

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля**

**КАФЕДРА БУДІВНИЦТВА, УРБАНІСТИКИ ТА ПРОСТОРОВОГО
ПЛАНУВАННЯ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

Основи технології процесів водопідготовки

Частина I

*(для здобувачів вищої освіти спеціальності
G19 Будівництво та цивільна інженерія)*

(Електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри будівництва,
урбаністики та просторового
планування

Протокол № 1 від 12.08.2025 р.

Київ 2025

УДК 628.16

Конспект лекцій з курсу «Основи технології процесів водопідготовки. Частина I» (для здобувачів вищої освіти спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія») (Електронне видання) / Уклад. Татарченко Г.О. – Київ: СНУ ім. В. Даля, 2025. – 102 с.

Методичне видання спрямоване на вивчення і засвоєння студентами самостійно та на підставі лекційного матеріалу теоретичної основи та практичного матеріалу з дисципліни «Основи технології процесів водопідготовки» .

Відповідальний за випуск: д.т.н., проф. Татарченко Г.О.

Укладач: Г.О. Татарченко

Рецензент: к.т.н., доц. Білошицький М.В.

ЗМІСТ

Тема 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНИХ РЕСУРСІВ І ЇХ ВИКОРИСТАННЯ	
1.1 Властивості і класифікація вод.....	4
1.2 Споживання води.....	6
1.3 Характеристика стічних вод.....	10
1.4 Шляхи зменшення кількості стічних вод і їх забрудненості.....	15
1.5 Класифікація домішок в стічних водах.....	17
1.6 Якість води водних об'єктів.....	20
1.7 Визначення ступеня очищення виробничих стічних вод.....	25
1.8 Системи водопостачання та водовідведення.....	28
1.9 Схеми використання води на підприємствах.....	31
1.10 Контроль якості води.....	34
1.11 Методи очищення стічних вод.....	37
Контрольні питання до теми 1.....	40
Тема 2. МЕХАНІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	
2.1 Проціджування.....	42
2.2 Відстоювання.....	47
2.3 Фільтрування.....	66
2.4 Центрифугування.....	78
2.5 Схема механічного очищення виробничих стічних вод.....	82
Контрольні питання до теми 2.....	84
Тема 3. ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	
3.1 Нейтралізація.....	85
3.2 Окислення.....	87
3.3 Очищення стічних вод відновленням.....	97
Контрольні питання до теми 2.....	99
Перелік посилань.....	100

ТЕМА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНИХ РЕСУРСІВ І ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

1.1. Властивості і класифікація вод

Вода займає особливе місце серед всіх з'єднань у сенсі першорядної її важливості в найрізноманітніших процесах і явищах живої і неживої природи, а також у практичному використанні її людиною.

Запаси води на Землі обчислюються приблизно в 1400 млн. км³, близько 98% з них є солоними. Більшість прісної води, частка якої і так невелика, важкодоступна для використання її людиною, так як зосереджена в льодовиках на південному і північному полюсах нашої планети, вершинах гір і водоносних шарах під землею. Щорічний об'єм споживання прісної води в світі складає 3900 млрд. м³, близько половини його втрачається безповоротно, інша половина перетворюється в стічні води.

Якісний і кількісний склад природних вод формується під впливом природних процесів. Залежно від ступеня мінералізованості води діляться на прісні (вміст солей менше 1 г/л), солонуваті (1-10 г/л), солоні (10-50 г/л) і розсоли (понад 50 г/л). За переважними аніонами розрізняють води карбонатні (гідрокарбонатні), сульфатні і хлоридні.

Жорсткість природних вод обумовлена присутністю в них солей кальцію і магнію і виражається концентрацією іонів Ca²⁺ і Mg²⁺ у ммоль-екв/л (мг-екв/л). Загальна жорсткість води поділяється на карбонатну і некарбонатну. Карбонатна пов'язана з наявністю в воді карбонатів і бікарбонатів кальцію і магнію, а некарбонатна – інших солей цих катіонів (сульфатів, нітратів, хлоридів та ін.).

Природні води прийнято ділити на три види, сильно розрізняються за наявністю домішок. Атмосферні – води дощових і снігових опадів – характеризуються порівняно невеликою кількістю домішок, головним чином, розчиненими газами, і майже не містять розчинених солей, зокрема, кальцію і магнію (м'яка вода).

Поверхневі води – річкові, озерні, морські, льодовикові – мають значно ширшу гаму домішок, в тому числі двовуглекислі солі кальцію, магнію, натрію, калію, а також сірчаноокислий і хлористі солі від незначних кількостей до повного насичення.

Підземні – води артезіанських свердловин, колодязів, ключів, гейзерів – характеризуються різноманітністю складу розчинених солей, які залежать від складу і структури ґрунтів і гірських порід, через які просочуються атмосферні і поверхневі води, утворюючи підземні водойми. Фільтруюча здатність ґрунтів і гірських порід обумовлює високу прозорість вод і відсутність в них домішок органічного походження.

Вода знаходиться на Землі одночасно у трьох агрегатних станах (рідина, пара і тверде – лід), що робить нашу планету унікальною. Водяна пара затримує теплове випромінювання з поверхні Землі, але пропускає сонячні промені, що сприяє пом'якшенню клімату. Лід легше води і не тоне, що не дозволяє промерзати водоймам до дна і зберегти в них життя у зимовий період .

Фізичні властивості води в більшості своїй унікальні і різко виражені у порівнянні з такими ж властивостями інших речовин. Вода має найвищу у порівнянні з іншими рідинами теплоємність, питому теплоту пароутворення, теплопровідність. Наслідком цих властивостей є повільне нагрівання і охолодження води, що в значній мірі і визначає її вплив на клімат нашої планети.

Вода має високу діелектричну проникність, що забезпечує тривале перебування речовин у розчиненому стані і призводить до того, що в біосфері вода ніколи не буває чистою.

Одним з найважливіших властивостей води є її здатність до утворення розчинів, що пов'язано з особливостями будови води. Молекула води характеризується значною полярністю, утворюючи диполь. Це дозволяє молекулам води з'єднуватися один з одним в агрегати і в підсумку структури різної щільності упаковки. Вода є універсальним розчинником, що відіграло важливу роль у формуванні складу природних вод.

За хімічними властивостями вода являє собою реакційно-здатну речовину, що вступає в реакції зі сполуками різних класів – галогенами, лужними металами, атомарним киснем та ін.

На відміну від інших природних багатств вода знаходиться в безперервному русі, здійснюючи кругообіг у природі, який пов'язує воедино всі води Землі і робить їх ресурси практично невичерпними. Початком кругообігу є її випаровування з поверхні морів, океанів і континентів, що відбувається під дією сонячної енергії і створює атмосферну вологу. Частина води, що випарувалася переноситься повітряними течіями на великі відстані і випадає у вигляді дощу або снігу, живлячи річки, озера, підземні води, поглинаючись ґрунтом. В результаті вода повертається в моря і океани і процес повторюється. Внаслідок кругообігу в гідросфері відбувається постійний обмін водних мас.

1.2. Споживання води

Основними категоріями споживачів вода витрачається:

- 1) на господарсько-питні потреби населення,
- 2) в сільському господарстві,
- 3) для промисловості. Крім того, вода використовується для цілей гідроенергетики, охорони здоров'я, транспорту, рекреації, лісового господарства, пожежної безпеки та інших цілей.

Класифікація вод за основним цільовим призначенням наведена на рис. 1.1.

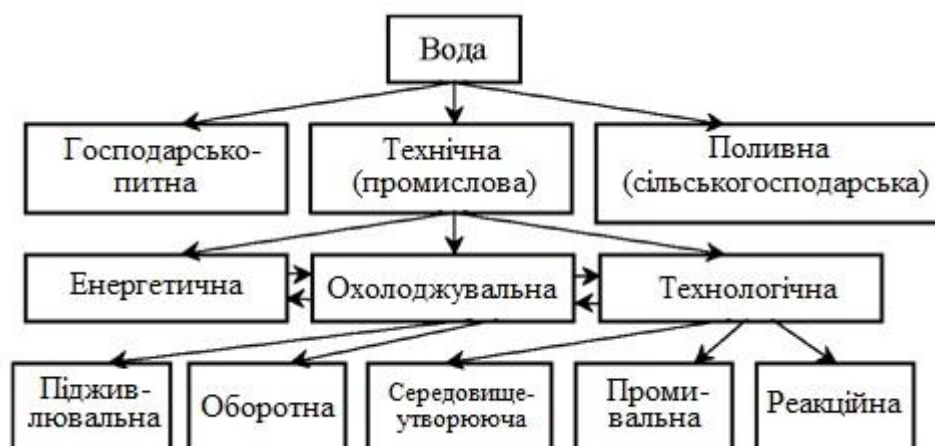


Рис. 1.1. Класифікація вод за цільовим призначенням

Господарсько-питна вода повинна бути нешкідлива для здоров'я людини, мати задовільні органолептичні показники і бути придатною для використання в побуті. Якість такої води регламентовано ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної", в якому наводиться цілий ряд показників. Серед них каламутність, кольоровість, запахи, присмаки, рН, загальна жорсткість, вміст різних елементів (залізо, марганець, мідь, цинк, алюміній, миш'як, молібден і ін.), аніонів (нітрати, фтор, сульфати, хлориди, поліфосфати).

Вимоги до води для сільськогосподарських потреб обумовлені цілями, для яких вона призначена. Наприклад, для потреб тваринництва потрібна вода з мінералізацією до 3 г/л, на зрошення якість води не нормується, але вона не повинна викликати засолення ґрунту.

У промисловості (технічна) вода служить для технологічних і енергетичних цілей, а також для охолодження.

Технологічну воду підрозділяють на середовище утворюючу, промивну і реакційну. Вода може служити в якості хімічного реагенту або промислової сировини; середовища, в яких протікають ті чи інші хімічні реакції. Середовище утворюючу воду використовують для розчинення і утворення пульпи, при збагаченні і переробці руд, гідротранспорті продуктів і відходів виробництва. Промивна вода застосовується для промивання газоподібних, рідких і твердих продуктів і виробів в таких процесах, як, наприклад, абсорбція, екстракція. У цьому випадку вимоги до води визначаються технологією виробництва.

Технологічна вода безпосередньо контактує з продуктами і виробами, тому забруднюється найбільше у порівнянні з іншими видами вод.

Енергетична вода споживається для отримання пари та нагріву обладнання, приміщень, продуктів, вона обов'язково піддається спеціальній обробці. Ця вода не повинна містити домішок, що викликають утворення накипу, спінювання котельної води, винесення солей з парою і корозію металу. Основні вимоги до неї: гранично малі значення загальної жорсткості,

розчиненого кисню, мінімальний солевміст, відсутність зважених речовин і з'єднань кремнію.

Найбільша кількість води в промисловості (65-80%) використовується для охолодження рідких і газоподібних продуктів у теплообмінних апаратах. Ця вода повинна бути стабільною, мати малу карбонатну жорсткість, гранично малу концентрацію іонів заліза і сірководню, мати мінімальну кількість біологічних забруднень і не містити грубих зважених часток. Охолоджувальна вода не стикається з матеріальними потоками і не забруднюється, а лише нагрівається.

Відповідно до призначення воду в системах виробничого водозабезпечення можна поділити також на чотири категорії:

- вода I категорії використовується для охолодження рідких і конденсації газоподібних продуктів у теплообмінних апаратах без дотику з продуктом, вода нагрівається і практично не забруднюється;
- вода II категорії служить в якості середовища, що поглинає і транспортує розчинні і нерозчинні домішки без нагріву, вода забруднюється, але не нагрівається (гідротранспорт, збагачення корисних копалин);
- вода III категорії використовується також як середовище, що поглинає і транспортує механічні і розчинені домішки, але піддається нагріву (уловлювання і очищення газу, гасіння коксу та ін.);
- вода IV категорії служить в якості екстрагенту і розчинника реагенту, наприклад, при флотаційного збагачення корисних копалин.

Для отримання вихідної води з заданими споживачами властивостями необхідна попередня очистка або обробка води.

Обробка води з метою зробити її придатною для пиття, господарських або виробничих цілей являє собою комплекс фізичних, хімічних і біологічних методів зміни її первісного складу. Під обробкою води розуміють не тільки її очищення від ряду небажаних і шкідливих домішок, але і поліпшення природних властивостей шляхом збагачення її відсутніми інгредієнтами.

Все різноманіття методів обробки води можна поділити на такі основні групи:

- 1) поліпшення органолептичних властивостей води (освітлення, знебарвлення, дезодорація та ін.);
- 2) забезпечення епідеміологічної безпеки (хлорування, озонування, обробка ультрафіолетовими променями та ін.);
- 3) кондиціонування мінерального складу (фторування і видалення фторування та заліза, і деманганація, пом'якшення і знесолення та ін.).

Метод обробки води обирають на основі попереднього вивчення складу і властивостей води джерела та їх зіставлення з вимогами споживача. Обирають метод за даними техніко-економічного аналізу, керуючись мінімальними витратами і високим технологічним ефектом.

Кількість води, яка подається на виробничі потреби, повинна відповідати технологічним вимогам з урахуванням його впливу на продукцію, що випускається і забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов для обслуговуючого персоналу.

Визначення кількості води, необхідної споживачеві, здійснюється за питомими нормами водоспоживання.

Нормою водоспоживання вважається доцільна кількість води, необхідної для виробничого процесу, встановленої (або рекомендованою) на підставі передового досвіду або науково-обґрунтованого розрахунку.

В укрупнену норму водоспоживання входять всі витрати води на підприємстві: виробничі, господарсько-питні, побутові та ін.

Середні питомі витрати води на виробництво деяких видів продукції (норми водоспоживання) наведені в табл. 1.1.

Промислові підприємства споживають воду виходячи з характеру і обсягу виробництва, складу вихідної сировини і одержуваного продукту, ролі води в технологічних процесах, умов використання води та її фізико-хімічних показників, схеми водопостачання.

Таблиця 1.1

Питомі витрати води на виробництво різних видів продукції

Вид продукції або технологічний процес	Витрати води, м ³ /т продукту
Переробка нафти	15-25
Виробництво: сталі	220-245
чавуну	250-300
нікелю	4000
Отримання: сірчаної кислоти	77
каустичної соди	95-115
синтетичного волокна	2500-5000
пластмаси	500-1000
паперу та картону	400-800
цементу	2-13

Найбільш великими виробничими споживачами води є металургійні та нафтопереробні заводи, теплоелектростанції, підприємства хімічної та целюлозно-паперової промисловості.

1.3. Характеристика стічних вод

Стічна вода – це вода, що була у побутовому, сільськогосподарському або виробничому вживанні, а також пройшла через будь-яку територію, коли забруднення змінюють її початковий хімічний склад або фізичні властивості.

Стічні води, що відводяться з території промислових підприємств, у залежності від умов утворення поділяються на:

- 1) виробничі (промислові) – використані в технологічних процесах виробництва або виходять при видобутку корисних копалин;
- 2) побутові (господарсько-фекальні) – від санітарних вузлів виробничих і невиробничих корпусів і будівель, душових установок, пральнь та ін.;
- 3) атмосферні (зливові) – дощові і від танення снігу.

Господарсько-побутові стоки досить одноманітні, вміст у них органічних домішок близько 58%, мінеральних 42%, в тому числі біогенні елементи (азот, фосфор, калій).

Атмосферні води, що стікають з території підприємств, забруднені органічними і мінеральними речовинами.

Виробничі стічні води діляться на дві категорії: забруднені і незабруднені. Забруднені містять різні домішки і підрозділяються на три основні групи:

- 1) забруднені переважно мінеральними домішками (підприємства металургійної, машинобудівної, рудо-і вугледобувної промисловості; заводи по виробництву мінеральних добрив, кислот, будівельних виробів і матеріалів та ін.);
- 2) забруднені переважно органічними домішками (підприємства м'ясної, рибної, молочної, харчової, целюлозно-паперової, хімічної, мікробіологічної промисловості; заводи з виробництва пластмас, каучуку та ін.);
- 3) забруднені мінеральними і органічними домішками (підприємства нафтовидобувної, нафтопереробної, нафтохімічної, текстильної, легкої, фармацевтичної промисловості; заводи по виробництву консервів, цукру, продуктів органічного синтезу, паперу, вітамінів і ін.).

За концентрації забруднюючих речовин виробничі стічні води поділяються на чотири групи, що містять 1-500, 500-5000, 5000-30000 і більше 30000 мг/л домішок.

Виробничі стічні води можуть відрізнятися за своїми фізичними властивостями забруднюючих їх продуктів, за ступенем агресивності (слабоагресивні $\text{pH} = 6-6,5$ і $\text{pH} = 8-9$, сильноагресивні $\text{pH} < 6$ і $\text{pH} > 9$ і неагресивні $\text{pH} = 6,5-8$).

Незабруднені виробничі стічні води надходять від холодильних, компресорних, теплообмінних апаратів. Крім того вони утворюються при охолодженні основного виробничого обладнання та продуктів виробництва.

На різних підприємствах, навіть при однакових технологічних процесах, склад виробничих стічних вод, режим водовідведення і питома витрата на одиницю продукції, що випускається досить різноманітні. Велике значення у

формуванні складу виробничих стічних вод має вигляд сировини, що переробляється.

В аналізованих стічних водах повинні визначатися: вміст компонентів, специфічних для даного виду виробництва (фенолів, нафтопродуктів, ПАР та ін.); загальна кількість органічних речовин, яка виражається величинами БПК_п і ГПК; активна реакція; ступінь мінералізації; інтенсивність забарвлення та ін. Фізико-хімічні показники виробничих стічних вод свідчать про широкий діапазон коливань складу цих вод, що викликає необхідність ретельного обґрунтування вибору оптимального методу очищення для кожного з них.

У технологічних процесах утворюються такі основні види стічних вод:

- Реакційні води, що виходять при протіканні хімічних реакцій, вони забруднені вихідними речовинами і продуктами реакції.
- Води, що містяться в сировині і вихідних продуктах у вигляді вільної або пов'язаної вологи і виділяються в процесах переробки.
- Промивні води утворюються при промиванні сировини, продуктів, одержуваних у технологічних процесах, а також обладнання.
- Маткові водні розчини, що виходять при проведенні процесів у водних середовищах.
- Водні екстракти та абсорбції рідини утворюються при використанні води в якості екстрагента або абсорбенту, найбільші обсяги утворюються при мокрій очистці газів.
- Охолоджуючі води – від охолодження продуктів і апаратів; вода, яка не стикається з технологічними продуктами, застосовується в системах оборотного водопостачання.
- Інші води стічних вод утворюються від вакуум-насосів, конденсаторів змішування, при гідрозоловидалення, від миття обладнання, тари, приміщень. Відведення виробничих стічних вод по загальним або окремих мережах, а також змішування цих вод із побутовими стічними водами у багатьом залежить від того, чи буде в подальшому прийняте їх спільне або роздільне очищення.

Умови відведення стічних вод визначаються також характером забруднюючих речовин.

Кількість виробничих стічних вод залежить від продуктивності підприємства за укрупненими нормами водовідведення для різних галузей промисловості.

Нормою водовідведення є встановлена середня кількість стічних вод, що відводиться від виробництва у водойму, за доцільною нормою водоспоживання. Укрупнення норма водовідведення включає кількість випущених у водойму стічних вод – очищених виробничих і побутових; виробничих, що не вимагають очищення, фільтраційних зі ставків-освітлювачів, сховищ і шламонакопичувачів.

Укрупнені норми водовідведення в різних галузях промисловості коливаються у широких межах. Наприклад, при видобутку 1 т нафти утворюється 0,4 м³ стічних вод, 1 т вугілля в шахтах – 0,3 м³, при виплавці 1 т сталі або чавуну – 0,1 м³, виробництві 1 т кальцинованої соди – від 8 до 10 м³, віскозного штапельного волокна – 233 м³, при виробленні 1 МВт·год електроенергії – 5 м³ стічних вод.

При відсутності норм водовідведення кількість стічних вод визначається за технологічними розрахунками відповідно до регламенту виробництва. Кількість стічних вод від великих промислових підприємств сягає 200-400 тис. м³/добу.

Для розробки раціональної схеми водовідведення і оцінки можливості повторного використання виробничих стічних вод вивчається їх склад і режим водовідведення. При цьому аналізуються фізико-хімічні показники стічних вод і режим надходження в каналізаційну мережу не тільки загального стоку промислового підприємства, але і стічних вод від окремих цехів, а при необхідності від окремих апаратів.

При проектуванні водоочисних споруд необхідно знати не тільки добову кількість стічних вод, а й режим їх надходження за годинами доби, інакше кажучи, часовий графік припливу стічних вод. Виробничі стічні води можуть

надходити протягом зміни рівномірно і нерівномірно. На ряді виробництв хімічної, легкої, текстильної, харчової, фармацевтичної та інших галузей промисловості відбуваються залпові надходження висококонцентрованих і високотоксичних стічних вод.

Специфіка технології різних виробництв вимагає в ряді випадків враховувати режим припливу стічних вод не тільки протягом доби, а й по місяцях або сезонами року.

Для обліку нерівномірності водовідведення за різні проміжки часу існують коефіцієнти нерівномірності водовідведення. Коефіцієнт нерівномірності водовідведення $K_{\text{год}}$ являє собою відношення максимальної годинної витрати $Q_{\text{год.мах}}$ до середнього часовому $Q_{\text{год.сер}}$ на добу найбільшого водовідведення, а коефіцієнт добової нерівномірності $K_{\text{доб}}$ – відношення максимального добової витрати $Q_{\text{доб.мах}}$ до середнього добового $Q_{\text{доб.сер}}$. Загальний коефіцієнт нерівномірності водовідведення $K_{\text{заг}}$, застосовуваний при розрахунку каналізаційної мережі, отримують перемноженням коефіцієнтів добової і нерівномірності:

$$K_{\text{год}}=Q_{\text{год.мах}}/Q_{\text{год.сер}}; \quad K_{\text{доб}}=Q_{\text{доб.мах}}/Q_{\text{доб.сер}}; \quad K_{\text{заг}}=K_{\text{год}}K_{\text{доб}}$$

Загальний коефіцієнт нерівномірності зазвичай визначають у залежності від середніх секундних витрат стічних вод.

Коефіцієнти нерівномірності водовідведення загального стоку для різних галузей промисловості коливаються від 1 до 2.

Для усереднення витрати і концентрації стічних вод, а іноді і за обома показниками одночасно, застосовують спеціальні споруди – усереднителі. Вони підрозділяються на контактні і проточні. Перші застосовуються при невеликих витратах, періодичному скиданні стічних вод і необхідності 100% усереднення концентрації забруднюючих речовин. Другі діють за принципом диференціювання потоку (багато-коридорні усереднителі), а також механічного або пневматичного перемішування.

1.4. Шляхи зменшення кількості стічних вод та їх забруднення

Радикальним вирішенням проблеми природних ресурсів, в тому числі і водного середовища, від впливу господарської діяльності є створення і впровадження в промисловість безвідходних і безводних технологічних процесів. Під такими процесами розуміють окреме провадження або сукупність виробництв, в результаті діяльності яких виключається негативний вплив на навколишнє середовище. Тобто безвідходна технологія являє собою поєднання організаційно-технічних процесів і способів підготовки сировини та матеріалів, що забезпечують комплексне використання сировини й енергії. Практично може бути реалізована маловідходна технологія, де більшість відходів, по суті, є сировиною, яка може бути використана для отримання корисної продукції.

Відпрацьовані води можна віднести до основних відходів більшості підприємств. Діючі системи очищення включають збір, транспортування, а потім відповідну очистку води. При цьому ефективність очищення стічних вод повинна бути такою, щоб залишковий вміст забруднень був у багато разів менше існуючих гранично допустимих концентрацій через адитивну дію речовин одної лімітуючої ознаки шкідливості, а це неминуче пов'язано з великими капітальними і експлуатаційними витратами.

Розвиток систем оборотного і послідовного використання води сприяє різкому, приблизно в 20-25 разів, зменшенню об'єму водоспоживання і водовідведення, однак не виключає, як правило, скидання в водні об'єкти засолених, так званих продувних вод.

Щоб домогтися повного виключення скидання у водойми забруднюючих речовин у порівняно короткий термін, необхідно розробити та поетапно впровадити замкнуті системи водокористування окремих виробництв. Створення замкнутих систем водозабезпечення дозволяє знизити питомі витрати свіжої води, отже, стічних вод на одиницю продукції.

Свіжа вода з водних джерел повинна використовуватися тільки для підживлення замкнутих систем, для питних і господарсько-побутових цілей, а

також для спеціальних технологічних операцій, де не можуть бути використані очищені стічні води.

Сучасні технології та техніка очищення забезпечує отримання води будь-якого заданого ступеню чистоти з будь-якої стічної води, тобто створення замкнутих водооборотних систем може гальмуватися лише причинами економічного характеру.

В основу сучасних технологічних систем з багаторазовим використанням води і мінімальним впливом на навколишнє середовище покладені принципи вдосконалення як основних технологічних процесів, так і систем використання й очищення води. До перших відносяться: розробка нових технологічних процесів зі скороченням або повним виключенням води з технологічних операцій, комплексна переробка вихідної сировини і продуктів, вдосконалення технологічних процесів і апаратів, застосування безводної сировини або її попереднє зневоднення. Другі включають: повне очищення всіх виробничих, господарсько-побутових і зливових стічних вод на локальних і загальних очисних спорудах з отриманням води, придатної для використання в замкнутих водооборотних системах; впровадження сучасних інтенсивних методів і апаратів для очищення води; утилізація цінних компонентів стічних вод; впровадження апаратів повітряного охолодження; організація систем оборотного, повторного і багаторазового використання води.

Всі перераховані заходи є складовими частинами організації виробництва з мінімальними відходами, кількість яких визначається загальним рівнем розвитку тієї чи іншої галузі народного господарства, економічними, екологічними та іншими факторами. Розробляти подібні системи слід з урахуванням не тільки технологічних особливостей підприємств і утворених виробничих відходів, а й наявних джерел вихідної води та її якості, наявності інших джерел забруднення (крім виробничих) та можливих споживачів відходів, а також особливостей промислового регіону в цілому.

Витрати на створення безстічних виробництв визначаються у значній мірі технологією цих виробництв й ефективністю методів локальної очистки

стічних вод. Мабуть, у більшості випадків організація безстічних виробництв економічно виправдана внаслідок отримання додаткової продукції (вилученої з води), відсутність необхідності будівництва великих споруд для транспортування й очищення природної води, будівництва споруд для очищення стічних вод до необхідної якості, у разі спуску їх у природні водойми, запобігання можливості забруднення водойм у разі аварій та інших непередбачених причин та ін.

1.5. Класифікація домішок у стічних водах

Забруднення виробничих стічних вод надзвичайно різноманітні, дати будь-яку типову характеристику цих вод не є можливим, тому в кожному окремому випадку необхідно вивчення їх складу та властивостей, які залежать від виду виробництва.

За своєю природою забруднення діляться на мінеральні, органічні, бактеріальні і біологічні.

До мінеральних забруднень відносяться пісок, глина, глинисті частки, частинки руди, шлаку, розчини мінеральних солей, кислот і лугів, мінеральні масла, залізо, кальцій, магній, кремній та інші речовини.

Органічні забруднення розрізняються за класами органічних сполук (вуглеводні, спирти, органічні кислоти, ароматичні та високомолекулярні сполуки та ін.), Вони можуть бути рослинного та тваринного походження. До рослинних відносяться залишки рослин, плодів, зерен, папір, рослинні масла та ін., основним хімічним елементом їх є вуглець. Забрудненнями тваринного походження представлені фізіологічні виділення людей і тварин, залишки м'язових і жирових тканин тварин, клейові речовини та ін. Вони характеризуються досить значним вмістом азоту, крім того в них є фосфор, сірка і водень.

Бактеріальні та біологічні забруднення являють собою різні мікроорганізми – дріжджові й цвілеві грибки, дрібні водорості і бактерії, в тому числі і хвороботворні, вони властиві в основному побутовим водам і деяким

видам виробничих стічних вод (консервних заводів, шкіряно-обробних підприємств, м'ясокомбінатів, біофабрик та ін.). За своїм хімічним складом вони відносяться до органічних забруднень, але виділяються в окрему групу з огляду на особливого взаємодії з іншими домішками стічних вод.

За агрегатним станом речовини, які знаходяться в воді можна розділити на тверді, рідкі та газоподібні.

Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) рекомендована наступна класифікація хімічних забруднювачів води:

- 1) біологічно нестійкі органічні сполуки;
- 2) малотоксичні неорганічні солі;
- 3) нафтопродукти;
- 4) біогенні сполуки;
- 5) речовини зі специфічними токсичними властивостями, в тому числі важкі метали, біологічно жорсткі нерозкладні органічні сполуки.

Залежно від специфіки дії домішок на водні об'єкти вони можуть бути розділені на наступні групи:

- 1) неорганічні домішки зі специфічними токсичними властивостями, до них відносяться солі важких металів;
- 2) неорганічні домішки, що не володіють токсичною дією, наприклад, рудозбагачувальних фабрик, цементних заводів та ін.;
- 3) нетоксичні органічні речовини, наприклад, харчових галузей промисловості;
- 4) органічні речовини зі специфічними токсичними властивостями підприємств органічного синтезу, нафтопереробки та ін.

Крім показників загального вмісту органічних речовин (ГПК, БПК), нафтопродуктів, для оцінки складу виробничих стічних вод визначають концентрацію індивідуальних домішок.

Л.А. Кульським була запропонована класифікація домішок у воді за фазово-дисперсним станом з урахуванням фізико-хімічних властивостей.

Виходячи з аналізу закономірностей, яким підкоряються процеси очищення води, він згрупував забруднення за ознакою їх фізико-хімічного

стану в воді, який до певної міри визначається дисперсністю речовини. Зазначений принцип дозволив об'єднати у невелику кількість груп найрізноманітніші за хімічною й фізичною характеристикою домішки природних і стічних вод. За цією ознакою всі речовини діляться на чотири групи: дві гетерогенні, в яких частки не повністю змішуються з водою, і дві гомогенні, що дають з водою істинні розчини. Цими групами є: 1) суспензії, 2) колоїдні розчини, 3) органічні молекули і розчинені гази, 4) електроліти.

Перша група домішок має розміри частинок більше 10^{-6} м, які утворюють з водою суспензії. Це частинки піску, глини, нерозчинні солі, деякі органічні речовини. Суспензії обумовлюють каламутність води, а в деяких випадках її кольоровість.

Друга група включає речовини з розмірами частинок від 10^{-8} до 10^{-6} м. Ці забруднення утворюють з водою колоїдні системи. У колоїдному стані можуть перебувати речовини як мінерального походження, наприклад, SiO_2 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, так і органічного, наприклад, гумусові. Домішки, що входять до другої групи, характеризуються особливими молекулярно-кінетичними властивостями, а внаслідок більш дрібних розмірів їх мимовільне осідання вкрай важко.

Третю і четверту групи складають речовини, які повністю розчиняються у воді, та мають розмір частинок менше 10^{-8} м. До третьої групи належать різні органічні молекули (вуглеводні, органічні кислоти, спирти, кетони, альдегіди, ароматичні сполуки, нафта та продукти її переробки та т.п.), розчинені у воді гази (O_2 , CO_2 , H_2S та ін.). Четверту групу складають неорганічні речовини, які дисоціюють на іони – електроліти (мінеральні кислоти, луги, солі всіляких металів).

Вихідними принципами класифікації послужила фазово-дисперсна характеристика речовин з урахуванням їх хімічних особливостей, яка визначає поведінку цих сполук у водному середовищі по відношенню до введених у воду реагентів. Кожному такого стану домішок відповідають певні технологічні прийоми і методи їх видалення. Здатність багатьох речовин у водному

середовищі змінювати свій фазово-дисперсний стан під впливом фізико-хімічних чинників, таких як сольовий склад, рН, температура та інші, відкриває можливість варіювати технологічні прийоми і методи регулювання процесів обробки води. Систематизація речовин за цими ознаками дозволяє всі забруднення природних і стічних вод звести до декількох груп, приналежність до яких вже зумовлює технологію водоочистки.

Таким чином, з огляду на особливості всіх чотирьох груп, можна для кожної з них знаходити сукупність ефективних заходів впливу, що призводять до зміни фазово-дисперсного стану домішок води в бажаному напрямку. Такі перетворення є метою більшості технологічних процесів з видалення забруднень. Між фазово-дисперсним станом речовини, забруднюючої воду, і вибором сукупності методів їх видалення існує цілком певний зв'язок. При цьому хімічна природа домішок і визначає конкретні способи найбільш доцільного ведення процесу з числа рекомендованих для даної групи.

Описана класифікація дає можливість вибрати раціональну компоновку очисних споруд та ефективне управління технологічними процесами водообробки, а також оптимізувати роботу очисних споруд, роблячи реальним застосування ЕОМ при вирішенні складних практичних і теоретичних завдань водообробки.

1.6. Якість води водних об'єктів

При вирішенні питання про відведення стічних вод у водний об'єкт і про заходи з його охорони від забруднення, слід виходити зі ступеня його забрудненості і водності. Для оцінки допустимого ступеня зниження якості поверхневих вод служать вимоги до складу і властивостей води та гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин у воді водних об'єктів відповідно до виду водокористування (питного, культурно-побутового, рибогосподарського та ін.). Водні об'єкти слід вважати забрудненими, якщо в розрахунковому пункті (створі) не дотримуються встановлені для даного виду водокористування вимоги до складу і властивостей води і нормативи ГДК,

наведені у "Санітарних правилах і нормах охорони поверхневих вод від забруднення "(спина № 4630-88, іменовані надалі Правилами).

У Правилах розглядаються нормативи якості води для водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового водокористування, вимоги до охорони вод при різних видах господарської діяльності, до умов відведення стічних вод у водні об'єкти, до розміщення, проектування, реконструкції підприємств і експлуатації об'єктів, що впливають на стан поверхневих вод. У Правилах наводяться гігієнічні вимоги до складу і властивостей води в пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування, а також ГДК та ОДР (орієнтовно-допустимі рівні) для 1345 хімічних речовин і клас їх небезпеки за чотирма класами: надзвичайно небезпечні, високонебезпечні, небезпечні та помірно небезпечні.

Правила встановлюють нормативи якості води для водойм за двома категоріями водокористування. До першої відносяться використання водного об'єкта як джерела централізованого або нецентралізованого господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості. До другої – використання водного об'єкта для культурно-побутових цілей населення, рекреації, спорту, а також водних об'єктів, розташованих у межах населених пунктів. Вид водокористування визначається органами санітарно-епідеміологічної служби.

Для кожного з двох видів водокористування правилами встановлені гігієнічні вимоги до складу та властивостей водних об'єктів. У разі одночасного використання води водного об'єкта для різних потреб народного господарства слід виходити з більш жорстких вимог у ряді одночасних нормативів якості води.

Забруднюючі речовини підрозділяються на три групи за лімітуючим показником шкідливості (ЛПШ), відповідно до характеру їх впливу на організм людини та усередині водойми біологічні процеси: загально-санітарні, санітарно-токсикологічні й органолептичні показники.

Придатність джерела для водопостачання визначається на підставі даних його санітарного обстеження з урахуванням результатів гідрогеологічних, гідрологічних і топографічних вишукувань. Вода джерел водопостачання повинна відповідати Спиноюю 2.1.4.559-96 "Питна вода. Гігієнічні вимоги до якості води централізованих систем питного водопостачання. Контроль якості", а також ГОСТ 17.1.03-87 "Правила вибору та оцінка якості джерел централізованого господарсько-питного водопостачання". У цій воді не повинно бути небажаних домішок, які не можуть бути видалені методами обробки, а концентрація забруднень повинна відповідати ефективності застосовуваних методів очищення. Вимоги до якості води для купання і спорту нормує ГОСТ 17.1.5.02-80 "Гігієнічні вимоги до зон рекреації водних об'єктів".

Для водойм рибогосподарського призначення встановлюються два види водокористування: для збереження і відтворення цінних видів риби і для всіх інших рибогосподарських цілей. Вид рибогосподарського використання водного об'єкта визначається державними органами рибоохорони.

Склад і властивості води водойм повинні відповідати нормативам у створі, розташованому на проточному водоймищі на 1 км вище ближчого за течією пункту водозабору, а на непроточних водоймах – в радіусі 1 км від пункту водокористування.

Основні вимоги до якості води водойм, використовуваних для різних цілей, наведені в таблиці 1.2.

У воді також не повинні міститися збудники захворювань, отруйні речовини, які надають прямо або побічно шкідливий вплив на рибу і водні організми, а також хімічні речовини в концентраціях, що перевищують ГДК або ОДР.

Забороняється скидати у водні об'єкти речовини, для яких не встановлені ГДК або ОДР, а також речовини, для яких відсутні методи аналітичного контролю; неочищені або недостатньо очищені виробничі, господарсько-побутові стоки і поверхневий стік з території промислових майданчиків і населених місць. Забороняється скидання стічних вод, що містять радіонукліди,

концентровані кубові залишки, опади, пульпи, нафтопродукти, забороняється молевий сплав лісу. Забороняється скидання стічних вод у водні об'єкти в межах населених пунктів.

Таблиця 1.2

Вимоги до якості води водойм

Показники складу та властивостей води водойми	допустима норма для категорій водовикористання		
	господарсько-питна	культурно-побутова	риболовного-господарська I виду
Зважені речовини	Вміст зважених речовини не повинен збільшуватися більш ніж на		
	0,25 мг / л	0,75 мг / л	0,25 мг / л
Плаваючі домішки	На поверхні води не повинні виявлятися плаваючі плівки, плям масел та скупчення других домішок		
Запахи та присмак	Вода не винна набувати запахів та Присмак інтенсивністю більше 1 балу		Чи не винна передавати їх м'ясу риби
Забарвлення	Чи не винна виявлятися у стовпчики		Передавати її м'ясу риби
	20 см	10 см	
температура	Літня температура води у результаті спуску стічних вод не повинна зростати більш ніж на 3 °С у зрівнянні з середньомісячною температурою найспекотнішого місяця за останні 10 років		Температура не винна зростати більш ніж на 5 °С у зрівнянні з природних температурою води
Реакція рН	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Мінеральний склад	Не повинен перевищувати за сухим залишком 1000 мг/л, до того ж хлоридів 350 мг/л, сульфатів 500 мг/л	-	-
Розчинений кисень	Чи не менше 4,0 мг / л	4,0 мг / л	4,0 мг / л
	у будь-який період року у пробі, відібраної до 12 год. дня		
Біохімічне споживання кисню (БСК _п)	Не більше 3,0 мг / л	6,0 мг / л	3,0 мг / л
Хімічне споживання кисню (ХСК)	Не більше 15,0 мг / л	30,0 мг / л	-

Основи нормування в санітарної охорони водойм базуються на ГДК окремих шкідливих речовин, практично ж у складі стічних вод містяться як мінімум кілька. Сума концентрацій всіх речовин, виражених у частках від відповідних ГДК для кожної речовини окремо, не повинна перевищувати одиниці:

$$\sum_1^i \frac{C_i}{C_{гр.д}} \leq 1,$$

де $C_i, C_{гр.д}$ – відповідно концентрації та ГДК шкідливих речовин у водоймі.

Велике значення має правильна організація випуску стічних вод у водойми, яка визначає процес розведення і подальше самоочищення, пов'язане зі здатністю водойм до ліквідації забруднюючих домішок і відновлення природних якостей води.

При викиді у водний об'єкт стічних вод, що містять забруднюючі речовини, якість води в ньому погіршується. Концентрація цих речовин не залишається постійною, вона змінюється внаслідок розведення, а також біологічних, фізико-хімічних і хімічних процесів.

Умови відведення стічних вод у водні об'єкти визначаються з урахуванням:

- ступеня можливого змішування і розбавлення стічних вод водою водного об'єкта;
- фонові якості води водного об'єкта вище місця розглянутого випуску стічних вод;
- нормативів якості води водних об'єктів стосовно виду водокористування.

При розрахунку якості води водних об'єктів вихідні дані можна поділити на три групи: 1) гідрологічні та гідравлічні характеристики водного об'єкта; 2) характеристика джерела забруднення; 3) вимоги до якості води водного об'єкта у розрахункових (або контрольних) пунктах водокористування.

На підставі розрахунків для кожного випуску стічних вод і кожної забруднюючої речовини встановлюються норми гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти, дотримання яких повинно забезпечити

нормативну якість води у розрахунковому створі відповідно до вимог до того чи іншого виду водокористування.

1.7. Визначення ступеня очищення виробничих стічних вод

Для визначення необхідного ступеня очищення стічних вод, що спускаються у водойму, в кожному разі треба мати докладні дані про їх кількість, склад, а також гідрологічні та санітарні характеристики водойми (останні можуть бути прийняті з гідрологічних щорічників). Необхідний ступінь очищення стічних вод визначається відповідно загально санітарних і органолептичних показників шкідливості та в кожному з нормативних показників забруднення. Розрахунки з визначенням необхідного ступеня очищення стічних вод, що спускаються у водойму, виробляють за кількістю зважених речовин, допустимій величині БПК в суміші річкової і стічних вод, по споживанню стічними водами розчиненого кисню, по температурі води, зміни величини активної реакції води водойми, сольовим складом, ГДК шкідливих домішок.

У загальному вигляді зв'язок між необхідним ступенем очищення стічних вод перед спуском їх у водойму і санітарними вимогами виражається співвідношенням:

$$Z_{\text{ст}} \leq \frac{aQ}{q} (Z_{\text{гр.д}} - Z_p) + Z_{\text{гр.д}}$$

де $Z_{\text{ст}}$ – концентрація забруднень в стічних водах, яка повинна бути досягнута в результаті їх очищення і при якій не будуть порушені санітарні вимоги при спуску у водойму.

$Z_p, Z_{\text{гр.д}}$ – відповідно концентрація і ГДК забруднень у воді водойми;

Q, q – відповідно витрата води у водоймі та розрахункова витрата стічних вод (найменша середньомісячна);

a – коефіцієнт змішування, показує, яка частина витрат води у водоймі змішується зі стічними водами в розрахунковому створі.

Кратність розбавлення в розрахункових створах визначають за формулою:

$$n = \frac{aQ + q}{q}.$$

Розрахункові створи найближчих пунктів водокористування встановлюються органами Державного нагляду з урахуванням перспективи використання водойми.

Допустимий вміст завислих речовин m в спускаються стічних водах відповідно до санітарних правил може бути визначено з рівняння:

$$aQb + qm = (aQ + q) \cdot (p + b),$$

звідки

$$m = p \left(\frac{aQ}{q} + 1 \right) + b,$$

де p – допустиме збільшення концентрації зважених речовин у водоймі після спуску стічних вод (в залежності від виду водокористування); b – вміст завислих речовин у воді водойми до спуску стічних вод.

Необхідна ступінь очищення за завислими речовинами, %:

$$E = \frac{C - m}{C} \cdot 100,$$

де C – кількість зважених речовин в стічній воді до очищення.

Необхідна ступінь очищення по БПК $L_{ст}$ визначається виходячи зі ступеня забрудненості і її зміни за рахунок розведення стічних вод водою водойми, а також за рахунок біохімічних процесів самоочищення стічних вод від органічних речовин:

$$L_{ст} = \frac{aQ}{q \cdot 10^{-K_{ст}t}} (L_{гр.д.} - L_p \cdot 10^{-K_p t}) + \frac{L_{гр.д.}}{10^{-K_p t}},$$

де $L_{ст}$ – БПК стічної води, яка повинна бути досягнута в процесі очищення; L_p , $L_{пр.д.}$ – відповідно БПК річкової води до місця випуску стічних вод і гранично допустима БПК суміші річкової і стічної води в розрахунковому створі; $K_{ст}$, K_p – константи швидкості споживання кисню відповідно стічною та

річковою водою; t – тривалість переміщення води від місця випуску стічних вод до розрахункового пункту, доб.

Необхідна ступінь очищення по БПК, %:

$$E = \frac{L_a - L_{ст}}{L_a} \cdot 100,$$

де L_a – БПК стічних вод, що надходять на очистку.

З умови змішування стічних вод з водою водойми виходить залежність для визначення допустимого вмісту кислоти, $C_{ст.к}$ або лугу $C_{ст.л}$ в стічних водах, що спускаються у водойму:

$$C_{ст.к} = \frac{aQ}{q} C_k; \quad C_{ст.л} = \frac{aQ}{q} C_l;$$

де C_k, C_l – максимальна кількість кислоти або лугу, (в мл нормального розчину), яке може бути нейтралізовано 1 л води водойми за умови, що в розрахунковому створі рН води залишиться в межах санітарних вимог (встановлюється за номограмою).

Допустима максимальна температура води у водоймі в результаті спуску стічних вод визначається з рівняння:

$$T_{ст} = \left(\frac{aQ}{q} + 1 \right) \cdot T_d + T_p,$$

де T_p, T_d – відповідно максимальна температура води водойми до випуску стічних вод відповідно і допустиме підвищення температури води водойми.

Необхідний ступінь очищення у розчиненому у воді водоймища кисню може бути визначено різними способами. Найбільш простий з них заснований на обліку поглинання стічними водами тільки того розчиненого кисню, який міститься в річковій воді вище місця спуску стічних вод. Допустима БПК стоків, що скидаються у водоймище, виходячи з умов мінімального вмісту розчиненого кисню, виражається рівнянням:

$$L_{ст} = \frac{aQ}{kq} (O_p - kL_p - O_{гр.д}) - \frac{O_{гр.д}}{k},$$

де O_p – концентрація розчиненого кисню в річковій воді вище місця спуску стічних вод; $O_{гр.д}$ – мінімальна концентрація розчиненого кисню, яка повинна

зберегтися в воді водойми нижче місця спуску стічних вод, яка приймається в залежності від виду водокористування; $k = 0,4$ – коефіцієнт для перерахунку БПК_п у дводобове.

Другий спосіб розрахунку дозволяє враховувати як процеси поглинання кисню стічними водами з річкової води, так і поверхневу реаерацію.

Зазвичай у процесі очищення виробничих стічних вод різні речовини однієї групи лімітованого показника шкідливості очищаються неоднаково. Тому ступінь очищення слід знаходити для компонента який найбільш важко витягується зі стічних вод. Концентрація цієї речовини у розрахунковому створі повинна бути:

$$C_{ві} \leq C_{ігр,д} \left(1 - \sum_1^{i-1} \frac{C_i}{C_{ігр,д}} \right).$$

Якщо умова необхідного ступеня очищення буде витримано для цієї речовини, то ефект очищення від інших забруднюючих компонентів також буде забезпечений, а санітарні норми на присутність кількох речовин однієї групи лімітованого показника шкідливості витримано.

1.8. Системи водопостачання та водовідведення

Системи водопостачання представляють собою комплекс споруд, призначених для постачання води споживачам. Залежно від виду об'єкта системи підрозділяються на: міські, селищні та промислові. Можуть забезпечувати водою як один об'єкт, так і групу однорідних (локальні) і різнорідних об'єктів (районна або групова система водопостачання).

Централізована система водопостачання населеного пункту або промислового підприємства повинна забезпечувати прийом води з джерела, її кондиціонування (якщо це необхідно), транспортування і подачу до всіх споживачів під необхідним тиском.

Послідовність розташування окремих об'єктів системи водопостачання (водоприймальні споруди, насосні станції, акумулюючі ємності, споруди для

обробки води та ін.) та їх склад може бути різним в залежності від призначення, місцевих природних умов, вимог водоспоживачів, економічних міркувань.

Системи водопостачання можна класифікувати за такими основними ознаками:

- за видом використання природних джерел – водопроводи, які отримують воду з поверхневих джерел (річкові, озерні та ін.), підземних джерел (артезіанські, джерельні та ін.) і змішаного підживлення (різні види водяних джерел);
- за призначенням – комунальні (міст і селищ), залізничні, сільськогосподарські, виробничі (поділяються за галузями промисловості);
- за територіальною ознакою – локальні (одного об'єкта) і групові (або районні);
- за способом подачі води – самопливні (гравітаційні) і з механічною подачею води (за допомогою насосів);
- за кратністю використання споживаної води – системи прямоточні, послідовні, з оборотом води.

Вода різними споживачами витрачається на різні цілі, які можуть бути поділені на три основні категорії: господарсько-питні потреби, виробничі цілі на промислових підприємствах, пожежогасіння.

Залежно від призначення об'єкту і вимог, що пред'являються до води, а також з економічних міркувань для всіх зазначених цілей вода може подаватися одним водопроводом (централізована система) або для окремих категорій водоспоживачів можуть бути влаштовані самостійні водопроводи. Зазвичай у містах передбачають єдиний господарсько-протипожежний водопровід, який подає воду для господарсько-питних потреб промислових підприємств, а іноді і технічних потреб, де потрібна вода питної якості. В інших випадках на підприємствах доцільно влаштовувати самостійні виробничі водопроводи з подачею технічної води.

Система водопостачання у процесі роботи повинна задовольняти вимогам надійності і економічності. Під цим слід розуміти подачу води в заданих кількостях, необхідної якості і під необхідним напором з найменшими витратами без порушень роботи систем водопостачання.

Водовідвідні системи (схеми каналізації) представляють собою комплекс інженерних споруд для прийому, транспортування, очищення стічних вод і випуску їх у водойми або для подальшого використання в будь-яких цілях. Каналізаційна мережа складається з наступних основних елементів: 1) внутрішні будинкові або цехові каналізаційні пристрої, 2) зовнішня внутрішньоквартальна або дворова каналізаційна мережа, 3) зовнішня вулична каналізаційна мережа, 4) насосні станції та напірні водоводи, 5) споруди для очищення стічної води, 6) пристрій для випуску води у водойму.

Залежно від умов надходження стічних вод у мережу і транспортування нею вод різних категорій приймають загальносплавну, роздільну та комбіновану системи каналізації.

Якщо в каналізаційну мережу надходять стічні води всіх трьох категорій (побутові, виробничі та атмосферні), то система називається загальноспавною. Якщо ж всі перераховані води відводять по самостійним мережам або влаштовують дві мережі (побутову та виробничо-дощову або виробничо-побутову та дощову), то система носить назву роздільної. Роздільні системи, в свою чергу, поділяються на повні, неповні та пів-роздільні. Якщо одночасно будують всі зазначені мережі, то система називається повною роздільною; якщо будують одну з них – мережа побутових вод, а атмосферні води неорганізовано надходять у водойму, то система називається неповною роздільною. У пів-роздільній системі обов'язково будують дві мережі: одну – для відведення побутових і виробничих вод; іншу – для атмосферних.

Вибір системи каналізації виконують з урахуванням всіх місцевих умов, що визначають вигідність її застосування в санітарному і економічному відношеннях.

Система і схема каналізації промислового підприємства залежать від витрат і складу стічних вод, специфіки підприємства, а також від геологічних та інших умов. Вибір раціональної схеми водовідведення промислового підприємства є важливим і відповідальним завданням. Ця система повинна передбачати повторне або послідовне використання технічної води в

технологічних операціях з попереднім очищенням або без неї, а також оборот охолоджуючої води.

Більшість промислових підприємств має самостійні мережі виробничих, побутових і атмосферних вод, тобто водовідведення здійснюється за повною роздільною схемою. В цьому випадку виробничі та побутові води направляються у водойму або повертаються на виробництво після спеціального очищення.

Виробничі стічні води, в залежності від виду забруднюючих речовин та їх концентрації, а також від кількості стічних вод і місць їх утворення, відводяться декількома самостійними потоками.

Очисні споруди промислових підприємств повинні, як правило, розміщуватися на їх території. При виборі системи і схеми водовідведення підприємств необхідно враховувати: 1) вимоги до якості і кількості води для різних технологічних процесів; 2) кількість, склад і властивості стічних вод і режим їх відведення; 3) можливість скорочення стічних вод підприємства шляхом вдосконалення технологічних процесів і обладнання; 4) застосування повітряних методів охолодження; 5) можливість повторного використання виробничих і очищених побутових стічних вод; 6) доцільність вилучення та використання цінних речовин, що містяться в стічних водах; 7) самоочисну здатність водойми, умови спуску стічних вод у нього і необхідний ступінь очищення цих вод; 8) доцільність застосування кожного методу очищення та ін.

1.9. Схеми використання води на підприємствах

За характером використання води системи виробничого водопостачання підрозділяються на прямоточні, в яких воду після одноразового використання очищають і скидають у водойми; оборотні, коли забруднену воду очищають і охолоджують, а потім багаторазово споживають на тому ж об'єкті; з послідовним (повторним) використанням води, в яких воду, відпрацьовану в одному технологічному процесі, направляють для вторинного використання в

іншому виробництві, після чого спускають у водойму. Схеми можуть бути також комбінованими (змішаними), що включають перераховані вище.

При прямоточному і послідовному водопостачанні кількість стічних вод, що відводяться у водойму, визначається об'ємом води, що подається підприємству $Q_{\text{п}}$, за винятком безповоротної витрати і втрат її в одному або декількох виробництвах $Q_{\text{пп}}$ і при очищенні $Q_{\text{оч}}$:

$$Q_{\text{ст}} = Q_{\text{п}} - (Q_{\text{пп}} + Q_{\text{оч}}).$$

Найбільш перспективні системи оборотного водопостачання. Вони виключають скидання стічних вод у водойму і є в даний час обов'язковими для промисловості. Це диктується дефіцитом природних водяних джерел і вимогами охорони навколишнього середовища.

Оборотне водопостачання можна здійснювати у вигляді єдиної схеми для всього промислового підприємства (централізована схема) або у вигляді окремих циклів для одного цеху або групи цехів (децентралізовані схеми). У замкнених схемах водопостачання на підприємствах замість свіжої води використовують охолоджену незабруднену або очищену стічну воду. Свіжа вода або вода інших систем використовується в них тільки для поповнення втрат.

На промислових підприємствах застосовують три основні схеми оборотного водопостачання (рис. 1.2).

У схемі з охолодженням води вона є теплоносієм і в процесі не забруднюється, а лише нагрівається; перед повторним використанням її охолоджують. Як охолоджуючі пристрої систем оборотного водопостачання застосовують ставки-охолоджувачі, бризкальні басейни, баштові і вентиляторні градирні. У всіх пристроях передбачають велику площу охолодження води, за рахунок чого зростає ефект охолодження. У ставках це досягається розподілом потоку теплої води по дзеркалу великої водойми, у бризкальних установках – створенням дрібних крапель, в градирнях – за допомогою зрошувальних пристроїв. Ставки-охолоджувачі і бризкальні басейни застосовуються при невисоких вимогах до ефекту охолодження води.

Градирні використовуються при необхідності отримання стійкого і глибокого охолодження води. Баштові градирні виконуються у вигляді прямого усіченого або гіперболічної форми конуса, відкритого вгорі і обладнаного всередині зрошувальними пристроями. Конус грає роль витяжної вежі, що створює природну тягу за рахунок різниці щільності холодного зовнішнього повітря, що надходить в градирню, і нагрітого зволоженого повітря на виході з градирні.

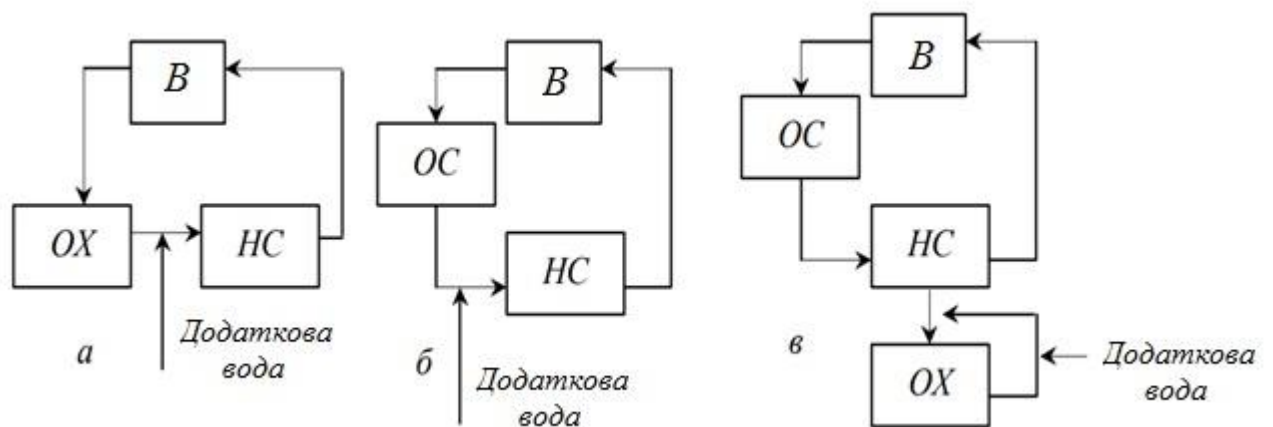


Рис. 1.2. Схеми оборотного водопостачання: а – з охолодженням води; б – з очищенням води; в – з очищенням і охолодженням води
 В – виробництво; НС – насосна станція; ОХ – охолодження води; ОС – очищення стічної води.

Втрати води від випаровування $Q_{\text{вип}}$ середньому становлять 2,5%, від крапельного виносу на градирнях $Q_{\text{вин}}$ 0,3-0,5% від об'єму оборотної води $Q_{\text{об}}$. У схемі з очищенням вода у виробництві не нагрівається, але забруднюється, втрати води $Q_{\text{оч}}$ при цьому коливаються у великих межах залежно від способу очищення. У третій схемі воду очищають і охолоджують. Для запобігання накопичення солей в оборотній воді частина її скидається у водойму (продування або скидання $Q_{\text{ск}}$). У всіх випадках свіжа вода додається лише на заповнення втрат. Кількість води, що скидається у водойму, становить 5-10%.

При створенні замкнутих систем водного господарства на промислових підприємствах різко зменшується споживання свіжої води і витрати на будівництво об'єктів водопостачання та водоочищення, з'являється можливість отримання додаткової товарної продукції, скорочення витрат сировини і

допоміжних матеріалів. Застосування оборотного водопостачання дозволяє в 10-50 разів зменшити споживання природної води.

Ефективність використання води у виробництві оцінюється рядом показників.

Технічна досконалість системи водозабезпечення визначається коефіцієнтом використаної оборотної води $K_{об},\%$:

$$K_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{дж}} \cdot 100.$$

Раціональність використання води, що забирається з джерела $Q_{дж}$, оцінюється коефіцієнтом використання свіжої води $K_{св}$:

$$K_{св} = \frac{Q_{дж} - Q_{ск}}{Q_{дж}} \leq 1$$

Безповоротне споживання води і її втрати у виробництві $K_c, \%$:

$$K_c = \frac{Q_{дж} - Q_{ск}}{Q_{об} + Q_{дж}} \cdot 100.$$

Кратність використання води, n :

$$n = \frac{Q_{ск} + Q_{дж}}{Q_{дж}} > 1$$

У наведених виразах, $Q_{об}$, $Q_{дж}$, $Q_{ск}$ – кількість води, що використовується відповідно в обороті, що забирається з джерела і скидається у водойму.

Іноді зі зворотною враховують воду, що надійшла з вихідною сировиною, а також використовують на виробництві послідовно.

1.10. Контроль якості води

Нормальна експлуатація водопровідно-каналізаційних споруд неможлива без контролю якісних параметрів природних і стічних вод на різних етапах її очищення, подачі споживачам або випуску у водойму. Для цієї мети широко застосовується аналітична техніка і автоматичні прилади у вигляді сигналізації граничних значень вимірюваних величин або шляхом їх реєстрації (безперервно або дискретно).

Велике число якісних параметрів природних і стічних вод визначається в сучасних умовах тільки шляхом лабораторних аналізів. До таких параметрів належать: органолептичні – колір, смак, запах, прозорість, каламутність; фізико-хімічні – температура, електропровідність, оптична щільність, значення рН, жорсткість, загальний вміст солей і ін.; загальний вміст органічних речовин; загальний вміст розчинених речовин, зокрема, кисню; хімічне (ГПК) і біологічне (БПК) споживання кисню; зміст окремих речовин (вуглецю, азоту, сірки). Крім того проводять індивідуальні аналізи для визначення змісту найбільш шкідливих домішок, наприклад, фенолу, ртуті, кадмію та ін.

Для проведення аналізу води необхідно провести відбір проб. Правильний і представницький відбір проби води має велике значення для оцінки перебігу технологічних процесів і роботи очисних споруд, для розробки нових методів очищення. Місце відбору проб вибирається з урахуванням поставлених завдань, місцевих умов, технології виробництва, розташування цехів, системи очисних споруд.

Для ретельного аналізу стічної води зазвичай досить відібрати пробу об'ємом 2 л. При виборі приладів для відбору проб і посуду для їх зберігання слід врахувати можливість взаємодії домішок води з матеріалом посуду або випаровування речовин, що мають високий тиск парів, біологічне або хімічне окислення домішок, агрегацію частинок і т.п. У разі необхідності передбачають можливість консервації проби.

Існують два види проб: проста (разова) і змішана. Проста проба виходить шляхом одноразового відбору необхідної кількості води, змішана – шляхом зливання простих проб, відібраних в одному місці через певні проміжки часу або в різних місцях одночасно. Ця проба характеризує середній склад стічної води об'єкта або середній склад води за певний проміжок часу. Середня пропорційна проба готується з разових, об'єм і число яких відповідає (пропорційно) витраті стічних вод.

Для відбору і зберігання проб найчастіше використовують скляні бутлі з прозорого безбарвного хімічно стійкого скла, забезпеченого гумовими або притертими скляними пробками.

Для відбору проб з глибини ємностей, ставків, каналів користуються батометром. Батометр (бутель Майера), забезпечений вантажем і закритий пробкою, опускають на підвісному тросі в воду, на необхідній глибині ривком витягають пробку і наповнений водою бутель піднімають на поверхню. Якщо воду відбирають за допомогою спеціальних або добірних судин, її переливають у ємність за допомогою гумового шланга, що опускається до дна бутлі. Бутель закривають, коли надходить з сифонного шланга вода починає виливатися з бутля і в ній не залишається бульбашок повітря

З апаратів і трубопроводів проби відбирають за допомогою або добірних кранів, стаціонарно змонтованих у потрібних точках. Відбір середніх і середніх пропорційних проб доцільно проводити автоматичними пробовідбірниками різних конструкцій.

Лабораторні аналізи тривалі за часом, трудомісткі і найчастіше недостатньо точні. Їх результати використовують для оцінки минулих технологічних процесів і зважаючи на велике запізнювання не можуть бути використані для оперативного і особливо автоматичного управління процесами.

У системах водопостачання найбільш важливе значення має автоматичний контроль каламутності, прозорості, кольоровості води, її солевмісту, рН, кількості залишкового хлору. У спорудах очистки стічних вод до числа найбільш важливих якісних параметрів, вимірюваних за допомогою приладів, відносяться рН і окислювально-відновний потенціал, каламутність та кольоровість води, вміст розчиненого кисню у воді, вологість опадів.

Особливим великим значенням застосування автоматичних аналізаторів якості води цехового типу, тому як вони не тільки автоматично вимірюють і дистанційно реєструють основні якісні параметри води, що очищається у потоці, а й дають можливість при подальшому розвитку обсягу автоматизації перейти до автоматичного управління процесами водоочищення за якісними

показниками води, тим самим найдосконаліше вирішувати проблему автоматизації водоочисних споруд у цілому.

В основі роботи приладів контролю якості води використовуються фізико-хімічні методи аналізу. До них відносяться нефелометричний, турбидиметричний, колориметричний, рефрактометричний, полярометричний, полярографічний, кулонометричний, хроматографічний і маспектроскопічний методи аналізу.

На основі зазначених методів ведуться роботи зі створення автоматичних приладів – датчиків безперервного і дискретного контролю якості води в специфічних умовах систем водопостачання і каналізації.

Для контролю якісних параметрів води використовують ряд приладів загальнопромислового призначення. До їх числа відносяться різні конструкції щільномірів, солемірів, рН-метрів, фотоколориметрів, концентратомірів, титрометрів і полярографів. Крім того починають впроваджуватися проби контролю окремих параметрів води, призначених спеціально для водопровідно-каналізаційних споруд, таких як ГПК, БПК, розчиненого кисню та ін.

1.11. Методи очищення стічних вод

Існуючі методи очищення води дуже різні як з досягнутої ефективності, так з капітальних і експлуатаційних витрат, які потребують для їх здійснення. Вибір раціонального способу очищення повинен здійснюватися з урахуванням цих обставин при обов'язковій умові детального ознайомлення з виробництвом.

Виробничі стічні води в залежності від виду забруднюючих речовин та їх концентрації, а також від кількості стічних вод і місць їх утворення відводяться загальним або декількома самостійними потоками. Доцільність поділу або об'єднання окремих потоків є одним з найбільш актуальних питань, від правильного вирішення якого залежить кошторисна вартість будівництва і витрати на експлуатацію очисних споруд, надійність охорони водойм від забруднення і рентабельність основного виробництва.

Не завжди доцільно спільне відведення навіть стічних вод однакового складу, але різних за концентрацією в них забруднюючих речовин. Якщо ці речовини представляють товарну цінність, то економічним витягувати їх з найбільш концентрованих стічних вод і вже потім змішувати слабо концентровані стоки для їх подальшого очищення.

Роздільне очищення стічних вод краще в тому випадку, якщо забруднюючі речовини легко видаляються з води.

Недоцільно об'єднання стічних вод, що містять значну кількість механічних домішок мінерального походження, а також нафту і масла, з побутовими стічними водами. Таке об'єднання ускладнює технологію очищення, перешкоджає можливості повторного використання виробничих стічних вод і вилучення з них цінних домішок.

Всі методи очищення стічних вод можуть бути розділені на деструктивні і регенеративні.

Під деструктивними розуміють такі методи, при яких забруднюючі воду речовини піддаються руйнуванню. Утворені продукти розпаду видаляються з води у вигляді газів або опадів або залишаються у розчині, але вже в знешкодженому вигляді. Найчастіше це відбувається при використанні природних або штучних окисних процесів.

Регенеративні методи вирішують дві задачі: очищення стічних вод і утилізацію цінних речовин. Практично нерідко доводиться поєднувати обидві групи методів, а також проводити стадії попереднього очищення і доочищення.

Методи очищення стічних вод можна розділити також на гідромеханічні, хімічні, фізико-хімічні, термічні, електрохімічні, біохімічні.

У всіх випадках очищення стоків першою стадією є механічні методи, призначені для видалення суспензій і дисперсно-колоїдних частинок. До них відносяться: проціджування на решітках і ситах; відстоювання в пісковловлювачах, відстійниках і нафтовловлювачах; освітлення в освітлювачах із шаром зваженого осаду і контактних; центрифугування в

гідроциклонах; фільтрування через фільтруючі перегородки або зернисті матеріали.

Значно більш складні методи доводиться застосовувати для очищення води від колоїдних і тим більше розчинених частинок. Вибір методу залежить від того, в якому стані знаходиться речовина – колоїдному, молекулярному або яка дисоціює на іони.

Для видалення колоїдних частинок використовують фізико-хімічні методи – флотацію, коагуляцію і флокуляцію, що порушують кінетичну стійкість цих частинок.

Фізико-хімічні методи застосовуються також для видалення розчинених домішок. Для речовин, що знаходяться в молекулярному стані, успішно використовуються різні сорбенти, десорбція аеруванням, екстракція, дистиляція, мембранні методи. Для вилучення речовин, яка дисоціює на іони, придатні іонний обмін, зворотний осмос, магнітна обробка води.

Хімічні методи очищення є деструктивними, але найбільш вивченими і на зараз широко застосовуються через високий ступінь очищення. До них можна віднести використання реакцій хімічної взаємодії при об'єднанні різних стоків (найчастіше з метою нейтралізації кислих і лужних стічних вод, а в деяких випадках з метою видалення містких у стоках компонентів у вигляді малорозчинних сполук), окислювально-відновні процеси (хлорування, озонування, окислення киснем повітря та ін.).

Останнім часом все більш широке поширення набувають електрохімічні методи – анодне окислення і катодне відновлення, електрокоагуляція, електрофлотація, електродіаліз. Всі ці процеси протікають на електродах при пропущенні через стічну воду постійного електричного струму. Вони дозволяють отримувати від стічної води цінні продукти при відносно простій автоматизованій технологічній схемі очищення. Недолік електрохімічних методів – їх висока енергоємність.

Якщо в стічних водах є досить шкідливі речовини, застосовують термічні методи, що дозволяють знищити ці домішки, наприклад, при спалюванні. Такий

процес застосуємо для знешкодження органічних домішок стічних вод. Для очищення мінералізованих стічних вод з термічних методів можна використовувати випарювання, адіабатне випаровування, виморожування та ін.

Біохімічні методи засновані на життєдіяльності мікроорганізмів, які сприяють окисленню або відновленню органічних речовин, що знаходяться в стічних водах у вигляді тонких суспензій, колоїдів або в розчиненому стані і є для мікроорганізмів джерелом живлення і дихання, в результаті чого і відбувається видалення зазначених забруднень. Біохімічне очищення може здійснюватися в природних і штучних, в аеробних і анаеробних умовах, застосовується для глибокого очищення стічних вод.

На практиці доводиться зазвичай застосовувати комбінацію зазначених методів.

Контрольні питання до теми 1

1. Що таке жорсткість води?
2. На які види прийнято ділити природні води?
3. Дайте характеристику природних вод.
4. Які основні категорії витрати води?
5. Яка є класифікація вод за основним цільовим призначенням?
6. На які методи обробки можна поділити води?
7. Які є характеристика стічних вод?
8. Охарактеризуйте три основні групи забруднення вод домішками.
9. Які є шляхи зменшення кількості стічних вод та їх забруднення?
10. Що відноситься до мінеральних забруднень?
11. Що відноситься до органічних забруднень?
12. Що відноситься до бактеріальних і біологічних забруднень?
13. Як визначається якість води водних об'єктів?
14. Як визначають ступень очищення виробничих стічних вод?
15. Що представляють собою системи водопостачання?
16. Які є схеми використання води на підприємствах?

17. Як здійснюють контроль якості води?

18. Які є основні методи очищення стічних вод?

ТЕМА 2. МЕХАНІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Гідромеханічні методи очищення застосовуються для виділення зі стічної води нерозчинних мінеральних та органічних домішок. Призначення механічного очищення полягає в підготовці виробничих стічних вод до біологічних, фізико-хімічним або іншим методам більш глибокого очищення.

2.1. Проціджування

2.1.1. Проціджування через решітки

Для видалення з води найбільш великих забруднень використовуються решітки та сита.

Решітки зазвичай виконують роль захисних споруд і служать, в основному, для вилучення великих відходів виробництва (міздрия, папір, ганчір'я, уламки деревини, каміння, сміття), потрапляння яких у наступні очисні споруди може викликати засмічення труб і каналів, а також порушення нормальної роботи або поломку рухомих частин обладнання.

Решітки поділяються на нерухомі, рухомі і суміщені з дробарками (комінатори). Вони можуть бути з механічною або ручною очисткою, встановлюватися вертикально або похило, під кутом 60° . Решітки виготовляють з металевих стрижнів різної форми, найчастіше круглої або прямокутної. Ширину зазорів (прозорів) між ними приймають від 15 до 20 мм, стандартні прозори рівні 16 мм.

Очищення решіток від затриманих забруднень можна робити вручну, якщо кількість уловлених забруднень не перевищує $0,1 \text{ м}^3/\text{добу}$, і механічними граблями. Граблі можна встановлювати перед решіткою і після неї. Уловлені на решітках забруднення подрібнюють в спеціальних дробарках і повертають в потік води перед решіткою.

Найбільше застосування отримали решітки наступних типів: решітки механічні уніфіковані РМУ, поворотні МГТ, малогабаритні вертикальні РМВ, комбіновані решітки-дробарки типів РД і КРД. Схеми решіток найпростішого типу показані на рис. 2.1.

Швидкість руху води в прозорах механізованих решіток приймають 0,8-1,0 м/с, щоб уникнути продавлювання викидів.

Сумарна площа живого перетину решіток F_c визначається:

$$F_c = \frac{Q_{max}}{V_p},$$

де Q_{max} – максимальна витрата стічних вод; V_p – швидкість руху води в прозорах решітки.

Загальна ширина решітки:

$$B_p = S(n - 1) + bn,$$

де S – товщина стрижня решітки; n – число стрижнів; b – ширина прозора між стрижнями.

Втрати напору в решітці можна визначити за формулою:

$$h = k\xi \frac{V^2}{2g},$$

де k – коефіцієнт, що враховує збільшення втрат напору через засмічення решітки, $k = 3$; ξ – коефіцієнт опору, що залежить від форми стержнів; V – швидкість руху води перед решітками, (0,7-0,8 м/с).

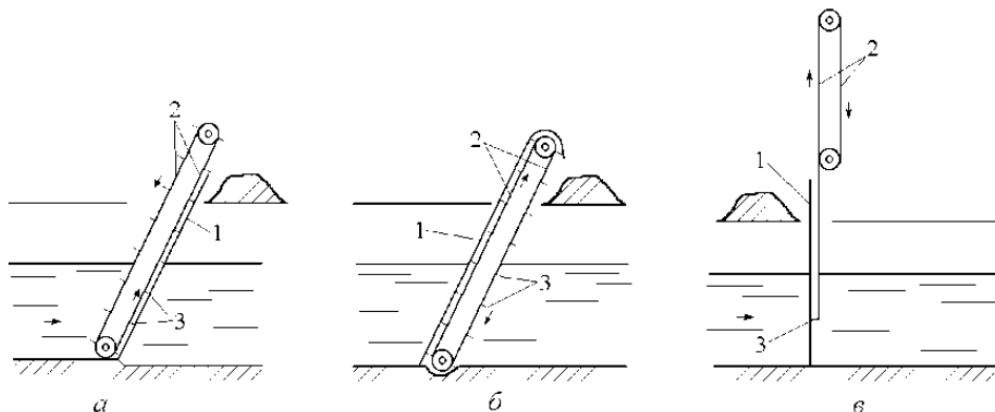


Рис .2.1. Схеми нерухомих решіток: а – московського типу; б – ленінградського типу; в – вертикальна решітка
1 – решітка; 2 – нескінченний ланцюг; 3 – граблі

Решітку розміщують в окремих опалюваних і вентиляваних приміщеннях, забезпечених вантажопідйомними пристроями.

Решітки-дробарки поєднують функції решітки і дробарки, застосовуються для затримання і дроблення відходів без вилучення їх з потоку стічної води. Схема решітки-дробарки типу РД показана на рис. 2.2.

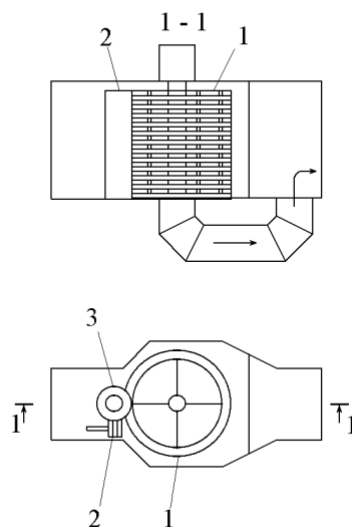


Рис. 2.2. Схема решітки-дробарки
1 – решітка; 2 – тпальні гребінь; 3 – дробильний барабан

Решітка-дробарка складається з лівого барабана з ріжучими пластинами і різцями, корпусу з тпальними гребенями і приводного механізму. Стічна вода надходить на обертовий барабан з щілиноподібними отворами, проходить всередину барабана (швидкість 1,2 м/с) і рухається далі вниз до виходу з решітки-дробарки. Великі фракції забруднень затримуються на перемичках між щілинними отворами барабана і транспортуються при обертанні барабана до тпального гребеня, закріпленім на нерухомому корпусі. Така конструкція є компактною, а процес можна повністю автоматизувати. Решітки-дробарки затримують і дроблять викиди в потоці води, в результаті чого відпадають процеси транспортування їх до дробарки та поліпшуються санітарні умови.

2.1.2. Проціджування на ситах

Для видалення більш дрібних зважених речовин застосовуються сітки (сита) і мікрофільтри. У практиці використовуються обертові сита трьох типів: барабанні, дискові і стрічкові, а також плоскі (підйомні) сита.

Барабанні сітки представляють собою постійно діючий механізм у вигляді обертового барабана, на який натягнута тонка металева сітка. Розміри осередків барабанних сіток 0,3-0,8 мм, а мікрофільтрів 0,04-0,07 мм. Робоча сітка розташовується між підтримують, мають осередки розміром 10×10 мм. Барабан занурений у воду на глибину 0,6-0,85 від діаметра і обертається в камері зі швидкістю 0,1-0,5 м/с. Стічна вода може фільтруватися як через внутрішню, так і через зовнішню поверхню барабана в залежності від її підведення. Швидкість проціджування 0,8-1,0 м/с. Затримані сіткою домішки змиваються промивною водою з тиском 0,15-0,2 МПа і видаляються разом з нею. Витрата промивної води складає 1-2% від кількості очищеної води. Ефективність очищення води на барабанних сітках 40-45%, а на мікрофільтри 40-60%.

Продуктивність сита залежить від діаметра барабана ($D_6 = 1,5-3,0$ м) і його довжини ($L_6 = 1-4,5$ м) і становить від 4 до 45 тис. м³/добу.

Такі сита встановлюють для очищення стічних вод текстильної, целюлозно-паперової, шкіряної промисловості; на них затримуються такі домішки як деревне волокно, вовна, міздря.

Схема барабанної сітки показана на рис. 2.3.

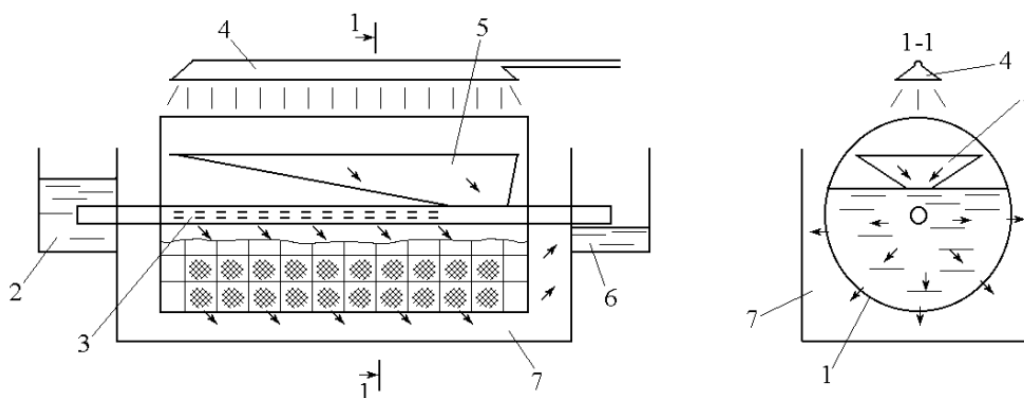


Рис. 2.3. Схема барабанної сітки

1 – обертовий барабан; 2 – підвідний канал; 3 – труба зі щілинами;
4 – пристрій для промивання; 5 – воронка збору промивної води;
6 – канал збору очищеної води; 7 – резервуар

Дискові сита – це сітки, натягнуті на диск, в них здійснюється лобова подача води, паралельно осі обертання дисків. Сита мають діаметр $D = 1,2-3,0$ м, пропускна здатність змінюється від 2,4 до 48 тис. м³/добу.

Стрічкова сітка являє собою безперервне дротове полотно, перекинуте через розташовані один над іншим два горизонтальних барабана. Полотно складається з окремих секцій (металевих рамок), шарнірно з'єднаних між собою. Сітка виготовляється з тонкого дроту (латунної, мідної або нержавіючої сталі) діаметром 0,2-0,4 мм з осередками від 0,3×0,3 до 2×2 мм.

Плоска підйомна сітка являє собою дротове полотно, натягнуте на сталеву раму. Робоча сітка виготовляється з дроту діаметром 1-1,5 мм з осередками від 2×2 до 5×5 мм, що підтримує з більш товстого дроту діаметром 2-5 мм з осередками 20×20 мм. Розміри таких сіток 0,8×2 м. Швидкість проходження води в них 0,2-0,4 м/с.

Для поділу зважених речовин на фракції можуть бути використані фракціонатори, основною частиною яких є вертикальна сітка, що розділяє ємність на дві частини (рис. 2.4).

Діаметр отворів сітки 0,06-0,1 мм. При поділі 50-80% зважених часток залишається в грубій фракції.

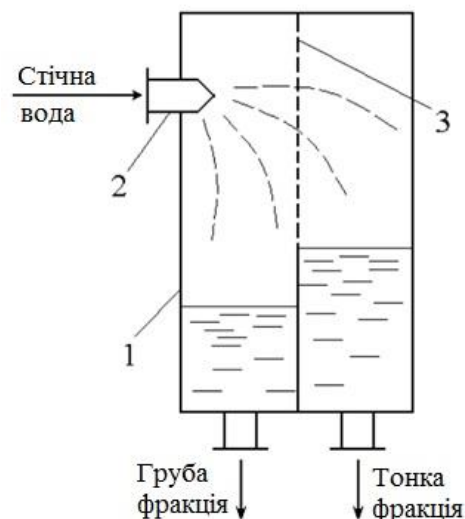


Рис. 2.4. Схема фракціонатора
1 – корпус; 2 – сопло; 3 – сітка

2.2. Відстоювання

2.2.1. Закономірності осадження суспензій у воді

Відстоювання застосовують для виділення із стічних вод твердих або рідких домішок під дією гравітаційних сил. Для цього використовують різні апарати і споруди: пісковловлювачі, первинні і вторинні відстійники, нафтовловлювачі, ущільнювачі мулу та ін.

Сучасні конструкції споруд по відстоюванню є, як правило, проточними і осадження суспензій у них відбувається при безперервному русі води від входу до виходу. Швидкості руху води при цьому повинні бути малі, а потік майже повністю позбавлений, так званої, транспортної здатності. Осадження суспензії в такому потоці підпорядковується з відомим наближенням законам осадження в нерухомому об'ємі рідини. Ці закони добре вивчені лише стосовно до осадження зернистої агрегативно стійкої суспензії.

Основним параметром, на підставі якого розраховують розміри відстоюваної апаратури, є швидкість осадження зважених часток у непроточній воді при постійній температурі (гідрравлічна крупність U_o).

Як правило, стічні води, що містять зважені домішки, мають частинки різної форми і розміру. На характер осадження частинок впливають їх розміри, форма, щільність, ступінь шорсткості їх поверхні, режим руху води й її в'язкість, умови обтікання та опору середовища, та ін.

Для ламінарного, перехідного і турбулентного режимів осадження кулястих частинок швидкість вільного осадження обчислюють з формули:

$$Re_o = \frac{Ar}{18 + 0,6\sqrt{Ar}},$$

де $Re_o = U_o d \rho / \mu_v$ – число Рейнольдса; $Ar = d^3 \rho_v^2 g \cdot (\rho_s - \rho_v) / \mu_v^2 \rho_v$ – число Архімеда.

При відстоюванні дрібних частинок або частинок малої щільності, що осідають з малою швидкістю ($Re < 1$), коли на опір руху частки впливає тільки сила гравітації, швидкість падіння кулястої частинки описується рівнянням Стокса:

$$U_o = \frac{d^2(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}})}{18\mu_{\text{в}}} g$$

де d – діаметр частинки; $\rho_{\text{ч}}$, $\rho_{\text{в}}$ – щільність відповідно частки і води; $\mu_{\text{в}}$ – в'язкість води.

Стічні води являють собою полідисперсні агрегативно нестійкі системи, в яких спостерігається стиснуте осадження, що супроводжується зіткненням частинок, тертям між ними, зміною їх форми, щільності та інших фізичних властивостей. Швидкість стисненого осадження менше швидкості вільного осадження внаслідок виникнення висхідного потоку рідини і більшої в'язкості середовища.

Швидкість осадження полідисперсної системи безперервно змінюється у часі. Для таких систем кінетика осадження встановлюється експериментально і характеризується кривою осадження суспензії (рис. 2.5).

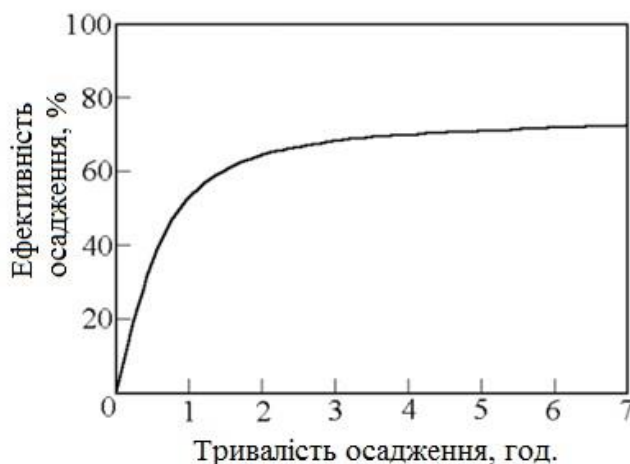


Рис .2.5. Кінетика осадження суспензії

Криві випадання суспензії характеризують її гранулометричний склад і поведінку при відстоюванні. Чим крутіше початкова ділянка кривої, тим більше крупність і неоднорідність суспензії і тим швидше вона осідає.

Ефект відстоювання визначається за формулою:

$$E = \frac{C_{\text{п}} - C_{\text{к}}}{C_{\text{п}}} \cdot 100\%$$

де $C_{\text{п}}$, $C_{\text{к}}$ – відповідно початкова і кінцева концентрації зважених речовин у воді.

Розрахункові параметри відстійників (швидкість осадження суспензії і тривалість перебування води у відстійнику) визначають шляхом технологічного моделювання в лабораторних умовах.

Основою методики моделювання є подібність кривих випадання суспензій, одержуваних при різних висотах шару води:

$$T/t = H/h,$$

де t, T, h, H – відповідно час осадження суспензії і висота шару води при моделюванні в лабораторії і в реальних умовах.

Для агломерованих суспензій зазначена залежність стає непрямолінійною і виражається співвідношенням:

$$T/t = (H/h)^n,$$

де $n = 0,2-0,5$ – показник ступеня, що відображає вплив агломерації в процесі осадження.

Гідравлічна крупність, відповідна заданому ефекту освітлення в циліндрі – відстійнику з висотою стовпа води h , що дорівнює висоті проектованого відстійника H , може бути знайдена по співвідношенню:

$$U = \frac{1000 \cdot K \cdot H}{t(K \cdot H/h)^{n'}}$$

де K – коефіцієнт використання об'єму споруди.

При температурі реальної стічної води:

$$U_o = U(\mu_n/\mu_l),$$

де μ_l, μ_n – в'язкість води в лабораторних і виробничих умовах.

2.2.2. Осадження частинок у пісковловлювачах

Пісковловлювачі – це споруди, призначені для виділення зі стічних вод важких мінеральних домішок, головним чином, піску, розміром частинок понад 0,15-0,25 мм при витратах стічних вод понад 100 м³/добу. Поряд з мінеральними домішками в пісковловлювачах відстоюються речовини органічного походження, гідравлічна крупність яких близька до гідравлічної крупності піску.

Робота пісковловлювачів заснована на дії гравітаційних сил. Залежно від напрямку основного потоку стічної води їх підрозділяють на горизонтальні – з прямолінійним або круговим рухом води, вертикальні – з рухом води знизу вгору і пісковловлювачі з гвинтовим (поступально-обертальним) рухом води; останні в залежності від способу створення гвинтового руху бувають тангенціальними і аерованими.

Пісковловлювачі споруджують із збірних залізобетонних елементів уніфікованих розмірів. Тип пісковловлювачів обирають у залежності від продуктивності очисної станції, схеми очищення стічних вод, обробки осаду, характеристики зважених речовин. При продуктивності до 50 тис. м³/добу слід приймати тангенціальні пісковловлювачі, понад 10 тис. м³/добу – горизонтальні, понад 20 тис. м³/добу – аеровані. Горизонтальні пісковловлювачі з прямолінійним рухом води мають прямокутну форму в плані (рис. 2.6).

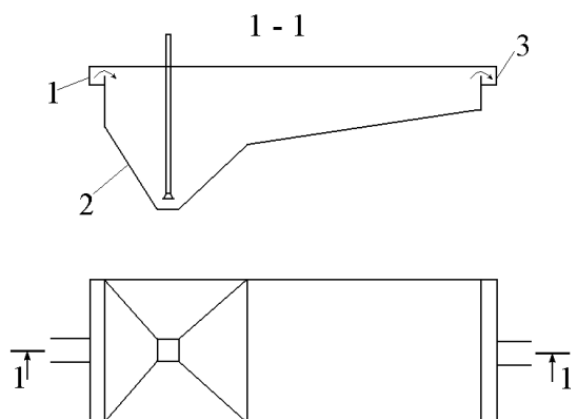


Рис. 2.6. Схема горизонтального пісковловлювача

*1 – водо-підвідний лоток; 2 – бункер для осаду;
3 – водовідвідний лоток*

Пропускна здатність таких пісковловлювачів 70-280 тис. м³/добу. Швидкість руху води при максимальному припливі 0,3 м/с, при мінімальному – 0,15 м/с. Тривалість перебування води в них не менше 30 с. Для підтримування постійної швидкості потоку у пісковловлювачі влаштовують не менше двох відділень, включенням або відключенням одного з них знаходять оптимальну швидкість. Розрахункову (робочу) глибину пісковловлювачів приймають 0,25-

1,0 м, будівельну 0,5-2,0 м. При об'ємі піску більше 0,1 м³/добу обов'язково механізоване видалення осаду. Пісок зсувається до приямку, розташованому на початку споруди, скребками, при цьому відбувається часткова промивка осаду. З приямку пісок видаляють гідроелеваторами або пісковими насосами.

Пісковловлювачі з круговим рухом води (рис. 2.7) є різновидом горизонтальних пісковловлювачів і являють собою круглий в плані резервуар з кільцевим периферійним лотком для протікання стічної води. Осад збирається у конічне днище, звідки його видаляють гідроелеваторами. Такі пісковловлювачі діаметром 4 і 6 м розраховані на пропускну здатність від 1,4 до 70 тис. м³/добу при двох відділеннях глибиною від 2 до 3 м. У горизонтальних пісковловлювачах затримується до 65-75% всіх мінеральних забруднень, що містяться у воді.

Вертикальні пісковловлювачі розраховані на продуктивність від 100 до 5000 м³/добу і складаються з приймального і відстійного відділень, а також осадової частини (рис. 2.7б).

Швидкість руху води в приймальному відділенні 0,1 м/с, у відстійному 0,05 м/с. Висота робочої (осадової) частини пісковловлювача 0,3-1,0 м, загальна висота до 3,2 м.

Тангенціальні пісковловлювачі мають круглу у плані форму (рис. 2.7в). Вода в них подається по дотичній до циліндричної частини споруди, що викликає обертальний рух піску, сприяє відмиванню від піску органічних речовин і запобігає їх випадання в осад.

Пісок, що міститься у стічній воді, притискається до стінок споруди за рахунок відцентрової сили та відділяється від води, в результаті утвореної спадної течії. Навантаження на пісковловлювач приймають 110-130 м³/(м²·год), діаметр не більше 6 м. При швидкості руху у вхідному лотку 0,7-1,1 м/с у пісковловлювачі затримується 92-98% піску з гідравлічною крупністю 18-24 мм/с. Глибина пісковловлювача конструктивно приймається рівною половині його діаметру.

Аеровані пісковловлювачі представляють собою прямокутні або круглі в плані резервуари, в які здійснюється подача повітря. Повітря сприяє обертанню води у пісковловлювачі, тим самим підвищенню ефекту осадження. У горизонтальному аерованому пісковловлювачі (рис. 2.8) уздовж однієї зі стінок на відстані 45-60 см від дна по всій довжині пісковловлювача встановлюють аератори з дірчастих труб з отворами 3-5 мм, а під ними влаштовують лоток для збору піску.

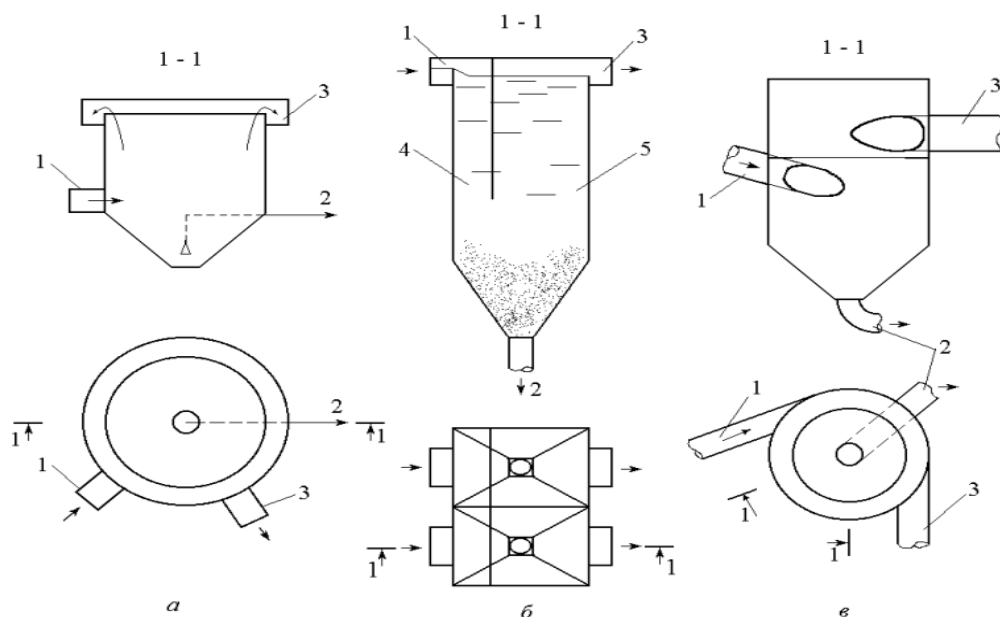


Рис. 2.7. Схеми пісковловлювачів:

а – горизонтальний з круговим рухом води;

б – вертикальний; в – тангенціальний

1 – подача стічної води; 2 – видалення осаду; 3 – відведення очищеної води;

4 – приймальне відділення; 5 – відстійне відділення

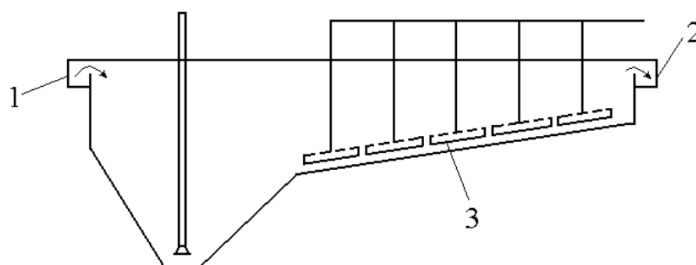


Рис. 2.8. Схема горизонтального аерованого пісковловлювача

1 – водопідвідний лоток; 2 – водовідвідних лоток; 3 – подача

Інтенсивність аерації 3-5 м³/(м²·год). Поступальна швидкість руху води в таких пісковловлювачах 0,05-0,12 м/с, обертальна 0,25-0,3 м/с, тривалість перебування води у пісковловлювачі 2-3 хв. Загальна глибина пісковловлювача 0,7-3,5 м, відношення ширини відділення пісковловлювача до глибини В:Н = 1:1,5. Осад з аерованих пісковловлювачів містить до 90-95% піску і при тривалому зберіганні не загниває. Такі пісковловлювачі мають продуктивність від 70 до 280 тис. м³/добу.

2.2.3. Осадження домішок у відстійниках

Відстійники є основними спорудами для механічного очищення стічних вод, використовуються для видалення, які осідають або спливають домішок стічних вод, головним чином, органічних.

Залежно від призначення відстійників у технологічній схемі очисної станції вони поділяються на первинні, що встановлюються на початку технологічної схеми перед спорудами біологічної або фізико-хімічної очистки, і вторинні – у кінці схеми після біологічної очистки.

За режимом роботи розрізняють відстійники періодичної дії (контактні) і безперервні (проточні). Перші застосовуються для очищення малої кількості стічних вод, другі – для очищення будь-яких об'ємів забруднених вод.

Відстійники поділяються на три основних конструктивних типи в залежності від напрямку руху води – вертикальні, горизонтальні, радіальні. До відстійників відносять і освітлювачі, де одночасно з відстоюванням стічна вода фільтрується через шар зваженого осаду, а також комбіновані споруди – освітлювачі-перегнівателі та двоярусні відстійники, в яких поряд з висвітленням води здійснюється зброджування й ущільнення осаду який випав.

Тип відстійника та його конструкцію слід вибирати в залежності від продуктивності, концентрації і характеру нерозчинених домішок у воді, способу обробки осаду, рівня ґрунтових вод, місцевих умов майданчика будівництва. У кожному конкретному випадку вибір типу відстійників повинен визначатися в результаті техніко-економічного порівняння кількох варіантів.

Число первинних відстійників слід приймати не менше двох, вторинних – не менше трьох. Вертикальні відстійники застосовують при продуктивності очисної станції до 20 тис. м³/добу, горизонтальні – понад 15 тис. м³/добу, радіальні – понад 20 тис. м³/добу, освітлювачі-перегрівателі – до 30 тис. м³/добу, двоярусні відстійники – до 10 тис. м³/добу.

У більшості випадків ефект очищення у відстійниках складає 50-70% при тривалості відстоювання 1-3 год.; ефективність роботи освітлювачів досягає 70%. Для поліпшення відстоювання у стічну воду вводять коагулянти і флокулянти, що сприяють збільшенню швидкості осадження зважених часток.

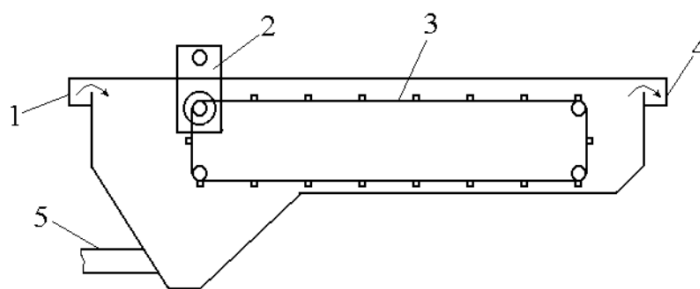


Рис. 2.9. Горизонтальний відстійник

*1 – водопідвідний лоток; 2 – привід скребкового механізму;
3 – скребковий механізм; 4 – водовідвідний лоток; 5 – відведення осаду*

Горизонтальні відстійники являють собою прямокутні в плані резервуари, виконані із залізобетону і обладнані водопостачання та на водозбірних пристроями (рис. 2.9). Вода надходить у відстійник з торцевого боку. Для більш рівномірного розподілу води за перетином відстійника влаштовують водопостачання та на водозбірні обладнання у вигляді поперечних водозливів, дірчастих перегородок і жолобів.

У відстійнику кожна частинка рухається з потоком води у горизонтальному напрямку зі швидкістю V і вниз під дією сили тяжіння зі швидкістю U_0 . Таким чином, швидкість переміщення кожної частки представлятиме рівнодіюча двох цих швидкостей. У відстійнику встигнуть осісти тільки ті частинки, траєкторія яких перетинає дно відстійника у межах його довжини.

Робоча глибина відстійника $H = 1,5-4$ м, відношення довжини до глибини $L:H = 8-12$ (до 20). Ширина відстійника $B = (2-5)H$ залежить від способу видалення осаду і зазвичай знаходиться в межах 6-9 м. Первинні відстійники спроектовані на продуктивність від 25 до 100 тис. м³/добу.

Довжина горизонтального відстійника може бути визначена:

$$L = \frac{V \cdot H}{K(U_o - W)},$$

де V – середня розрахункова швидкість у проточній частині відстійника, приймається 5-10 мм/с; U_o – гідравлічна крупність суспензії, мм/с; $K = 0,5$ – коефіцієнт використання об'єму відстійника; W – вертикальна турбулентна складова, $W = 0,05V$. Осад, що випав на дно відстійника, скребковим механізмом згрібається до мулового прямоку, звідки видаляється плунжерним насосом. Ухил днища 0,005 у бік бункера для збору осаду. Тривалість відстоювання становить 1-3 год. Ефективність осадження до 60%.

Вертикальні відстійники являють собою циліндричний (або квадратний в плані) резервуар з конічним днищем, що створює ємність для накопичення осаду. Різні типи вертикальних відстійників відрізняються конструкцією впускних і випускних улаштувань. Найбільш поширеним типом є відстійник з впусканням води через центральну трубу, забезпечену у нижній частині розтрубом і відбивним щитом (рис. 2.10).

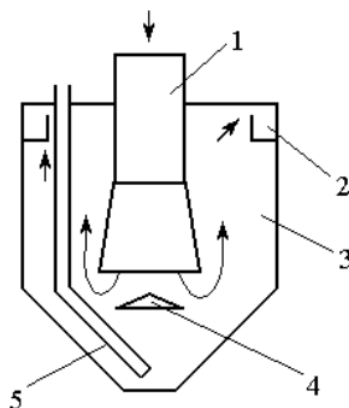


Рис. 2.10. Вертикальний відстійник

*1 – центральна труба; 2 – водозбірний лоток; 3 – відстійна частина;
4 – відбивний щит; 5 – мулова труба*

Стічна вода підводиться по центральній трубі та спускається нею вниз. При виході з центральної труби вона змінює напрямок руху і повільно піднімається вгору до периферійного водозбірного лотку. Осадження відбувається у висхідному потоці, швидкість якого дорівнює 0,2-0,7 м/с. Висота зони осадження 2,7-3,8 м. Кожна частинка рухається з водою вгору зі швидкістю V та під дією сили тяжіння вниз зі швидкістю U_o . При $U_o > V$ частинки осідають, при $U_o < V$ переміщуються з потоком води вгору.

Ефективність осаження у вертикальних відстійниках на 10-20% нижче, ніж у горизонтальних.

Діаметр вертикальних відстійників 4-9 м, ухил стінок днища 50-60°.

Вертикальні відстійники з низхідним-висхідним потоком води (рис. 2.11) і з периферійним впуском рідини відрізняються тільки конструкцією впускних і випускних пристроїв, проте вони мають у 1,3-1,5 рази більшу продуктивність, ніж з центральною трубою. Впускний пристрій у них виконано у вигляді кільцевого розподільного лотка змінного перерізу з зубчастим водозливом.

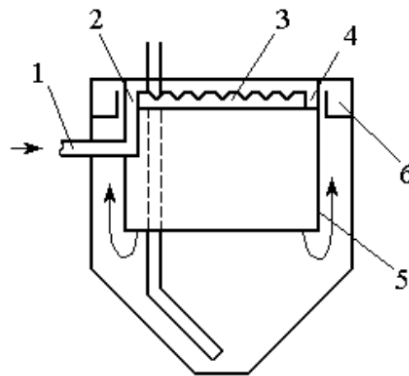


Рис. 2.11. Вертикальний відстійник з низхідним-висхідним потоком води
 1 – водопідвідна труба; 2 – приймальня камера; 3 – зубчастий водозлив;
 4 – розподільний лоток; 5 – кільцева перегородка

Діаметр вертикальних відстійників розраховують за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{nK\pi(U_o - W)'}}$$

де Q – розрахункова витрата стічних вод; K – коефіцієнт, який приймається для вертикального відстійника з центральною випускною трубою $K = 0,35$, для інших конструкцій вертикальних відстійників $K = 0,65-0,7$; n – кількість відстійників.

Радіальні відстійники являють собою круглі у плані резервуари діаметром від 18 до 50 м і більше. Вони призначені для очищення більшої кількості стічних вод з високим вмістом суспензій (більш 2000 мг/л).

Відомі радіальні відстійники трьох конструктивних модифікацій – з центральним або периферійним впуском води й обертовим збірно-розподільним пристроєм (ПВР).

У відстійниках з центральним впуском (рис. 2.12), вода надходить по центральній трубі знизу вгору, а потім рухається від центру до периферії. Швидкість течії при цьому змінюється від максимальної в центрі до мінімальної на периферії, на середині радіуса вона становить 5-10 мм/с. Глибина проточної частини відстійника 1,5-5 м, відношення діаметра до глибини $D:H = 6-12$ (до 30). Ефективність осадження в них становить 60%.

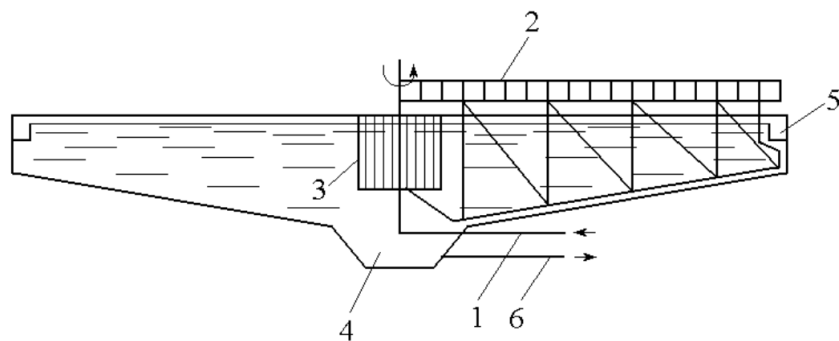


Рис. 2.12. радіальний відстійник

*1 – труба для подачі води; 2 – скребки; 3 – розподільна камера;
4 – приямок для збору осаду; 5 – водозлив; 6 – відведення осаду*

Осад, що випав на дно відстійника, згрібається скребковим механізмом, укріпленим на поворотній фермі, до приямку, розташованому в центрі, звідки видаляється насосом або під дією гідравлічного тиску. У відстійниках з периферійним впуском води досягається в 1,2-1,3 рази більша ефективність

очищення і в 1,3-1,6 велика продуктивність, ніж у звичайних радіальних відстійниках. Розподільний пристрій являє собою периферійний кільцевий лоток із зубчастим зливом або щілинними донними отворами і занурену на половину перегородку, які утворюють з бортом відстійника кільцеву зону, де відбувається швидке гасіння енергії струменів які входять, виділення і затримання плаваючих речовин. Вода входить у робочу зону відстійника через кільцевий простір, утворене нижньою крайкою перегородки і днищем, а відводиться через центральну трубу.

Відстійники з обертним збірно-розподільним пристроєм (ПВР) дозволяють відстоювати воду практично у статичних умовах, при цьому пропускна здатність радіального відстійника підвищується приблизно на 40%. Схема розподільного пристрою показана на рис. 2.13.

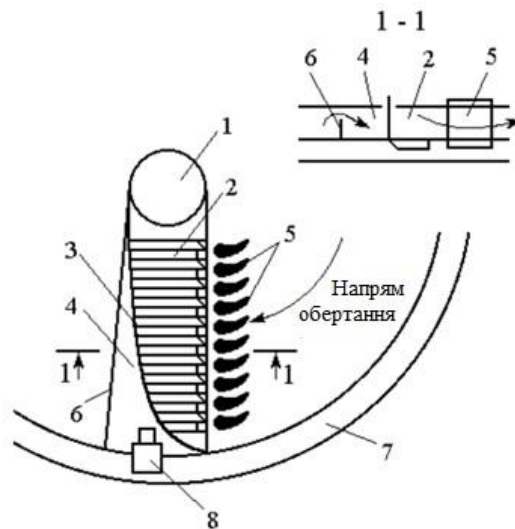


Рис. 2.13. Схема обертного збірно-розподільного пристрою

1 – центральна чаша; 2 – водорозподільний лоток; 3 – розділювальна перегородка; 4 – водозбірний лоток; 5 – напрямні лопатки; 6 – водозабірні кромки; 7 – кільцевий водозбірний жолоб; 8 – сифон

Подача і відведення води у такому відстійнику здійснюється через центральну чашу і сполучений з нею радіальний рухливий пристрій, який являє собою жолоб, розділений перегородкою на розподільні і збірні лотки.

Стічна вода рівномірно надходить у відстійну зону по всій довжині затопленого розподільного лотка через щілинне днище і розподільну решітку з вертикально підвішених струмененапрямних лопаток. Освітлена вода

відводиться через водозлив водозбірного лотка. Осад згрібають шкребками, укріпленими на фермі обертового пристрою.

Глибина зони відстоювання приймається 0,8-1,2 м, глибина лотка складає 0,5-1,5 м. Ефективність освітлення досягає 65%. Діаметр радіальних відстійників розраховується за тією ж формулою, як і радіус вертикальних відстійників, тільки коефіцієнт K приймається для звичайних радіальних відстійників який дорівнює 0,45, для відстійників з обертальними збірно-розподільчим улаштуванням 0,85. Для збільшення ефективності відстоювання використовують **тонкошарові** (трубчасті або пластинчасті) **відстійники**. Вони можуть бути вертикальними, радіальними або горизонтальними; складаються з водорозподільної, водозбірної та зони відстою. У таких відстійниках відстійна зона поділяється трубчатими або пластинчастими елементами на ряд шарів невеликої глибини. При невеликій глибині відстоювання перебігає швидко, що дозволяє зменшити розміри відстійників.

Тонкошарові відстійники класифікуються за такими ознаками: за конструкцією похилих блоків на трубчасті і поличні; за режимом роботи – періодичної (циклічної) і безперервної дії; за взаємним рухом освітленої води і осаду, що витісняється – з прямоточним, проти течії і змішаним (комбінованим) рухом.

Поперечний переріз трубчастих секцій може бути прямокутним, квадратним, шестикутним і круглим. Поличні секції монтуються з плоских або гофрованих листів і мають прямокутний перетин. Вони виконуються зі сталі, алюмінію і пластмаси (поліпропілену, поліетилену, склопластиків).

Практична швидкість потоку для поличних елементів приймається 5-10 мм/с, для трубчастих елементів – до 20 мм/с. Трубки можна встановлювати з малим (до 5°) і великим (до 45-60°) нахилом. Трубчастий відстійник з невеликим нахилом працює періодично. Спочатку проводять відстоювання, потім промивання трубок від осаду. Такі відстійники використовуються для освітлення стічних вод з невеликим вмістом суспензій при витратах від 100 м³/добу до 10 тис. м³/добу. Ефективність очищення 80-85%.

У трубчастих відстійниках з великим нахилом вода проходить від низу до верху, а осад безперервно сповзає по дну трубок у шламовий простір. Так само працюють пластинчасті відстійники (рис. 2.14).

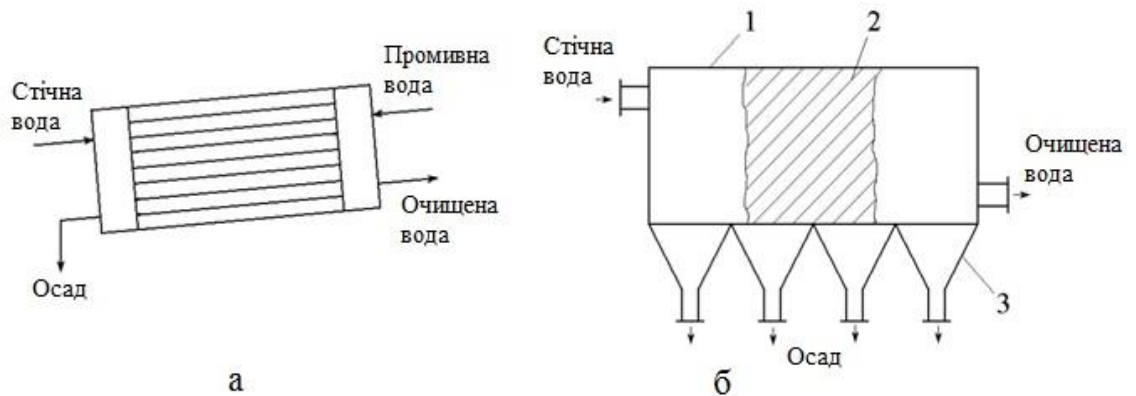


Рис. 2.14. Схема тонкошарових відстійників:
 а – трубчастий; б – пластинчастий
 1 – корпус відстійника; 2 – пластини; 3 – шламоприймач

Ефективність трубчастих і поличних відстійників практично однакова. Висоту тонкошарового простору рекомендується приймати 1-2 м, відстань між пластинами 25-200 мм, довжину 0,6-1 м.

Тонкошарові блоки можуть встановлюватися у корпусі звичайних відстійників. Тривалість очищення у таких відстійниках складає 4-10 хв.

Застосування тонкошарових елементів дозволяє значно скоротити тривалість відстоювання і, отже, об'єм відстійників. Тонкошарові відстійники дозволяють значно інтенсифікувати процес осадження суспензій, на 60% зменшити площу забудови і на 25-30% підвищити ефект освітлення води у порівнянні зі звичайними застосованими відстійниками.

2.2.4. Освітлювачі з шаром зваженого осаду

За принципом відстоювання працюють освітлювачі з шаром зваженого осаду. Вони застосовуються при підвищеному вмісті у стічних водах речовин, які важко осідають. у результаті поєднання процесів осадження, хлопье утворення та фільтрації стічної води через шар зваженого осаду ефективність очищення досягає 70%.

Є конструкції освітлювачів як з попередньою коагуляцією і агрегацією вод, так і без них, зі суміщенням цих процесів в одному апараті. Принципова схема освітлювача показана на рис. 2.15. Воду, оброблену коагулянтами, подають у нижню частину освітлювача. Рівномірно розподіляючись його площею, вона піднімається вгору до тих пір, поки швидкість випадання частинок не стане рівною швидкості висхідного потоку (перетин 1-1). При цьому утворюється шар зваженого осаду, через який фільтрується освітлена вода. Відбувається прилипання частинок суспензій до пластівців коагулянту, за рахунок чого збільшується об'єм зваженого шару. Для підтримки постійної висоти шару здійснюється безперервне примусове відсмоктування надлишкового осаду в ущільнювачі осаду. Освітлена вода надходить у жолоб, звідки направляється на подальшу очистку.

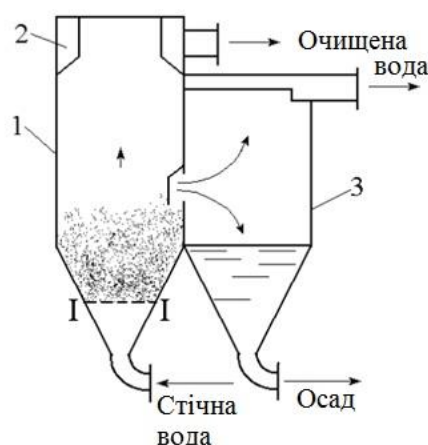


Рис. 2.15. Освітлювач із шаром зваженого осаду

1 – освітлювач; 2 – водозбірний жолоб; 3 – ущільнювач осаду

Утворення і ущільнення осаду здійснюється в умовах безперервного надходження суспензій. При цьому відбувається: 1) стиснуте осадження частинок з утворенням із них суцільної просторової структури, зменшення її об'єму через стиснення пустот між частинками; 2) ущільнення хлопьевидних частинок осаду з видаленням води, укладеної в осередках пластівців; 3) стиснення пластівців. Останній процес найбільш повільний, тому лімітує ущільнення осаду в цілому.

Конструкції освітлювачів різні та відрізняються: 1) за формою робочої камери (кругла або прямокутна); 2) наявністю або відсутністю дірчастого днища під шаром зваженого осаду; 3) способу видалення надлишкового осаду (природний і примусовий); 4) конструкції та місцем розташування ущільнювача осаду (вбудовані, виносні). Найбільш проста конструкція освітлювача коридорного типу з вертикальним ущільнювачем осаду та примусовим відсмоктуванням осаду (рис. 2.16). Він представляє прямокутний залізобетонний резервуар, розділений вертикальними перегородками на три коридори – дві камери освітлення й ущільнювач осаду.

Перетин, в якому швидкість висхідного потоку стає рівною 2 мм/с, умовно визначає нижню межу зваженого шару. Нижня кромка вікон відводу осаду дає верхній розрахунковий кордон зваженого шару.

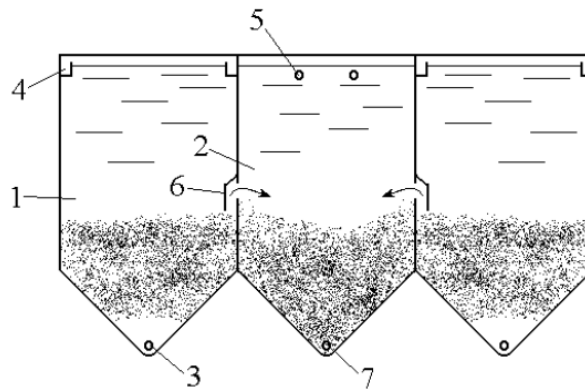


Рис. 2.16. Освітлювач коридорного типу

*1 – камера освітлення; 2 – осадо ущільнювач; 3 – надходження води;
4 – збірні жолоби освітленої води; 5 – збір освітленої води; 6 – вікна відводу
осаду; 7 – відведення ущільненого осаду*

У вітчизняній практиці застосовується освітлювач із природньою аерацією (або відстійник-освітлювач), що представляє собою вертикальний відстійник із внутрішньою камерою флокуляції (рис. 2.17).

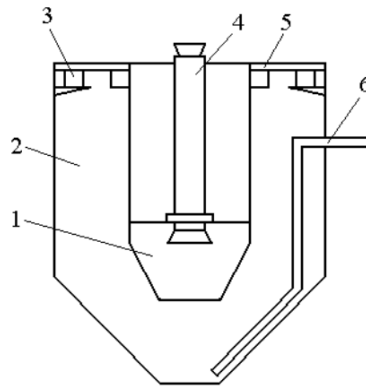


Рис. 2.17. Відстійник-освітлювач

*1 – камера флокуляції; 2 – відстійна зона; 3 – збір освітленої води;
4 – центральна труба; 5 – лоток для відводу плаваючих речовин;
6 – трубопровід для видалення осаду*

У камері флокуляції відбувається ежекція повітря, часткове окислення органічних речовин, пластівців і сорбція забруднень. У відстійній зоні вода проходить через шар зваженого осаду, де затримуються дрібнодисперсні домішки. Об'єм камери флокуляції повинен забезпечити 20-хвилинне перебування у ній води.

2.2.5. Видалення спливаючих домішок

Процес відстоювання використовують для очищення виробничих стічних вод від нафти, масел, жирів, смол та інших домішок, здатних до гравітаційного відділення (спливання). Очищення від спливаючих домішок аналогічне осадженню твердих речовин, відмінність полягає в тому, що щільність спливаючих частинок менше, ніж щільність води.

Швидкість підйому частинок легкої рідини залежить від розміру часток, щільності та в'язкості, тобто від числа $Re = W_{вс} \rho d / \mu_0$. В області $Re < 0,25$ спливання відбувається за законом Стокса. Рух частинок легкої фази вгору викликає у стічній воді вторинні потоки, які гальмують підйом і зменшують швидкість спливання. На процес поділу впливає турбулентність, коагуляція, комплексоутворення.

Відношення числа частинок, які відстояні легкої рідини певного розміру до загальної кількості частинок легкої рідини називається ефектом відстоювання:

$$\Phi = \frac{W_{\text{сп}}L}{Vh}$$

де V – швидкість стічної води у нафтовловлювачі, яка становить 4-6 мм/с; $W_{\text{сп}}$ – швидкість спливання частинок, що дорівнює 0,4-0,6 мм/с; h – висота шару легкої рідини від дна відстійника; L – довжина відстійника.

Для видалення спливаючих домішок використовують нафтовловлювачі, смоло-уловлювачі та маслоуловлювачі. Нафтовловлювачі проектують трьох типів: горизонтальні, багатоярусні (тонкошарові) і радіальні.

Горизонтальний нафтовловлювач аналогічний горизонтальному відстійнику, розділеному поздовжніми вертикальними стінками на паралельні секції. Стічна вода надходить в кожну секцію. Спливла нафту скребковим механізмом пересувається до щілинних поворотних труб і відводиться з нафтовловлювача. Глибина шару води у горизонтальному нафтовловлювачі від 1,2 до 2 м, ширина секції 2-3 м, відношення довжини до глибини $L:H = 15-20$. Шар нафтопродуктів які спливли 0,1 м. Загальні втрати напору у нафтовловлювачі 0,4-0,5 м. Тривалість відстоювання не менше 2 годин.

Багатоярусні (тонкошарові) нафтовловлювачі є вдосконаленим видом горизонтальних, мають менші габарити, більш економічні (рис. 2.18). Поличний блок встановлюється в основній частині нафтовловлювача. При русі потоку в ярусах блоку частки нафти піднімаються до верхніх утворюючим яруси, рухаються ними вгору до периферії та у просторі між блоками і стінкою нафтовловлювача спливають на поверхню води. Нафтопродукти, що спливли над поличними блоками, переміщуються скребками в напрямку потоку до кінця відстійної зони та через щілинну поворотну трубу періодично виводяться зі споруди. Для цих нафтовловлювачів глибину шару відстояної води беруть 2,5-3 м. Швидкість спливання частинок нафти (гідралічна крупність) 0,15 мм/с.

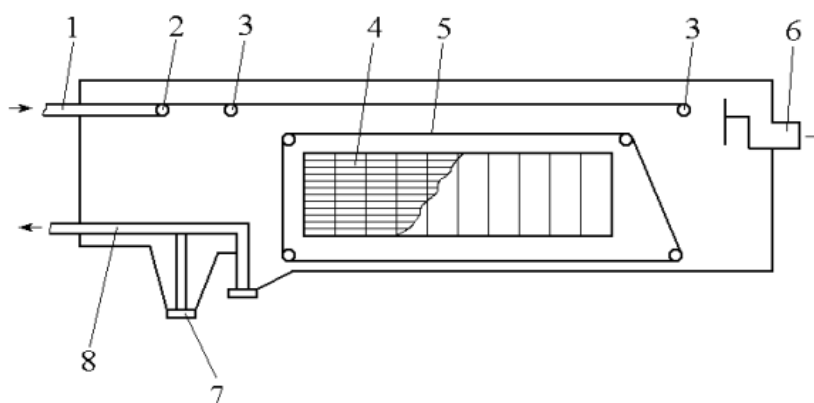


Рис. 2.18. Багатоярусний нафтовловлювач

*1 – вхід стічної води; 2 – водорозподільна труба; 3 – нафтозбірні труби;
4 – з полицями блок; 5 – скребковий транспортер; 6 – відведення води;
7 – гідроелеватор; 8 – відведення осаду*

Відстань між полицями 50 мм, кут нахилу між ними 45° , ширина полицного блоку 0,65-0,75 м, його висота 1,5-1,6 м. Загальна довжина нафтовловлювача на 5-6 м більше довжини полицного простору. Втрати напору 0,5-0,6 м.

Радіальні нафтовловлювачі аналогічні радіальним відстійникам. Стічна вода надходить трубопроводом, розташованим під днищем нафтовловлювача та переходить у вертикальний розтруб із напрямним циліндром висотою 1,2 м. Циліндр забезпечує рівномірний розподіл води робочою зоною нафтовловлювача.

Рівномірність розподілу води та низька швидкість сприяє спливанню дрібнодисперсних частинок нафтопродуктів розміром до 50 мкм. Нафтопродукти, що спливли, обертовим скребком переміщуються до стаціонарно встановленої нафто збиральної труби, якою відводяться за межі споруди.

Глибина радіального нафтовловлювача 3-3,5 м, тривалість відстоювання 6 годин, втрати напору 0,6 м. Товщина шару нафти яка спливла, як і в інших типах нафтовловлювачів, 0,1 м.

Ефективність очищення для горизонтальних нафтовловлювачів становить 60-70%, багатоярусних і радіальних до 75%.

2.3. Фільтрування

2.3.1. Механізм процесу фільтрування

Сутність методу фільтрування полягає у пропусканні рідини, що містить дрібні дисперговані домішки, через фільтруючий матеріал, проникний для рідини і не проникний для твердих частинок. Крім тонко диспергованих речовин на фільтраційних установках витягають масла, нафтопродукти, смоли та ін. Процес йде під дією гідростатичного тиску стовпу рідини над фільтруючою перегородкою, підвищеного тиску до перегородки або вакуумом після перегородки, тобто рушійною силою фільтрування є різниця тисків до і після фільтрувальної перегородки. При цьому процес супроводжується значними витратами енергії. Фільтрування в більшості випадків є останнім етапом освітлення води і проводиться після її попереднього відстоювання у відстійниках, освітлювачах або інших спорудах.

Механізм вилучення частинок з води може включати такі складові: механічне проціджування, гравітаційне осадження, інерційний захват, хімічну і фізичну адсорбцію, адгезію, коагуляційне осадження, біологічне вирощування. У загальному випадку зазначені складові можуть діяти спільно, а процес фільтрування складається з трьох стадій: 1) перенесення частинок до поверхні фільтруючого шару; 2) прикріплення до поверхні; 3) відрив від поверхні.

За характером механізму затримання зважених часток розрізняють два види фільтрування: 1) фільтрування через плівку (осад) забруднень, що утворюється на поверхні фільтруючого шару; 2) фільтрування без утворення плівки забруднень. У першому випадку затримуються частинки, розмір яких більше пір матеріалу, а потім утворюється шар забруднень, який також є матеріалом, що фільтрує (плівкове фільтрування). Такий процес характерний для так званих повільних фільтрів, які працюють при малих швидкостях фільтрування (0,1-0,3 м/год.). У другому випадку фільтрування (об'ємне) відбувається в товщі шару завантаження, де частинки забруднень утримуються на зернах фільтруючого матеріалу силами прилипання (молекулярними, електростатичними, хімічної спорідненості й адсорбції). Величина сил

прилипання залежить від якості фільтруючого матеріалу, швидкості потоку, температури води, властивостей домішок. Такий процес характерний для швидких фільтрів, що працюють при швидкостях фільтрування 5-12 м/год.

При фільтруванні води через шар фільтруючого матеріалу одночасно протікають два процеси: прилипання частинок до поверхні фільтруючого матеріалу та відрив раніше прилиплих частинок. Прилипли частки постійно відчують вплив рухомого потоку, який в результаті тертя зриває їх з поверхні фільтруючого матеріалу. Вода освітлюється до тих пір, поки сили відриву частинок не починають превалювати над силами прилипання. У разі рівного розподілу числа частинок, що надходять в одиницю часу на поверхню фільтруючого шару і залишають її, настає насичення і стічна вода перестає освітлюватися.

З мірою забруднення фільтруючого шару зменшується його порізність і збільшується опір при проходженні через нього стічної води, тобто зростає втрачений напір, при досягненні певної величини, фільтр зупиняють на регенерацію фільтруючого матеріалу, званою промиванням. Інтервал між двома промивками називають фільтроциклом.

Процес фільтрування залежить від багатьох технологічних параметрів, та в першу чергу, від властивостей фільтруючого матеріалу, фільтраційного середовища і домішок, гідродинамічного режиму фільтрування. Продуктивність фільтра визначається швидкістю фільтрування, тобто об'ємом води, який пройшов в одиницю часу через одиницю поверхні V , $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{с})$.

Час, протягом якого певне завантаження здатне освітлювати воду до заданих показників, називається часом захисної дії фільтруючого завантаження.

Кількість забруднень, затриманих у процесі фільтроцикла, є грязеемкість фільтра.

2.3.2. Класифікація фільтрів і фільтрувальних матеріалів

Залежно від виду фільтруючого середовища розрізняють наступні види фільтрів: зернисті (фільтруючий шар – кварцовий пісок, подрібнений антрацит,

керамзит, шлак, пінополістирол, магноаса та ін.); сітчасті (фільтруючий шар – сітка з розміром комірок 40 мкм); тканинні (фільтруючий шар – бавовняні, лляні, суконні, скляні або капронові тканини); намивні (фільтруючий шар – деревне борошно, діатоміт, азбестова крихта та ін. матеріали, намивають у вигляді тонкого шару на каркас з пористої кераміки, металевої сітки або синтетичної тканини), останні фільтри називають ще діатомітовими. У практиці водоочистки найбільше застосування знаходять зернисті фільтри.

Фільтри із зернистим завантаженням можна класифікувати за низкою основних ознак: 1) за швидкістю фільтрування – повільні (0,1-0,3 м/год.), швидкі (5-12 м/год.) і шалених швидкостях (25-100 м/год.) ; 2) за тиском, під яким вони працюють – відкриті (безнапірні), закриті (напірні); 3) у напрямку фільтруючого потоку – одно поточні (звичайні швидкі фільтри), двопоточні (фільтри АКХ, ДДФ), багатопотокові; 4) за крупністю матеріалу, що фільтрує – дрібно-, середньо- і грубозернисті; 5) за кількістю фільтруючих шарів – одно-, дво- і багат шарові.

Зернисті фільтруючий шар виконують з відсортованого матеріалу, найчастіше річкового кварцового піску крупністю від 0,5 до 2,0 мм. Зерна фільтруючого завантаження характеризуються ефективною величиною зерен і коефіцієнтом неоднорідності завантаження, які отримують в результаті ситового аналізу. Ефективна величина зерен відповідає калібру сита, через яке проходить 10% даного піску. Коефіцієнтом неоднорідності називають відношення 80% -го калібру піску до 10% -го: $K_n = d_{80}/d_{10}$. Фільтруючий матеріал крім того повинен володіти механічною міцністю, хімічною стійкістю.

Фільтруючі завантаження розташовуються на підтримуючих шарах гравію, щебеню або пористого матеріалу з тим, щоб дрібний фільтруючий матеріал не вимивався з шару і не перелітав разом з потоком води. Розмір зерен підтримуючих шарів у залежності від улаштування фільтра й умов фільтрування поступово збільшується від 2-5 до 20-40 мм.

2.3.3. Основні конструкції фільтрів

До сітчастих і тканинних фільтрів відносяться мікрофільтри. Мікрофільтри конструктивно подібні до барабанних сіток, використовуваних для проціджування води. Розміри комірок мікрофільтрів приблизно у 10 разів менше, ніж у сіток, і складають 40-70 мкм. Застосовують мікрофільтри для затримання твердих і волокнистих матеріалів. Швидкість фільтрації в них становить 25-45 м³/(м²год.), ефективність очищення – 50-60% і залежить від складу та властивостей стічних вод, розміру комірок мікрофільтру і режиму його роботи.

Матеріалом для виготовлення сіток мікрофільтрів служать різні види сталей (низько- і середньовуглецеві, леговані), мідь, латунь та ін. За видом покриття сітки можуть бути цілісно-паяними, оцинкованими, пофарбованими, лакованими, гумовими. Неметалеві сітки і фільтрувальні тканини у технології очищення води мають обмежене застосування, найчастіше вони застосовуються для зневоднення осадів стічних вод. Можуть використовуватися тканини з натуральних волокон (бавовна, шерсть, льон) і синтетичних матеріалів (капрон, нітрон, хлорин), але вони володіють великим гідравлічним опором і з їх поверхні важко видаляються забруднення.

Основним елементом мікрофільтру (рис. 2.19) є обертовий барабан, розміщений в бетонному, а іноді металевому резервуарі прямокутної форми. У мікрофільтрі робоча фільтруюча сітка розташовується між двома які підтримують, з розміром комірок 2×2 мм. Забруднена сітка очищається промиванням окремих її ділянок очищеною водою, витрата якої не повинна перевищувати 1,5% від кількості води, що подається на станцію очищення.

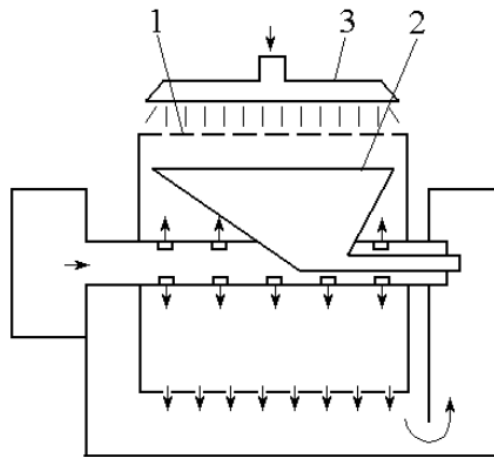


Рис. 2.19. Схема мікрофільтра

*1 – обертовий барабан; 2 – лоток для збору промивних вод;
3 – пристрій для промивання*

Фільтри з зернистим завантаженням широко застосовують для підготовки технічних і оборотних вод, вони незамінні на водоочисних станціях господарсько-питного призначення для освітлення і знебарвлення поверхневих вод, а також для знезалізнення підземних вод.

Ці фільтри можна класифікувати за кількома ознаками:

1) за напором над матеріалом, що фільтрує – на відкриті (гравітаційні), де фільтрування води відбувається під атмосферним тиском, і напірні фільтри, в яких над зернистим шаром створюється надлишковий тиск;

2) за продуктивністю з одиниці площі фільтра, тобто за швидкістю фільтрування – на повільні (0,1-0,3 м/год.), швидкі (5-12 м/год.), надшвидкісні (понад 25 м/год.) фільтри; повільні фільтри завжди відкриті, швидкі можуть бути відкриті або напірні, надшвидкісні – тільки напірні;

3) за крупністю зерен фільтруючого матеріалу – на дрібнозернисті (до 0,4 мм), середньозернисті (0,4-0,8 мм) і грубозернисті (понад 0,8 мм); дрібнозернисте завантаження використовують у повільних фільтрах, середньозернисті – у швидких і шалених швидкостях, грубозернисті – для очищення води у технічних цілях;

4) за кількістю шарів різних зернистих матеріалів – на одно-, дво-, трьох- і багат шарові фільтри;

5) у напрямку руху фільтруючого потоку – на фільтри з низхідним або висхідним фільтруванням, на двопоточні (фільтри АКХ); з горизонтальним напрямком фільтрування (радіальні фільтри).

Повільні фільтри застосовуються для безреагентного освітлення води і являють собою залізобетонні або цегляні резервуари прямокутної або круглої в плані форми. Мала швидкість фільтрування, значна вартість і велика займана площа привели до того, що у вітчизняній практиці водоочистки ці фільтри мало поширені.

Швидкі безнапірні (самопливні) фільтри призначені для освітлення води після реагентної обробки або без неї. Вони являють собою прямокутні в плані залізобетонні резервуари площею 4-140 м², завантажені фільтруючими шарами зернистого матеріалу в один або два шари з підтримуючими шарами гравію, під якими розміщена дренажна система для збору відфільтрованої і рівномірного розподілу промивної води (рис. 2.20). Висота шару завантаження цих фільтрів залежить від діаметра зерен фільтруючого матеріалу і становить 0,4-2,0 м. Швидкість води у підвідних трубопроводах і каналах повинна становити 0,8-1,2 м/с, висота шару води над завантаженням фільтра не менше 2 м. Вода фільтрується зверху вниз, промивка здійснюється подачею води знизу вгору. Для збору промивної води служать спеціальні жолоби, розташовані над шаром фільтруючого завантаження.

Одношарові фільтри завантажують кварцовим піском з діаметром зерен 0,5-2,0 мм, двошарові – або однорідним матеріалом з різним розміром часток, або різнорідними матеріалами. Багатошарові фільтри мають велику брудоемкість у порівнянні з одношаровими в 2-3 рази. Це дозволяє або збільшити швидкість фільтрування, або подовжити фільтроцикл.

Тривалість фільтроциклу у нормальному режимі роботи швидких безнапірних фільтрів повинна становити не менше 8-12 год., швидкість фільтрування при нормальному режимі 5-12 м/год., у форсованому режимі 6-16 м/год.

При досягненні втрати напору 3,0-3,5 м швидкі безнапірні фільтри зупиняють на промивку. Промивання здійснюють або тільки водою, яка подається від низу до верху з інтенсивністю 12-18 л/(м²с), або одночасно промивають водою і продувають повітрям. Рівномірний розподіл води на площі швидких фільтрів здійснюють дренажними системами з підтримуючими шарами або без них.

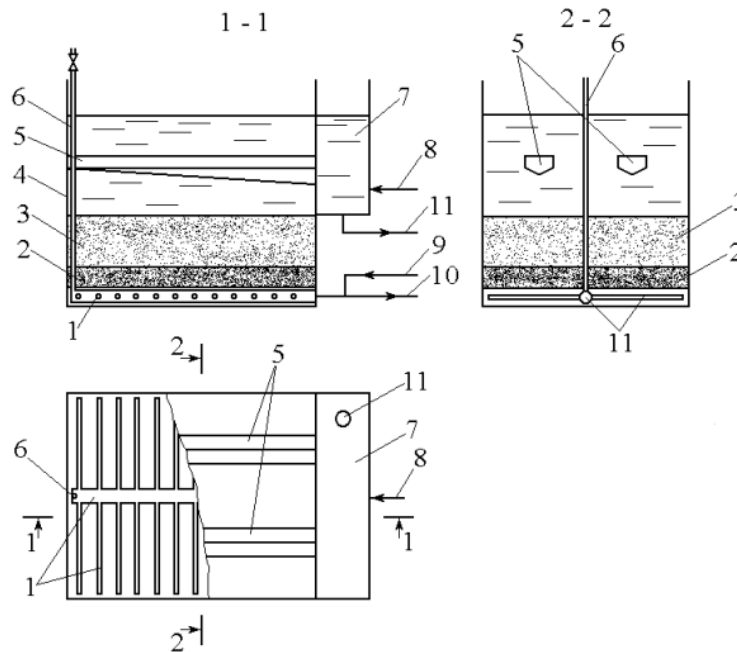


Рис. 2.20. Схема відкритого швидкого фільтра

*1 – трубчаста розподільна система; 2 – підтримуючий шар гравію;
3 – фільтруєче завантаження; 4 – залізобетонний корпус фільтра;
5 – жолоби; 6 – видалення повітря; 7 – бічна кишеня; 8,10 – подача вихідної і
відведення фільтрованої води; 9,11 – подача і відведення промивної води*

Швидкі напірні фільтри являють собою закриті вертикальні (рис. 2.21) або горизонтальні резервуари зі сферичними днищами, розраховані на робочий тиск до 0,6 МПа. Вони використовуються для освітлення води після обробки її коагулянтами без попереднього відстоювання. Продуктивність одного вертикального фільтра становить 50-90 м³/год. Такі фільтри випускаються діаметрами 1,0-3,4 м, висота шару завантаження в них 0,5-1 м. Гравієві, які підтримують шари в напірних фільтрах, як правило, не влаштовуються. Напір води створюється насосами. Граничні втрати напору в закритих фільтрах, коли їх зупиняють на промивку, складають 6-8 м. Швидкість фільтрування в них

така ж, як у відкритих швидких фільтрах 5-12 м/год., у крупнозернистих до 15 м/год.

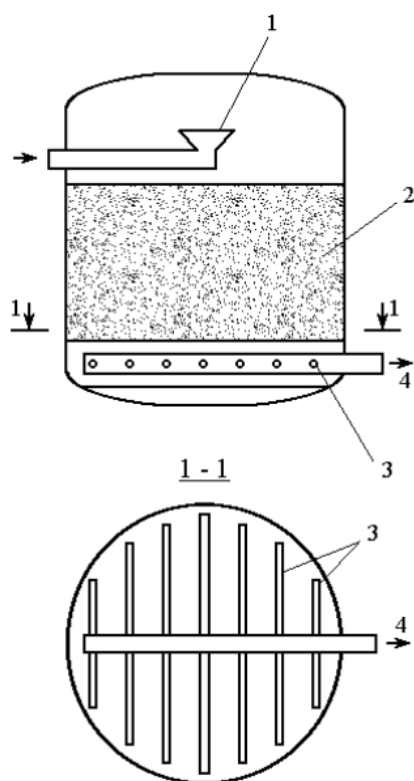


Рис. 2.21. Схема вертикального напірного фільтра

*1 – воронка; 2 – фільтруючий шар;
3 – дренажна система; 4 – відведення фільтрату*

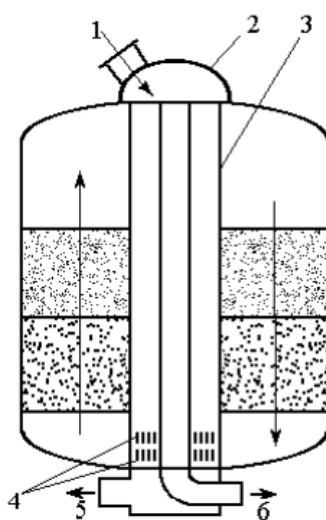


Рис. 2.22. Схема шалених швидкостей фільтра

*1 – подача води; 2 – розподільний ковпак; 3 – центральний стояк;
4 – щілини; 5 – відведення фільтрованої води; 6 – відведення промивної води*

Шалених швидкостей напірний фільтр конструкції Г.Н. Нікіфорова працює при постійному напорі зі змінною швидкістю фільтрування, зменшується в міру забруднення фільтра. Початкова швидкість фільтрування становить 50-100 м/год. Фільтр являє собою циліндричний корпус з циліндричною камерою всередині (рис. 2.22).

Простір між циліндрами розділено вертикальними перегородками на вісім відсіків-фільтрів з піщано-гравійним завантаженням. У дії знаходиться сім відсіків, а один на промиванні. Тривалість фільтроцикла у кожному відсіку не перевищує 1-2 год. Промивання фільтра автоматизовано, відсіки переключаються на промивку послідовно. Висота шару завантаження 450 мм, гравійного підтримуючого шару 500 мм. Максимальний діаметр фільтра 3 м, продуктивність 150 м³/год. Такі фільтри зазвичай збираються у батареї.

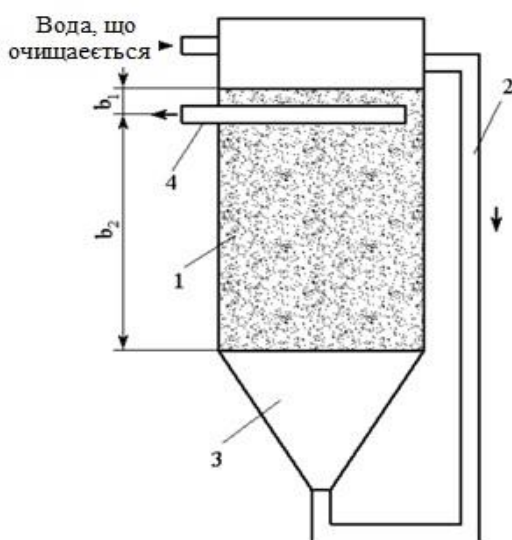


Рис. 2.23. Схема фільтру АКХ

1 – піщану завантаження;
2 – трубопровід; 3 – піддонний простір;
4 – дренажна система.

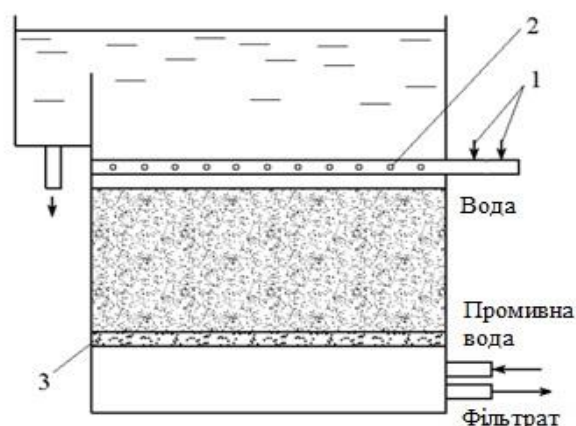


Рис. 2.24. Схема контактної фільтру

1 – подача реагентів; 2 – розподільна система; 3 – дренаж з ніздрюватого бетону

В основу двопоточних швидких фільтрів АКХ (рис. 2.23) покладено принцип двостороннього фільтрування води з відводом фільтрату трубчастої дренажної системи, розташованої в товщі фільтруючого шару. Простір над поверхнею піску з'єднується трубопроводом із піддонним простором. Дренажна система розташована на відстані 50-60 см від поверхні піску. Частина вихідної

води направляється у дренажну систему, фільтруючись через шар піску b_1 а інша частина по трубопроводу у піддонний простір, а звідти – в дренажну систему від низу до верху через шар піску b_2 .

Основна маса води надходить у нижню частину фільтруючого шару і рухаючись від низу до верху проходить спочатку через шар крупного, а потім більш дрібного піску, чим забезпечується підвищена брудоемкість і продуктивність фільтра при скороченні води на промивку фільтра.

Розрахункова швидкість фільтрування для фільтрів АКХ становить 10-12 м/год. при нормальному режимі та 12-15 м/год. при форсованому. З плином часу швидкість фільтрування через нижній шар завантаження збільшується, а через верхній шар, у зв'язку з малою брудоемкість його, зменшується. До кінця фільтроциклу швидкість фільтрування через нижній шар складає 80% сумарної швидкості. Недолік фільтрів АКХ – більш складна конструкція й управління їх роботою.

Робота **контактних освітлювачів і контактних фільтрів** заснована на використанні явища контактної коагуляції. На поверхні зерен завантаження при русі води, обробленої коагулянтном, від низу до верху сорбуються колоїдні і зважені частинки. Контактні освітлювачі є своєрідним різновидом швидких безнапірних фільтрів, що працюють за принципом пропускання води з додаванням коагулянту в напрямку зменшення крупності зерен у шарі. Об'єм споруд очистки води із застосуванням контактних освітлювачів зменшується у 4-5 рази у порівнянні з об'ємом споруд звичайного типу, тому як перед контактними освітлювачами не влаштовують відстійників.

У них на 15-20% зменшується витрата коагулянту. У контактних фільтрах (рис. 2.24), що працюють за принципом контактної коагуляції, вода з доданими до неї реагентами (на відміну від контактних освітлювачів) фільтрується через зернисті шари завантаження зверху вниз.

За конструкцією контактні освітлювачі і контактні фільтри аналогічні швидким безнапірним фільтрам.

З інших конструкцій фільтрів можна відзначити магнітні, акустичні, наливні і фільтри з плаваючим завантаженням.

Магнітні фільтри (сепаратори) застосовуються для видалення з рідин дрібних феромагнітних частинок розміром 0,5-5 мкм при їх утриманні більше 25%. Вони можуть бути забезпечені постійним магнітом або електромагнітом. При проходженні ламінарним потоком через магнітне поле феромагнітні частинки намагнічуються і утворюють агломерати. Напрямок потоку повинен співпадати з напрямком магнітного поля. Широке поширення знайшли магнітні сепаратори, які мають ефективність очищення 80-90% з продуктивністю до 60 м³/год. Фільтруючий елемент являє собою феромагнітне зернисте завантаження розміром 1-3 мм. Фільтрування очищеної стічної води виконують при накладенні магнітного поля, промивку – без його застосування.

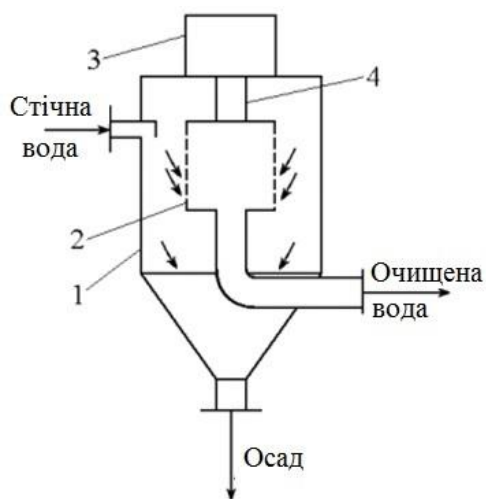


Рис. 2.25. Акустичний фільтр

Акустичні сітчасті фільтри застосовують для попереднього освітлення вод, що містять високодисперсні глинисті суспензії. Ефект освітлення досягає 60% з вмістом суспензій у вихідній воді до 6000 мг/л. У результаті пружних коливань звукового діапазону частот електромагнітним вібратором в акустичних фільтрах відбувається безперервна регенерація фільтруючого елемента. Електромагнітний вібратор розташовується на кришці акустичного фільтра, що представляє собою круглий металевий резервуар (рис. 2.25). Фільтруючий елемент виконується у вигляді перфорованої склянки із

нержавіючої сталі з розташованими у шаховому порядку отворами діаметром 4-5 мм, обтягнутого мікросіткою з розмірами комірок 100-125 мкм.

Намивні фільтри являють собою відкриті, напірні або вакуумні резервуари, всередині яких знаходяться плоскі або циліндричні фільтруючі елементи з розміром осередків 100-150 мкм (пористі керамічні, сітчасті, каркасно-навиті), на які попередньо намивають спеціальні фільтруючі порошки. В якості останніх застосовують діатоміт, целюлозу, бентоніт, тирсу та інші матеріали з розміром частинок 50-70 мкм. Найбільш широко використовують діатоміт і перліт, одержують подрібненням породи вулканічного походження з подальшим випалюванням.

Намивні фільтри застосовують для очищення невеликих об'ємів води, якщо її каламутність не перевищує 40 мг/л. При досягненні втрати напору 15-20 м фільтр промивають зворотним струмом води.

Для видалення нафтопродуктів та інших емульгованих речовин застосовуються **фільтри з плаваючим завантаженням (ФЗП)** з різних полімерних матеріалів (рис. 2.26). Хороші результати отримані при використанні пінополістиролу різних марок, пінополіуретану, гранул керамзиту, котелень і металургійних шлаків. Такі матеріали мають високу пористість, механічну та хімічну міцність і велику поглинальну здатність. Висота шару завантаження 1,2-2,0 м, швидкість фільтрування від 0,6-2 м/год. до 20-25 м/год.

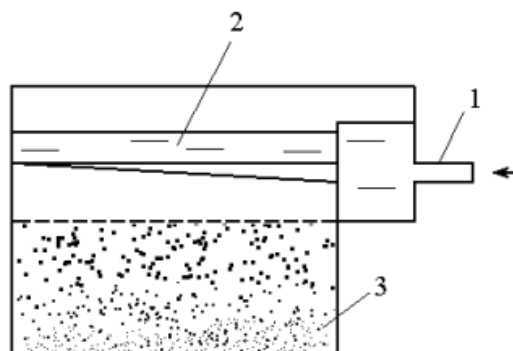


Рис. 2.26. Фільтр з плаваючим завантаженням

Розроблено різні конструкції напірних, самопливних і контактних ФЗП, вони можуть вбудовуватися в первинні і вторинні відстійники. Регенерація фільтруючого матеріалу може проводитися інтенсивним водоповітряним промиванням або механічним віджиманням.

2.4. Центрифугування

2.4.1. Гідроциклони

Інтенсифікацію процесів осадження зважених часток із стічних вод здійснюють під впливом на них відцентрових і доцентрових сил у гідроциклонах і центрифугах.

Використовують низьконапірні (відкриті) і напірні (закриті) гідроциклони. Напірні гідроциклони застосовують для осадження твердих домішок, а відкриті – для видалення домішок, які осаджуються і спливають. Гідроциклони прості за устроєм, компактні, легко обслуговуються, мають високу продуктивність, невисоку вартість.

Обертальний рух рідини у гідроциклоні, що приводить до сепарації часток, забезпечується тангенціальним підведенням води до циліндричного корпусу. Обертання потоку сприяє агломерації частинок і збільшенню їх гідравлічної крупності. На високих швидкостях обертання відцентрові сили значно більше сил тяжіння. Швидкість руху частинки в рідині залежить від її діаметра, різниці щільності фаз, в'язкості та щільності стічної води, прискорення відцентрового поля.

При великих значеннях швидкостей і малих радіусах гідроциклонів сила, що діє на частинку суспензії у обертальній рідині, буде значно перевершувати швидкість їх вільного осадження:

$$K = \frac{V^2}{gR'}$$

де K – фактор поділу, який показує, у скільки разів відцентрові сили більше сил тяжіння; V – тангенціальна швидкість руху частинки, м/с; R – радіус обертання частинки, м.

Крім фізичних властивостей рідини, на ефективність роботи гідроциклонів впливають конструктивні розміри (діаметр апарату і пристрій впускних і випускних патрубків). Чим менше діаметр гідроциклону, тим вище (при однаковому напорі) його ефективність.

Напірні гідроциклони представляють собою циліндричні апарати з нижньою конічною частиною (рис. 2.27). Стічна вода під тиском 0,15-0,4 МПа надходить по тангенціально розташованому введенню у верхню частину циліндру та набуває обертальний рух. Виникаючі відцентрові сили переміщують частинки домішок до стінок апарату за спіральною траєкторією вниз до вихідного патрубка.

Очищена вода видаляється через верхній патрубок. Фактор поділу напірних гідроциклонів сягає 2000, що обумовлює їх високу ефективність. Діаметр напірних гідроциклонів від 75 до 1000 мм (типових 50-500 мм), висота циліндричної частини дорівнює приблизно діаметру апарату. Ефективність очищення 70%. Швидкість потоку на вході досягає 20 м/с.

Продуктивність гідроциклонів від 3 до 90 м³/год. До недоліків можна віднести високу енергоємність, швидкий знос стінок. Останнє усувається футеровкою внутрішньої поверхні апарату гумою або кам'яним литтям.

Відкриті гідроциклони мають велику продуктивність і менший гідравлічний опір, ніж закриті, але менший ефект освітлення. Часто їх використовують в якості першого ступеня у комплексі з іншими апаратами для механічного очищення стічних вод. Число впускних патрубків у гідроциклоні для більш рівномірного розподілу потоку має бути не менше двох. Швидкість впуску води 0,1-0,5 м/с.

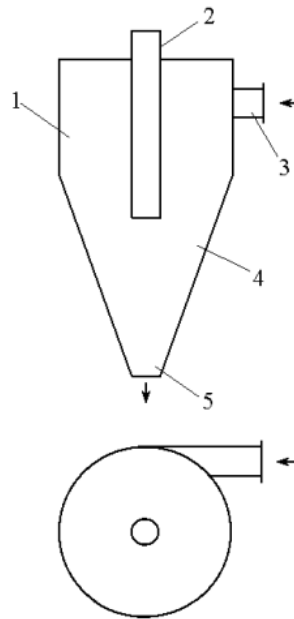


Рис. 2.27. Схема напірного гідроциклону

*1 – циліндрична частина; 2 – відведення води; 3 – впуск води;
4 – конічна частина; 5 – відведення шламу*

Розроблено різні конструкції відкритих гідроциклонів (рис. 2.28): без внутрішніх пристроїв, з діафрагмою, з діафрагмою і циліндричною перегородкою, багатоярусні.

У відкритих гідроциклонах затримують спливаючі домішки і нафтопродукти кільцевим зануренням на половину щитом. Діаметри відкритих гідроциклонів складають від 2 до 10 м.

Багатоярусні гідроциклони використовуються для інтенсифікації процесу очищення. У них робочий об'єм розділений на окремі яруси вільно встановлюваними конічними діафрагмами, кожен з ярусів працює самостійно. Мінімальна відстань між ярусами призводить до того, що відділення частинок відбувається за принципом тонкошарового відстоювання. Обертальний рух дозволяє повніше використовувати об'єм ярусу й сприяє агломерації зважених часток.

Діаметр багатоярусних гідроциклонів 2-6 м, висота ярусу 100-250 мм, число ярусів 4-20. Швидкість води на вході в апарат $V = 0,3-0,5$ м/с. За такою

же ефективністю очищення, що у інших типів гідроциклонів, питомі гідравлічні навантаження зростають у 8-10 разів.

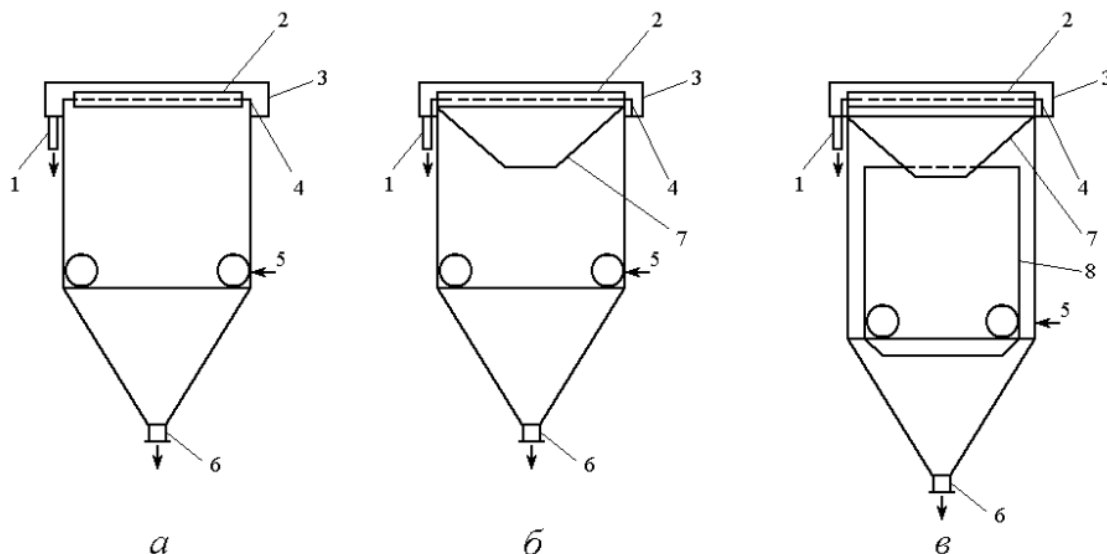


Рис. 2.28. Схеми відкритих гідроциклонів:
а – без внутрішніх улаштувань; б – з конічною діафрагмою; в – з циліндричною перегородкою

1 – відведення води; 2 – на половину занурені кільцеві дошки; 3 – лоток; 4 – кільцевий водозлив; 5 – подача води; 6 – відведення шламу; 7 – конічна діафрагма;
8 – циліндрична перегородка

2.4.2. Центрифуги

Для очищення виробничих стічних вод від дрібнодисперсних забруднень застосовують осаджувальні центрифуги безперервної та періодичної дії. Центрифуги бувають відстійні і фільтруючі. У процесах очищення стічних вод фільтруючі центрифуги використовують для поділу грубо-дисперсних систем, відстійні – важко фільтрованих тонко і грубо-дисперсних суспензій, а також для класифікації суспензій за розмірами і щільністю частинок.

Економічно доцільно використовувати центрифуги для локальної очистки стічної води в тому випадку, коли вловлений осад має цінність і може бути рекуперовано, а для його виділення неможна використовувати реагенти.

Центрифуги періодичної дії бажано використовувати при концентрації нерозчинних домішок у стічних водах не більше 2-3 г/л і якщо утворений осад цементується або характеризується високими абразивними властивостями.

З центрифуг безперервної дії в системах очищення вод найбільшого поширення набули горизонтальні шнекові центрифуги типу ОГШ (рис. 2.29). Для виділення часток з гідравлічною крупністю $U_o = 0,2$ мм використовують протиточні центрифуги, $U_o = 0,05$ мм/с. – прямоточні.

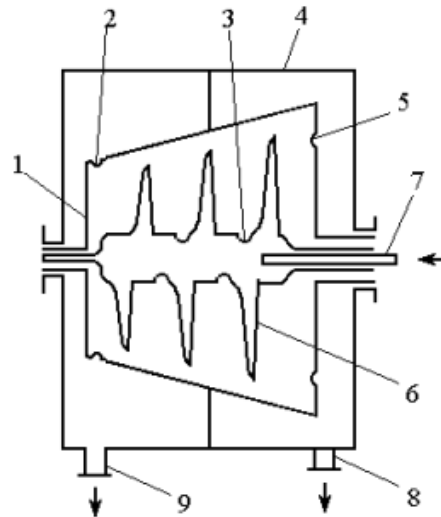


Рис. 2.29. Схема центрифуги типу ОГШ

*1 – барабан; 2,3,5 – вікна; 4 – кожух; 6 – розвантажувальний шнек;
7 – підведення стічної води; 8,9 – відведення освітленої води та осаду*

2.5. Схема механічної очистки виробничих стічних вод

У ряді випадків механічна очистка є єдиним і достатнім способом для вилучення з виробничих стічних вод механічних забруднень і для підготовки їх до повторного використання в системах оборотного водопостачання.

У схему механічного очищення виробничих стічних вод (рис. 2.30) входять наступні очисні споруди: решітки для затримання великих забруднень органічного і мінерального походження, пісковловлювачі для виділення важких мінеральних домішок, водовимірювальний пристрій, усереднители витрати і забруднень стічних вод, відстійники або відстійники-освітлювачі для виділення нерозчинних домішок, фільтри для більш повного освітлення води.

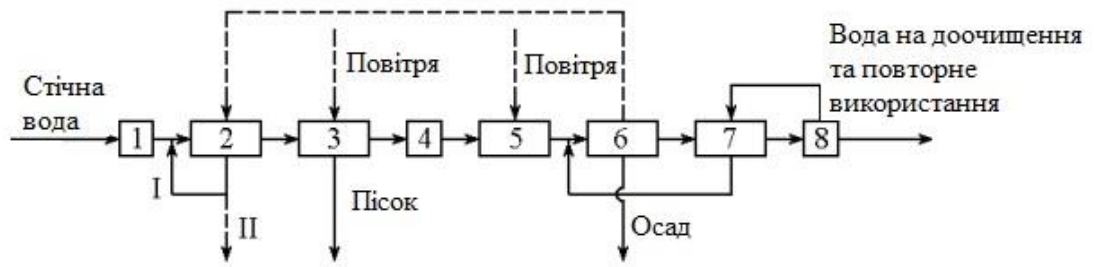


Рис. 2.30. Принципова схема механічного очищення виробничих стічних вод

I – варіант з дробленням відходів і відведенням їх у каналізацію; *II* – варіант з вивезенням відходів у контейнерах на знешкодження; 1 – приймальна камера; 2 – решітки; 3 – пісковловлювачі; 4 – водовимірювальними пристрій (лоток Вентурі); 5 – усереднителі; 6 – відстійники або відстійники-освітлювачі; 7 – барабанні сітки або піщані (каркасно-засипні) фільтри; 8 – насосна станція

Контрольні питання до теми 2

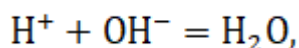
1. Які методи очищення стічних вод відносяться до механічних?
2. Опишіть метод проціджування через решітки.
3. Опишіть метод проціджування на ситах.
4. Які є закономірності осадження суспензій у воді?
5. Як відбувається осадження частинок у пісковловлювачах?
6. Як відбувається осадження домішок у відстійниках?
7. За яким принципом працюють освітлювачі з шаром зваженого осаду?
8. Як відбувається видалення спливаючих домішок?
9. Опишіть механізм процесу фільтрування.
10. Яка класифікація фільтрів і фільтрувальних матеріалів?
11. Які є основні конструкції фільтрів?
12. Що являють собою фільтри з зернистим завантаженням?
13. Що являють собою повільні фільтри?
14. Що являють собою швидкі напірні фільтри?
15. Що являть собою напірний фільтр конструкції Г.Н. Нікіфорова?
16. Що лежить в основі двопоточних швидких фільтрів?
17. Що являють собою контактні освітлювачі і контактні фільтри?
18. Що являють собою магнітні фільтри (сепаратори)?
19. Що являють собою акустичні сітчасті фільтри?
20. Що являють собою наливні фільтри?
21. Коли використовують гідроциклони?
22. Що таке центрифугування?
23. Опишіть роботу центрифуги.
24. Яка є схема механічної очистки виробничих стічних вод?

ТЕМА 3. ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Основними методами хімічної очистки є нейтралізація, окислення і відновлення. Хімічне очищення може застосовуватися як самостійний метод перед подачею виробничих стічних вод у систему оборотного водопостачання, перед спуском їх у водойму або у міську водовідвідну мережу, так і спільно з іншими методами. В якості попередньої очистки хімічна може застосовуватися перед біологічною або фізико-хімічною. Вона знаходить також застосування і як метод глибокого очищення стічних вод з метою їх дезінфекції, знебарвлення або вилучення з них різних компонентів.

3.1. Нейтралізація

Виробничі стічні води багатьох галузей промисловості містять кислоти і луги. У більшості кислих стічних вод містяться солі важких металів, які необхідно виділити з цих вод. З метою попередження корозії матеріалів і споруд, порушення біохімічних процесів, кислі і лужні стічні води перед скиданням їх у водойму, подачу на біологічні очисні споруди або повторному використанні у технологічному процесі повинні бути нейтралізовані. Реакція нейтралізації – це хімічна реакція між речовинами, що мають властивості кислоти й основи, яка призводить до втрати характерних властивостей обох сполук:



при цьому активна реакція водного середовища наближається до $\text{pH} = 7$. Кислі води ($\text{pH} < 6,5$) зустрічаються частіше, ніж лужні ($\text{pH} > 8,5$), і становлять велику небезпеку. Найбільш часто стічні води забруднені мінеральними кислотами: сірчаної, азотної, соляної, а також їх сумішами. Концентрація їх зазвичай не перевищує 3%, але іноді досягає 40% і більше.

При хімічному очищенню застосовують такі способи нейтралізації:

1) взаємна нейтралізація кислих і лужних стічних вод;

2) нейтралізація реагентами (розчини кислот, негашене вапно CaO , гашене вапно Ca(OH)_2 , кальцинована сода Na_2CO_3 , каустична сода NaOH , аміак NH_4OH);

3) фільтрування через нейтралізуючі матеріали (вапно, вапняк CaO , доломіт $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, магнезит MgCO_3 , обпалений магнезит MgO , крейда CaCO_3).

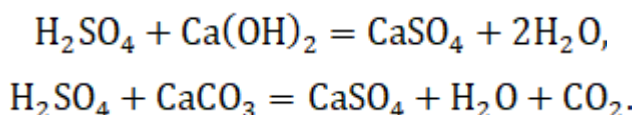
Вибір способу нейтралізації залежить від виду та концентрації кислот, що забруднюють стічні води, витрати і режиму надходження вод на нейтралізацію, наявності реагентів, місцевих умов та ін.

Запропоновано спосіб нейтралізації лужних вод димовими газами, що містять CO_2 , SO_2 , NO_2 та ін., який дозволяє одночасно нейтралізувати стічні води і проводити очищення газів від шкідливих компонентів.

Найбільш простим і дешевим способом нейтралізації стічних вод є змішування кислих стічних вод з лужними. Метод взаємної нейтралізації широко використовується на підприємствах хімічної промисловості.

При наявності на підприємстві стічних вод одного виду застосовують реагентний метод нейтралізації, особливо для кислих стічних вод. Для нейтралізації мінеральних кислот найчастіше використовують вапно у вигляді пушонки або вапняного молока та карбонати кальцію або магнію у вигляді суспензії. Ці реагенти порівняно дешеві та є загальнодоступними, але ускладнюють реагентне господарство (необхідні усереднителі, затруднене регулювання дози реагенту).

При нейтралізації стоків, що містять сірчану кислоту, в залежності від реагенту відбуваються реакції:



Утворений при нейтралізації сульфат кальцію (гіпс) при високій концентрації (~ 2 г/л) випадає в осад, тоді необхідно влаштовувати відстійники-шламонакопичувачі. Принципова схема нейтралізаційної установки приведена на рис. 3.1.

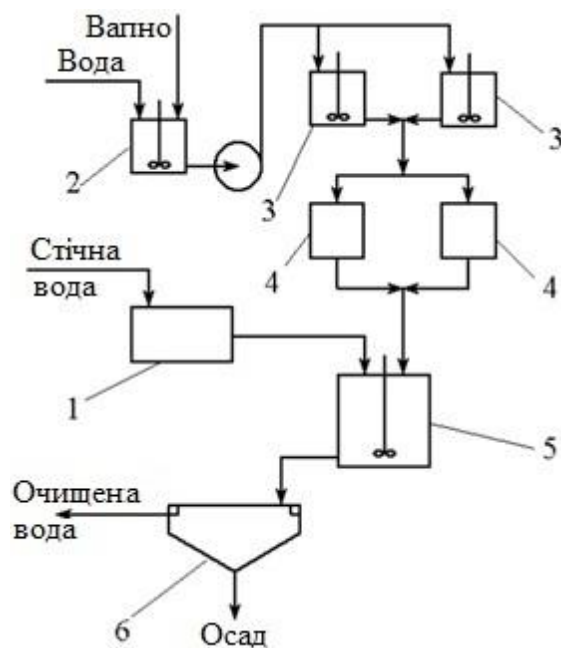


Рис. 3.1. Схема установки нейтралізації

*1 – усреднитель; 2 – аппарат для приготовления реагента; 3 – розчинні баки;
4 – дозатори; 5 – нейтралізатор; 6 – відстійник*

Гашене вапно, яке застосовується для нейтралізації, готується у вигляді вапняного молока 5% концентрації за активним оксидом кальцію ("мокре" дозування), але може використовуватися також у вигляді сухого порошку ("сухе" дозування). Для нейтралізації органічних жирних кислот застосовують вапно, що містить не менше 25-30% активного оксиду кальцію, або суміш вапна з 25% технічної аміачною водою.

При фільтруванні кислих вод через нейтралізуючі матеріали процес ведуть у фільтрах-нейтралізаторах, які можуть бути вертикальними або горизонтальними. Для вертикальних фільтрів використовують шматки вапняку або доломіту розміром 30-80 мм. Висота шару матеріалу 0,85-1,2 м, швидкість не менше 5 м/год., для вертикальних фільтрів, 1-3 м/год. – для горизонтальних, тривалість контакту не менше 10 хв.

3.2. Окислення

Хімічне окислення промислових стічних вод відноситься до деструктивних методів і застосовується для знешкодження токсичних домішок, наприклад, ціанідів або сполук, які недоцільно отримувати зі стічних вод або очищати

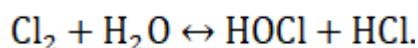
іншими методами (сірководень, сульфід), а також органічних забруднень. Такі стічні води зустрічаються у машинобудівній (гальванопокриття), гірничодобувній, нафтохімічній, целюлозно-паперовій, хімічній та інших галузях промисловості.

Для знешкодження стічних вод використовують різні окиснювачі: хлор, гіпохлорити кальцію та натрію, хлорне вапно, діоксид хлору, озон, технічний кисень і кисень повітря. У ряді випадків можуть застосовуватися пероксид водню, оксиди марганцю, перманганат і біхромат калію (для окислення фенолів, крезолів, ціан містких з'єднань).

3.2.1. Окислення газоподібним хлором і хлормісткими агентами

Метод окислення домішок хлором і його сполуками – один з найпоширеніших способів очищення від отруйних ціанідів, а також сірководню, сульфідів, метил меркаптану та ін.

Хлор, як окиснювач, у залежності від реакції середовища може перебувати в розчині у вигляді різних з'єднань (рис. 3.2). У сильно кислому середовищі можлива присутність тільки молекулярного хлору, тому як, рівновага реакції взаємодії хлору з водою зрушено вліво:



З мірою зменшення кислотності з'являється хлорноватиста кислота HOCl, а в лужному середовищі – гіпохлорити.

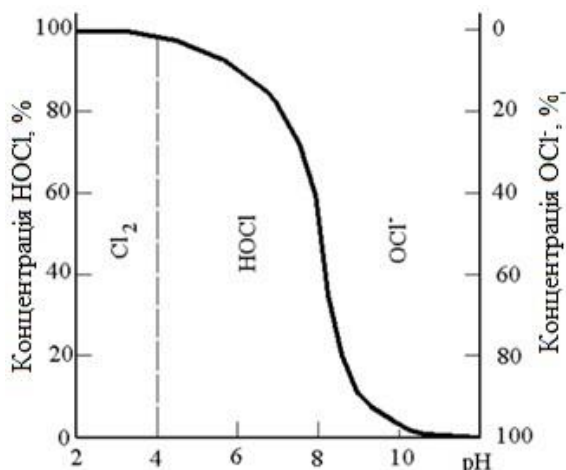
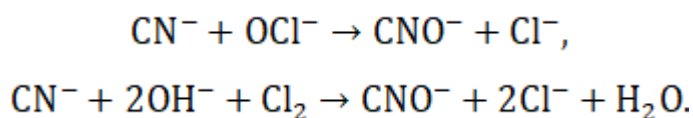


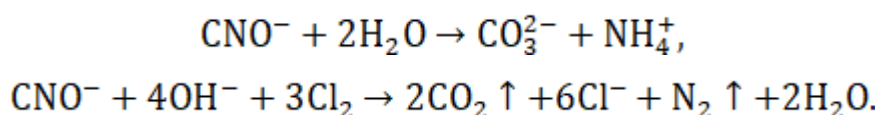
Рис. 3.2. Концентрація HOCl і OCl⁻ у воді зі зміною pH

В якості реагентів, що містять гіпохлорит-іон OCl^- , служить хлорне вапно, гіпохлорит кальцію $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ або гіпохлорит натрію NaOCl . Товарне хлорне вапно містить близько 30-35% активного хлору, а гіпохлорит кальцію – 30-45%. Cl_2 , HOCl і OCl^- утворюють вільний активний хлор, який є основною незаражувальною речовиною. Хлорне вапно містить: $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, H_2O у різних співвідношеннях.

Окислення ціанідів гіпохлоритом або хлором виконують тільки в лужному середовищі ($\text{pH} \geq 10$):

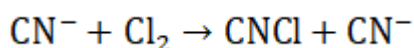


Утворені ціанати легко гідролізуються у воді або окислюються до елементарного азоту та діоксиду вуглецю:



Окислення ціанідів, а також сірководню протікає швидко (1-3 хв.) та повно. Утворені ціанати постійно гідролізуються.

При зниженні pH середовища можливе протікання реакції прямого хлорування ціаніду з утворенням токсичного хлор ціану:

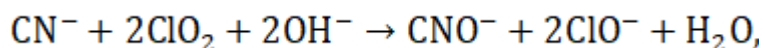


тому дуже важливо при окисненні ціанідів підтримувати лужне середовище.

Хлор має бактерицидну реакцією, яка носить фізіологічний характер. Він вступає у взаємодію з протеїнами і аміносполуками, які містяться в оболонці бактерії і внутрішньоклітинній речовині. Результатом таких взаємодій є хімічна зміна внутрішньоклітинної речовини, розпад структури клітини і припинення життєдіяльності бактерій.

Високою окисною здатністю володіє діоксид хлору ClO_2 . Водні розчини ClO_2 відносно стійкі протягом тривалого часу, при обробці стічних вод діоксидом не утворюється токсичних продуктів прямого хлорування (хлорціану, хлорфенолу та ін.) В будь-якому діапазоні pH .

Окислення ціанідів діоксидом хлору протікає за рівнянням:



і найбільш інтенсивно йде в лужному середовищі при $\text{pH} \geq 10$. До тих пір, поки концентрація ціанідів у розчині залишається високою, окислення до азоту і діоксиду вуглецю не відбувається; ціанати починають окислюватися, коли залишковий вміст ціанідів досягає 2,5-3 мг/л при дозі ClO_2 , близькою до теоретичної.

Залежно від агрегатного стану введених у воду хлору або хлорвмісних реагентів визначається технологія обробки стічних вод і апаратне оформлення процесу. Якщо воду обробляють газоподібним хлором або діоксидом хлору, процес проводять у абсорберах; якщо реагенти знаходяться у розчині, то їх подають у змішувач і далі в контактний резервуар. Хлораторні установки включають складське господарство та пристрої для дозування. Необхідні також розчинні і витратні баки, змішувачі, камери реакцій, відстійники та інші споруди. Робочий розчин реагенту готують зазвичай у вигляді 5% розчину за активним хлором. Для хлорування газоподібним хлором найбільш широко застосовуються вакуумні хлоратори продуктивністю хлором 0,08-20 кг/год.

Потреба у реагентах для окислення X , кг/добу, підраховується за формулою:

$$X = \frac{k \cdot x \cdot Q}{a},$$

де $k = 1,2-1,3$ – коефіцієнт запасу реагенту; x – витрата активного хлору, необхідного для окислення, кг/м³; Q – витрата води, м³/добу; a – вміст активного хлору в реагенті, в частках одиниці.

3.2.2. Окислення киснем повітря

Кисень з успіхом може застосовуватися для окислення сірководню та сульфідів у нафтохімічній і целюлозно-паперовій промисловості. Його використовують для очищення води від заліза та окислення сполук

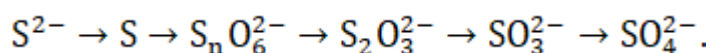
двовалентного заліза у тривалентне з подальшим відділенням від води гідроксиду заліза. Їм руйнують феноли та нафтопродукти.

Промислове застосування винайшло спосіб окислення у рідкій фазі киснем повітря під тиском. Окислення проводять з аеруванням повітря через стічну воду в баштах з хордовою насадкою або шляхом розпилення води у розпилувальній колоні, коли зверху подається вода, а знизу – дисперговане повітря.

Використання колон з кусковою насадкою або кільцями Рашигу недоцільно, тому що відбувається заростання насадки.

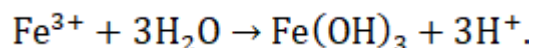
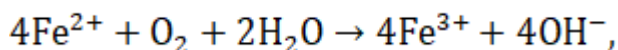
Можливий процес спрощеної аерації, коли воду розбризкують над поверхнею фільтруючого завантаження фільтрів.

Окислення гідросульфідної та сульфідної сірки стічних вод целюлозних, нафтопереробних і нафтохімічних заводів відбувається через ряд послідовних стадій:



У процесі окислення сірка змінює свою валентність з -2 до $+6$. Основним продуктом окислення H_2S , $NaHS$ є тіосульфат $S_2 O_3^{2-}$, сульфід окислюється до сульфіту і сульфату. З підвищенням температури і тиску швидкість реакції і глибина окислення сульфідів і гідросульфідів збільшується.

При окисленні двовалентного заліза йдуть реакції:



Утворений гідроксид заліза відстоюють у контактному резервуарі, а потім фільтрують.

3.2.3. Озонування стічних вод

Озонування – один із перспективних методів обробки води з метою її знезараження і поліпшення органолептичних властивостей. Озонування застосовується для очищення стічних вод від фенолів, нафтопродуктів,

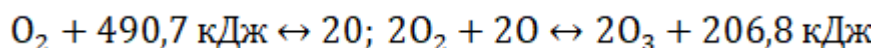
сірководню, сполук миш'яку, ПАР, ціанідів, барвників, канцерогенних ароматичних вуглеводнів, пестицидів та ін.

Знезаражуюча дію озону обґрунтовується на високій окисній здатності, зумовленою легкістю віддачі їм активного атома кисню. Озон значно активніше хлору з відношенням до вірусів, тому як він діє безпосередньо на протоплазму клітини; під дією хлору бактерії відмирають поступово, а при введенні озону практично миттєво.

Озон O_3 є універсальним реагентом, оскільки може бути використаний для знезараження, знебарвлення, дезодорації води, для видалення заліза і марганцю. Озон руйнує з'єднання, що не піддаються впливу хлору (фенол), не надає воді запаху і присмаку. Але при цьому володіє сильними корозійними властивостями і короткочасною дією. Тому всі елементи озонаторних установок і трубопроводи, що контактують з озоном або його водними розчинами, повинні виготовлятися з нержавіючої сталі та алюмінію, а після знезараження озоном воду хлорують для утворення у воді необхідного залишкового хлору.

Чистий озон вибухонебезпечний, оскільки при його розкладанні вивільняється значна кількість енергії. Озон не вибухає, якщо його концентрація в озоноповітряній суміші не перевищує 10% (140 г/м^3). У водному розчині озон дисоціює швидше, ніж у повітрі, причому у слабо лужних розчинах дисоціація йде дуже швидко, у кислотних розчинах озон проявляє велику стійкість. Озон токсичний і може вражати органи дихання. ГДК озону в робочій зоні $0,0001 \text{ мг/м}^3$.

В основі промислового отримання озону полягає реакція розщеплення молекули кисню на атоми під дією тихого (коронного) електричного розряду з подальшим приєднанням до молекули одного атома кисню:



На практиці озон отримують у спеціальних апаратах – озонаторах, в яких повітря з певною швидкістю пропускається між електродами, з'єднаними з джерелом змінного струму високої напруги (5-25 кВ). Конструктивно

електроди виконуються у вигляді двох концентрично розташованих циліндрів різного діаметру або у вигляді двох паралельних пластин (рис. 3.3).

Для отримання тихого розряду електроди озонаторів поділяються діелектриком з максимальним питомим поверхневим опором, що виключає утворення іскрового або дугового розряду й обумовлює рівномірну структуру тихого розряду. Як діелектриків використовують звичайне або боросилікатне скло, емаль, пластмаси.

85-95% споживаної озонатором електроенергії витрачається на тепловиділення, тому електродну систему необхідно охолоджувати, більше того, що озон при підвищеній температурі швидко розкладається.

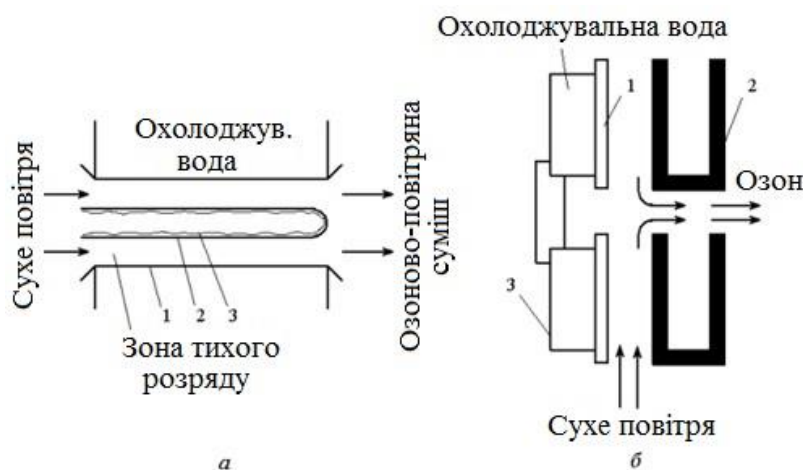


Рис. 3.3. Розміщення електродів і діелектрику в озонаторі

а – трубчастий озонатор: 1 – трубка з нержавіючої сталі (електрод низької напруги); 2 – скляна трубка; 3 – фольга (електрод високої напруги);

б – пластинчастий озонатор: 1 – пластинка зі звичайного скла (діелектрик); 2 – профільовані пластинки; 3 – порожниста платівка з листового алюмінію

Продуктивність озонатора і витрати електроенергії на отримання озону залежать від вмісту вологи повітря, що поступає, температури, вмісту кисню, а також від конструкції озонатора. Найбільш сильно на синтез озону впливає наявність у вихідному газі водяної пари, навіть невелика вологість помітно знижує концентрацію озону. Продуктивність озонатора значно зростає при збагаченні повітря киснем, для чого застосовують цеоліти, селективно сорбуючи з нього азот. При цьому одночасно зі збагаченням киснем відбувається і глибоке осушення повітря.

Промислові генератори озону поділяються на циліндричні з трубчастими горизонтальними або вертикальними електродами, плоскі з пластинчастими електродами і центральним колектором або поздовжньою циркуляцією. Більш досконалими вважаються трубчасті апарати, на них зараз проводиться основна кількість озону. Продуктивність таких апаратів досягає 10-12 кг озону на годину.

Трубчастий озонатор з горизонтально розташованими електродами (рис. 3.4) являє собою апарат, що складається з циліндричного корпусу та знімних сферичних днищ. Для закріплення розташованого у корпусі озонатора пакету електродів і поділу його на три секції, в ньому встановлені вертикальні опорні решітки.

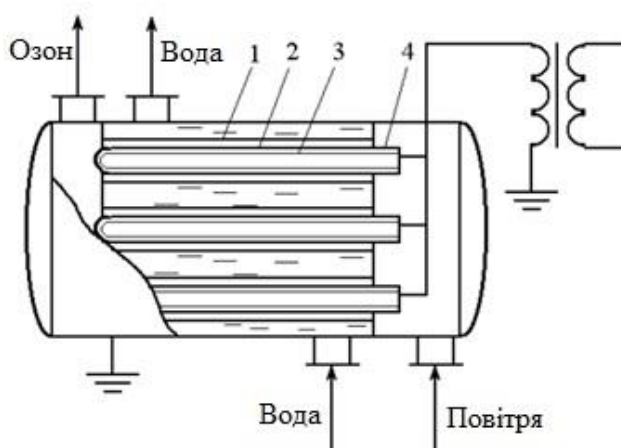
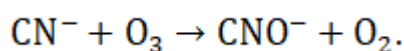


Рис. 3.4. Схема трубчастого озонатора

*1 – електрод низької напруги; 2 – діелектрик; 3 – електрод високої напруги;
4 – скляна трубка*

Озон подають в стічну воду у вигляді озоновоздушної або озонокислородної суміші. Концентрація озону в суміші близько 3%. Для посилення процесу окислення суміш диспергирують в стічній воді на дрібні бульбашки газу. Озонування являє собою процес абсорбції, супроводжуваної хімічною реакцією в рідкій фазі:



Озонування води – досить складний процес, що вимагає об'єднання в одній установці пристроїв для компресування і кондиціонування повітря, отримання озону, змішання його з водою, рекуперації або розкладання непрореагованого

озону. Принципова технологічна схема озонування (рис. 3.5) складається з двох основних вузлів: отримання озону і очищення стічних вод.

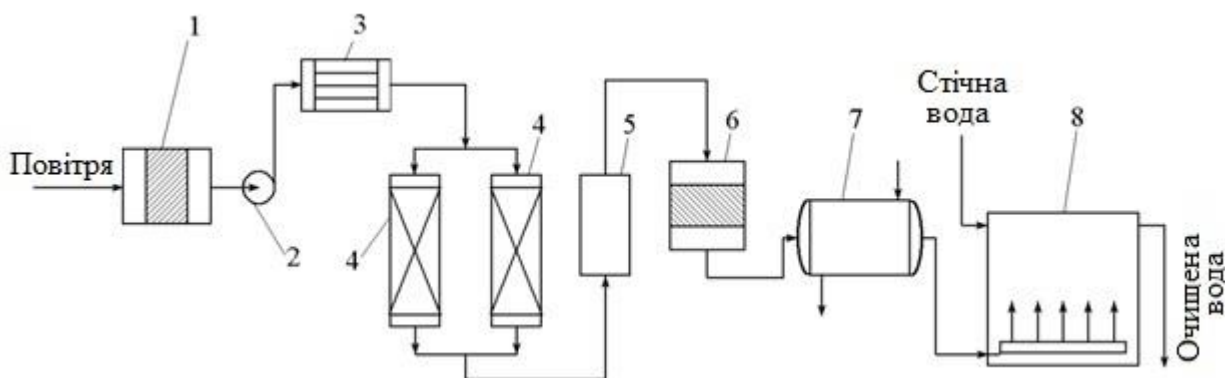


Рис. 3.5. Схема установки озонування води

1 – повітряний фільтр; 2 – компресор або повітродувки; 3 – пристрій, що охолоджує; 4 – пристрій для осушення повітря; 5 – повітронагрівач; 6 – пилові фільтри; 7 – озонатори; 8 – контактна камера

Атмосферне повітря подають на фільтр, де він очищається від пилу, після чого повітродувками направляється на охолоджувальний пристрій для відділення краплинної вологи, а потім осушується на адсорбційних установках. Осушення повітря є одним з основних етапів його підготовки перед отриманням озону та здійснюється у два ступені. На першому відбувається попереднє охолодження повітря до 7-8°C у холодильній установці розсолем, що подається від фреонової холодильної установки. На другому повітря сушать в адсорберах з алюмогелієвою або силікагельною насадкою. Осушене повітря піддається тонкому очищенню від пилу, а потім направляється в озонатор.

В оброблювану воду озон вводять різними способами: барботуванням повітряно-озонової суміші у шарі води через фільтрові пластини або пористі трубки; змішуванням води з озоноповітряною сумішшю в ежекторах або механічних роторних змішувачах, в абсорберах різних конструкцій. Час контакту 5-20 хв. ефективність озонування залежить від кількості і властивостей забруднюючих воду речовин, температури і рН середовища, від дози озону і методу його диспергування.

При водопідготовці доза озону становить 0,75-3 мг/л, при доочищенні стічних вод – 2-4 мг на 1 мг забруднювача (нафтопродуктів, фенолів, ПАР).

3.2.4. Радіаційне окислення

Радіаційне окислення відбувається під дією випромінювання високих енергій. При цьому у розбавлених водних розчинах виникає велике число окислювальних частинок, які обумовлюють радіаційно-хімічне перетворення домішок стічних вод.

Іонізуюче (проникаюче) випромінювання, або радіація, являє собою короткохвильове електромагнітне випромінювання: рентгенівські та γ -промені, високоенергетичні заряджені частинки-електрони, протони, α -частинки та ін., а також швидкі нейтрони - частки, що не мають заряду.

Як джерело випромінювання можуть використовуватися: радіоактивні ^{60}Co і ^{137}Cs , тепловиділяючі елементи (ТВЕЛ), прискорювачі електронів та ін. Радіоактивний ^{60}Co вважається найбільш зручним джерелом випромінювання завдяки великій проникливій здатності його випромінювання і практично у будь-якій формі джерела, у якій він може бути виготовлений. ^{60}Co отримують нейтронним опромінюванням високочистого ^{59}Co в атомному реакторі. Наша промисловість виготовляє окремі випромінювачі ^{60}Co у вигляді стрижнів діаметром 11 мм і довжиною 80 мм з питомою активністю 17-70 г-екв/г. З таких стрижнів збирається установка-випромінювач з будь-якою розстановкою стрижнів у просторі в залежності від завдання, яке ставиться з її використання.

Завдяки великій проникливій здатності кобальтове джерело повинно знаходитися в ізольованому приміщенні, поза робочим положенням опромінювач зберігається в ізольованій камері під шаром води. Спеціальні пристрої дозволяють легко переміщувати опромінювач з робочого положення до сховища та назад. Кобальтові джерела не вимагають складного обслуговування, вони довгий час можуть перебувати як у сховищі, так і в робочому положенні.

Радіоактивний ^{137}Cs є одним із продуктів поділу ядерного пального. Він може бути виділений з відпрацьованих і витриманих протягом декількох місяців тепловиділяючих елементів ядерних реакторів. Завдяки більш низькій енергії прониклива здатність випромінювання ^{137}Cs менше, ніж у ^{60}Co , проте

цілком достатня для використання в цілях очищення води. Зате захист від випромінювання ^{137}Co значно простіше. Тривалий період напіврозпаду також є одним з позитивних якостей цього джерела.

ТВЕЛи, витягнуті з активної зони реактора, мають високу температуру, і дуже високу, що змінюється у часі за енергією та інтенсивністю γ -активність. Використання ТВЕЛів як джерел випромінювання вимагає досить складного технічного оформлення, проте якщо добре організувати виробництво ТВЕЛи можуть стати одним з найбільш дешевих джерел випромінювання.

На відміну від розглянутих вище ізотопних джерел випромінювання, в яких потік випромінювання є наслідком радіоактивного розпаду, що протікає мимовільно, прискорювачі є джерела машинного типу, що дозволяють отримувати або припиняти потік заряджених частинок за бажанням людини. За допомогою прискорювачів можна отримувати пучок будь-яких заряджених частинок – електронів, протонів та ін., для цілей очищення мають значення прискорені електрони.

Радіоактивне випромінювання можна використовувати для очищення від різних органічних і неорганічних сполук: фенолів, ПАР, барвників, інсектицидів, лігніну, ціанідів та ін. Продукти розкладання цих сполук не роблять негативного впливу на біологічну очистку, а опромінені стічні води радіаційно-безпечні. Крім того, при радіаційному очищенні відбувається знезараження води, зняття кольоровості, усунення присмаків і запахів.

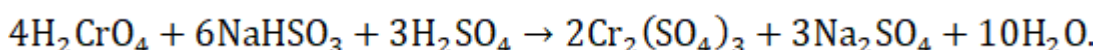
Радіаційне очищення має ряд переваг у порівнянні з традиційними методами. Малі капітальні витрати і малі виробничі площі, невелика тривалість обробки води, можливість обробки осадів, висококонцентрованих стічних вод, простота апаратурного оформлення, можливість очищення від самих різних видів забруднень, поєднання з іншими методами.

3.3. Очищення стічних вод відновленням

Процес відновлення домішок при очищенні стічних вод від токсичних сполук застосовується в тих випадках, коли ці сполуки є легко відновлюваними

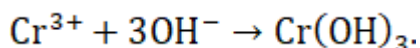
речовинами. Метод широко використовується для видалення сполук ртуті, хрому, миш'яку.

Очищення стічних вод, що містять шестивалентний хром, засновано на відновленні його до тривалентного з подальшим осадженням у вигляді гідроксиду в лужному середовищі. Для відновлення можуть бути використані активний вугілля, діоксид сірки, сульфат закисного заліза, бісульфіт натрію, водень та ін. На практиці для відновлення найчастіше використовують розчини бісульфіту (гідросульфиту) натрію:

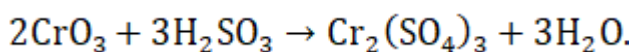
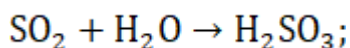


Реакція протікає швидко при $\text{pH} = 3-4$ та надлишку H_2SO_4

Для осадження тривалентного хрому застосовують лужні реагенти: $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH та ін. ($\text{pH} = 8-9,5$):



Відновлення діоксидом сірки відбувається по реакціях:



Оптимальні умови при $\text{pH} = 2-2,5$. В останньому випадку можна використовувати гази, що містять SO_2 . Відновлення проводиться у колонному апараті. При цьому відбувається не тільки видалення зі стічних вод токсичних сполук хрому, а й очищення відхідних газів від SO_2 .

При очищенні стічних вод від ртуті її відновлюють до металевої, а потім відділяють від води відстоюванням, фільтруванням, флотацією. Для відновлення ртуті та її з'єднань використовують сульфід заліза, гідросульфід натрію, сірководень, залізний порошок, алюмінієву пудру та ін.

Миш'як, що знаходиться в стічних водах у вигляді кисневмісних молекул та аніонів, а також тіосоли AsS_2^- , AsS_3^{3-} осаджуються у вигляді важкорозчинних сполук. Для цього використовують діоксид сірки, який відновлює миш'якову кислоту $\text{H}_3\text{AsO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ до миш'яковистої H_3AsO_3 . Миш'яковиста кислота має невелику розчинність у кислому та нейтральному середовищах й осідає у вигляді триоксиду миш'яку.

Контрольні питання до теми 3

1. Які методи очищення стічних вод відносяться до хімічних?
2. Опишіть метод нейтралізації вод.
3. Опишіть метод окислення.
4. Як відбувається окислення домішок хлором і його сполуками?
5. Як відбувається окислення киснем повітря?
6. Як відбувається озонування стічних вод?
7. Як відбувається радіаційне окислення?
8. Опишіть метод очищення стічних вод відновленням

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти.: ВЦ Київський університет, 1999. -319 с.
2. Орлов В. О. Технологія підготовки питної води: навч. посіб. / В. О. Орлов, А. М. Орлова, В. О. Зошук. – Рівне : НУВГП , 2010. - 176 с.
3. Водні ресурси України: екологічний та соціальний виміри: Матеріали круглого столу, проведеного Центром Соціального Прогнозування. - К.: ВіРА "Інсайт", 2003. - 126 с.
4. Кульський Л.А., Погрібний О.В., Кульський В.Л. Технологія очищення природних вод. — К.: Либідь, 2020.
5. Романовський В.А., Тищенко С.В. Водопідготовка та очищення стічних вод. — Харків: ХНУМГ, 2019.
6. Droste, R.L., Gehr, R. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. — Wiley, 2018. ISBN: 978-1-119-19194-4.
7. Spellman, F.R. Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations. — CRC Press, 2020. ISBN: 978-0-367-24883-0.
8. А. К. Запольский, Н.А. Мішкова-Клименко, І.М. Астрелін, М.Т. Брик, П.І. Гвоздяк, Т.В. Князькова. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник. - Лібра, 2000. - 552с

Нормативні джерела

1. ДСанПіН 2.2.4–171-10 – Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.
2. ДСТУ 2569-94 – Водопостачання і каналізація. Терміни та визначення. Забезпечує єдину термінологію для галузі водопостачання і каналізації. [Днаоп](#)
3. ДСТУ 7525:2014 – Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Визначає показники якості питної води та методи їх контролю. [Днаоп](#)
4. ДСТУ EN ISO 1420-1 – вплив органічних речовин (смак/запах), частина 1. [ZakonOnline](#)

5. ДСТУ EN ISO 1484-2003 – загальний/розчинений органічний вуглець. [ZakonOnline](#)
6. ДСТУ ISO 6332-2003 – визначення заліза спектрометричним методом. [ZakonOnline](#)
7. ДСТУ ISO 6468-2002 – хлорорганічні інсектициди, ПХБ, хлорбензоли. [ZakonOnline](#)
8. ДСТУ ISO 6703-1:2007 – визначення ціанідів. [ZakonOnline](#)
9. ДСТУ ISO 6777-2003 – нітрити. [ZakonOnline](#)
10. ДСТУ ISO 6778-2003 – амоній (потенціометрично). [ZakonOnline](#)
11. ДСТУ ISO 7027-2003 – каламутність води. [ZakonOnline](#)
12. ДСТУ ISO 7887-2003 – забарвленість води. [ZakonOnline](#)
13. ДСТУ ISO 9963-1:2007 – загальна та часткова лужність. [ZakonOnline](#)
14. ДСТУ ISO 11885-2005 – визначення 33 елементів методом ICP-OES. [ZakonOnline](#)
15. ДСТУ ISO 17993-2008 – поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ). [ZakonOnline](#)
16. ДСТУ 4077-2001, ISO 6059:2003, ISO 9297:2007, ISO 15923-1:2018 — стандарти щодо визначення рН, кальцію/магнію, хлоридів, амонію, нітратів, сульфатів і силікатів. periodicals.karazin.ua
17. ДСТУ 4808:2007 – Джерела централізованого водопостачання. Санітарно-гігієнічні вимоги.

Навчальне видання

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «Основи технології процесів водопідготовки
Частина I».

*(для здобувачів вищої освіти спеціальності
G19 Будівництво та цивільна інженерія)
(Електронне видання)*

Укладач: Татарченко Галина Олегівна

Оригінал - макет Г.О. Татарченко

Підписано до друку _____

Формат 60×84¹/₁₆. Папір типограф. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. ____ . Обл.-вид.арк. ____ .

Тираж ____ прим. Вид. № ____ . Замовл. № ____ . Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Адреса видавництва: м. Київ, вул. Іоанна Павла II буд 17, Телефон: +38(050)
218 04 78, факс (064 52) 4 03 42
E-mail: vidavnictvosnu.ua@gmail.com