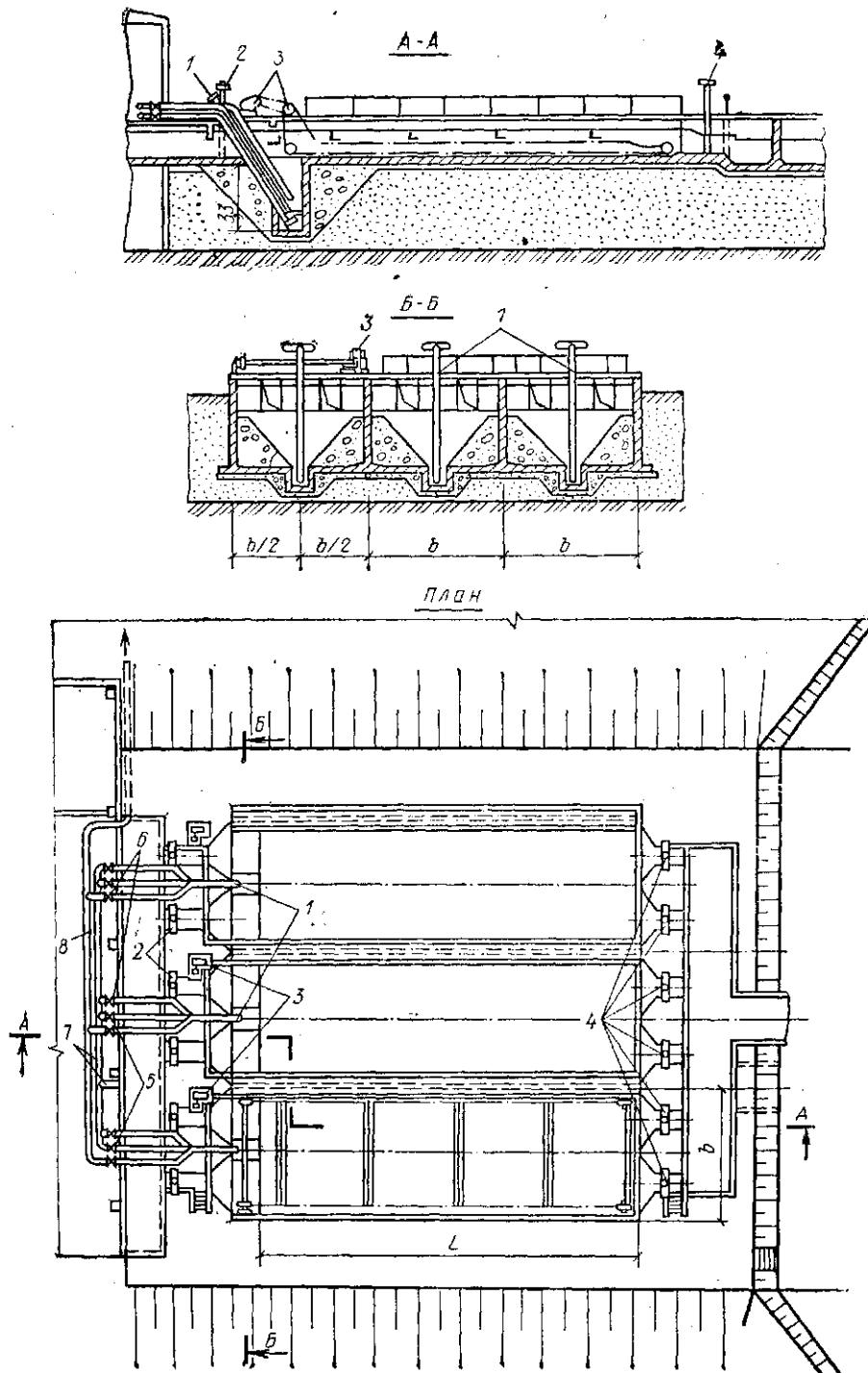


Рисунок 7.8 - Горизонтальна пісכולка з прямолінійним рухом води: 1- гідроелеватори; 2- щитові затвори розміром 1000x1400 мм (електропривід із $N=0,6$ кВт); 3 - шкребкові механізми для видалення піску з електроприводом $N=1,7$ кВт; 4 - щитові затвори з ручним приводом, 5, 6 - засувки з електроприводом відповідно $Dy=200$ мм, $P=1$ МПа и $Dy=250$ мм, $P=1$ МПа; 7- подача робочої води до гідроелеваторів ($Dy=200$ мм); 8 - пульпопровід ($Dy=250$ мм)

Відстійники

Горизонтальні відстійники це прямокутні резервуари, що мають 2 або декілька працюючих відділення з пластинами або без них (Рис. 7.9).

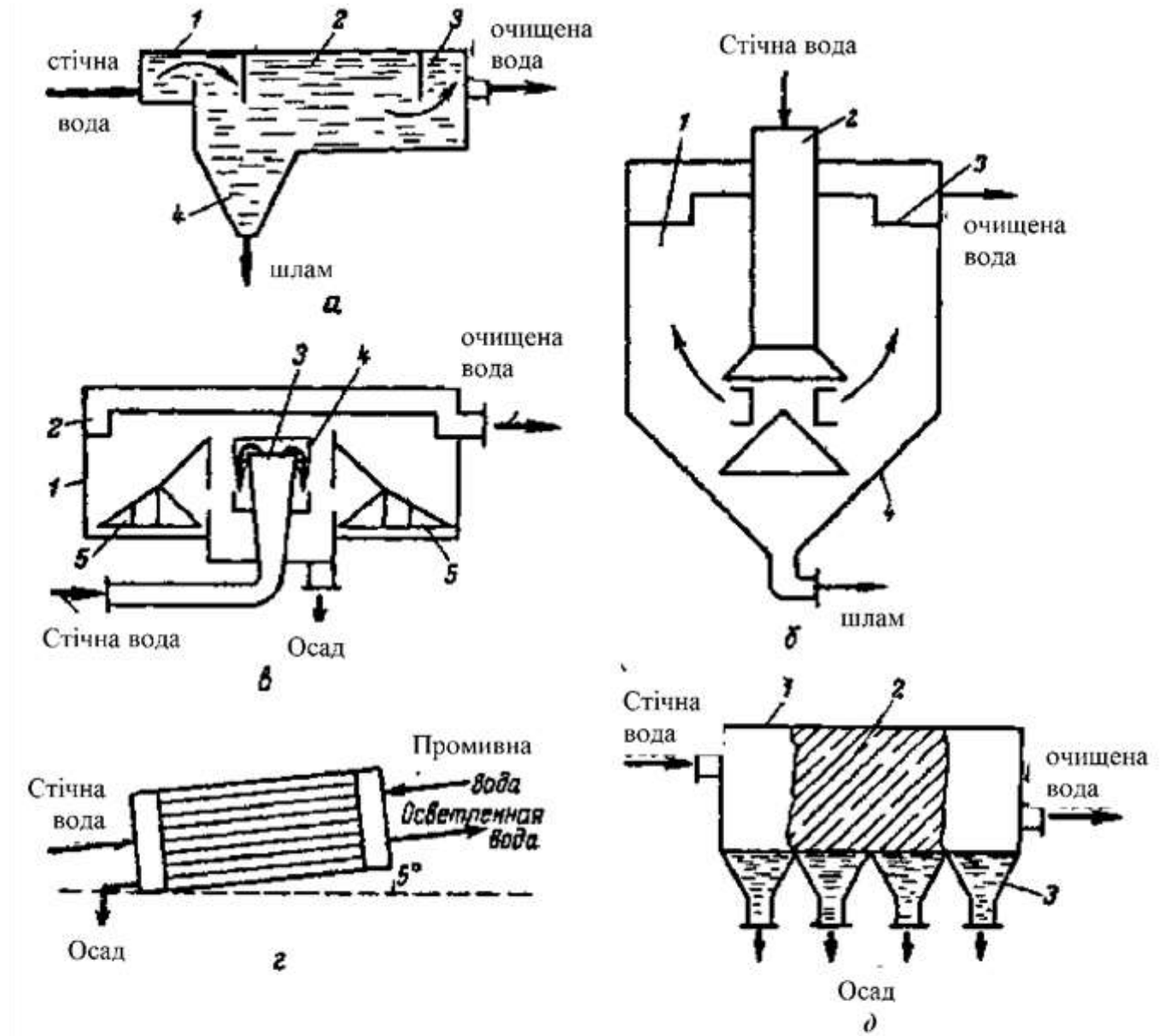


Рисунок 7.9 -Відстійники: а - горизонтальний: 1- вхідний лоток, 2 - відстійна камера, 3 - вихідний лоток, 4 -приямок;
 б - вертикальний: 1 - циліндрична частина, 2 - центральна труба, 3 - жолоб, 4 - конична частина;
 в - радіальний, 1 - корпус, 2 - жолоб, 3 - розподільчий пристрій, 4 - заспокійлива камера, 5 - шкребковий механізм, г - трубчатий;
 д - із похилими пластинами; 1 - корпус; 2 - пластины; 3 - шламоприймач

Глибина горизонтальних відстійників $H = 1,5 - 4,0$ м, довжина $8-12 H$, ширина $3 - 6$ м. Швидкість руху води $< 0,01$ м/с. Ефективність відстоювання до 60%. Застосовують при витратах СВ < 15000 м³/доб.

Радіальні відстійники являють собою резервуари циліндричної конструкції з подачею води від центра до периферії.

Вони мають глибину до 5 м, діаметр до 60 м. Ефективність осадження до 60%. Для поліпшення осадження використовують коагуляцію або флокуляцію. Існують також пластинчаті відстійники і освітлювачі.

Для очищення СВ від нафти, масел, жирів використовують відстоювання із застосуванням **нафтоловок і жироловок** (рис.7.10).

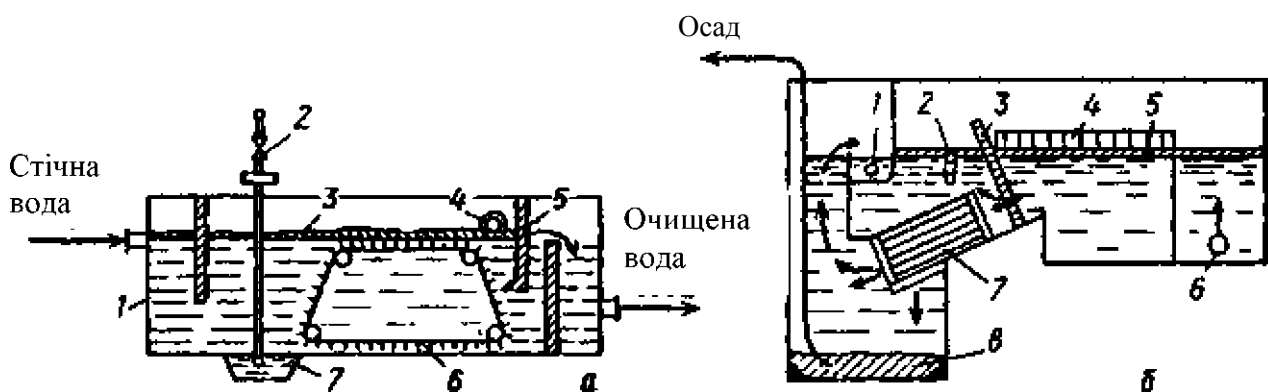


Рисунок 7.10 - Нафтоловки: *а* - горизонтальна: 1 - корпус, 2 - гідроелеватор; 3 - шар нафти; 4 - нафтозбірна труба; 5 - нафтоутримуюча перегородка, 6 — шкребковий транспортер; 7 - прийом для осаду; *б* - тонкошарова: 1 - вивід очищеної води; 2 - нафтозбірна труба; 3 - перегородка; 4 - плаваючий пінопласт; 5 - шар нафти; 6 - ввід стічної води; 7 - секція з гофрованих пластин; 8 - осад

Найпоширеніші горизонтальні прямокутні нафтоловки, які мають не менше ніж 2 секції, глибину до 1,5 м, тривалість відстоювання до 2 год. Ефективність уловлювання нафти 96-98 %.

Останнім часом ефективність вловлювання нафтопродуктів і інших легких рідин можна значно підвищити застосуванням сучасних полімерних пін 18 (сурфактантів, полісорбів) [2, 4 - 6]. При цьому полімерні піни можуть застосовуватись для виготовлення як елементів нафтоловки (повсті, бони), так і насадок адсорберів чи додаткового фільтровального матеріалу.

Ефект відстоювання - відношення числа частинок легкої рідини, що відстоялись до загального числа частинок легкої рідини, за умови рівномірного розподілу легкої рідини в СВ можна вираховувати за формулою:

$$\Phi = w_{\text{сп}}L/vh \quad (7.2)$$

Де L - довжина нафтоловки, м
 v - швидкість стічної води в нафтоловці, м/с
 $w_{\text{сп}}$ - швидкість сплиття легкої рідини нафтопродуктів, м/с
 h - висота шару легкої рідини від дна нафтоловки, м

7.2.2 Фільтрування

Фільтрування застосовують для виділення зі СВ тонкодиспергованих твердих або рідких речовин, видалення яких відстоюванням утруднене.

Фільтрування через фільтруючі перегородки

Вибір перегородок залежить від властивостей СВ, t , P і конструкції фільтра.

Перегорodkaми служать перфоровані листи з нержавіючої сталі, міді, алюмінію і інш., а також тканинні - азбестові, з синтетичних волокон, скловолокна, бавовняні. Перегородки поділяють на органічні і неорганічні, поверхневі і глибинні, гнучкі і жорсткі.

У одних випадках осади утворюються на поверхні, що фільтрує - перегородці, в інших - закупорює пори фільтруючої поверхні.

При фільтруванні утворюються осади, які можуть бути такими, що стискаються або нестискаються. Ті, що стискаються - біотехнологічні. У нестискуваних порізність і опір потоку рідини залишаються постійними. Це пісок, крейда, глина, сода $d > 100$ мкм.

Швидкість фільтрування визначають за рівнянням

$$dv/Fdt = \Delta P/\mu(R_{\text{ос}} + R_{\text{ф.п.}}) \quad (7.3)$$

Де v - об'єм фільтрату за час t , м³

F - поверхня фільтрування, м²;

t - тривалість фільтрування, с;

ΔP - перепад тиску, Па;

μ - динамічна в'язкість фільтрату, Па·с;

$R_{ос}$, $R_{ф.п}$ - опір осаду та фільтруючої перегородки відповідно, m^{-1} .

У системах очищення СВ застосовують фільтри періодичної та безупинної дії, вакуумні, під тиском та гідростатичним тиском, верхнім, нижнім або боковим фільтруванням, різних конструкцій та способів знімання осаду.

Найпоширенішими фільтрами є барабанні, стрічкові, листові, дискові, карусельні, фільтр-преси. Їх зазвичай використовують для тонкого очищення СВ від зважених часток.

Фільтри із зернистою перегородкою.

В процесах очистки СВ зазвичай задіяні великі обсяги, а тому застосовують фільтри, для роботи яких не потрібно високих тисків. Це фільтри з сітчастими елементами (мікрофільтри та барабанні сітки) й фільтри з фільтруючим зернистим шаром.

Являють собою резервуари, в нижній частині яких є дренажний пристрій для відведення води. На дренаж укладають спочатку підтримуючий матеріал, а потім фільтручий, як правило, пористий.

Пористий матеріал характеризують порізнстю і питомою поверхнею.

Порізнсть пов'язана з розміром зерен, формою і укладанням їх.

Розрізняють два механізми фільтрування:

1. Через осад (плівку) забруднень на поверхні зерен;
2. Без такого осаду.

У першому випадку утворюється шар із частинок забруднень, розміри якого більше пір матеріалу, і який також фільтрує (повільні фільтри).

У другому - фільтрація йде в товщі шару завантаження (швидкі фільтри), де частинки забруднень утримуються силами адгезії.

Тривалість роботи фільтру до "проскоку" частинок - час захисної дії, обчислюється за формулою:

$$\tau_3 = \frac{1}{k \left(\frac{l}{v^{1,7} d^{0,7}} - \frac{s_o d}{v} \right)}$$

(7.4)

Де l - товщина фільтруючого шару;

d - розмір частинок матеріалу фільтруючого шару;

k, s_o - константи, що залежать від концентрації зважених речовин у вихідній та освітленій СВ;

v - об'єм фільтрату.

Промивку фільтрів здійснюють фільтратом, подаючи його знизу вгору, іноді спочатку для розпушення шару, подають повітря, а потім воду.

Фільтри з зернистим шаром поділяють на повільні та швидкісні, відкриті та закриті. Висота шару в відкритих фільтрах 1-2 м, в закритих 0,5 - 1 м. Напір води в закритих фільтрах створюється насосами.

Вони представляють собою бетонні чи цегляні резервуари з дренажним пристроєм, на якому розташований зернистий шар. Швидкість фільтрування в них залежить від концентрації зважених часток: до 25 мг/л приймають 0,2-0,3 м/год; при 25- 30 мг/л — 0,1-0,2 м/год.

Фільтруючим матеріалом найчастіше є гранітний щебінь, антрацит, кварцевий пісок.

Перевагами таких фільтрів є високий ступінь очистки, недоліки: великі розміри, висока вартість та складність очистки від осаду.

У основі **магнітних фільтрів** лежить принцип намагнічення феромагнітних частинок, які утворюють агломерати, здатні висаджуватися або відфільтровуватися.

Продуктивність фільтрів до 60 м³/годину.

7.2.3 Центрифугування й віджимання

Осаджування зважених частинок також проводять під дією відцентрових сил в гідроциклонах та центрифугах.

Центрифуги, що використовуються для очищення СВ діляться на фільтруючі та відстійні.

У фільтруючих центрифугах відбувається обертання суспензії в перфорованому барабані, обтягнутому сіткою або тканиною. Їх застосовують у випадках, коли потрібен

високий ступінь обезводнення осаду. Вони бувають періодичної та безупинної дії і можуть бути горизонтальними, вертикальними або похилими.

Центрифуги періодичної дії використовують при витратах суспензій < 5

3

м /год, містять частинки > 10 мкм.

Центрифуги безупинної дії використовують для розділення концентрованих суспензій з розмірами частинок > 100 мкм.

Продуктивність центрифуги:

$$Q = Kv_v / \tau_u \quad (7.5)$$

Де $K = 0,4-0,6$ (коефіцієнт використання об'єму ванни);

v_v - розрахунковий об'єм ванни ротора, m^3 ;

τ_u - тривалість перебування суспензії в роторі, год.

Схема очистки води на центрифугах представлена на рис. 7-11. Із СВ спочатку видаляється крупний осад на решітках, а потім пісок в гідроциклоні. Після ущільнення осаду його видаляють із центрифуги.

Черв'ячні віджимні апарати (рис. 7.12). При розділенні суспензій вони мають наступні переваги перед центрифугами: відсутність частин, що швидко обертаються, низька кінцева вологість осаду, простота виготовлення та безупинність процесу. До недоліків слід віднести значне винесення твердої фази при роботі з низькоконцентрованими та дрібно-дисперсними (< 100 мкм) суспензіями й неможливість промивки осаду в апараті.

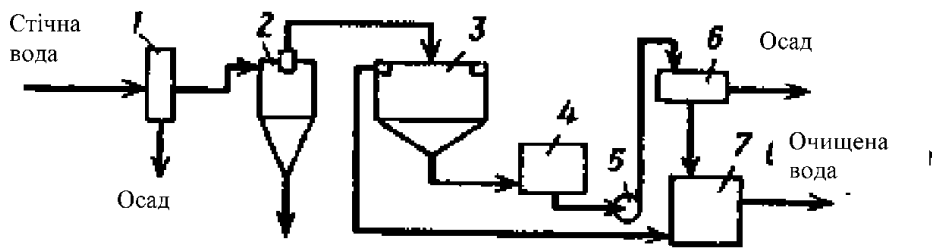


Рисунок 7.11 - Схема установки видалення осаду із стічної води на центрифугі:

1 - решітка; 2 - гідроциклон; 3 - ущільнювач осаду; 4, 7 - ємності; 5 - насос; 6 - центрифуга

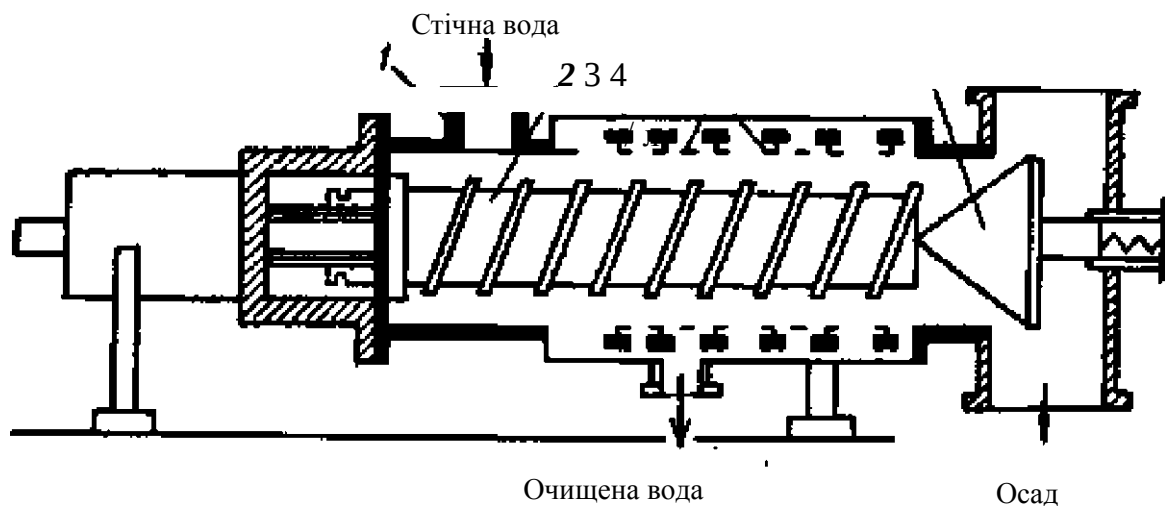


Рисунок 7.12 - Черв'ячний віджимний апарат: 1 - лійка; 2 - віджимний черв'як; 3 -

корпус; 4 - набір пластин; 5 - прижимна головка

7.3 ФИЗИКО - ХИМИЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

До физико-хімічних методів очистки стічних вод відносять коагуляцію, флотацію, адсорбцію, йонний обмін, екстракцію, ректифікацію, випарювання, дистиляцію, зворотний осмос та ультрафільтрацію, кристалізацію, десорбцію і

ін. Ці методи використовують для видалення тонкодисперсних зважених часток (твердих і рідких), розчинних газів, мінеральних і органічних речовин.

Використання фізико-хімічних методів очищення СВ в порівнянні з біохімічними має ряд переваг:

1. Можливість видалення зі СВ токсичних, біохімічних органічних забруднень, що не окисляються
2. Досягнення глибокого і стабільного ступеню очищення
3. Менші розміри споруд
4. Менша чутливість до змін навантажень
5. Можливість повної автоматизації
6. Реальна можливість вибору і розрахунку апаратури
7. Методи не пов'язані з контролем за діяльністю живих організмів
8. Можливість рекуперації різних речовин.

7.3.1 Коагуляція і флокуляція

Коагуляція - процес укрупнення дисперсних частинок внаслідок взаємодії й об'єднання в агрегати. Його застосовують для попередньої очистки СВ.

Коагуляція найефективніша для видалення з води колоїдно-дисперсних частинок розміром 1-100 мкм. Вона відбувається або довільно, або під впливом фізичних чи хімічних процесів.

Звичайно в СВ добавляють коагулянти, що спричиняють утворення у воді пластівців гідроксидів металів, які швидко осідають, вловлюючи при цьому колоїди і зважені частинки. Колоїдні частинки на поверхні утворюють подвійний електричний шар, який характеризується електрокінетичним потенціалом (дзета- потенціал ξ). При коагуляції відбувається дестабілізація колоїдної системи, внаслідок нейтралізації їх електричного заряду. Коагулянт діє тим сильніше, чим вище валентність його іона.

Звичайно коагулянти - солі Al, Fe або їх суміші. На вибір коагулянту впливають чинники:

- а) склад коагулянту, його фізико-хімічні властивості і вартість; 24
- б) сольовий склад води, концентрація домішок;
- в) рН середовища.

Солі Fe^{3+} кращі коагулянти, ніж солі Al^{3+} , крім них використовують глини, шлаки, соди, SO_2 , відходи травильних розчинів.

Швидкість коагуляції залежить від концентрації електроліту і змінюється симбатно. Концентрацію електроліту беруть в межах 0,1 - 1,5 мг екв/дм³. У полідисперсних системах коагуляція відбувається швидше, ніж в монодисперсних, оскільки при осіданні великі частинки захоплюють за собою більш дрібні.

Флокуляція - процес агрегації зважених частинок при доданні в СВ високомолекулярних сполук (ВМС), т.з. флокулянтів. Тут агрегація відбувається не тільки за рахунок безпосереднього контакту частинок, але і внаслідок взаємодій молекул, адсорбції на частинках флокулянта. Використання флокулянтів дозволяє знизити дози коагулянтів, посилює їх дію, збільшуючи швидкість осадження пластівців, що утворюються.

До природних флокулянтів відносяться: білки, крохмаль, декстрин, ефіри целюлози...

З синтетичних найбільш поширений поліакриламід (ПАА), оптимальна доза якого для очищення промислових СВ 0,4-1,0 г/м³, а також активний діоксид кремнію $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$.

Процес очищення стічних вод коагуляцією і флокуляцією (рис.7.13) має стадії:

- а) дозування і змішування реагентів із СВ;
- б) утворення і осадження пластівців.

Коагулянт вводять у нижню частину прояснювача, флокулянт вводять через 1 - 3 хв після вводу коагулянта.

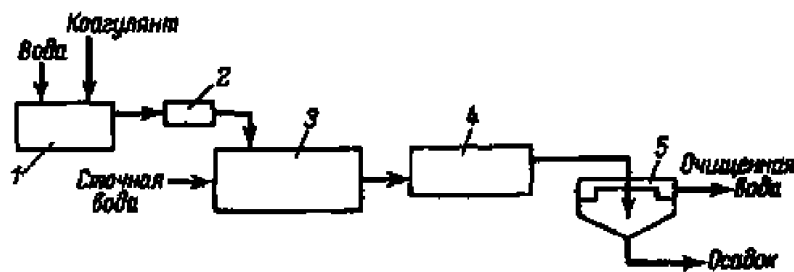


Рисунок 7.13 - Схема установки для очистки вод коагуляцією: 1 - місткість для приготування розчинів коагуляції; 2 - дозатор; 3- змішувач; 4 камера утворення пластівців; 5-відстійник

Схеми деяких апаратів для коагуляції наведені на рис. 7.14.

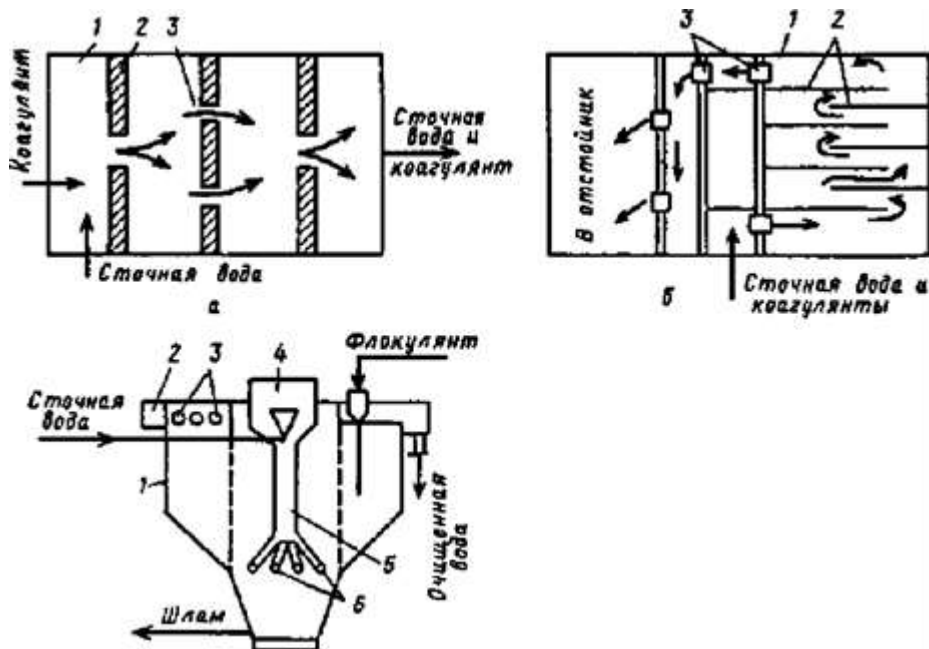


Рисунок 7.14 - Апарати для коагуляції: а - змішувач із перегородками: 1 - коридор; 2 - перегородка; 3 - вікно; б — камера пластівцеутворення із перегородками: 1 - коридор; 2 - перегородки; 3 - вікно; в - коагулятор-прояснювач: 1 - корпус; 2 - жолоб; 3 - отвори для видалення проясненої води; 4 - повітровідділювач; 5 - центральна труба; 6 - розподільчі труби

Розміри прояснювача для продуктивності 100 м³/год: діаметр 6300 мм, висота циліндричної частини - 6000 мм, загальна висота - 10000 мм.

7.3.2 Флотація

Процеси флотації застосовують для видалення з СВ нерозчинних диспергованих сполук, які погано відстоюються, зокрема, для виділення активного мулу після біохімічного очищення, видалення ПАВ, для очищення СВ хімічних, целюлозно - паперових і інших виробництв.

Крім великої швидкості розділення флотація характеризується низькими витратами і простою апаратурою. Флотація ґрунтується на різній змочуваності твердих частинок водою.

Принцип методу полягає в утворенні флотаційного комплексу частинка- пухирець повітря, причому чим більше крайовий кут змочування θ , тим міцніше утримується пухирець частинкою (рис.7.15).

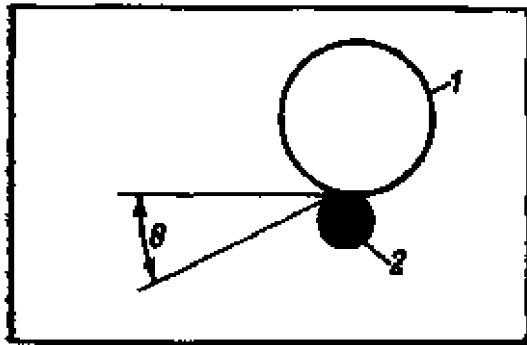
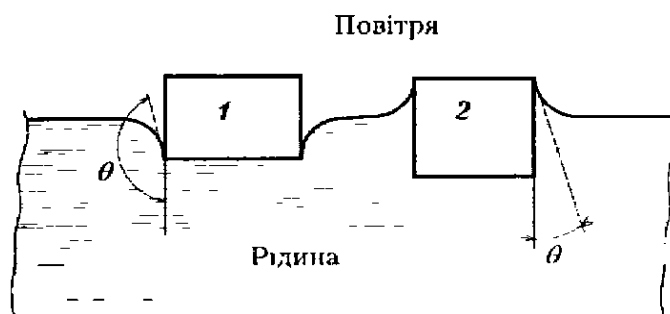


Рисунок 7.15 - Елементарний акт флотації: 1 - пухирець газу; 2 - тверда частинка



На змочування впливають адсорбційні явища, присутність ПАР, електролітів і інш. Флотореагенти - солі жирних кислот, аліфатичні аміни, ксантогенати, алкілсульфати .

Вага частинок не повинна перевищувати сили прилипання її до пухирця і підйимальної сили пухирців. Звичайно розмір флотуємих частинок 0,2-1,5 мм. Сприятливі умови для розділення розраховуються за формулою

$$G_r/G_q = 1,3b(fP - 1)Q_1/c_qQ$$

Де G_r , G_q - маса повітряних і твердих частинок, відповідно, г;

b - розчинність повітря у воді при атмосферному тиску і даній температурі, $\text{см}^3/\text{дм}^3$;

$f = 0,5 - 0,8$ ступінь насичення води повітрям;

P - абсолютний тиск при якому вода насичується повітрям, атм;

Q_1 - кількість води, насичена повітрям, $\text{м}^3/\text{год}$;

Q - витрата СВ, $\text{м}^3/\text{год}$;

c_q - концентрація твердих частинок в СВ, $\text{г}/\text{дм}^3$.

Застосовують такі способи флотації СВ: із виділенням повітря, із механічним диспергуванням повітря (найпоширеніші), із подаванням повітря, а також електричні, хімічні, біологічні, іонні.

Є вакуумна, напірна і ерліфтна флотація за способом створення пересиченого розчину повітря у воді.

Деякі схеми напірної флотації наведені на рис.7.16.

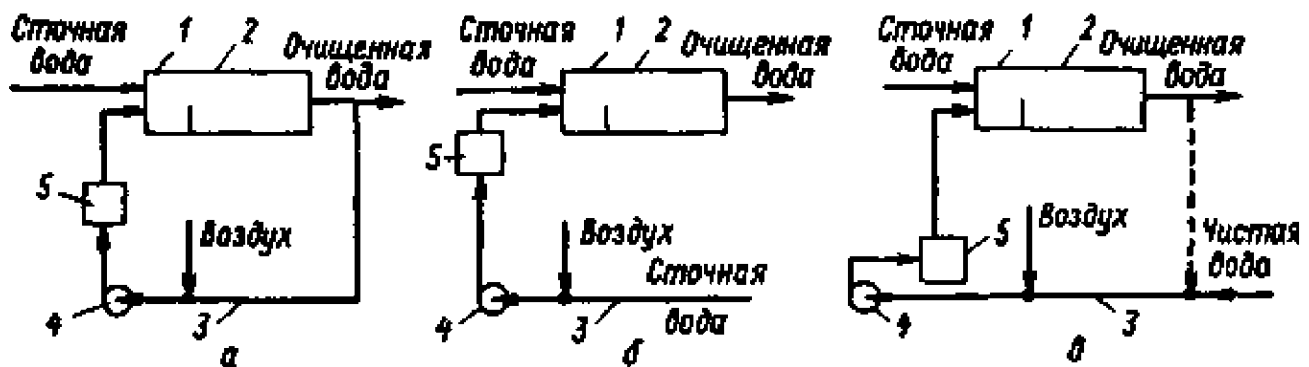


Рисунок 7.16 - Схеми подавання води при напірній флотації:

а - з рециркуляцією; б - з частковою подачею води насосом; в - з робочою рідиною: 1- приймальні відділення, 2- флотаційні відділення, 3 - лінії всмоктування, 4 - насоси, 5 - напірні баки

Напірні флотаційні установки мають продуктивність від 5 -10 до 1000 - 2000 м³/год. Вони працюють при: тиску в напірній ємності 0,17 - 0,39 МПа; часу перебування в напірній ємності 14 хв, у флотаційній камері 10 -20 хв. Обсяг всмоктуваного повітря 1,5-5% від обсягу очищуваної води. Значення параметрів залежать від концентрації та властивостей забруднень.

На рис.7.17 як приклад конструктивного виконання наведена схема флотаційної камери "Аерофлотор".

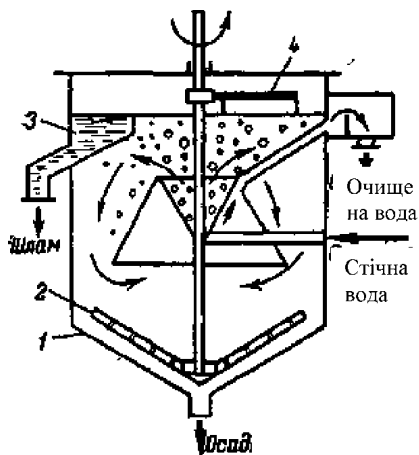


Рисунок 7.17 - Флотатор "Аерофлотор": 1 - камера; 2 - шкребок; 3 - шламоприймач; 4 - поверхневі шкребки

7.3.3 Адсорбція

Для глибокого очищення СВ від розчинених органічних речовин, включаючи ті, що залишилися після біохімічистки, використовують адсорбцію (очищення від фенолів, пестицидів, нітросполук...).

Адсорбційне очищення може бути регенеративним і передбачати утилізацію поглинутих речовин і деструктивне, коли сорбат і сорбент знищуються. Ефективність досягає 95 % і залежить від:

- а) хімічної природи адсорбенту;
- б) величини сорбційної поверхні і доступності активних центрів для молекул забруднювача;
- в) хімічної будови речовини та її складу в розчині.

Адсорбенти, адсорбція

Для очищення СВ використовують активне вугілля, синтетичні сорбенти, відходи виробництва (зола, шлак, ошурки.). Мінеральні сорбенти використовують мало (сілікагель, глина, алюмогель). Останнім часом розпочалось промислове виробництво та застосування пористих полімерних адсорбентів - полісорбів, котрі крім малої густини мають високу порозність та знижену енергію адсорбції [4].

Речовини, що добре адсорбуються з водних розчинів активним вугіллям мають опуклу ізотерму сорбції, а ті, що погано адсорбуються - вігнуту.

Ізотерму адсорбції речовини, яка знаходиться в СВ, розраховують за рівнянням або визначають дослідним шляхом. Якщо в СВ декілька компонентів, розраховують умови спільної адсорбції, а якщо вона не можлива то процес очищення роблять ступінчастим.

Швидкість процесу адсорбції залежить від:

- а) концентрації, природи і структури розчинених речовин;
- б) температури води;
- в) вигляду і властивостей адсорбенту.

Процес адсорбції складають з 3 стадій:

1. перенесення речовини зі СВ до поверхні адсорбенту;
2. власне адсорбція;
3. перенесення речовини всередину зерен сорбента.

Процес доцільно проводити при такому гідродинамічному режимі, щоб він лімітувався у внутрішньодифузійній області, опір якої можна знизити підбором адсорбенту з широкими порами і дрібними зернами. Для вилучення більшості органічних речовин зі СВ потрібні адсорбенти з порами, ефективний радіус яких укладається в інтервалі 0,5 - 10 нм. Орієнтовно приймають швидкість проходження СВ 1,8 м/год та ефективний діаметр зерен адсорбенту 2,5 мм.

Адсорбційне очищення СВ ведуть при інтенсивному перемішуванні адсорбенту з водою або фільтрування води через шар сорбенту. Схеми адсорбційних установок представлені на рис. 7.18.

Так, при безперервному процесі використовують декілька колон: дві працюють послідовно, а третя - на регенерації.

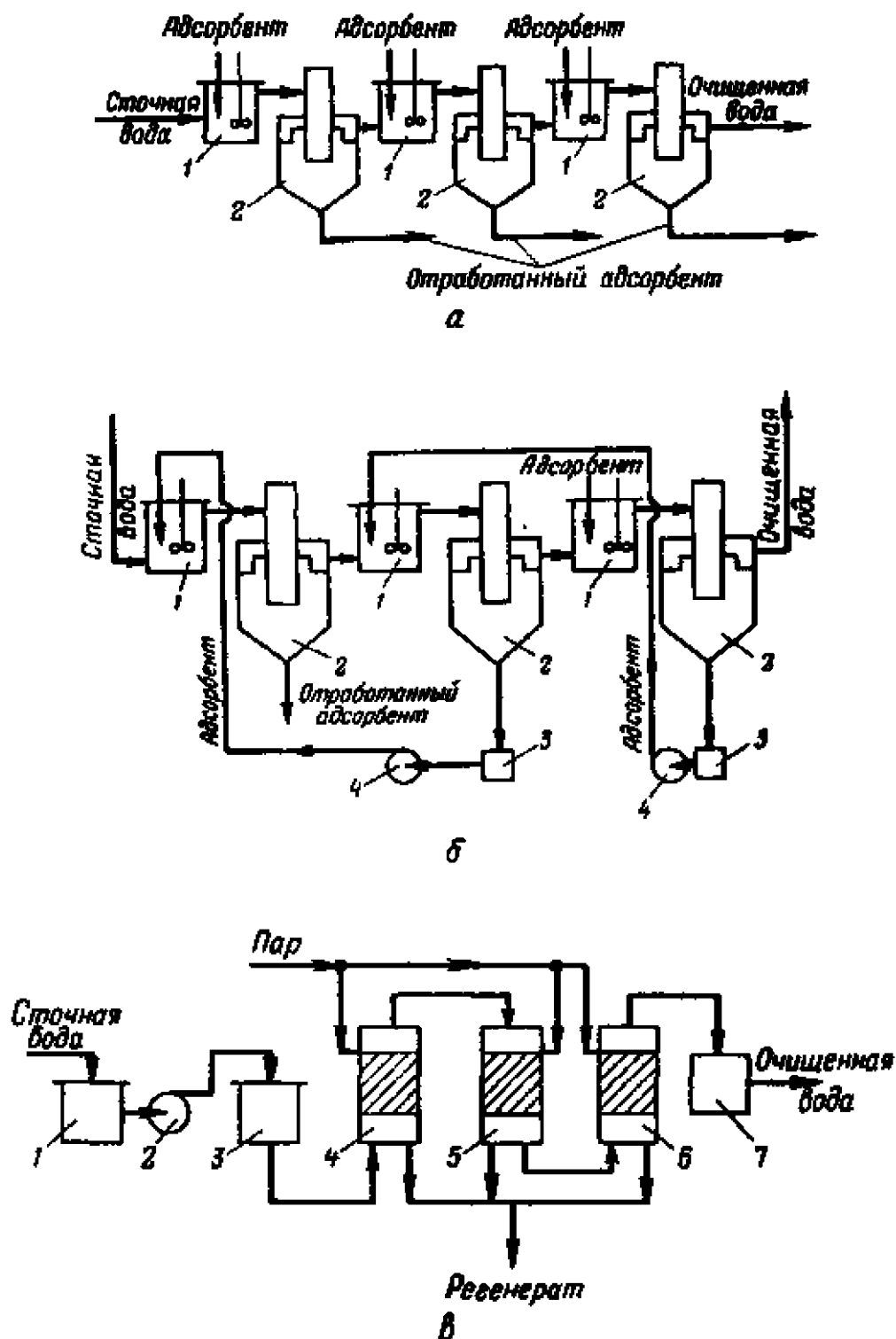


Рисунок 7.18 - Схеми адсорбційних установок: а - з послідовним введенням адсорбенту: 1 - змішувач; 2 - відстійник; б - з протитечієм введенням адсорбенту: 1 - змішувач; 2 - відстійник; 3 - приймачі адсорбенту; 4 - насоси; в - безупинної дії: 1 - усереднювач, 2 - насос, 3 - фільтр, 4 - 6 колони, 7 – місткість

Крім перегрітої водяної пари для десорбції застосовують органічні розчинники (метанол, бензол, толуол).

При регенерації адсорбентів біологічними методами адсорбовані речовини біохімічно окислюються. Це продовжує термін використання сорбента.

Очищення СВ від нітропродуктів проводять на вугіллі КАД, що дозволяє знизити вміст початкових речовин з 100-400 мг/дм³ до 20 мг/дм³.

Вугілля регенерують розчинниками. Розчинник і видалені продукти розділяють перегінкою, а в кінці гострою парою.

7.3.4 Йонний обмін

Йонообмінне очищення застосовується для вилучення зі СВ важких і радіоактивних металів, інших речовин для обессолювання та водопідготовки.

Йонний обмін - процес взаємодії розчину з твердою фазою, що здатна обмінювати йони, які містяться в ній, на інші йони, присутні в розчині.

Тверда фаза, або йоніти - тверді, зернисті, порошкоподібні формовані або волокнисті матеріали, які містять у своєму складі функціональні групи, здатні до йонізації та обміну з електролітами.

Якщо йоніти, поглинають з розчинів позитивні іони їх називають катіонами, якщо негативні - аніонами.

Перші виявляють кислотні властивості, другі - (лужні) основні.

Амфотерні йоніти здатні обмінювати і катіони, й аніони.

Поглинальна здатність йонітів характеризується обмінною місткістю, яка визначається числом грам - еквівалентів іонів, що поглинаються одиницею маси або об'єму йоніта.

Є повна, статична і динамічна обмінні місткості.

Повна місткість - кількість речовини, що поглинається при повному насиченні одиниці об'єму (маси йоніту).

Статична місткість - обмінна місткість йоніту при рівновазі в даних робочих умовах.

Динамічна місткість - місткість йоніта до "проскоку" іонів в фільтрат, визначається в умовах фільтрації.

Повна обмінна місткість > Статична обмінна місткість. > Динамічна обмінна місткість.

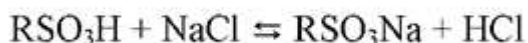
Йоніти бувають неорганічні (мінеральні) і органічні. Неорганічні - цеоліти, глинисті мінерали (природні); силікагелі, цеоліти, важкорозчинні солі гетерополікіслот і ін. (штучні, синтетичні). Органічні - гумінові кислоти ґрунтів, вугілля, торф, целюлоза (природні), сульфовугілля, іонообмінні смоли з розвиненою поверхнею (синтетичні). Останні широко поширені. Це ВМС, вуглеводневі радикали, яких утворюють просторову сітку (матриця, каркас) із фіксованими на ній групами.

Сильнокислотні йоніти містять групи – (SO_3H) , $[\text{PO}(\text{OH})_2]$. Слабкокислотні йоніти – (COOH) , $(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})$. Сильноосновні – (R_3NOH) . Слабкоосновні – $(-\text{NH}_2)$, $(=\text{NH})$, $(=\text{N})$.

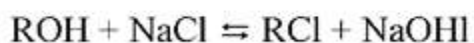
Йоніти бувають моно і поліфункціональними зі змішаними сильно - і слабкоосновними властивостями. Вони є гелями з обмеженою набухаємістю, яка регулюється силами розтягнення і стиснення (об'єм збільшується в 1,5-3 рази).

Реакція іонного обміну протікає наступним чином:

а) при контакті з катіоном



б) при контакті з аніоном



Іонний обмін зворотний і відбувається в еквівалентних відношеннях. Швидкість його визначається лімітуючою стадією - дифузією в плівці рідини, або дифузією в зерні йоніта. Коефіцієнт дифузії в іонообмінній смолі знижується, якщо збільшується розмір гідратованого йона в розчині і/або зростає заряд протийона смоли, який обмінюється.

Катіоніти **регенерують** розчинами кислот концентрацією 2-8 % з переходом їх в Н-форму. Після розпушування і промивки катіоніти заряджаються, наприклад, в Na-форму шляхом пропускання через них розчину NaCl . Аніоніти регенерують лугами 2-6 %.

Процеси іонообмінного очищення СВ проводять на установках безперервної або періодичної дії (рис.7.19).

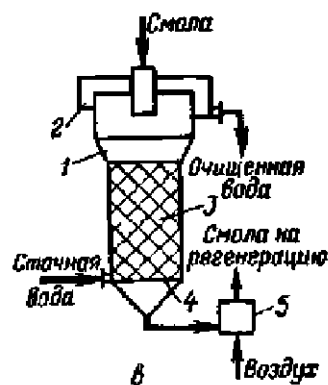
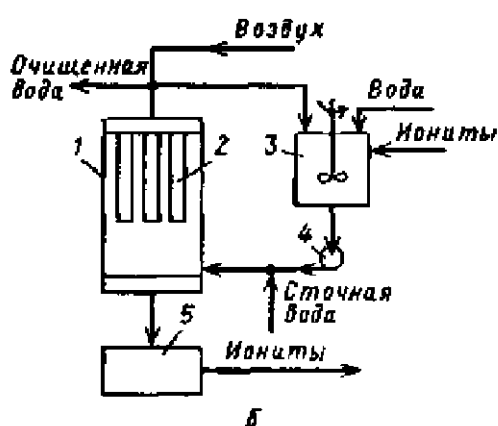
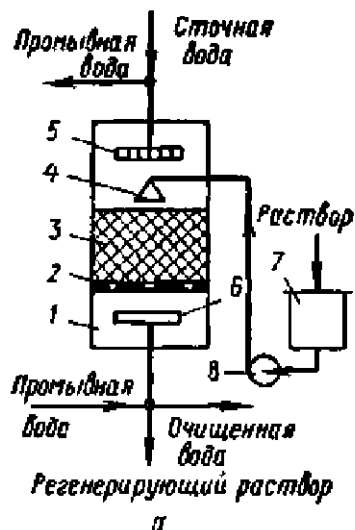


Рисунок 7.19 - Схеми іонообмінних установок:

а - періодичної дії; 1- колона; 2- гратка; 3 - шар йоніту; 4 - 6 - розподільники; 7 - бак з регенерируючим розчином; 8 - насос;

б - з наливним фільтром: 1 - корпус; 2 - фільтруючий елемент; 3 - ємність для приготування суспензії йоніту; 4 - насос; 5 - збірник відпрацьованого йоніту; в - з рухомим шаром смоли: 1 - корпус; 2 - розділювальна зона; 3 - шар смоли; 4 - тарілка; 5 - ерліфт

Стадії процесу:

- 1) іонообмін;
- 2) відмивання від механічних домішок;
- 3) регенерація;
- 4) утилізація чи знезараження регенераційних розчинів.

7.4 ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Їх проводять як попередні перед біологічним очищенням або після нього, як метод доочищення СВ. Ці методи мають підвищену вартість оскільки пов'язані з витратою реагентів.

7.4.1 Нейтралізація

Практично нейтральними вважають СВ, що мають $\text{pH}=6,5-8,5$. За межами цього інтервалу СВ вважаються кислими або лужними і вимагають нейтралізації перед скиданням у водоймища або перед використанням в технологічних процесах.

Нейтралізують СВ:

- а) змішуванням кислих і лужних СВ;
- б) додаванням реагентів;
- в) фільтруванням кислих вод через нейтралізуючі матеріали.

Вибір методу нейтралізації залежить від об'єму і кислотності СВ, наявності й вартості реагентів, режиму надходження СВ.

Нейтралізація змішуванням

Застосовується якщо на підприємстві або по сусідству є кислі і лужні води. Їх змішують в місткості з мішалкою або перемішуванням за допомогою повітря. При надлишку одного з реагентів (кислого або лужного) загальну величину pH корегують додаванням додаткової кількості реагентів. Якщо утвориться осад, його зневоднюють на шламових майданчиках або фільтрах.

Нейтралізація додаванням реагентів.

Кислі СВ нейтралізують:



доломітом, цементом. Найчастіше використовують відходи, що містять перераховані речовини. Найдешевший реагент $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – вапнякове молоко із вмістом активного вапна 5-10 %. Іноді використовують шлаки, наприклад, для нейтралізації СВ які містять сірчану кислоту, використовують доменні шлаки.

Реагенти вибирають в залежності від складу та кислотності СВ. Розрізняють 3 види кислих СВ:

1. СВ зі слабкими кислотами (H_2CO_3 , CH_3COOH);
2. СВ із сильними кислотами (HCl , HNO_3);
3. СВ з сірчаною та сірчистою кислотами.

Кальцієві солі, які утворюються при обробці СВ типу 1 або 3 погано розчинні у воді і випадають в осад, а СВ типу 2 - розчинні добре.

Для зменшення відкладення гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ на стінках трубопроводів збільшують швидкість руху нейтралізованих СВ або додають пом'якшувач - гексаметафосфат.

Лужні СВ нейтралізують кислотами або кислими газами.

Нейтралізацію фільтруванням кислих вод через нейтралізуючі матеріали проводять пропускаючи їх через шар магнезиту, доломіту, вапняку, твердих відходів (шлак, зола). Процес ведуть в фільтрах-нейтралізаторах. Для вертикальних фільтрів використовують шматки доломіту чи вапняку 30-80 мм. При висоті шару матеріалу 0,85-1,2 м швидкість < 5 м/с, а тривалість контакту > 10 хв. У горизонтальних фільтрів швидкість течії СВ 1-3 м/с.

Нейтралізація кислими газами

Використовують для лужних СВ відхідні гази, що містять CO_2 , SO_2 , NO_2 , N_2O_3 і інш. При цьому виходить подвійний ефект, тобто очищаються також самі гази. Найтехнологічніший CO_2 , тобто небезпека переокислення зведена до мінімуму, корозійні, токсичні і інш. властивості карбонатів нижчі, ніж сульфатів або хлоридів.

Процес нейтралізації може бути проведений в реакторах з мішалкою, розпилювачах, плівкових і тарільчатих колонах.

Нейтралізація лужних СВ кислими димовими газами є прикладом ресурсосберігаючої (кислота) технології, що дозволяє створити безстічну схему водоспоживання.

Димові гази очищають також від пилу, вони підігрівають свіжу воду, економлять її споживання.

7.4.2 Окислення та відновлення

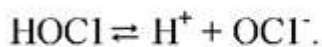
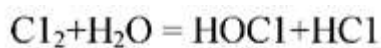
Для окислення СВ застосовують: хлор, диоксид хлору, хлорат кальцію, гіпохлорити кальцію й натрію, перманганат калію, біхромат калію, пероксид водню, кисень повітря, пероксосірчані кислоти, озон, піролюзит і ін.

У результаті очищення окисленням утворюються менш токсичні сполуки, однак вартість такого очищення чимала і тому використовують її у випадках, коли від забруднюючих СВ речовин не можна позбутися іншими способами.

Активність речовини визначається величиною окислювального потенціалу.

Окислення хлором

Найбільш поширений метод. При введенні хлору у воду проходить взаємодія



називається вільним "активним" хлором й характеризує окислювальну здатність хлорвмісного розчину.

За присутності у воді аміаку утворюються моно і дихлораміни - NH_2Cl і NHCl_2 . Хлор у вигляді хлораміну називають зв'язаним "активним" хлором. Схема установки очищення води хлоруванням наведена на рис.7.20.

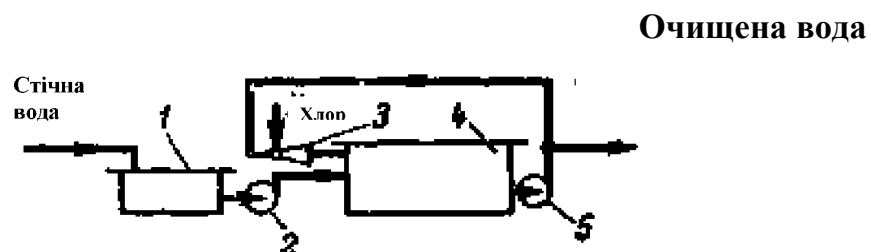
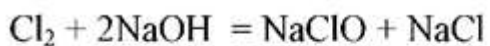


Рисунок 7.20- Схема установки для очищення води хлоруванням: 1- усереднювач, 2,5 - насоси, 3 - інжектор, 4 - місткість.

Цим методом очищають СВ від ціанідів, сірководню, фенолів і інш.

Джерелами "активного" хлору звичайно є гіпохлорити Na і Ca, що отримуються за реакціями:



При окисленні ціанідів "активним" хлором спочатку отримують ціанати, які легко гідролізуються до карбонатів:



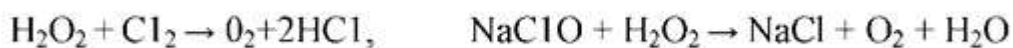
Швидкість гідролізу залежить від рН середовища. При рН=5,3 за добу гідролізується 80 % ціанатів.

Окислення пероксидом водню застосовують для окислення нітритів, фенолів, ціанідів.

Промисловість випускає H_2O_2 С=85-95 % і пергидроль, що містить 30 % H_2O_2 .

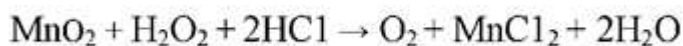
У кислому середовищі більш виражена окислювальна функція, в лужному - відновна. У кислому середовищі пероксид водню переводить солі двовалентного заліза в солі тривалентного, азотисту кислоту — в азотну, сульфіти — в сульфати. Ціаніди в ціанати окислюються в лужному середовищі (рН = 9 — 12). У розведених розчинах процес окислення органічних речовин протікає поволі, тому використовують каталізатори — йони металів змінної валентності (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Cr^{2+} , Ag^+). Наприклад, процес окислення пероксидом водню з сіллю заліза протікає вельми ефективно при: рН = 3— 4,5.

У процесах водообробки використовують не тільки окислювальні, але і відновні властивості пероксиду водню. В нейтральному та слабколужному середовищах він легко взаємодіє з хлором і гіпохлоритами, переводячи їх в хлориди:



Ця реакція сприяє дехлоруванню води.

Надлишок пероксиду водню видаляють діоксидом марганцю:



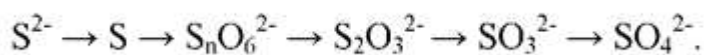
Фенол окислюється пероксимоносірчаною кислотою H^0O_5 (кислота Каро) при $\text{pH}=10$ до залишкового вмісту фенолу $10^{-6}\%$.

Окислення киснем повітря

У випадку залізовмісних СВ окисляють сполуки двовалентного заліза до тривалентного аеруванням СВ, гідроксид заліза відстоюють в контактному резервуарі та відфільтровують.



Киснем повітря окисляють також сульфідні стоки виробництв (рис.7.21). Процес окислення гідросульфідної та сульфідної сірки протікає через ряд стадій за зміни валентності сірки з -2 до +6.



На окислення 1 г сульфідної сірки витрачається 1 г кисню, причому з підвищенням тиску і температури швидкість реакції збільшується.

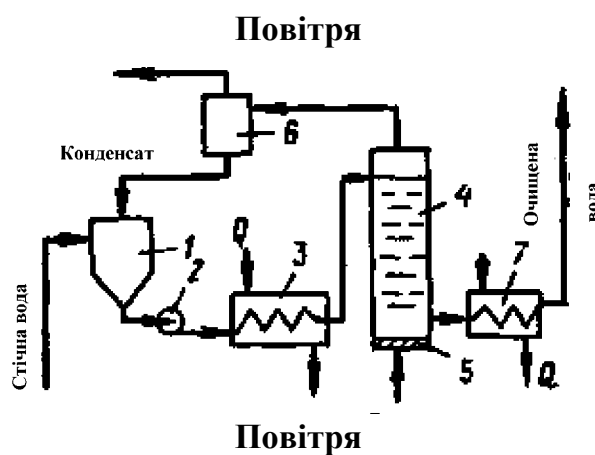


Рисунок 7.21- Схема установки окислення сульфідів: 1- приймальний резервуар; 2 - насос; 3 - теплообмінник; 4 - окислювальна колона; 5 - устрій розподілу повітря; 6 - сепаратор; 7 - ХОЛОДИЛЬНИК

Озонування

При окисленні озоном відбувається обеззараження, знебарвлення води, усуваються присмак і запах. Озонуванням очищають СВ від фенолів, пестицидів, миш'яку, сірководню, ціанідів, ПАР, і інш. Бактерицидна дія озону на 3 - 4 порядку вище, ніж хлору. Дія озону в процесах окислення може відбуватися в 3 напрямках: безпосереднє окислення за участю 1 атома кисню; приєднання молекули озону по подвійних зв'язках з утворенням озонідів, які розкладаються; каталітичне посилення окислюючої дії кисню повітря. Озон отримують із повітря під дією електричного розряду в генераторах і подають його в СВ в суміші з повітрям або киснем з концентрацією O_3 близько 3 %. Найпоширеніша схема двоступенева з попереднім озонуванням (рис.7.22)

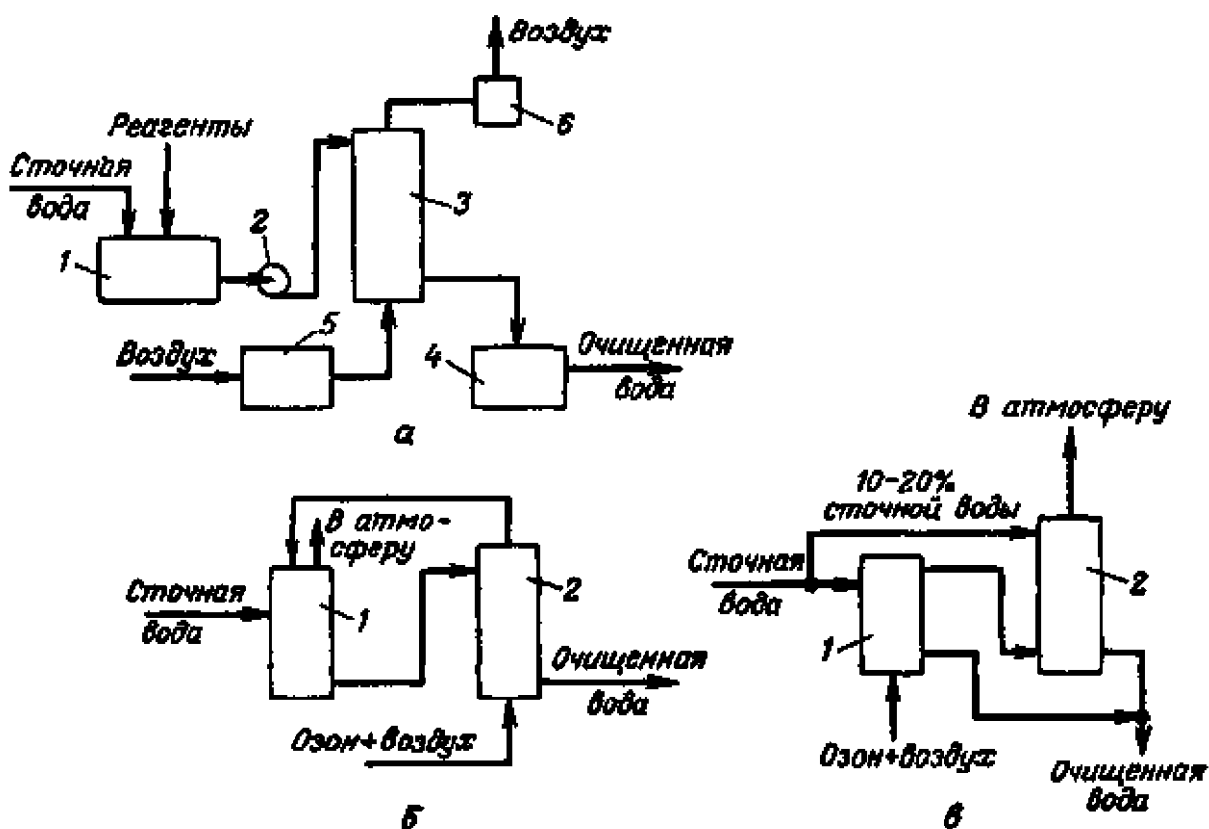


Рисунок 7.22 - Схеми установок для очистки стічних вод озоном: а - одноступенева: 1

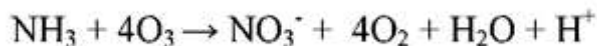
- змішувач; 2 - насос; 3 - реактор; 4 - збірник; 5 - озонатор;

б - двоступенева з попереднім озонуванням;

в - двоступенева з розділенням стічних вод на два потоки; 1,2 - реактори

Очищення СВ озоном більш ефективне, якщо додатково діє ультразвук або ультрафіолетове опромінювання.

Якщо СВ містить аміак, відбувається його окислення в азотну кислоту:



Якщо карбамід, то відбувається його окислення в азотну кислоту, CO_2 та воду:



Позаяк озон відноситься до сильнотоксичних отруйних речовин (переважає, наприклад, синильну кислоту), на установках очистки СВ озонуванням передбачається стадія очистки відхідних газів від залишків озону.

Не слід вважати, що озон сьогодні вирішує всі проблеми очищення вод, зокрема питної. Суттєвим недоліком його застосування є те, що не забезпечується залишкова дезинфікуюча дія; необхідні високі затрати на устаткування; озон, реагуючи зі складними органічними сполуками, розкладає їх на фрагменти, які є живильним середовищем для мікроорганізмів в системах водопостачання [3].

Відновлювальне очищення застосовується для очищення СВ, що містять речовини, які легко відновлюються). Неорганічні сполуки ртуті відновлюють до металевій ртуті, яку відділяють відстоюванням, фільтруванням або флотацією. Відновники:

Al- пудра, Fe - порошок, H_2S , NaHSO_3

Якщо СВ містять шестивалентний Сг, його відновлюють до 3 - валентного і осаджують у вигляді $\text{Сг}(\text{OH})_3$. Відновники: сульфат заліза (закисного), бісульфат натрію, водень, діоксид сірки і ін.

7.4.3 Видалення іонів важких металів

Джерелами іонів важких металів є сполуки ртуті, хрому, кадмію, цинку, свинцю, міді, нікелю, миш'яку й ін. Видалення здійснюється реагентними методами, причому найбільш широко використовують $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Гідроксиди важких металів осаджують при різних рН, значення яких різні для початку осадження і повного осадження. Вони залежать від природи металу, його концентрації, температури, вмісту домішок. Якщо в розчині присутні декілька металів, то при співосадженні виходять кращі результати, ніж при індивідуальному осадженні. Схема реагентного очищення СВ від іонів важких металів представлена на рис. 7.23.



Ступінь очищення СВ залежить від якості отримуваних осадів. Структура і властивості осадів залежать від концентрації осаджуваної речовини, природи та

концентрації осаджувача, температури, інтенсивності перемішування, тривалості процесу осадження, рН середовища, розчинності утворюваних осадів та інших чинників.

Добавлянням осаджувана досягають стану, коли добуток концентрації йонів осаджуваної речовини стає більшим добутку розчинності й починають зароджуватись кристалізаційні центри, які потім об'єднуються в більші частинки й продовжують збільшуватись доки не встановиться динамічна рівновага між осадом і маточним розчином. Осад відділяють від маточного розчину одним із раніше розглянутих методів.

Очищення від солей заліза

Вміст Fe в природних водах коливається від 0,01 до 26 мг/дм³. Залізо міститься в СВ хімічних, металургійних, металообробних виробництвах і інш.

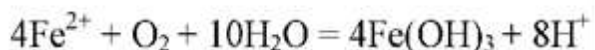
Буре забарвлення води спостерігається при вмісті Fe > 1 мг/дм³, Така вода в трубопроводах спричиняє відкладення сполук заліза поряд з залізобактеріями.

В водоймах ГДК солей заліза 0,5 мг/дм³ але на деяких виробництвах вміст Fe більше 0,05 мг/дм³ небажаний, що вимагає глибокого очищення виробничих оборотних і природних вод.

Для знезалізнення використовують: аерацію, реагентні методи, адсорбцію і інш.

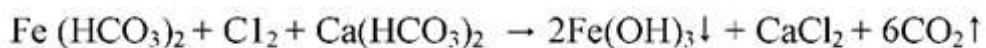
Озон використовують для руйнування органічних сполук, що містять Fe.

Аерація протікає за схемою:



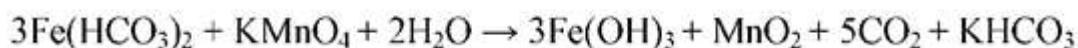
При високому вмісті заліза у воді аерація поступається реагентним методам із застосуванням хлору, перманганату калію, озону, вапна, соди і ін.

При взаємодії з хлором йде реакція:



Швидкість реакції збільшується при підвищенні рН. На окислення 1 мг двовалентного заліза витрачається 0,64 мг Cl_2 .

Окислення двовалентного заліза перманганатом калію проходить за рівнянням:



Якщо залізо в вигляді органічних сполук або колоїдних часток, застосовують озонування. При цьому на 1 мас. ч. заліза потрібно 1 мас. ч. озону

7.5. ТЕРМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СВ

До термічних методів очистки СВ відносять:

1. Концентрування СВ з виділенням розчинених речовин;
2. Окислення органічних речовин за присутності каталізаторів;
3. Рідинонофазне окислення органічних речовин;
4. Вогневе знешкодження (спалювання).

Для знешкодження мінеральних СВ використовують метод концентрування, що дозволяє концентровані СВ направляти на виділення сухих речовин (солей) в розпилювальну сушарку, а отримані очищені води використовувати в зворотному водопостачанні.

Процес концентрування СВ проводять у випарних, виморожувальних та кристалогідратних установках безупинної або періодичної дії (рис.7.24). Найпоширеніші одноступеневі та багатоступеневі випарні установки концентрування розчинів. Процес є енергоємним. Частіше за все використовуються 4-5 корпусні установки з витратою тепла за парою 600 кДж/кг вологи.



Рисунок 7.24 - Класифікація установок термічного концентрування СВ

СВ з високою і середньою мінералізацією переробляються на одноступінчатих контактних випарних установках, які можуть бути тарільчаті, насадочні, форсуночні, поличні.

Робота установок виморожування ґрунтується на тому, що при температурі нижчій за температуру замерзання чиста вода утворює кристали прісного льоду, між якими розташований розсіл. Причому ця температура залежить від концентрації розчинених солей. Процес ведуть при режимах повільного переохолодження під вакуумом або за допомогою хладоагенту (NH_3 , CO_2 , пропан - бутан, фреони).

Холодильні агенти повинні:

- а) не змішуватися з опрісненою водою і не бути токсичними;
- б) мати велику теплоту паротворення, що дозволяє використати меншу їх кількість;
- в) мати невеликий об'єм при температурі та тиску випаровування;
- г) мати малу в'язкість (малі гідравлічні втрати);
- д) бути хімічно стійкими і не викликати корозії.

Кристалогідратний процес заключається в концентруванні СВ із застосуванням гідратоутворюючого агента А (хладони, CO_2 , пропан, хлор .) та утворенні кристалогідратів $\text{A} \cdot n\text{H}_2\text{O}$. При цьому зростає концентрація розчинених у воді речовин. Внаслідок плавлення кристалів утворюється вода, з якої виділяються пари гідратоутворюючого агента. Гідратоутворення проходить при температурі вище і нижче температури навколишнього середовища (відповідно без та з застосуванням холодильних установок). Він є удосконаленням методу виморожування й відрізняється від останнього меншими енергетичними витратами.

Типова схема установки очищення СВ гідратоутворенням наведена на рис. 7.25.

Для виділення речовин з концентрованих розчинів СВ використовують також методи кристалізації й сушки.

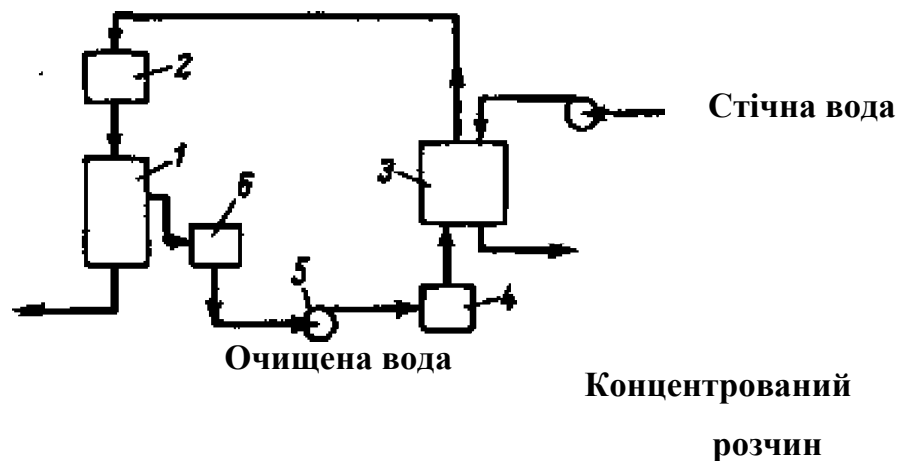


Рисунок 7.25 - Схема установки для очистки СВ методом гідратоутворення: 1- сепаратор, 2- камера плавлення, 3- камера гідратоутворення, 4,5- насоси, 6- конденсатор

Для кристалізації використовуються кристалізатори з повітряним або водяним охолодженням, вакуумні, кристалізатори-градирні, барабанні, з киплячим шаром і ін.

Для виділення зі СВ сухого продукту можуть використовувати розпилювальні сушарки. У них суспензію або колоїдний розчин розбризкують до крапель розміром 10-50 мкм, які падають в об'ємі сушарки в потоці гарячого повітря або топкових газів (рис.7.26).

Висушений матеріал відділяють від газового потоку в циклонах, електрофільтрах і інш.

Вогневий метод - найбільш ефективний і універсальний з термічних

методів. Суть його полягає в розпиленні СВ безпосередньо в топочні гази при 900-1000 °С.

Вода повністю випаровується, органіка згоряє. Утворюються мінеральні речовини у вигляді твердих частинок, які вловлюються на фільтрах або циклонах. Метод використовують для знешкодження невеликого об'єму СВ, що містять високотоксичні органічні речовини, від яких іншими способами позбутися неможливо (гептахлор). Найбільш ефективним є циклонні печі (рис. 7.27), працюючі при великих питомих навантаженнях.

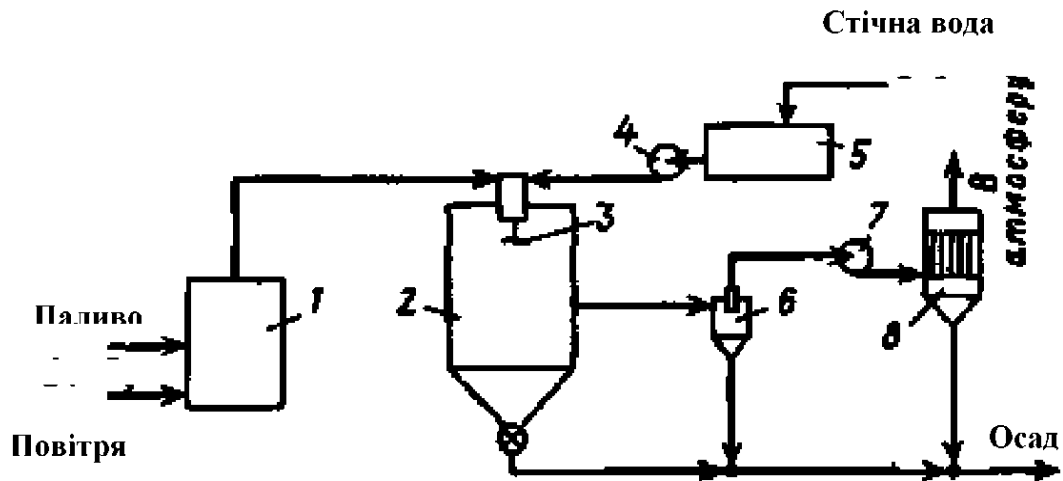


Рисунок 7.26 - Схема розпилювальної сушильної установки: 1- топка; 2- сушильна камера; 3- розпилювач; 4- насос; 5-місткість; 6-циклон; 7- вентилятор; 8- рукавний фільтр

Повітря, змішуючись із розпиленею СВ, вводиться в циклонну піч тангенціально, при 900°C . Є ряд інших конструкцій, що розрізняються за ступенем рекуперації тепла.

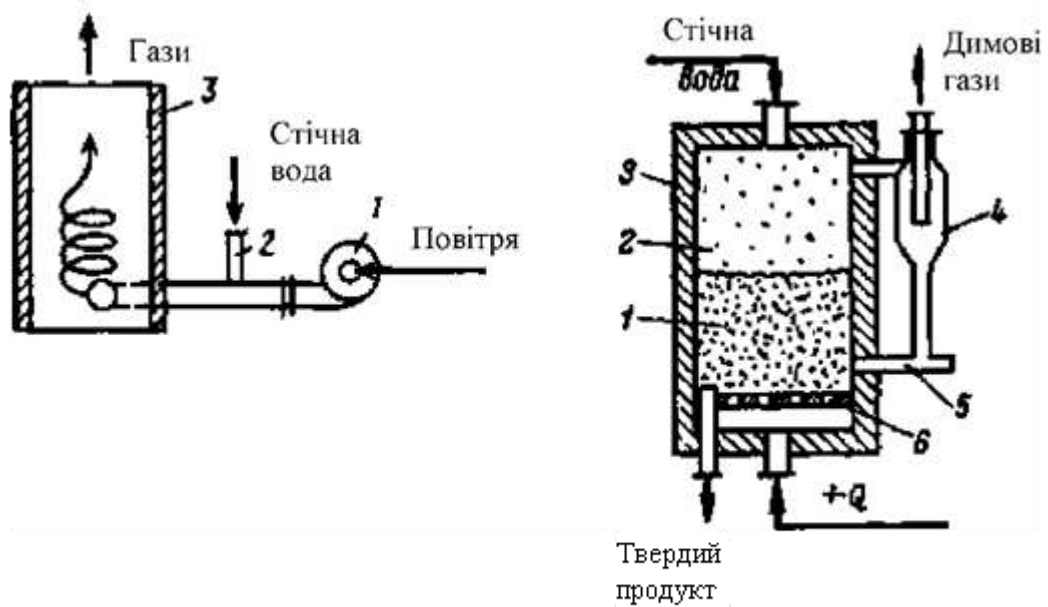


Рисунок 7.27- Схеми циклонної печі та печі з псевдозрідженим шаром

Контрольні запитання

1. Які чинники впливають на забруднення природних вод?
2. Назвіть основні джерела забруднень стічних вод.
3. Назвіть речовини, на долю яких припадає найбільша питома вага забруднень стічних вод.
4. Назвіть важкі метали, які найчастіше забруднюють води.
5. За якими показниками класифікують стічні води?
6. Назвіть основні методи очищення забруднених стічних вод.
7. Які Ви знаєте очисні споруди?
8. Які Ви знаєте методи видалення зважених частинок із СВ?
9. Які устрої застосовують для очищення СВ від зважених частинок?
10. Які конструкції фільтрів застосовують для очищення СВ?
11. Які переваги фізико-хімічних методів очищення СВ Ви знаєте?
12. Наведіть приклади поширених адсорбентів для очищення СВ.
13. Які стадії йонообмінного процесу ви знаєте?
14. Перерахуйте хімічні методи очистки СВ.
15. Наведіть приклади використання СВ одних виробництв для очищення СВ в інших виробництвах.
16. Що таке "активний хлор"?
17. Які переваги та недоліки очищення СВ озоном?
18. Назвіть методи очищення СВ від солей заліза.
19. Які термічні методи очищення СВ Ви знаєте?
20. В яких випадках доцільно застосовувати спалювання стічних вод?

Тема 8

БІОХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Біохімічне очищення (БХО) використовують для очищення господарсько- побутових і промислових СВ від усіх органічних та практично всіх неорганічних речовин, а також від небезпечних біологічних агентів. Суть біохімічних методів очищення води полягає у свідомому застосуванні мікроорганізмів, тварин і рослин, які живуть у воді (гідробіонтів), для звільнення води від небажаних домішок, а також відтворення якості води. Через свою

надійність, екологічність, відносну дешевизну БХО є перспективним напрямком охорони водного басейну від забруднень.

8.1 Основні показники

СВ, які спрямовують на БХО характеризуються величиною БПК і ХПК. БПК - біологічна потреба в кисні або кількість кисню, використаного при біохімічних процесах окислення органічних речовин в мг O_2 на 1 мг речовини за певний проміжок часу (2, 5, 8, 10, 20 діб).

БПК₅ - за 5 діб, БПК_{повн} - повна біохімічна потреба в кисні до початку процесів нітрифікації

ХПК - хімічна потреба в кисні, тобто кількість кисню, еквівалентна кількості окислювача, яка витрачається для окислення всіх відновників, що містяться в СВ (мг O_2 /мг речовини).

Мікроорганізми БХО частково руйнують органічні речовини, перетворюючи їх у воду, CO_2 , нітрит- та сульфат йони і ін. Інша частина речовини йде на утворення біомаси. Руйнування органічної речовини називають **біохімічним окисленням**.

Речовини СВ піддаються окисленню, якщо БПК/ХПК = 0,5 та якщо вони не містять отруйних речовин і солей важких металів.

Для неорганічних речовин є певні обмеження пов'язані з їх концентраціями в СВ.

Існують аеробні й анаеробні методи БХО СВ.

а) Аеробні вимагають для зростання аеробних мікроорганізмів притоку кисню (повітря), температури 20-40⁰С.

б) Анаеробні протікають без доступу кисню (повітря). Їх використовують переважно для знешкодження осадів.

БХО СВ ґрунтуються на використанні живих організмів, їх комплексів - біоценозів: 1) активний мул; 2) біоплівка; 3) анаеробні мікроорганізми (гранульований мул); 4) селекціоновані мікроорганізми - деструктори певних забруднень; 5) гідробіоценози, що становлять просторову сукцесію (біоконвеєр).

Склад активного мулу (АМ)

АМ складається з живих організмів і твердого субстрату. Перші - скупчення бактерій, найпростіші черв'яки, дріжджі, актиноміцети, іноді водорості. Ця спільнота нараховує 12 основних видів представників мікроорганізмів та найпростіших. АМ - амфотерна колоїдна система, заряджена негативно в інтервалі рН = 4-9. Суха речовина АМ - це 70-90%

органічних і 30-10% неорганічних речовин. При утворенні АМ спочатку з'являються бактерії, потім найпростіші (інфузорії різного типу), після них коловоротки - мікроскопічні - організми. У 1 м³ активного мулу міститься 2-10¹⁴ бактерій.

Якість АМ визначається швидкістю його осадження та ступенем очищення рідини. Існує муловий індекс, причому, чим гірше осідає мул, тим вищий муловий індекс він має.

Біохімічний _____ **показник** характеризує біорозклад СВ і виражається відношенням БПК_{повн}/ХПК та є важливим показником для розрахунку очисних споруд. Його значення коливаються в інтервалі 0,05-0,3 для промстовних вод, а для побутових - більше 0,5. СВ хімічних підприємств мають біохімічний показник 0,1-0,02.

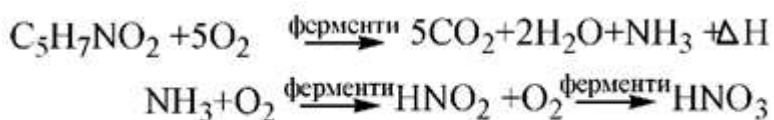
8.2 Закономірності розпаду органічних речовин

Основну роль при очищенні СВ відіграють процеси перетворення речовини, що протікають всередині клітин мікроорганізмів. Вони поділяються на мікроергічні та макроергічні. Всередину клітин мікроергічні органічні речовини попадають дифузією через цитоплазматичні мембрани за рахунок осмосу або за допомогою білка - переносника. До поверхні клітин вони поступають конвективною або молекулярною дифузією. Всередині клітин активно працюють ферменти різних типів (80 - 100). Їм допомагають коферменти - вітаміни, іони С а , Mg²⁺, М п . Процес гальмують інгібітори - антибіотики, солі важких металів.

Органічні речовини СВ складу C_xH_yO_zN піддаються всередині клітини різним перетворенням. При цьому: а) задовольняючи енергетичну потребу клітини; б) здійснюють синтез клітинної речовини C₅H₇NO₂. Сумарно реакції біохімічного окислення в аеробних умовах можна представити схемами:



Якщо окислення вести далі, починається перетворення кліткової речовини:



Легко окислюються бензойна кислота, спирти (1,2,3- атомні), ацетон, аміни, хлоргідриди, ефіри. Зі зростанням молекулярної маси речовини швидкість окислення меншає, колоїди окислюються гірше, чим розчинені речовини.

При очищенні СВ відбувається процес приросту біомаси, який залежить від багатьох параметрів: а) природи забруднень, б) типу мікроорганізмів, в) концентрації фосфору та азоту в СВ, г) температури, д) ХПК і БПК.

При безупинному надходженні свіжого субстрату та виведенні продуктів розкладання речовин, можна розмножати мікроби з великою швидкістю.

8.3 Очистка СВ в природних і штучних умовах

В природних умовах очищення відбувається на полях зрошування, полях фільтрації та в біологічних ставках.

Штучними спорудами є аеротенки і біофільтри різної конструкції. Причому в штучній споруді очищення йде з більшою швидкістю, ніж в природних умовах.

Поля зрошування. Це спеціальні земельні ділянки, що використовуються одночасно для очищення СВ і агрокультурних цілей. СВ очищаються ґрунтовою мікрофлорою, сонцем, повітрям. Взимку кількість мікроорганізмів менша, ніж влітку, і очищення СВ йде гірше. Частину території полів зрошування відводять під резервне поле фільтрації (не використовується для вирощування с/г культур), оскільки поля зрошування працюють не круглий рік.

Біологічні ставки, мочари призначені для біологічного очищення або доочистки СВ разом з іншими очисними спорудами. Біологічні ставки можуть бути з природною чи штучною циркуляцією. Вони мають глибину до 1 м, заселені водоростями.

Мочари - "лежачий біофільтр" - інженерна споруда в землі з гравійним завантаженням товщиною до 1 м на надійній гідроізоляції із синтетичної плівки, також заселені рослинами. Бактерії використовують кисень від водоростей і з повітря, а водорості поглинають - CO_2 , фосфати і амонійний азот, що виділяються при біохімічному розкладенні органічних речовин. Процеси йдуть при $t > 6^\circ\text{C}$. За нестачі кисню в ставках починають переважати анаеробні процеси.

Аеротенки це залізобетонні аеруємі резервуари, в яких процес очищення СВ йде в міру насичення повітрям СВ та збільшення активного мулу. Класифікація аеротенків (рис.8.1) робиться за наступними основними ознаками:

- за структурою потоку — аеротенки-витіснювачі, аеротенки-змішувачі і аеротенки з розосередженим впусканням стічної рідини, так звані аеротенки проміжного типу.
- за способом регенерації активного мулу — аеротенки з окремими регенераторами мулу, аеротенки суміщені з регенераторами.
- за навантаженням на активний мул — високонавантажувані, звичайні і низьконавантажувані.
- за числом ступенів — одно-, дво- і багатоступінчаті.
- за конструктивними ознаками — прямокутні, круглі, комбіновані, протитечійні, шахтні, фільтротенки, флототенки і ін.

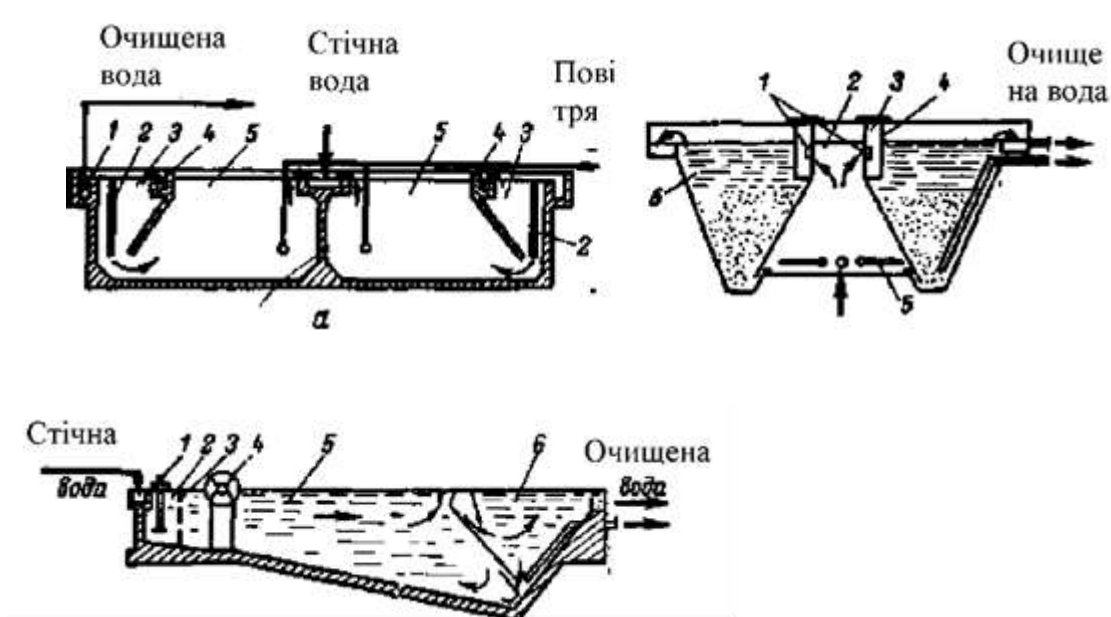


Рисунок 8.1- Аеротенки: а - аеротенк-відстійник: 1 - лоток; 2 - мулососи; 3 - зона відстоювання; 4 - водозливи; 5 - зона аерації;
 б - аеротенк-прояснювач: 1 - переливні вікна; 2 - зона аерації; 3 - зона дегазації;
 4 - направляюча перегородка; 5 - зона прояснення;
 в - двокамерний аеротенк-відстійник: 1 - імпелерний аератор; 2 - зона попереднього збагачення; 3 - перегородка; 4 - роторний аератор; 5 - зона ферментації; 6 - зона прояснення.

- за типом систем аерації — з пневматичною, механічною, комбінованою гідродинамічною або пневмомеханічною

Аерація необхідна для насичення води киснем і підтримки мулу у зваженому стані. Аеротенки бувають 2, 3 - і 4- коридорні, глибиною 2 - 5 м. При очищенні висококонцентрованих СВ застосовують двоступеневі схеми.

Стисле повітря подають в аеротенк через пористі керамічні або полімерні труби, забезпечуючи інтенсивне перемішування і високу окислювальну потужність.

Тривалість аерації для всіх типів аеротенків можна визначити за формулою

$$\tau = \frac{L_e - L_o}{a(1-S)\rho} \quad (8.1)$$

Де L_e , L_o - БПК_{повн} води до надходження на очищення і після очищення, мгО₂/л;

a - доза мулу, г/л;

ρ - середня розрахункова швидкість окислення, мг БПК_{повн}/г беззольної речовини мула за 1 год,

S - зольність мулу в частках од.

Для інтенсифікації процесу БХО СВ перед аеротенком обробляється окислювачами (О₃) з метою зниження ХПК. При БПК₂₀ більше 300 мг/дм обов'язкова рециркуляція СВ. Процес очищення протікає краще, коли ведуть спільне очищення виробничих і побутових СВ, як в міськводоканалі. Побутові СВ розбавляють виробничі і вносять в них біогенні елементи.

Анаеробні методи БХО застосовують для зброджування осадів, які утворюються при БХО виробничих СВ, а також як 1 ступінь очищення дуже концентрованих виробничих СВ з БПК_{повн} ~ 4-5 г/л, що містять органічні речовини, котрі руйнуються анаеробними бактеріями.

Органічні речовини руйнуються анаеробними бактеріями з утворенням в результаті спирту, ацетону, кислоти, СО₂, Н₂, СН₄ (бродиння спиртове, метанове, молочнокисле.). Найчастіше для очищення СВ застосовують метанове бродіння яке проводять в метантенках (рис.8.2). Процес йде спочатку в кислій фазі, де зі складних органічних речовин утворюються прості (нижчі жирні кислоти, спирти, амінокислоти, аміак, ацетон.), з яких в лужній фазі утворюються метан і СО₂. За певних умов кінцевим

продуктом може бути і аміак. Основними параметрами анаеробного зброжування є температура, доза завантаження осаду, інтенсивність його перемішування. Зброжування ведуть в мезофільних (30-35⁰С) і термофільних (50-55⁰С) умовах при інтенсивному перемішуванні, причому осад СВ перед надходженням, за можливості, повинен бути максимально зневоднений. Ступінь розпаду органічних речовин біля 40%.

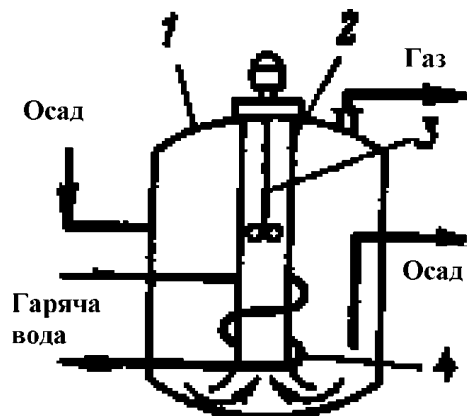


Рисунок 8.2 - Метантенк:

1- корпус; 2- труба; 3
-мішалка; 4- змійовик

+ 2

Погіршують процес катіони міді, нікелю, цинку, а також NH_4 , S^{2-} , деякі органічні сполуки. Гранично допустимі концентрації (мг/л) деяких речовин, при яких можливе метанове бродіння: толуол - 200; ацетон - 200; бензол -200; мідь -25.

При зброджуванні виділяються гази, які в середньому містять 63-65 % метану, 32 - 34 % CO_2 . Теплотворна здатність газу 23 МДж/кг. Його спалюють в топках парових котлів.

8.4 Обробка осадів

У процесі очищення СВ і, особливо, біохімічного в первинних і вторинних відстійниках утворюються великі маси осадів, які необхідно утилізувати або обробляти з метою зменшення забруднення біосфери. Ці операції вельми утруднені, оскільки осади мають різний склад і велику вогкість. Осади поділяють на 3 групи:

1. Осади переважно мінерального складу
2. Осади переважно органічного складу
3. Осади змішаного типу.

Крім того осади бувають токсичні та інертні, стабільні та нестабільні (загниваючі).

Типові процеси, що застосовуються для обробки осадів наведені на рис.8.3.

Звичайно осади СВ - труднофільтруємі суспензії. У них міститься вільна (60-65 %) та зв'язана (30-35 %) вода. Остання перебуває в стані колоїдно - пов'язаної і гігроскопічної. При ущільненні осаду АМ об'єм скорочується в 2,5 рази. Використовують гравітаційний, флотаційний, відцентровий і вібраційний методи. Для ущільнення АМ і скидання осадів використовують радіальні або вертикальні відстійники. Для інтенсифікації процесу використовують: флотацію (FeCl_3), підвищення температури ($80-90^\circ\text{C}$), суміщене ущільнення сирого осаду та АМ.

Стабілізацію проводять для руйнування (підброджування) органічної частини речовини, що біологічно розкладається на діоксид вуглецю, метан і воду (за допомогою мікроорганізмів в аеробних (анаеробних) умовах) в метантенках, спеціальних відстійниках.

Кондиціонування проводять для попередньої підготовки осадів перед обезводненням або утилізацією з метою структурування і поліпшення водовіддавальних властивостей реагентними (коагулянти, флокулянти) і безреагентними методами.

До безреагентних відносяться:

- а) теплова обробка (нагрівання);
- б) заморожування + відтавання;
- в) рідиннофазне окислення;
- г) електрокоагуляція;
- д) радіаційне опромінювання.

Всі вони руйнують колоїдні структури осаду, полегшуючи водовідділення. Зневоднення здійснюється на мулових майданчиках і механічним способом.



Рисунок 8.3 - Типові процеси обробки осадів стічних вод

Мулові майданчики - це обваловані ділянки землі, на природних ґрунтах, глибиною 0,7-1,0 м. Виконують у вигляді каскаду із 4-8 майданчиків, загальна поверхня залежить від продуктивності зі СВ. Механічне обезводнення проводять на вакуумних фільтрах (барабанних, дискових, стрічкових), центрифугах, фільтр-пресах. У обох випадках фільтрат направляють на очисні споруди.

Термообробку осадів (сушку) проводять у разі підготовки їх до рекуперації. Для цього використовують сушарки барабанні, зі зустрічними струменями, киплячим

шаром, розпоршувальні зі застосуванням топочних газів, гарячого повітря, перегрітої пари.

Спалення проводять, коли утилізація осадів неможлива або недоцільна. При цьому об'єм осадів меншає в 80-100 раз.

Процес йде в послідовності: нагрів - сушка - відгонка летючих - спалення горючої органіки - прокалювання.

8.5 Рекуперація та утилізація активного мулу

Активний мул містить 37-52% білків, 20-35 % амінокислот, вітаміни групи В. Його використовують для годування птахів, риби, тварин. З нього отримують білково - вітамінний концентрат, технічні вітаміни В₁₂, кормові дріжджі, білок, активне вугілля.

Принципова схема установки отримання кормових дріжджів наведена на рис.8.3.

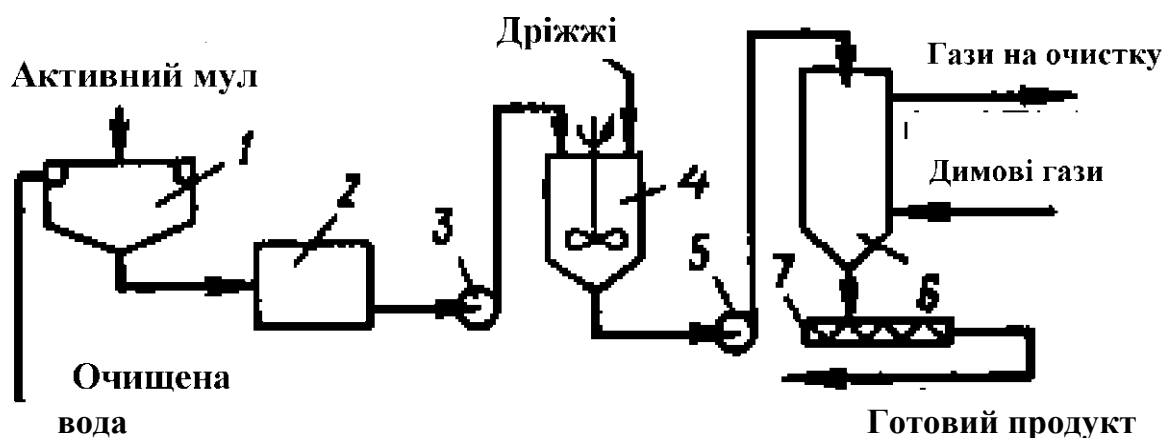


Рисунок 8.3 - Схема отримання кормових дріжджів: 1- вторинний відстійник; 2 - місткість; 3,5 - насоси; 4 - змішувач; 6 - сушарка; 7 - шнек

Контрольні запитання

1. Для яких видів СВ застосовують БХО ?
2. Дайте визначення БПК та ХПК.
3. Які методи БХО СВ Ви знаєте?
4. Охарактеризуйте аеробні методи очистки СВ.
5. Охарактеризуйте анаеробні методи очистки СВ.
6. На використанні яких організмів та їх комплексів ґрунтується БХО СВ?
7. Як відбувається БХО СВ в природних умовах?
8. Дайте визначення аеротенку.
9. Перерахуйте основні типи аеротенків.
10. Опишіть устрій метантенку.
11. Які групи осадів від очищення СВ Ви знаєте?
12. Перелічіть основні типи обробки осадів СВ?
13. В яких випадках доцільне спалювання осадів?
14. Як утилізують активний мул?

Тема 9

ОБОРОТНІ Й ЗАМКНУТІ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Водопостачання промислових підприємств здійснюють за основними схемами:

- з прямотечійним використанням води;
- з послідовним використанням води;
- з оборотним використанням води;
- з комбінованим використанням води.

Для зменшення споживання свіжої води створюють оборотні і замкнені системи водопостачання (рис.9.1).

При оборотному водопостачанні враховують необхідне очищення стічної води, охолодження оборотної води. Свіжа вода додається лише для заповнення втрат. При цьому капітальні і експлуатаційні витрати зменшуються. Споживання води скорочується в 10-50 разів. Технічну досконалість системи водопостачання оцінюють за відсотком використаної оборотної води:

$$P_{об} = Q_{об} / (Q_{об} + Q_{дж} + Q_c) \quad (9.1)$$

Де $P_{об}$ – відносний об'єм використаної оборотної води;

$Q_{об}$, $Q_{дж}$, Q_c - кількість води, що використовується відповідно в обороті, поступає з джерела водопостачання та надходить у систему з сировиною, $м^3/год$.

Ефективність використання води, яку забирають із джерела, можна оцінити, наприклад, коефіцієнтом використання води:

$$K_B = (Q_{дж} - Q_c - Q_{ск}) / (Q_{дж} + Q_c) \quad (9.2)$$

Де - $Q_{ск}$ - кількість води, що скидається підприємством, $м^3/год$.

Втрати води можна оцінити за формулою:

$$P_{вт} = (Q_{дж} - Q_c - Q_{ск}) / (Q_{вт} + Q_{п} + Q_c + Q_{об}) \quad (9.3)$$

Де $P_{вт}$ – відносний об'єм втраченої води; $Q_{вт}$, $Q_{п}$ - кількість води, що втрачається відповідно в обороті та використовується у виробництві послідовно, $м^3/год$.

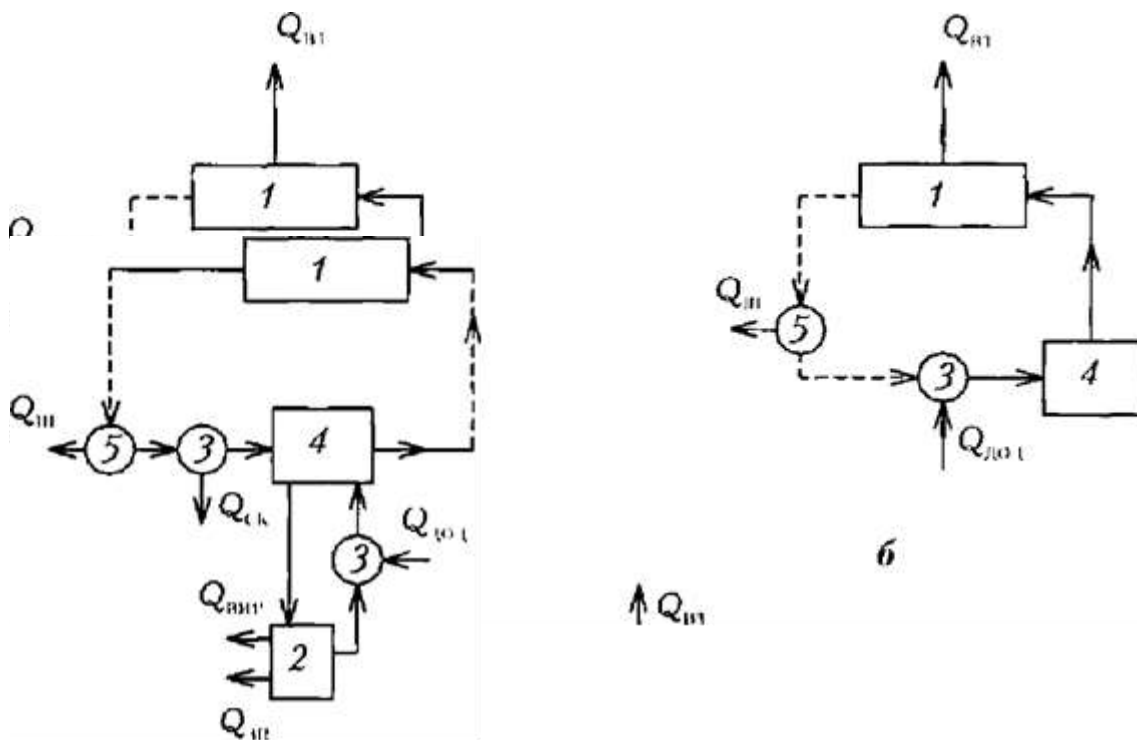


Рисунок 9.1 – Схеми оборотного водопостачання:

а — з охолодженням оборотної води; *б* — з очищенням оборотної води; *в* — з очищенням і охолодженням оборотної води: 1 — підприємство; 2 — градирня; 3 — камера; 4 — насосна станція; 5 — очисні споруди; $Q_{вт}$ — виробничі втрати води, $Q_{вип}$ — втрати води на випаровування, $Q_{зн}$ — втрати води на знесення з охолодника, $Q_{ек}$ — об'єм води, що скидається з системи для її освіження (продування), $Q_{доп}$ — кількість води, що додається в систему, $Q_{ш}$ об'єм води, що скидається зі шламом

Оборотна вода повинна відповідати певним вимогам за температурою, жорсткістю, рН, кількістю біогенних елементів і інш.

Оборотну воду використовують головним чином для теплообміну, її багато разів нагрівають до 40 - 45 °С і охолоджують (в градирнях або басейнах) на 7 - 10 °С. Значна частина води втрачається через бризковинесення та випаровування. Крім того, через нещільність апаратів вона забруднюється до певних меж. Для попередження інкрустації, біологічного обростання та корозії частина оборотної води виводиться із системи (продувка).

Середні втрати води від випаровування становлять 2,5%, краплинне винесення становить 0,3 - 0,5 %, продувку приймають 6 - 10 %, сума всіх інших втрат 1 % від об'єму оборотної води.

При роботі без скидання води (продувки) об'єм води для підживлення зменшується в тричі, але збільшуються вимоги до якості води, тобто зростають витрати на водопідготовку.

Компенсують втрати води добавкою свіжої води або очищеної СВ.

Для різних виробництв питомі витрати води складають (м /т продукції):

міндобрива	50 - 60
содове виробництво	120 -125 сірчана
кислота	75 - 80

Контрольні запитання

1. Які схеми водопостачання промислових підприємств Ви знаєте?
2. Дайте визначення оборотного водопостачання.
3. Назвіть переваги схем оборотного водопостачання.
4. Як визначається ефективність водопостачання?
5. Перелічіть вимоги до оборотної води.

Тема 10

ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ТА ПЕРЕРОБКА ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ

Накопичення значних мас твердих відходів в багатьох галузях промисловості обумовлено існуючим рівнем технології переробки відповідної сировини і недостатністю його комплексного використання. Видалення (транспортування) відходів і їх зберігання (устрій і утримання відвалів і шламонакопичувачів) є дорогими заходами. На металургійних виробництвах, теплоелектростанціях (ТЕС) і вуглезбагачувальних фабриках витрати на них складають приблизно 8 -30% вартості виробництва основної продукції. До того ж у відвали і шламосховища щорічно поступають величезні маси порід і відходів збагачення і переробки мінеральної сировини. За наявними оцінками, в них накопичені десятки мільярдів тонн різних гірських порід (вапняків, кварцитів, доломіту, вогнетривких глин, каолінів, пісковиків і ін.), золошлакових відходів ТЕС, металургійних шлаків, фосфогіпсу і значні кількості інших (часто цінних і дефіцитних) матеріалів. Разом з цим рівень оперативної утилізації відходів є низьким: до господарського обороту залучається тільки п'ята частина шлаків кольорової металургії, 10-12% золошлакових відходів і фосфогіпсу, менше 4% відходів вуглезбагачення, що веде до наростання маси складованих відходів [1].

Джерела виникнення твердих відходів в матеріальному виробництві ілюструються схемою



(рис.10.1). Конкретні причини їх утворення досить різноманітні, причому деякі з них можуть бути без значних витрат достатньо легко і швидко усунені, для усунення інших, навпаки, потрібні тривалі дослідження і крупні витрати.

Рисунок 10.1 - Джерела виникнення твердих відходів у матеріальному виробництві.

Різноманіття видів твердих відходів значну відмінність складу навіть однойменних відходів в значній мірі ускладнюють задачі їх утилізації, викликаючи в деяких конкретних випадках необхідність вишукування своєрідних шляхів їх вирішення. Проте для більшості основних видів великотоннажних твердих відходів розроблені і частково реалізуються економічно доцільні технології їх утилізації. В той же час, різні технології рекуперації твердих відходів в своїй основі базуються на ряду методів, сукупність яких забезпечує можливість утилізації ВМР або їх переробки в цільові продукти. Класифікація найпоширеніших методів підготовки та переробки твердих відходів наведена на рис. 10.2.

10.1 Механічна, механотермічна та термічна переробка

Метод дроблення використовують для отримання з крупних шматків матеріалів продуктів, що переробляються, розміром переважно 5 мм. Порібнення широко використовують для переробки відходів розкриття (вскрыши) при відкритих розробках корисних копалин, відвальних шлаків металургійних підприємств, гумових технічних виробів, що вийшли з вживання, відвалів галіту й фосфогіпсу, відходів деревини, деяких пластмас, будівельних і багатьох інших матеріалів. Як основні технологічні показники дроблення розглядають ступінь та енергоємність дроблення.

Для дроблення більшості видів твердих відходів використовують щоківі, конусні, валкові й роторні дробарки різних типів. Для оброблення дуже крупних агломератів відходів застосовують копрові механізми, механічні ножиці, дискові пили, стрічкорозпилювальні верстати й деякі інші механізми та прийоми (наприклад, вибух). Вибір типу дробарки проводять з урахуванням міцності, пружності й величини перероблюваного матеріалу, а також необхідних розмірів шматків (зерен) продукту і необхідної продуктивності.

Технологія дроблення може бути організована з використанням або відкритих циклів роботи дробарок, коли матеріал, що переробляється, проходить через дробарку тільки один раз, або замкнутих циклів з грохотом, надрешітний продукт якого повертають в дробарку.

Метод **подрібнення** використовують при необхідності отримання з кускових відходів зернових і дрібнодисперсних фракцій величиною менше 5 мм. Процеси подрібнення поширені в технології рекуперації твердих відходів при переробці відвалів розкриття й попутно витягуваних порід відкритих і шахтних розробок корисних копалин, будівельних конструкцій і виробів, що вийшли з ладу, деяких видів змішаного лому виробів з чорних і кольорових металів, паливних і металургійних шлаків, відходів вуглезбагачення, деяких виробничих

шламів і відхідних пластмас, піритових огарків, фосфогіпсу і ряду інших вторинних матеріальних ресурсів (ВМР).

Найпоширенішими агрегатами грубого і тонкого подрібнення, що використовуються при переробці твердих відходів, є стрижньові, кульові і ножові млини, хоча в окремих випадках застосовують і інші механізми (дезінтегратори, дискові і кільцеві млини, бігуни, пневмогармати і т. п.).

Подрібнення деяких типів відхідних пластмас і гумових технічних виробів проводять при низьких температурах (криогенне подрібнення).

Класифікація і сортування використовується для: розділення твердих відходів на фракції за величиною. Вони включають методи грохотування (розсівання) шматків (зерен) матеріалу, що переробляється, і їх розділення під дією гравітаційно-інерційних і гравітаційно-відцентрових сил. Ці методи широко застосовують як самостійні та допоміжні при безпосередній утилізації і переробці переважної більшості твердих відходів.

При грохотуванні використовують нерухомі колошникові, валкові, барабанні, що гойдаються, барабанні, що обертаються, дугові, ударні, плоскі, напіввібраційні (гіраційні), вібраційні з прямолінійними вібраціями (резонансні, самобалансні, з вібраторами, що самосинхронізуються) і з круговими або еліптичними вібраціями (інерційні з дебалансним вібратором, що центруються, електровібраційні) грохоти.

Укрупнення. Разом з перерахованими вище методами зменшення розмірів шматкових матеріалів і їх розділення на класи крупності в практиці рекупераційної технології твердих відходів розповсюджені методи укрупнення дрібнодисперсних частинок ВМР. Вони об'єднують різні прийоми грануляції, таблетування, брикетування і високотемпературної агломерації. Їх використовують при переробці в будівельні матеріали ряду компонентів відвальних порід добування корисних копалин, хвостів збагачення вугілля і золи, в процесах утилізації фосфогіпсу в сільському господарстві і цементній промисловості, при підготовці до переплавки дрібношматкових і дисперсних відходів чорних і кольорових металів, в процесах утилізації пластмас, саж, пилу і дріб'язків дерева, при обробці шлакових розплавів в металургійних виробництвах і електротермофосфорному виробництві й в багатьох інших процесах утилізації і переробки ВМР.

10.2 Збагачування. Гравітаційні методи

Ці методи збагачення ґрунтуються на відмінності в швидкості падіння в рідкому (повітряному) середовищі частинок різного розміру й густини. Вони об'єднують збагачення

відсадженням, у важких суспензіях, в потоках, що переміщаються по похилих поверхнях, а також промивку.

Відсадження є процесом розділення мінеральних зерен за густиною під дією змінних по напрямку вертикальних струменів води (повітря), що проходять через решето відсаджувальної машини. Відсадженню звичайно піддають заздалегідь знешамлені широко- або вузькокласифіковані матеріали оптимальної величини 0,5-100 мм для нерудних і 0,2-40 мм для рудних матеріалів. Відсаджувальні машини розрізняються способом створення пульсацій (рухом діафрагми, поршня, решета, пульсуючою подачею стиснутого повітря), типорозмірами, конструктивними особливостями, числом фракцій продуктів, що виділяються.

10.3 Термічна обробка

При утилізації і переробці твердих відходів використовують різні методи термічної обробки як вихідних твердих матеріалів, так і одержуваних на їх основі продуктів. Ці методи включають різні прийоми піролізу (наприклад, відходів пластмас, деревини, гумових технічних виробів, шлаків нафтопереробки), переплавлювання (наприклад, відвальних металургійних шлаків, відходів термопластів, металолому), випалення (наприклад, деяких шлаків кольорової металургії, піритових огарків, ряду залізовмісних шлаків і пилу), високотемпературної агломерації та вогневого знешкодження (спалювання) багатьох видів твердих відходів на органічній основі.

10.4 Ліквідація промислових твердих відходів

Ліквідація або видалення промислових відходів з попереднім знезараженням і, особливо, без нього не може бути перспективним заходом. Але в багатьох випадках після попередньої обробки та вилучення окремих корисних компонентів утворюються тверді або шламовидні залишки, подальша переробка яких наразі недоцільна.

Практично для ліквідації застосовують методи:

- накопичення в звалищах та шламосховищах;
- санітарне ґрунтове засипання;
- захоронення або закачування в глибинні підземні порожнини;
- спалювання та піроліз.

Звалища та накопичувачі - ділянки землі, на яких безконтрольно зберігаються промислові та побутові відходи. Такий метод через свою екологічну небезпечність

(забруднення, повітря, ґрунтових вод, розмноження бактерій, мікроорганізмів, гризунів тощо) заборонений законодавством.

Шламосховища - спеціально облаштовані наземні споруди для зберігання та відстоювання шламів. Вони мають дренажну систему, а дно та береги ізольовані водонепроникним шаром (глина, бітум, полімерні матеріали.). З поверхні шламосховищ постійно виділяються газоподібні речовини в атмосферу, дренажні води потребують очищення, а пошкодження ізоляції чи дренажу спричиняє витікання забруднених стічних вод. Тому цей метод також не вирішує проблеми.

Санітарне ґрунтове засипання відходів здійснюється в спеціальні канави та ями або наземні бурти висотою 2,5 - 14 м. Основною умовою експлуатації таких санітарних звалищ є ущільнення відходів та щоденне засипання шаром землі. Так можна ліквідовувати відпрацьовані суспензії скуберного очищення газів від SO_2 сумісно з золою теплоелектростанцій. При такому зберіганні відходів відбувається їх анаеробний розклад із виділенням CH_4 та CO_2 .

Захоронення або закачування в глибинні підземні порожнини або глибинні горизонти зазвичай використовують наявні скважини, гірничі виробки або покинуті шахти. Глибина повинна бути нижче рівня ґрунтових вод (від декількох сотень до 4000 м). Використовується також закачування в глибинні шари морів та океанів. Ці методи не є раціональними.

Спалювання та піроліз є одним із найприємливіших методів ліквідації відходів. Основними перевагами їх є:

- універсальність, можливість обробки всіляких відходів, що не піддаються знищенню іншими способами;
- легкість автоматизації;
- можливість використання тепла згорання;
- можливість зменшення обсягу відходів на 85 %.

Для спалювання використовують промислові печі різних типів: барабанні, камерні, шахтні, циклонні, з "киплячим" шаром і ін. В багатьох випадках спалювання відходів необхідне очищення димових газів від шкідливих сполук, що можуть утворюватись при цьому.

Переваги та недоліки основних методів ліквідації хімічних відходів наведені в таблиці 10.1.

Таблиця 10.1. Характеристики методів ліквідації хімічних відходів

Метод	Переваги	Недоліки
<u>Санітарне захоронення</u>	Землю можна використовувати. Якщо відходи знезаражені, то немає ризику забруднення поверхневих та ґрунтових вод. Не потребує ізоляції, якщо відходи знезаражені.	Потрібні незайняті земельні ділянки. Можливість забруднення вод у випадку хімічних відходів чи у випадку руйнування ізоляції. Застосування дорогих та не завжди доступних ізоляційних матеріалів.
Шламосховища	Відносно недорогий метод	Необхідні великі земельні ділянки. Земля не може бути використана. Джерело забруднення повітря та вод. Застосування дорогих та не завжди доступних ізоляційних матеріалів.
Спалювання	Ефективний для знезараження токсичних сполук. Не потрібно використання земельних ділянок.	Відносно дорогий. Витрати палива. Утворюються залишки, які потрібно складувати. Утворюються вторинні забруднюючі речовини.
Підземне захоронення	Не потребує використання поверхні землі.	Потребує специфічних геологічних умов. Може бути джерелом безконтрольних забруднень підземних вод в майбутньому.
Спуск в поверхневі водойми	Відносно недорогий. Не потребує використання поверхні землі.	Потенційне джерело забруднення водоймищ. Економічно недоцільний, коли немає поблизу водоймищ.
Захоронення в океані	Відносно недорогий. Не потребує використання поверхні землі.	Призводить до деградації океанів та прибережних зон у випадку безконтрольних скидань відходів. Економічно недоцільний у випадку віддаленості від океану.

10.5 Переробка відходів неорганічних виробництв

Переробка відходів сірчанокислотного виробництва

Нарівні з виробництвами міндобриб і кальцинованої соди, сірчанокислотне виробництво дає найбільшу кількість твердих відходів. Основну кількість сірчаної кислоти виробляють контактним методом з SO_2 , що отримується спалюванням розплавленої сірки або випалюванням залізного колчедану після його збагачування флотацією. Велику кількість твердих відходів утворює виробництво з випалюванням колчедану, доля якого в загальному обсязі продукційної кислоти хоч і зменшується, але все ж залишається значною.

Оксид заліза, який утворюється при випаленні колчедану, виходить з печі у вигляді піритного огарку складу: Fe (40-63 %), сірка (0,33-0,47%), Zn (0,421,35%), Pb (0,32-0,58%), дорогоцінних металів (10-20 г/т) та інших металів.

Сірчистий газ, що виходить з випалювальної печі, забруднений огарковим пилом і іншими домішками, вміст яких 1-200 г/м³. Його очищають перед переробкою до залишкового вмісту пилу 0,1 г/м³.

Основними твердими відходами виробництва H_2SO_4 з сірчаного колчедану є піритні огарки, пил циклонів, сухих електрофільтрів, шлами промивних веж, мокрих електрофільтрів. На 1 т вироблюваної кислоти вихід огарку не менше 0,55 т. Одним із найраціональніших способів утилізації піритного огарку є переробка його в чавун із попутним вилученням кольорових металів (Cu, Zn).

Для вилучення кольорових металів з огарків за необхідності використовують різні методи випалення, наприклад, хлорувальний, придатний для витягування міді з її вмістом в огарку на рівні 0,5 %. Ступінь вилучення міді 80-85 %. В якості хлоруючого агента використовують кухонну сіль, хлор і хлористий водень або суміш хлору з повітрям.

Крім вилучення цінних металів огарки, що містять 40-63% Fe, надалі використовуються для отримання чавуну та сталі. Основною перешкодою

використання огарків безпосередньо в доменних плавках є ступінь дроблення та високий залишковий вміст сірки.

Крім того огарок може використовуватися як добриво з мікроелементами, як мінералізуюча добавка в виробництві цементу.

Невеликі кількості огарка і пилу електрофільтрів використовують для отримання мінеральних пігментів (залізного сурику, мумії, охри).

З газів випалювання виділяють також Se.

Переробка відходів виробництва калійних добрив

Важливим калійним мінералом є сільвініт - суміш сільвіну KCl та галіту $NaCl$ з нерозчинними речовинами. Калійні руди переробляють методами роздільної кристалізації із розчинів та механічного (флотація) збагачення. На 1 т KCl утворюється 3 - 4 т галітових відходів. Крім $NaCl$ в них містяться $CaSO_4$, $MgCl_2$, Br і інші речовини. До того ж утворюються глинисті шлами (0,5 - 0,6 т/т KCl), надлишкові мінералізовані розсоли та відпрацьовані гази, які містять HCl , SO_2 , та порошок KCl . Раціональними напрямками утилізації та захоронення галітових відходів є:

- виробництво технічної і харчової кухонної солі та соди;
- надлишкова кількість складається у звалищах, захоронюється в шахтні порожнини, закачується в глибинні поглинаючі горизонти.

Суттєве зменшення кількості твердих відходів дає підземне розчинення сільвінітової руди.

10.6 Переробка відходів коксохімії

В коксохімії утворюються великі маси твердих відходів, в основному мінеральні і вугільно-мінеральні відходи. Деяку частину із них використовують при виробництві цементу, а основну масу вивозять на звалища.

Крім мінеральних і вугільно-мінеральних відходів в цій галузі утворюються значні кількості в'язких відходів, що містять органічну фазу, якою обволікається летюча тверда фаза (вугільний пил), фуси, гудрони і ін. Це крихкий матеріал при зниженій температурі, який важко розікласти на складові. Основну масу фусів направляють у

відвали, однак, фуси разом з кислою смолкою і вугільною шихтою можна змішати, отримати гранули і направити знов у шихту. Крім того їх можна спалювати в топках котлів разом із твердим паливом.

Кислі смолисті відходи, що отримуються на різних стадіях переробки вугілля, використовують як добавки до шихти (після нейтралізації), у виробництві бітумів різних марок, гудронів, сажі...

Контрольні запитання

1. Назвіть причини накопичення твердих відходів.
2. Перелічіть методи переробки твердих відходів.
3. Перелічіть методи ліквідації твердих відходів.
4. Яка різниця між звалищем та санітарним засипанням?
5. Чому глибинне захоронення відходів не є раціональним?
6. Які основні тверді відходи утворюються у виробництві H^0_4 ?
7. Які тверді відходи утворюються у виробництві калійних добрив?
8. Як переробляють тверді відходи коксохімічних виробництв?

Тема 11

ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ФОСФОРНИХ ДОБРІВ

Для виробництва найбільш важливі апатитові і фосфоритні руди, які містять мінерали апатитової групи типу $3Me_3(PO_4)_2CaX_2$ (Me - іони Ca Na, Sr., X= F, Cl, OH), а також домішки. Руду заздалегідь розмелюють, потім збагачують. У результаті утворюється велика кількість "хвостів" і пилу. Концентрати переробляють 2 шляхами:

- 1) пряма кислотна або термічна переробка сировини з отриманням готових суперфосфатів;
- 2) розкладання фосфатів з отриманням термічної й екстракційної фосфорної кислот (ТФК і ЕФК), які використовують для виробництва різноманітних продуктів включаючи мінеральні добрива.

При виробництві екстракційної фосфорної кислоти як твердий відхід утворюється фосфогіпс- сульфат Ca із домішками фосфатів. Це сірий дрібнокристалічний порошок, який швидко комкується, з вологістю до 40 %.

Кількість його 3,5-6 т на тонну P_2O_5 (в перерахунку на суху речовину), причому в осадах утворюється дигідрат $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, напівгідрат $CaSO_4 \cdot 0,5 H_2O$, безводний $CaSO_4$ з фосфатами (фосфогіпс, фосфонапівгідрат, фосфоангідрит).

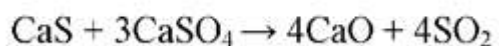
На території СНД накопичено більше 200 млн. т фосфогіпсу, й обсяги його збільшуються щорічно. Через це актуальними є не тільки утилізація, але й його видалення, транспортування та зберігання у відвалах та шламосховищах. При цьому вартість видалення та зберігання фосфогіпсу у відвалах складає 10 % собівартості ЕФК. Суттєвою є проблема забруднених стічних вод, які утворюються при зберіганні.

Для транспортування застосовують різні транспортні засоби (транспортери, конвеєри, канатні дороги, автотранспорт, гідротранспорт), які вимагають значних витрат на експлуатацію та ремонт.

Методи складування малопривабливі як з екологічного, так і з економічного боку.

Основні напрямки утилізації фосфогіпсу: добавки в цементний клінкер; виробництво гіпсових в'язучих; виробництво сірки або сірчаної кислоти та вапна; для хімічної меліорації солончакових ґрунтів; отримання сульфату амонію; як наповнювач у виробництві лінолеуму та паперу; використання в будівництві замість природного гіпсу.

В ряді країн (Австрія, ПАР, Німеччина, СНД) фосфогіпс переробляють з отриманням сірчаної кислоти і цементу. Висушений фосфогіпс змішують із глиною, піском та коксом і випалюють при 1200 - 1400 °С. При цьому протікають процеси:



Для повного відновлення $CaSO_4$ застосовують надлишок (20 - 30 %) вуглецю, а вміст кисню у випалювальному газі не більше 0,5 - 0,6 %. Утворення цементного клінкеру відбувається в печах при 1400 - 1500 °С. Наявність домішок P_2O_5 та F ускладнюють технологію та устаткування. Фосфогіпс може також використовуватись як добриво (поживний елемент сірка) для господарств, розташованих на відстані до 500 км від

підприємства. Певне практичне значення має бактеріальне вилужування сірки із фосфогіпсу. Переробка природної фосфатної сировини пов'язана з виділенням сполук фтору, які утилізують у солі кремнефтористоводневої кислоти. При цьому утворюється аморфний осад кремнієвої кислоти, склад якого залежить від способу переробки кремнефтористоводневої кислоти. Основним компонентом осаду є SiO_2 (20 - 30 %) з домішками сполук алюмінію та фтору. Останні та високий вміст води є основною перешкодою використання кремнегелю. Але розробляються методи переробки цього відходу в активний SiO_2 (білу сажу), що використовується у виробництві пігментів, наповнювачів.

Контрольні запитання

1. Яка кількість фосфогіпсу утворюється у сучасних виробництвах фосфорних добрив?
2. Охарактеризуйте фосфогіпс.
3. Перелічіть способи переробки та утилізації фосфогіпсу.
4. Які тверді відходи крім фосфогіпсу утворюється у виробництвах фосфорних добрив?
5. Опишіть процес переробки фосфогіпсу в цемент та сірчану кислоту.
6. В яких випадках фосфогіпс можна використовувати як добриво?
7. Як можна утилізувати кремнегель?

Тема 12

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ВИРОБНИЦТВ ТНР НА ДОВКІЛЛЯ

12.1 Основні напрямки раціонального використання природних ресурсів та охорони довкілля

Сучасні промислові виробництва це потужні комплекси із задіянням величезних матеріальних і енергетичних потоків. Звичайно, що відповідно зросли, хоч і в меншій пропорції, обсяги викидів, стоків та твердих відходів. Значна доля із яких негативно

впливає на довкілля. Зменшення негативного впливу промислового виробництва на довкілля здійснюється в багатьох напрямках основними із яких є:

- Розробка нових технологічних процесів;
- Створення маловідходних, безвідходних та безстічних виробництв;
- Рекуперація та утилізація промислових відходів;
- Комплексне використання сировини;
- Спільне використання нової сировини та відходів минулих років;
- Комплексне використання відходів минулих років;
- Створення територіально-виробничих комплексів;
- Удосконалення природоохоронного законодавства.

12.2 Створення маловідходних, безвідходних та безстічних виробництв

Основним напрямком охорони довкілля визнають створення та запровадження маловідходних процесів та виробництв. Маловідходні і безвідходні виробництва розвиваються у кількох напрямках:

1) розробка безстічних або з мінімальним питомим водоспоживанням ХТС на базі існуючих, тих, що впроваджуються, та перспективних способів очистки;

2) розробка і впровадження систем переробки відходів виробництва з розглядом їх як ВМР (а не як екологічного навантаження);

3) створення принципово нових процесів добування традиційних видів продукції і максимально повним вилученням корисних компонентів сировини, що повинно бути забезпечено вдосконаленням або виключенням тих етапів переробки, при яких утворюються відходи;

4) розробка і створення територіально-виробничих комплексів (ТВК) із замкнутою структурою матеріальних й енергетичних потоків всередині ТВК.

У багатотоннажних за випуском продукції виробництвах неорганічних речовин налічується більше 100 найменувань відходів, з них повністю або частково використовується лише близько 30.

Багато з цих відходів за складом неспецифічні, нетрадиційні для основної хімічної промисловості, і в них зацікавлені споживачі тільки інших галузей. Тому створення ТВК з

метою захисту біосфери від забруднення, а також залучення відходів у переробку як ВМР є надзвичайно важливим заходом. На самих хімічних підприємствах неорганічного профілю здійснюється комплекс різних заходів по удосконаленню технологічних процесів, впровадженню замкнутого водообороту і повітряного охолодження, реконструкції застарілих виробництв, різкому розширенню утилізації відходів і викидів, створенню безвідходних технологічних процесів. Так, застосування повітряного охолодження, прогресивної технології в нових крупних агрегатах синтезу аміаку, заміна поршневих компресорів турбокомпресорами зменшили оборотне водоспоживання майже в 10 разів (з 500—550 до 50—60 м³/т NH₃) і питоме споживання свіжої води з 32 до 7—8 м³/т NH₃. Одночасно чекають розв'язку питання утилізації сильно мінералізованої води після відпарних колон і відділення хімводоочистки, очистки скидних газів від сполук сірки й оксиду вуглецю (II) тощо.

Використання у виробництві сірчаної кислоти методу ПК — ПА зумовило підвищення з 97,5—98,0 до 99,5—99,7 % конверсії оксиду сірки (IV) і зменшення з 0,2 до 0,03—0,05 % викидів його в атмосферу.

Усі сучасні виробництва неконцентрованої азотної кислоти, що працюють за енерготехнологічною схемою під тиском, устатковані вузлами каталітичної очистки вихлопних газів від оксидів азоту з доведенням їх остаточної об'ємної частки до 0,005 %, що задовольняє вимогам сучасних санітарних норм. Одночасно розробляються адсорбційні методи доочистки вихлопних газів з поглинанням оксидів азоту кислототривкими цеолітами і зниженням їх залишкової об'ємної частки до 0,001 %.

Оптимальні умови охорони навколишнього середовища і повноти переробки сировини забезпечуються у комбінованому (суміщеному) виробництві карбаміду й аміаку. Проводяться також пошуки ефективних методів локальної очистки стічних вод виробництв зв'язаного азоту, що містять аміак та його сполуки, з використанням очищених вод в оборотних циклах.

Цікаві з позицій охорони навколишнього середовища плазмохімічні процеси фіксації атмосферного азоту, суміщені з розкладанням фосфатної сировини. Подальша переробка реакційної суміші дає змогу добути з оксиду фосфору (V) та оксидів азоту суміші фосфорної та азотної кислот для виробництва комплексних добрив. Цей

перспективний метод дозволяє підприємствам, що виробляють мінеральні добрива, позбавитись від подальшого нагромадження обтяжливих і крупнотоннажних відходів — фосфогіпсу і фтористих шламів.

Цікавими як заходи що суттєво зменшують обсяги викидів та стоків є використання замкнутих (циркуляційних) технологічних схем з циркуляцією газів та розчинів (пульп).

Однак об'єми вже нагромаджених у відвалах і шламосховищах фосфогіпсу і шламів настільки великі (десятки мільйонів тонн), що потенціальні споживачі забезпечені продуктами утилізації цих видів ВМР на багато років вперед

Цікаві нові розробки по створенню маловідходних або безвідходних, екологічно чистих виробництв кальцинованої соди (так званий «Дуаль-процес»), амофосу (із замкнутим водооборотом), солей хрому (комплексний хіміко-металургійний метод переробки хроміту), пігментного оксиду титану (IV) (з утилізацією залізного купоросу і гідролісної сірчаної кислоти у виробництві контактної сірчаної кислоти) тощо.

У цілому перехід на безвідходні технологічні процеси є плановою і досить інтенсивною перебудовою підгалузі виробництва неорганічних речовин хімічної промисловості від окремого підприємства до регіональних промислових комплексів.

12.3 Комплексне використання сировини та відходів

Використання сировини спрямовується в напрямках: економія природної сировини; часткова заміна природної сировини відходами минулих років чи інших виробництв; підвищення комплексності використання сировини та зменшення відходів; розширення переліку (асортименту) продукції за рахунок побічних продуктів та переробки відходів; використання відходів одних виробництв як сировини для інших; застосування нових методів добування природної сировини.

Контрольні запитання

1. Які напрямки зменшення негативного впливу на довкілля Ви знаєте?
2. В яких напрямках необхідно створювати нові технологічні процеси?
3. Як Ви розумієте безвідходність технологічних процесів? В чому переваги ТВК?
4. Наведіть приклади застосування принципів маловідходності у виробництвах ТНР. Яким чином можна економити природну сировину?

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Годун Р. Л. Результати обстеження програмно-технічного комплексу системи контролю та обліку заводу з переробки твердих радіоактивних відходів / Р. Л. Годун, М. В. Пашинов, А. О. Холодюк, М. І. Павлюченко, С. М. Стадник, С. В. Купріяничук, А. О. Дорошенко, О. В. Мясніков // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. - 2018. - Вип. 30. - С. 93-102. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbaech_2018_30_14
2. Гулевський В. Б. Удосконалення конструкції електромагнітного відстійника для очищення технічних рідин від механічних домішок / В. Б. Гулевський, Ю. О. Постол, В. В. Яценко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки. - 2019. - Вип. 19, т. 3. - С. 163-168. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptdau_2019_19_3_21
3. Білоконь С. О. Оцінка ефективності зрошення дощуванням із застосуванням вібраційного фільтру відстійника для очищення зрошувальної води / С. О. Білоконь, Н. В. Приходько, Р. М. Коптюк, Д. М. Ричко, А. М. Рокочинський // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки. - 2019. - Вип. 1. - С. 31-39. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnuvgrp_tekhn_2019_1_6
4. Полулях А. Д. Определение коэффициентов извлечения классов крупности в фугат фильтрующих центрифуг / А. Д. Полулях // Збагачення корисних копалин. - 2019. - Вип. 73. - С. 128-137. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zkk_2019_73_18
5. Plyatsuk L. Research into biotechnological processes of plant s-nutrition stimulation by the products of phosphogypsum disposal in gas cleaning systems / L. Plyatsuk, Y. Chernysh, I. Ablicieva, O. Burla, L. Hurets // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2018. - № 3(10). - С. 6-14. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2018_3%2810%29__2
6. Ignacio E. Grossmann Advanced Optimization for Process Systems Engineering Carnegie Mellon University, Pennsylvania Expected publication date: 30 April 2021 ISBN: 9781108831659
7. Фізико-хімічні основи процесів очищення води: підручник / М.Д. Гомеля, Т.О. Шаблій, Я.В. Радовенчик. – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2019. – 256 с.
8. Andreas Jess and Peter Wasserscheid: Chemical Technology: From Principles to Products 2nd Edn. *Chromatographia* 83, 1437 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10337-020-03964-2>
9. Kochetov G. Research of the treatment of depleted nickel-plating electrolytes by the ferritization method / G. Kochetov, T. Prikhna, O. Kovalchuk, D. Samchenko // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2018. - № 3(6). - С. 52-60. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2018_3%286%29__9

Конспект лекцій з дисципліни «Технології очистки та утилізації промислових стоків та викидів» (Частина II) для студентів спеціальності 161 - «Хімічні технології та інженерія», 162 - «Біотехнології та біоінженерія».

Укладач: к.т.н., доцент Белянська Олександра Ростиславівна

Підписано до друку _____ 2022 р.

Формат 60 x 84 1/16 .

Обсяг _____ др. арк.

Тираж _____ екз.

Замовлення

51918 , м. Кам'янське, вул. Дніпробудівська, 2