

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

# **ТЕХНОЛОГІЯ ВОДИ ТА ВОДОПІДГОТОВКИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

## **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
спеціальності 181 «Харчові технології»

Обговорено і рекомендовано  
на засіданні кафедри  
харчових технологій  
*Протокол № 6*  
*від 15.06.22*

Чернігів 2022

Технологія води та водопідготовки харчових виробництв. Конспект лекцій для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 181 «Харчові технології» / Укл.: Буяльська Н.П., Цибуля С.Д., Денисова Н.М. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022.– 83 с.

Укладачі: БУЯЛЬСЬКА НАТАЛІЯ ПАВЛІВНА, кандидат технічних наук,  
доцент  
ЦИБУЛЯ СЕРГІЙ ДМИТРОВИЧ, доктор технічних наук, професор  
ДЕНИСОВА НАТАЛІЯ МИКОЛАЇВНА, кандидат технічних наук,  
доцент

Відповідальний за випуск: ХРЕБТАНЬ ОЛЕНА БОРИСІВНА, завідувач кафедри харчових технологій, кандидат технічних наук, доцент

Рецензент: Челябієва Вікторія Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій Національного університету «Чернігівська політехніка»

<b>Зміст</b>	<b>Стор.</b>
<b>Вступ</b> .....	4
<b>Лекція 1. Вступ. Характеристика джерел водопостачання</b> .....	5
1.1 Роль води у житті людини .....	5
1.2 Загальна характеристика джерел водопостачання .....	6
1.3 Джерела водопостачання в Україні .....	8
<b>Лекція 2. Загальні вимоги до показників якості води</b> .....	10
2.1 Склад природної води .....	10
2.2 Законодавча база та нормативи якості води .....	13
2.3 Показники якості води .....	15
<b>Лекція 3. Загальна характеристика методів водопідготовки. Знезалізнення, деманганізація та знезаражування питної води</b> .....	21
3.1 Загальна характеристика методів водопідготовки.....	21
3.2 Знезалізнення питної води .....	22
3.3 Деманганізація питної води .....	24
3.4 Знезаражування питної води .....	25
<b>Лекція 4. Мембранні технології у водопідготовці харчових виробництв</b> .....	32
4.1 Загальна характеристика мембранних технологій та їх застосування у харчовій промисловості .....	32
4.2 Мікрофільтрація та ультрафільтрація .....	35
4.3 Зворотній осмос. Нанофільтрація .....	36
<b>Лекція 5. Технологічні схеми підготовки води</b> .....	39
5.1 Загальна характеристика та класифікація технологічних схем підготовки води .....	39
5.2 Безреагентні схеми прояснення і знебарвлення води .....	41
5.3 Двоступеневі реагентні схеми .....	49
5.4 Одноступеневі реагентні схеми.....	50
<b>Лекція 6. Тенденції сучасних методів підготовки питної води</b> .....	54
6.1 Загальні тенденції сучасних методів водопідготовки .....	54
6.2 Традиційні технічні рішення підготовки питної води в Україні .....	55
6.3 Приклади технологічних схем підготовки питної води у зарубіжних країнах.....	56
<b>Лекція 7. Водопідготовка підприємств харчової промисловості</b> .....	65
7.1 Вимоги до якості води, що використовується в різних галузях харчової промисловості.....	65
7.2 Вимоги до якості води у виробництві спирту.....	67
7.3 Приклад технологічної схеми підготовки води у виробництві спирту.....	70
<b>Лекція 8. Технологія мінеральних вод</b> .....	72
8.1 Біологічна цінність основних мінеральних вод України.....	72
8.2 Техніко-хімічна характеристика основних мінеральних вод.....	76
8.3 Характеристика технологічних стадій виробничого процесу мінеральних вод. Контроль якості мінеральних вод та умови їх зберігання.....	80
<b>Рекомендована література</b> .....	82

## Вступ

Вода є ключовою сполукою, що забезпечує здійснення біологічних процесів, що протікають у живих організмах, включаючи людину. З нею безпосередньо пов'язана якість життя людей у всьому світі, в тому числі в Україні. Якщо в доіндустріальні епохи люди могли користуватися водою з природних джерел з мінімальними ризиками для здоров'я, то в даний час вода перед її використанням обов'язково потребує ретельної підготовки з використанням сучасних методів та обладнання.

Якісна підготовка води для використання в харчовій промисловості є одним з найважливіших завдань, вирішення якого необхідне як для отримання питної або мінеральної води, так і води, яка використовується як технологічна або технічна. Для її здійснення використовуються різні методи, що передбачають приведення води до встановлених показників якості, контроль за якими є обов'язковим етапом водопідготовки.

Розроблені методи водопідготовки зазвичай поєднуються залежно від багатьох параметрів, до яких, насамперед, відноситься якість води з природних джерел та її відповідність показникам епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитологічні), санітарно-хімічним (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні) та радіаційними показниками, встановленим для того чи іншого процесу виробництва.

Важливе місце у забезпеченні людей необхідним складом солей займають мінеральні води. Вони використовуються не тільки як джерело води для щоденного споживання, а й у лікувальних цілях. У зв'язку з цим виробництво мінеральних вод вимагає неухильного дотримання технології підготовки води з природних джерел.

Набуття компетенцій у сфері технології води та водопідготовки є важливим етапом підготовки студентів спеціальності 181 - Харчові технології, який сприяє їхній ефективній професійній діяльності після отримання відповідної кваліфікації та підвищує їхню конкурентоспроможність на ринку праці.

Конспект лекцій з дисципліни «Технологія води та водопідготовки харчових виробництв» складено на основі відповідної робочої програми.

До конспекту лекцій включені наступні теми: «Вступ. Характеристика джерел водопостачання», «Загальні вимоги до показників якості води», «Водопостачання підприємств харчової промисловості», «Загальна характеристика методів водопідготовки. Знезалізнення, деманганация та знезаражування питної води», «Мембранні технології у водопідготовці», «Технологічні схеми підготовки води», «Тенденції сучасних методів підготовки питної води», «Технологія мінеральних вод». Після кожної теми наведено контрольні питання.

## Лекція 1. Вступ. Характеристика джерел водопостачання

- 1.1 Роль води у житті людини.
- 1.2 Загальна характеристика джерел водопостачання.
- 1.3 Джерела водопостачання в Україні.

### 1.1 Роль води у житті людини

Вода та органічні елементи (білки, жири, вуглеводи тощо) формують середовище життя клітин, підтримує зв'язки між ними. Вода виступає самостійним продуктом харчування (питна вода). Вона використовується для приготування їжі (продуктів харчування) як у домашніх умовах, так і в харчовій промисловості. Вода є незамінним засобом гігієни людини.

Вода кращий розчинник для живильних речовин, що надходять у наш організм, вони можуть перейти в кров тільки у вигляді водних розчинів. У воді розчиняються важливі для людини органічні і неорганічні речовини. Вона сприяє електrolітичній дисоціації солей, що містяться в ній, кислот і лугів, виконує роль каталізатора різноманітних процесів обміну в організмі.

Фізіологічна потреба людини у воді в нормальних умовах становить у середньому 2,5 л на добу і може змінюватися залежно від умов навколишнього середовища, рівня обмінних процесів і характеру м'язової та розумової робіт. Так, за інтенсивного фізичного навантаження добова потреба у воді може збільшуватися до 4 л і більше, а за високої температури навколишнього середовища – до 3,5 л. Спожита людиною вода розподіляється в такий спосіб: 40% відводиться на питну воду, близько 50% – на напої і 10% – на воду, що утворюється в самому організмі в процесі обміну речовин.

Організм людини дуже чутливий до порушення водного балансу загалом. При втраті води вже в кількості 7 % від маси тіла можлива часткова втрата свідомості. Втрата організмом близько 10 % води викликає порушення ковтального рефлексу, галюцинації, глухоту та навіть втрату свідомості. При втраті організмом понад 12% вологи може наступити смерть. Коливання вмісту води у клітинах і тканинах людського організму призводить до зміни їх функцій. Без їжі людина може прожити більше місяця, а без води – лише кілька днів.

У результаті окиснювання органічних сполук на кожен 100 кал енергії утворюється близько 12 мл води; при окиснюванні 100 г білків – 41 мл, 100 г вуглеводів – 55 мл, 100 г жирів – 107 мл води.

Без води не може відбуватися терморегуляція організму людини. За високої температури навколишнього середовища перегріванню організму людини запобігає виділення надлишкового тепла разом із потом.

Із водою з людського організму виводяться непотрібні продукти обміну, токсини, канцерогени, а іноді й шкідливі мікроби. В організмі людини, як і в організмах тваринного і рослинного світу, міститься вільна вода (вода плазми, крові, лімфи, міжклітинної рідини) і вода, пов'язана з іншими речовинами, – це так звана гідратаційна вода. Для людини небажаним є як надлишкове, так і недостатнє її надходження в організм.

За нормальних умов із організму за добу виділяється приблизно 2,5 л води: через нирки – близько 50%, легені – 13%, кишковик – 5%, решта (близько 32%) виділяється шкірою (з потом і в результаті дихання). За зміни умов, у яких перебуває організм, ці співвідношення також змінюються. Під час роботи в гарячих цехах підприємств харчової промисловості, у спекотну погоду або в сауні кількість води, що втрачається через шкіру, може досягати 6–8 л за 8–10 год.

## **1.2 Загальна характеристика джерел водопостачання**

Джерела природних вод – це поверхневі і підземні води, а також атмосферні опади. Із загальної кількості води, яка забирається в цей час з різних джерел з метою водопостачання різних об'єктів, близько 84 % припадає на поверхневі джерела і тільки 16 % – на підземні води.

До підземних вод відносяться: верховоди, ґрунтові води, міжпластові, артезіанські, тріщинуваті, карстові. До поверхневих вод належать води відкритих водойм: ріки, озера, моря, канали, льодовики, водоймища та ін.

Склад підземних вод визначається переважно умовами їхнього формування. Розрізняють:

- підземні води, мінеральний склад яких сформувався у процесі вилуговування гірських порід;
- води, що потрапили в осадові породи у процесі утворення цих порід на дні морів і океанів. Вони близькі за складом до вод океанів;
- води, що утворилися під час переходу води зі зв'язаного стану у вільний під впливом високої температури і тиску.

Води зони аерації – (верховодка) через недостатню захищеність вище розташованими, найчастіше поруватими, шарами мають можливість забруднюватись поверхневими водами, не мають стабільних рівнів і для постійного водопостачання найчастіше не використовуються.

Ґрунтові води – це води першого від поверхні землі безнапірного постійного водоносного горизонту, що затягає на першому водонепроникному шарі. Важливою їх особливістю є вільна поверхня, а територія їх живлення співпадає із територією їх розташування. Як і води зони аерації, ці води можуть забруднюватись з поверхні. Коливання їх рівня залежить від кількості поверхневих опадів, але не таке помітне, як і коливання температури та хімічного складу. Води можуть мати вигляд потоку (тоді поверхня води має виражений уклон) та басейну (поверхня води без уклону). До цих вод відносяться води алювіальних відкладень річкових долин, води льодовикових відкладень, води степів, пустель і напівпустель, води гірських і передгірських територій, води тріщинуватих і карстових порід та тектонічних зрушень і надмерзлотні води. Води мають значну потужність і можуть бути достатньо постійними.

Міжпластові води розміщуються в поруватих породах, які зверху і знизу оточені водонепроникними гірськими породами. В залежності від наповнення поруватих порід водою вони можуть бути безнапірними і напірним. Безнапірні мають водоносний шар не повністю заповнений водою і вода має вільну

поверхню, в напірних водоносний шар повністю заповнений водою і вода в ньому перебуває під тиском. Останні води і називають артезіанськими. Міжпластові води поділяються на звичайні міжпластові, пластові, тріщинуваті і карстові, міжмерзлотні і підмерзлотні води. Всі міжпластові води, як правило, досить добре захищені від попадання в них забруднених поверхневих вод, мають відому по відстані і по часу зону живлення, практично постійну температуру та хімічний склад.

Артезіанські води або міжпластові напірні самовиливні на поверхню води, як правило, знаходяться в крупних геологічних структурах. В таких структурах можливе пластове розташування водоносних горизонтів, які розділені водонепроникними шарами. Геологічна структура з напірними міжпластовими водами одного або декількох напірних водоносних пластів називається артезіанським басейном, які можуть займати значну територію і мати декілька потужних водоносних горизонтів. Басейни є національним надбанням і знаходяться під охороною від виснаження і забруднення.

Підземні води не містять зовсім або містять дуже мало завислих речовин. Вони, як правило, безбарвні, але часто мають підвищену жорсткість, відрізняються значним вмістом солей феруму та інших елементів, іноді сильно мінералізовані. Більшість підземних вод надійно захищені від потрапляння в них забруднених поверхневих стоків. Їх кількість і якість в меншій мірі, ніж поверхневих вод, залежить від атмосферних опадів.

Підземні води можуть займати значні території, мають, в більшості, постійну температуру (7–13°C), можуть використовуватися для господарсько-питних потреб без очистки або достатньо простою очисткою, найчастіше від заліза та розчинених газів. Міжпластові води до того ж добре захищені від, в першу чергу, мікробіологічних забруднень, а тому їх використання на непитні потреби не допускається. Тільки при відсутності інших джерел водопостачання та великих запасах підземних вод можливо, як виключення, використання підземних вод для інших потреб.

Головними планетарними проблемами є:

- дефіцит запасів питної води;
- погіршення якості питної води;
- деструкція муніципального централізованого водопостачання.

Сьогодні спостерігається помітне скорочення запасів питної води з традиційних джерел. За останні 200 років кількість людей на планеті збільшилася більше ніж в 7 разів. Звичайно, що пропорційно збільшилась витрати води, яка необхідна не тільки для питних потреб, але і для виробництва енергії, їжі, одягу і т.д. За прогнозами, до 2025 р. дві третини населення землі будуть жити в умовах постійного браку питної води.

В даний момент 70 % поверхні Землі покриті водою, а придатний до вживання тільки 1 % цієї води.

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) у четвертому виданні Керівництва ВООЗ по забезпеченню якості питної води зазначає, що в світі щороку два мільйони людей помирають, а мільярди людей страждають від

хвороб, які передаються через воду. Більшість з цих людей – діти молодше 5 років. Тому проблема забезпечення безпечності питної води залишається дуже актуальною у світі і може в значній мірі попередити високу смертність та страждання людей.

За даними ЮНЕСКО найчистіша вода знаходиться у Фінляндії. У всьому світі в середньому у сільськогосподарському виробництві використовують 69 % запасів води, у промисловості – 23 %, а на господарські потреби – 8 %. США є світовим лідером споживання води на душу населення (2842 м<sup>3</sup> на рік, проти 1385 м<sup>3</sup> в середньому по світу).

### **1.3 Джерела водопостачання в Україні**

Ресурси прісних вод України складаються з поверхневих та підземних водних мас. На території України протікає 22,5 тисяч річок довжиною більше 4 км і 117 річок довжиною більше 100 км. Найбільші ріки України – це Дніпро, Дністер, Сіверський Донець, Південний Буг, притоки Дунаю – Тиса та Прут. Крім того, на території України розташовано біля 7 тисяч озер, 23 тисячі штучних водойм та водосховища. Поверхневі ресурси прісних вод – це стоки річок, які є дуже мінливими і їх об'єм складає 87,7 км<sup>3</sup>/рік (без стоку Дунаю). Об'єм стоку Дунаю відноситься до перспективних і складає 30–35 км<sup>3</sup>/рік. Для місцевого споживання мають значення запаси води в прісних озерах, які складають приблизно 3,3 км<sup>3</sup>. В Україні загальні запаси природної води складають 94 км<sup>3</sup>, з яких доступні для використання 56,2 км<sup>3</sup>, включаючи 3,2 млрд. м<sup>3</sup> підземних вод, що складає 0,009 % світових ресурсів запасів прісної води.

На сьогодні всі водойми України за рівнем забруднення наблизились до III класу, а існуючі технології підготовки питної води розраховані на доведення природної води до якості питної ефективні лише тоді, коли вихідна вода відповідає 1–2 класу.

За визначенням Європейської Економічної Комісії ООН, держава, водні ресурси якої не перевищують 1,5 тис.м<sup>3</sup> на одного мешканця, вважається водонезабезпеченою. На одного мешканця України припадає 1 тис. м<sup>3</sup> питної води на рік. Україна за міжнародною класифікацією вважається однією з найменш забезпечених водою країн у Європі. Краще забезпечені водою західні області країни (до 1,5–2,0 тис. м<sup>3</sup> на 1 мешканця). В південних областях цей показник складає 0,07–0,40 м<sup>3</sup> на 1 мешканця).

Питне водопостачання України майже на 80 % забезпечується за рахунок поверхневих вод. Всього Україна в рік споживає близько 10–15 куб. км води. В основному вода надходить із поверхневих прісних джерел, головним чином із річки Дніпро, де забір становить від 7,5 до 10 куб. км води в рік. Це становить приблизно 25 % загальної кількості води в Дніпрі. Для порівняння: водозабір з Сіверського Донця досягає 64 %, що вже критично з екологічної точки зору.

Централізованим водопостачанням в Україні забезпечені тільки 31 % населених пунктів, в яких проживають 75,6 % жителів, інші використовують воду із децентралізованих джерел: артезіанські свердловини, колодязі, каптажі.



Проблеми муніципального водопостачання пов'язані не тільки з застарілими технологіями і зруйнованою інфраструктурою, але й з проблемою вторинного забруднення води при її транспортуванні продуктами корозії, а також деструкції біоплівки, яка утворюється на внутрішніх поверхнях трубопроводів. Поява і розвиток біоплівки призводить до появи ряду проблем, зокрема: зниженню прохідності труб, зменшенню їх теплопровідності і, відповідно, збільшенню енергозатрат, а також корозії обладнання під дією продуктів життєдіяльності «мешканців» біоплівки (так названій біокорозії). Крім того, біоплівка акумулює токсичні органічні сполуки, важкі метали, патогенні мікроорганізми, які при її руйнуванні потім потрапляють у воду.

Не можна забувати і про втрати питної води в ході її транспортування до споживача. В деяких випадках витік води в трубопроводах досягає 60% і більше. Варто зазначити, що проблеми муніципального водопостачання є вкрай гострими і достатньо подібними для всіх країн незалежно від розміру їхнього ВВП.

### **Контрольні питання**

1. Яку роль відіграє вода в житті людини?
2. Охарактеризуйте фізіологічні потреби людини у воді.
3. Як вода використовується у виробничій діяльності людини?
4. Які екологічні проблеми водовикористання Ви можете назвати?
5. Які джерела можуть бути використані для водопостачання?
6. Охарактеризуйте підземні джерела водопостачання.
7. З яких джерел здійснюється водопостачання населення України?
8. Назвіть основне джерело водопостачання населення України.
9. Які проблеми водопостачання характерні для нашої країни.
10. Запропонуйте альтернативні джерела водопостачання.

## Лекція 2. Загальні вимоги до показників якості води

2.1 Склад природної води.

2.2 Законодавча база та нормативи якості води.

2.3 Показники якості води.

### 2.1 Склад природної води

Природна вода містить велику кількість різних домішок. В одному кубічному сантиметрі питної води міститься приблизно 10 тис. млрд молекул домішок, які надходять у воду на різних етапах її природного кругообігу.

За хімічним складом домішки природних вод поділяються на *мінеральні й органічні*. Серед мінеральних домішок у водному розчині значною мірою дисоційовані на іони. Найчастіше в природних водах трапляються катіони:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  та аніони  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HSO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{HSO}_4^-$ .

У найбільшій кількості у воді містяться іони  $\text{Ca}^{2+}$  й  $\text{Mg}^{2+}$ , що визначає її жорсткість. При застосуванні природної води для технологічних потреб у харчовій промисловості необхідно брати до уваги здатність цих катіонів утворювати складнорозчинні сполуки з аніонами харчової сировини.

Іони  $\text{Ca}^{2+}$  й  $\text{Mg}^{2+}$  присутні у всіх мінералізованих водах. Їхнім джерелом є природні відкладення вапняків, гіпсу, доломітів. У мінералізованих водах найбільше іонів кальцію. Зі збільшенням ступеня мінералізації води вміст іонів кальцію швидко падає і рідко перевищує 1 г/дм<sup>3</sup>. Вміст іонів магнію в мінералізованих водах може досягати декількох г/дм<sup>3</sup>, а в солоних озерах декількох десятків г/дм<sup>3</sup>.

Незважаючи на те, що іони кальцію і магнію не завдають особливої шкоди живим організмам, наявність їх у воді у великій кількості небажана, оскільки така вода не придатна для господарського застосування. У жорсткій воді збільшуються витрата мила, повільно розварюються м'ясо і овочі. Жорстка вода не придатна для оборотного водопостачання, для живлення парових котлів та ін.

У значних кількостях природні води можуть містити іони  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$ , які, на відміну від іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , з аніонами харчової сировини не утворюють складнорозчинних сполук.

Іони феруму в природній воді можуть бути у формі ( $\text{Fe}^{2+}$ ) і окислених ( $\text{Fe}^{3+}$ ) формі. У підземних водах залізо, зазвичай, перебуває в іонній формі у вигляді  $\text{Fe}^{2+}$ , яке за наявності розчиненого кисню окиснюється до  $\text{Fe}^{3+}$  і гідролізується в складнорозчинний гідроксид, що утворює колоїдний розчин або тонкодисперсну суспензію. У поверхневих водах залізо може входити до складу органічних речовин, за наявності яких розвиваються залізобактерії.

Використання води для питних потреб з великою концентрацією феруму сприяє алергійним реакціям, хворобам крові, захворюванню печінки. В той же час, для нормального переносу кисню потрібно залізо у гемоглобіні крові людини у вигляді ферритину, який виробляється печінкою. При значному і тривалому споживанні людиною заліза проходить насичення печінки

ферритином у колоїдній формі окису заліза – гемосидирину, який і руйнує печінку. В трубах та теплообмінних апаратах можуть утворюватись залізисті бактерії та нарости, які зменшують переріз труб. Концентрація феруму у вихідній воді може збільшуватися під час транспортування її сталевими і чавунними трубами внаслідок забруднення продуктами корозії.

У воді в дуже малих концентраціях (до  $10^{-5}$  г/кг) містяться бром, миш'як, молібден, свинець та деякі інші мікроелементи. Наприклад, бром у питній воді за концентрації понад  $0,2$  мг/дм<sup>3</sup> зменшує швидкість проведення імпульсу нервовими волокнами, негативно впливає на функції печінки і нирок, обумовлює зниження калію в крові. Йод знаходиться в мізерно малих кількостях. Є дуже важливим біологічним мікроелементом, вміст якого у воді не повинний бути менше  $10\text{--}8$  мг/дм<sup>3</sup> щоб уникнути ендемічного зобу.

*Органічні домішки* потрапляють у воду в результаті відмирання об'єктів рослинного й тваринного світу, а також із побутовими та виробничими відходами, а також із стічними водами підприємств харчової промисловості. У результаті вимивання ґрунту й торфовищ у відкриті водойми потрапляють гумусові речовини. Така вода має жовтий колір. Уміст окремих сполук гумінових з'єднань може істотно впливати на процес очищення води. Органічні домішки є головною причиною неприємного кольору, смаку та запаху води.

Гумусові речовини поділяють на такі групи: гумінові, ульмінові, кренові, фульвокислоти та інші кислоти і розчинні солі. За фізико-хімічними властивостями ці групи істотно розрізняються між собою.

Гумінові кислоти розчиняються в розчинах амоніаку і лугів у разі підкислення лужних розчинів. Вони утворюють осад у вигляді темних пластівців. Гумати лужних металів і амонію добре розчинні у воді, гумати кальцію, феруму та алюмінію є малорозчинними.

Фульвокислоти легко розчиняються у воді і лугах, легко утворюють з натрієм, калієм, амонієм, кальцієм і ферумом (II) розчинні у воді солі. Солі алюмінію і тривалентного феруму є малорозчинними.

Домішки природних вод відрізняються за ступенем дисперсності. Залежно від розміру частинок розчини бувають істинні (діаметр часток  $< 10^{-7}$  см), колоїдні (діаметр часток  $10^{-7}\text{--}10^{-5}$  см) і суспензії (діаметр часток  $10^{-5}$  см). Істинні розчини являють собою гомогенні системи, в яких частинки розподілені у воді як окремі молекули та іони. Колоїдні розчини гетерогенні, в них частинки розподілені у вигляді агломератів із великої кількості молекул і поверхнею поділу між твердою фазою і водою. Через дрібні розміри колоїдних частинок вони не виділяються з води в осад силою тяжіння та не втрачають здатності до дифузії. Колоїдним розчинам властиве розсіювання світла, що викликає коалесценцію води.

Грубодисперсні (зважені) частинки мають більшу масу, ніж колоїдні, і практично не здатні до дифузії. Згодом ці домішки випадають в осад або спливають на поверхню. Такі домішки визначають каламутність води. У природних водах у зваженому стані перебувають мул, пісок, частинки рослин.

Природна вода містить також різні гази природного походження, розчинність яких у воді залежить від хімічної природи газів, температури, ступеня мінералізації води і тиску, під яким газ перебуває над водою. Добре розчинні у воді  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{S}$ , які, як правило, утворюють із водою вугільну та сірководневу кислоти. Погано розчиняються  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{He}$ .

Сірководень негативно впливає на властивості води, органолептичні показники і викликає інтенсивну корозію металевих обсадних труб і іншого устаткування. Сірчисті з'єднання в підземних водах знаходяться у вигляді молекулярно розчиненого у воді сірководню  $\text{H}_2\text{S}$ , гідросульфіді іону  $\text{HS}^-$  і сульфіді іону  $\text{S}^{2-}$ . Вони неорганічного походження і утворюються в результаті відновлення і розпаду гіпсу, сірчаного колчедану й інших з'єднань. У підземних водах неглибоких шарів із живленням з боліт сірководень органічного походження, який утворюється в результаті гниття органічних залишків. Через погіршення якості води, розвитком сіркобактерій і інтенсифікації процесів корозії сірководень повинний повністю видалятися з води, яка використовується для господарсько-питного водопостачання. При одночасній присутності у воді сульфід-іонів і заліза утворюється чорна тонкодисперсна завись сульфіді заліза.

Багато металів утворюють досить міцні комплекси з органічними речовинами; ці металоорганічні комплекси є однією з найважливіших форм міграції елементів у природних водах. Більшість органічних комплексів утворюються по хелатних циклах і є стійкими. Комплекси, що утворюються ґрунтовими кислотами із солями  $\text{Fe}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{U}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Mo}$  та важких металів, відносно добре розчинені в умовах нейтрального, слабокислого та слаболужного середовища. Тому металоорганічні комплекси здатні мігрувати в природних водах на досить значні відстані.

За оцінкою EPA (United States Environmental Protection Agency) існує більше 5 млн. найменувань токсичних речовин, які використовуються людиною у ході господарської діяльності, а надалі, зі стоками, атмосферними опадами, ґрунтовими водами та іншими шляхами надходять у водні об'єкти. Серед них значну частину складають штучно синтезовані токсичні забрудники – чужорідні для водних екосистем речовини (ксекнобіотики), які мало і повільно розкладаються у навколишньому середовищі й здатні акумулюватися донними субстратами та живими організмами. З кожним роком перелік токсичних речовин поповнюється на 1000–2000 нових сполук.

У водойми часто потрапляють стічні води, поверхневі води з територій населених пунктів, промислових і сільськогосподарських підприємств. Таким чином, у воді джерел з'являються токсичні речовини. Феноли потрапляють у джерела разом із стічними водами коксохімічних та нафтопереробних підприємств. Загальновідомі методи аналізу води не дозволяють виділити всі види фенолів, а на їх присутність вказує хлорфенольний запах води після обробки хлором.

Нафта і нафтопродукти потрапляють в водойми разом із погано очищеними виробничими стоками, поверхневими стічними водами, від річкового транспорту. В водоймах господарсько-питного призначення вміст

нафти й нафтопродуктів лімітується граничними концентраціями (0,05...0,3 мг/дм<sup>3</sup>). У великій кількості вони погіршують, в основному, органолептичні показники, але з нафтопродуктами можуть потрапляти тетраетилсвинець, бензол, які відносяться до токсичних сполук. Забруднення водою пестицидами відбувається завдяки їх змиву з полів дощами, під час сніготанення, зрошення. До них відносяться хлорорганічні групи пестицидів (поліхлорпінен, гексахлоран та інші), які можуть накопичуватись в організмі людини й тварини. Вони досить стійкі та токсичні.

Поверхнево-активні речовини (ПАР) роблять процеси самоочищення водою повільними та порушують їх кисневий режим. В великих кількостях вони надають воді мильно-гасовий запах та гіркуватий присмак. ПАР зменшують опір організму проникненню в нього токсичних речовин. Проте вони нормуються за органолептичними ознаками (гранична концентрація 0,5 мг/дм<sup>3</sup>).

Солі важких металів потрапляють у водні джерела разом із стоками промислових підприємств. Якщо наявність купруму (1,0 мг/дм<sup>3</sup>), цинку (5,0 мг/дм<sup>3</sup>) та феруму (0,3 мг/дм<sup>3</sup>) лімітуються за органолептичними ознаками, то перевищення граничнодопустимої концентрації у воді арсену (0,05 мг/дм<sup>3</sup>), плюмбуму (0,17 мг/дм<sup>3</sup>) і деяких інших речовин небезпечно для життя людини.

Кадмій в питній воді за концентрації понад 0,001 мг/дм<sup>3</sup> викликає нестерпні болі в суглобах і хребті, ниркову недостатність (хвороба Ітай-ітай). За надлишку меркурію (понад 0,0005 мг/дм<sup>3</sup>) виникає порушення моторики, погіршення зору, слуху, параліч (хвороба Мінамата, вперше виявлена в Японії в 1956 р.). Цинк в концентраціях понад 5 мг/дм<sup>3</sup> пригнічує процеси окиснення, викликає анемію. Купрум у питній воді, в концентрації понад 1 мг/дм<sup>3</sup> викликає захворювання печінки, гепатит та анемію.

У складі природних вод можуть бути також іони радіоактивних елементів, що надходять у воду внаслідок вимивання радіоактивних мінералів і скидання відпрацьованих вод атомних реакторів.

Вода поверхневих джерел є сприятливим середовищем (особливо влітку) для розвитку мікробів та бактерій, в тому числі, хвороботворних. Близько 85 % всіх захворювань у світі передається за допомогою води.

Деякі бактерії є безпечними для здоров'я людини і навіть приймають участь в бактеріальному очищенні природних вод, але якісні і кількісні характеристики мають дуже важливе значення при оцінці господарсько-питних, мінеральних лікувальних та інших вод. Мінеральні води містять життєдіяльну автохтонну мікрофлору. Мінеральні речовини вод, мікробні ферменти та інші продукти їхнього метаболізму створюють біологічно активний комплекс, що забезпечує водам терапевтичну дію. Істотним фактором вод є антимікробна дія, завдяки якій вони здатні знижувати бактеріюрію, запальні явища.

## **2.2 Законодавча база та нормативи якості води**

Якість води визначають різноманітними домішками, які в ній містяться. Критерії якості зумовлені характером використання води на підприємстві чи в побуті. Вода, як сировина для виробництва харчових продуктів, безалкогольних

напоїв, насамперед повинна відповідати вимогам, які ставляться до питної води, якість якої прийнято характеризувати низкою фізичних, хімічних, біологічних, бактеріологічних і токсикологічних показників. Крім того, у різних галузях харчової промисловості є ряд специфічних додаткових вимог.

В цілому, воду, використовувану під час виробництва харчових продуктів, за призначенням поділяють на технологічну і технічну.

Основна вимога до технологічної води – її відповідність встановленим показникам якості. До води як сировини для виробництва харчових продуктів і напоїв ставлять вищі вимоги, ніж до питної. Це зумовлено необхідністю одержання продуктів і напоїв з високими і стабільними органолептичними показниками, збільшенням терміну зберігання, а також технологічними особливостями.

Якість питної води регламентується великою кількістю різних державних і галузевих документів. Найосновніші показники якості питної води стандартизують міжнародні організації такі, як: Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ), Агентство з охорони довкілля США (USEPA), Європейський Союз (ЄС). Безпечна для споживання питна вода повинна відповідати критеріям якості національних та міжнародних нормативних документів.

В Україні діє низка документів, що містять вимоги до якості питної води: Закон України «Про питну воду та питне водопостачання»; ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»; Водний кодекс України та ін. З 01.02.2015 року набрав чинності національний стандарт ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. У цьому стандарті реалізовано норми Закону України «Про питну воду та питне водопостачання», ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», основні вимоги Директиви Ради Європейського Союзу № 98/83 ЄС від 03.11.1998 р. про якість води, призначеної для споживання людиною, Керівних принципів забезпечення якості питної води ВООЗ від 2011 р. і документа Комісії Аліментаріус «Загальний стандарт на розфасовані у пляшки/упаковані питні води (відмінні від мінеральних вод)» CODEX STAN 227-2001.

ДСанПіН «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» обов'язкові для виконання органами виконавчої влади, місцевого самоврядування, підприємствами, установами, організаціями незалежно від форми власності та підпорядкування, діяльність яких пов'язана з проектуванням, будівництвом та експлуатацією систем питного водопостачання, виробництвом та обігом питних вод, наглядом і контролем у сфері питного водопостачання населення, та громадянами.

Відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 питна вода, призначена для споживання людиною, повинна відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад.

Для виробництва питної води слід надавати перевагу воді підземних джерел питного водопостачання населення, надійно захищених від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення.

Гігієнічну оцінку безпечності та якості питної води проводять за показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитологічні), санітарно-хімічними (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні) та радіаційними показниками.

Під час вибору вододжерела та технології водопідготовки у разі будівництва чи реконструкції підприємства питного водопостачання населення слід надавати перевагу джерелам та технологіям, що забезпечать виробництво питної води з оптимальним вмістом мінеральних речовин за показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води.

Виробництво питної води здійснюється за нормативними документами та відповідно до технологічного регламенту або іншого документа з описом технологічного процесу виробництва питної води, погодженого головним державним санітарним лікарем України.

У сфері питного водопостачання населення можуть використовуватись матеріали, речовини та сполуки (коагулянти, флокулянти, реагенти для знезараження, консерванти, ємкості, тара, засоби закупорювання, мийні та дезінфекційні засоби, обладнання, устаткування, будівельні матеріали тощо), дозволені центральним органом виконавчої влади у сфері забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення для застосування у цій сфері.

Залишкові концентрації хімічних речовин та сполук у питній воді не повинні перевищувати встановлені гігієнічні нормативи.

Перед використанням підземних та водопровідних питних вод установи та заклади державної санітарно-епідеміологічної служби проводять попередні лабораторні дослідження вихідної води.

Основні вимоги до води технічного призначення наступні: для охолодження напівфабрикатів і продуктів – низька температура, мала карбонатна жорсткість, мінімальна кількість завислих часток, у ній не повинні створюватися сприятливі умови для розвитку біологічного та іншого наросту; вода для парокотельного господарства – не повинна містити домішок, які можуть утворювати накип та викликати пінистість котлової води, винесення солей із парою та корозію металу.

### **2.3 Показники якості води**

Нормативи ВОЗ включають ГДК для 99 різних речовин. У стандартах США (EPA Safe Drinking Water Act) регламентуються 87 показників якості води (53 органолептичні показники, 16 неорганічних та 7 мікробіологічних домішок). Нормативи ЄС (EU Water Framework Directive) включають лише 49 показників.

Кількість контрольованих показників постійно зростає, а їх значення знижуються. Це пов'язано, по-перше, з розвитком приборної аналітичної хімії, що дозволяє визначати у воді більш низькі концентрації забрудників, і, по-друге,

з результатами токсико-хімічних досліджень впливу на організм людини різноманітних домішок. Так, наприклад, за вимогами ВОЗ, які бізуються саме на таких дослідженнях, норматив вмісту арсену у питній воді знижено з 50 до 10 мкг/дм<sup>3</sup> у 2005 р.

ДСанПін 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» включає 83 показники (11 мікробіологічних, 64 хімічних і органолептичних, 8 радіоактивних). У стандарті ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості регламентовано 80 показників якості води.

Якість питної води постійно контролюється на станціях підготовки. Наприклад, у Києві кожної доби здійснюється контроль за 22 показниками, щомісяця – за 48, щорічно – за всіма показниками.

*Фізико-хімічні показники* – фізичні чи хімічні показники, що нормуються за загальносанітарною чи органолептичною ознакою шкідливості.

*Фізичні показники* включають каламутність або вміст завислих речовин, кольоровість, температуру, запах, присмак, електропровідність. Вода поверхневих джерел може мати кольоровість від 0–10 до 150–300 град. платино-кобальтової шкали (ПКШ), каламутність від 5–10 мг/дм<sup>3</sup> до 1500мг/дм<sup>3</sup> і більше, запах і присмак до 5 балів, температуру 0–25°C. Води підземних джерел захищених підземних горизонтів мають звичайно, температуру 7–15°C; каламутність, кольоровість, присмак, запах для таких вод часто незначні.

*Хімічні показники* визначаються наявністю загальної кількості розчинених речовин. Найбільш характерними показниками є: активна реакція або рН (найчастіше 6,5–8,0), загальна жорсткість (для поверхневих вод – 2–8 мг-екв/дм<sup>3</sup>, для підземних – 2–14 мг-екв/дм<sup>3</sup> і більше), сухий залишок (при значенні більше 1000 мг/дм<sup>3</sup> – вода мінералізована), вміст заліза (до 1–2 мг/дм<sup>3</sup> для поверхневих вод і найчастіше 1–10 мг/дм<sup>3</sup> – для підземних), радіоактивність – не більше 3 x 10<sup>-11</sup> Бк/дм<sup>3</sup>, окислюваність (2 мг/дм<sup>3</sup> і більше), нітрогенвмістні (іони амонію, нітриту, нітрати), гази (кисень, вуглекислота, сірководень, метан, азот) тощо.

Мінералізація – сумарний вміст усіх знайдених в процесі хімічного аналізу води мінеральних речовин. Визначає їх питому електропровідність. Класифікацію природних вод залежно від їх мінералізації наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Загальна мінералізація природних вод

Найменування води	Загальна мінералізація, г/дм <sup>3</sup>
Ультрапрісна	до 0,1
Прісна	0,1–1
Слабо прісна	1–3
Солона	3–10
Сильно солона	10–50
Розсіл	50–300
Ультрарозсіл	понад 300

Електропровідність – це чисельне вираження спроможності водяного розчину проводити електричний струм. Електрична провідність води залежить



переважно від концентрації розчинених мінеральних солей і температури. Мінеральну частину води складають іони  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . Ці іони й обумовлюють електропровідність природних вод. Присутність інших іонів, наприклад,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , не сильно впливає на електропровідність, якщо вода не містить цих іонів у значних кількостях. За значеннями електропровідності можна приблизно судити про мінералізацію води.

Жорсткість води обумовлена наявністю у воді іонів кальцію  $\text{Ca}^{2+}$ , магнію  $\text{Mg}^{2+}$ , стронцію  $\text{Sr}^{2+}$ , барію  $\text{Ba}^{2+}$ , феруму  $\text{Fe}^{3+}$ , марганцю  $\text{Mn}^{2+}$ . Але загальний вміст в природних водах іонів кальцію і магнію незрівнянно більше вмісту всіх інших вищеназваних іонів – і навіть їх суми. Тому під жорсткістю розуміють суму кількостей іонів кальцію і магнію – загальна жорсткість, що складається зі значень карбонатної (тимчасової) і некарбонатної (сталого) жорсткості.

Перша зумовлена присутністю у воді кальцію і магнію гідрогенкарбонатів, друга – наявністю сульфатів, хлоридів, силікатів, нітратів і фосфатів цих металів. Однак за значення жорсткості води понад 9 мг-екв/дм<sup>3</sup> потрібно враховувати вміст у воді стронцію та інших лужноземельних металів.

Слід зазначити, що іони заліза та марганцю негативно позначаються на якості продуктів і напоїв. За їх підвищеної концентрації продукти й напої набувають неприємного смаку, гальмується інверсія цукрози, відбувається їх взаємодія з дубильними й пектиновими речовинами, змінюється колір, виникає помутніння деяких напоїв.

Смак і присмак – показники, що характеризують здатність наявних у воді хімічних речовин після взаємодії зі слиною подразнювати смакові рецептори язика і зумовлювати відповідне відчуття.

Граничні концентрації солей, які впливають на смакові відчуття, наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Граничні концентрації солей у воді

Сіль	Концентрація, мг/л		Характер смаку
	Мало відчутний смак	Смак, що сприймається як поганий	
NaCl	150	500	Солоний
MgCl <sub>2</sub>	100	400	Гіркий
MgSO <sub>4</sub>	200	500	Гіркий
CaSO <sub>4</sub>	70	150	В'язкий
KCl	350	700	Гіркий
FeSO <sub>4</sub>	1,5	5,0	Заліза
MnCl <sub>2</sub>	2,0	4,0	Болотяний
FeCl <sub>2</sub>	0,3	0,5	Болотяний

Водневий показник (рН) – показник, що характеризує властивість води, зумовлену наявністю у ній вільних іонів водню. Звичайно значення рН є в межах, за яких не впливає на споживчі якості води. За низького рН вода володіє високою корозійною активністю, за високого – неприємним запахом, «милкістю»,

подразнюючими властивостями. Тому для питної і господарсько-побутової води оптимальним вважається рівень рН 6,5 – 8,5.

Загальна лужність – показник, що характеризує властивість води, зумовлену наявністю у ній аніонів слабких кислот. Лужність води (мг-екв/дм<sup>3</sup>) визначається сумою концентрацій аніонів слабких кислот та іонів гідроксилу, яку слід враховувати тільки при рН більше 9. Вона поділяється на гідратну, бікарбонатну, карбонатну, силікатну, фосфатну. В більшості природних вод бікарбонатна лужність значно перевищує всі інші її види, а тому лужність найчастіше приймається рівною карбонатній жорсткості.

Запах – показник, що характеризує властивість води подразнювати рецептори слизових оболонок носа та синусних пазух, зумовлюючи відповідне відчуття. Характер і інтенсивність запаху природної води визначають органолептично. За характером запахи ділять на дві групи: природного походження (організми, що живуть і відмерлі у воді, загниваючі рослинні залишки та ін.) і штучного походження (домішки промислових і сільськогосподарських стічних вод). Інтенсивність запаху оцінюють за шестибальною шкалою, яку наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Інтенсивність запаху природних вод

Інтенсивність запаху, бали	Характеристика
0	Запаху немає
1	Дуже слабкий
2	Слабкий
3	Помітний
4	Виразний
5	Дуже сильний

Кольоровість – показник якості води, що характеризує інтенсивність забарвлення води і обумовлений вмістом забарвлених сполук, виражають в градусах платино-кобальтової шкали (град. ПКШ) і визначають в процесі порівняння забарвлення випробуваної води з еталонами.

Забарвлення природних вод обумовлено переважно присутністю гумусових речовин і сполук Fe<sup>3+</sup>, коливається від одиниць до тисяч градусів. Класифікацію природних вод залежно від кольоровості наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Кольоровість природних вод

Кольоровість	град. ПКШ
Дуже мала	до 25
Мала	25–50
Середня	50–80
Висока	80–120
Дуже висока	понад 120

Каламутність – показник, що характеризує природну властивість води, зумовлену наявністю у воді завислих речовин органічного і неорганічного походження (глини, мулу, органічних колоїдів, планктону тощо).

Фракційний склад зависі, яка обумовлює каламутність, змінюється від 0,1–1,0 мм для піску і до 1–20 мкм для колоїдних часток. Різні типи поверхневих вод мають різноманітний розподіл завислих речовин за фракційним складом. Якщо розміри часток більше 10 мкм, то вони видаляються з води простим відстоюванням, але більш дрібні частки не затримуються навіть при фільтруванні через зернисті засипки. Води гірських річок мають більш монодисперсну завись, що викликає більше навантаження на фільтрувальні споруди при показниках каламутності, що наближені до показників рівнинних річок. Води поверхневих джерел з невеликою каламутністю (10–15 мг/дм<sup>3</sup>) можуть мати тільки тонкодисперсну завись, яка затримується на очисних спорудах з однаковими технологічними схемами очищення, значно гірше, ніж полідисперсна завись при каламутності води 100 мг/дм<sup>3</sup> та вище.

*Токсикологічні показники* якості води характеризують ступінь безпеки хімічного складу води.

За походженням токсичні речовини бувають:

- ті, що трапляються у природній воді;
- додані у воду як реагенти під час оброблення;
- занесені у воду в результаті промислового, сільськогосподарського, побутового та іншого забруднення джерел водопостачання.

До токсичних речовин належать сполуки, що містять: алюміній (залишковий після оброблення води способом коагуляції), берилій, молібден, миш'як, нітрати, нітроти, поліакриламід (залишковий), свинець, селен, стронцій, фтор.

*Радіаційні показники* – показники, що характеризують властивість води, зумовлену наявністю радіонуклідів. Під час гігієнічної оцінки радіаційної безпечності питної води у місцях водозаборів поверхневих та підземних джерел питного водопостачання попередньо визначаються питомі сумарні  $\alpha$ - і  $\beta$ -активності за показниками: сумарна  $\alpha$ -активність  $\leq 0,1$  Бк/дм<sup>3</sup>, сумарна  $\beta$ -активність  $\leq 1$  Бк/дм<sup>3</sup>. При цьому у разі встановлення перевищення питомої сумарної  $\alpha$ -активності у питній воді з підземних джерел водопостачання необхідно визначати питому сумарну активність природної суміші ізотопів урану (U), питомі активності радію (<sup>226</sup>Ra, <sup>228</sup>Ra) та радону (<sup>222</sup>Rn), а у разі встановлення перевищення питомої сумарної  $\beta$ -активності у питній воді з поверхневих та підземних джерел водопостачання – питомі активності цезію (<sup>137</sup>Cs) та стронцію (<sup>90</sup>Sr).

*Мікробіологічні показники* – показники епідемічної безпеки питної води, перевищення яких може призвести до виникнення інфекційних хвороб у людини.

До них належать колі-індекс (coli-index), що характеризує ступінь бактеріального забруднення води, колі-титр та мікробне число.

Колі-індекс – кількісний показник фекального забруднення води або харчових продуктів. Визначається числом мікробів – нормальних поживців

кишечника людини (переважно кишкової палички – *Escherichia coli*) в 1 дм<sup>3</sup> або 1 кг субстрату. За цим показником води поділяють на хороші (до 3), задовільні (3–10), слабо забруднені (10–1000), забруднені (1000–10000), сильно забруднені (понад 10000).

Колі-титр – об’єм води, в якому міститься одна кишкова паличка.

Мікробне число – загальна кількість бактерій в 1 см<sup>3</sup> води.

На формування фізико-хімічних і мікробіологічних показників води поверхневих джерел впливають умови живлення джерела, ґрунтово-геологічна характеристика його долини, топографічні умови та пов’язана з ними швидкість потоку, кліматичні та інші природні і місцеві умови. В останні роки на показники води впливає діяльність людини: будівництво гребель, скидання стічних вод, використання добрив і часткове їх змивання дощами та талими водами.

На фізико-хімічний склад підземних вод впливає контакт та його тривалість із різними породами та ґрунтами, глибина їх залягання, роз’єднаність водоносних горизонтів, контакт їх з атмосферою та поверхневими водами і багато інших явищ. Підземні води характеризуються, як правило, досить постійними і такими, що задовольняють господарсько-питне водопостачання, фізичними й мікробіологічними показниками з досить різноманітними хімічними показниками, які в більшості випадків, і особливо для глибинних горизонтів, не залежать від погодних умов. Найбільш стабільним і таким, що не піддається сезонним коливанням, є хімічний склад міжпластових вод. Більшість підземних вод України задовольняють діючим вимогам щодо питної води, за винятком вмісту феруму.

### Контрольні питання

1. Яким компонентним складом характеризується вода із природних джерел?
2. Охарактеризуйте основні мінеральні домішки природної води.
3. Які органічні речовини містяться у природній воді?
4. Які токсичні речовини можуть міститись у природних водах?
5. Наведіть показники якості природної води.
6. Дайте коротку характеристику законодавчої бази у сфері питного водопостачання.
7. Від яких факторів залежить каламутність води?
8. Від яких факторів залежить кольоровість води?
9. Які існують вимоги до якості питної води?
10. Дайте порівняльну характеристику вимог до якості води в нашій країні та зарубіжних країнах.

### **Лекція 3. Загальна характеристика методів водопідготовки. Знезалізнення, деманганація та знезаражування питної води**

- 3.1 Загальна характеристика методів водопідготовки.
- 3.2 Знезалізнення води.
- 3.3 Деманганація води.
- 3.4 Знезаражування води.

#### **3.1 Загальна характеристика методів водопідготовки**

Технологія виготовлення будь-якої продукції взагалі й підготовки води зокрема визначається якістю вихідної сировини та вимогами до якості готової продукції. Для підготовки води використовують природну воду, яку забирають із поверхневих чи підземних джерел, а готовою продукцією може бути питна або технічна вода. Тому технологія підготовки води визначається якістю природної води, її фізичними, фізико-хімічними і бактеріологічними властивостями та вимогами споживача. Технологія підготовки питної чи технічної води охоплює комплекс процесів з метою зміни її початкового складу та поліпшення природних властивостей зменшенням або повним вилученням небажаних інгредієнтів.

Процеси підготовки води поділяють на такі основні групи:

1. поліпшення органолептичних властивостей води (прояснення і знебарвлення та ін.);
2. забезпечення епідеміологічної безпеки (знезараження води);
3. кондиціонування мінерального складу (знезалізнення, деманганація, зм'якшення, знесолення та ін.).

Основними процесами поліпшення якості води для господарсько-питних цілей є прояснення, знебарвлення та знезараження.

**Прояснення води** проводять з метою видалення з води завислих домішок. Залежно від потрібного кінцевого вмісту завислих речовин у воді прояснення здійснюють відстоюванням води у відстійниках, у гідроциклонах, центрифугуванням, флотацією, фільтруванням та іншими методами. Для інтенсифікації процесу осадження завислих речовин застосовують їх коагулювання.

Процес прояснення та знебарвлення води є одним з найпоширеніших під час водопідготовки у харчовій промисловості. За такого процесу вода водночас звільняється від значної кількості мікроорганізмів (при фільтруванні затримуються 98–99% усіх бактерій), тобто частково знезаражується.

Виділення з води грубодисперсних зависей здійснюють центрифугуванням та в гідроциклонах із наступним проясненням на швидких фільтрах, фільтруванням крізь сітки, на мікрофільтрах або крізь тканини. Прояснення води одночасно з її знебарвленням відбувається у флотаторах.

**Знебарвлення води** – процес видалення з неї забарвлених колоїдів або розчинених домішок, які зумовлюють кольоровість води. Вона знебарвлюється під час коагулювання або флотації із застосуванням окисників або сорбентів.

**Знесолення** полягає у видаленні з води розчинених речовин, перш за все, неорганічних солей. Знесолення може бути повним, якщо видаляються всі розчинені солі, або частковим: з води виводяться лише деякі розчинені сполуки або іони. До часткового знесолення належить, наприклад, зм'якшення води, в процесі якого видаляють солі жорсткості.

**Знезараження води** здійснюють для знищення в ній патогенних бактерій та вірусів.

**Знезалізнєння води** – процес зменшення вмісту солей Феруму до вимог державного стандарту на питну воду або технічних умов споживача.

Концентрація феруму у підземних водах частіше буває до 5 мг/дм<sup>3</sup>, але є води, особливо на півночі України, в яких концентрація феруму перевищує 10 мг/дм<sup>3</sup>. Тому для Чернігівського регіону особливо важливим є знезалізнєння води.

### 3.2 Знезалізнєння питної води

Ферум в природних водах існує в залежності від рН та вмісту кисню в іонній формі, комплексних сполуках двох або тривалентного феруму та тонко дисперсної зависі феруму гідроксиду. У водах глибинних горизонтів ферум зазвичай знаходиться у вигляді іонів двовалентного феруму, стійкого у водних розчинах за наявності вільної вуглекислоти й відсутності окиснювачів. При піднятті води на поверхню землі ферум не залишається у сталому стані, а постійно змінює свій стан під впливом кисню, води, органічних речовин та мікроорганізмів.

В питній воді феруму повинно бути не більше 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Для знезалізнєння води використовуються *безреагентні; реагентні; катіонообмінні; біохімічні методи*.

Метод *катіонного обміну* застосовують одночасно зі зм'якшенням води. Він полягає в обміні катіонів феруму, кальцію та магнію на катіони натрію та водню завдяки спеціальним засипкам фільтра.

*Біохімічний метод* передбачає заселення на відповідному носії спеціальних залізобактерій з наступним фільтруванням на фільтрах. Біохімічний метод передбачає заселення в зерна засипки фільтрів манганспоживаючих бактерій

*Безреагентні та реагентні методи* це фізико-хімічні методи, які передбачають введення окислювачів феруму. В першому методі цим окислювачем є кисень повітря, а в другому у воду вводять розчини хімічних окислювачів. Завданням методів є переведення розчинних форм феруму в малорозчинні форми Fe(OH)<sub>3</sub>, чого досягають окисненням із наступним його осадженням або затриманням у товщі фільтруючої засипки.

Найчастіше для знезалізнєння використовують *безреагентний метод*, оскільки він простіший та дешевший.

Для видалення феруму безреагентним методом аерацію можна проводити в спеціальних пристроях (глибока аерація) або використовувати спрощену.

При глибокій аерації процес окислення феруму починається у аераційних пристроях із значним подрібненням потоку води або повітря для створення найбільшого контакту з повітрям (наприклад, градирнях) і закінчується в проміжних місткостях, резервуарах, відстійниках, де утворюються пластівці гідроксиду заліза. На фільтрах проходить затримка сформованих пластівців гідроксиду феруму.

В установках з глибокою аерацією для аерації використовуються контактні та вентиляторні градирні. Контактна градирня – це споруда з жалюзійними стінками, всередині якої розташовуються ящики з дірчастим дном. В ящики завантажуються шматки коксу, пемзи, щебеню. Вода у верхній частині розбризкується по площі і профільтровується через декілька таких ящиків, в результаті чого насичується киснем.

Спрощена аерація проходить в більш простих пристроях ніж в попередньому випадку. Вода зразу після аерації потрапляє в шар зернистої засипки. На зернах засипки з'являється плівка, що має значно більші сорбційні властивості, чим зерна чистої засипки. При надходженні води після окислювання в засипку процес затримки феруму проходить безпосередньо в засипці одночасно з окисленням.

Спрощену аерацію використовують, якщо вміст феруму становить до 10 мг/дм<sup>3</sup>, у тому числі двовалентного не менше як 70%, рН не менше ніж 6,8, лужність понад  $(1 + \text{Fe}^{2+}/28)$  мг/дм<sup>3</sup>.

Якщо продуктивність станції до 3200 м<sup>3</sup>/доб та вміст феруму до 5 мг/дм<sup>3</sup>, то застосовують установки за напірною схемою. Потрібне для окислення феруму повітря подає компресор. На станціях більшої продуктивності використовуються звичайні швидкі фільтри з кварцевою засипкою крупністю 0,8–1,8 мм, коефіцієнтом неоднорідності 1,5–2, товщиною 1 м, розрахунковою швидкістю фільтрування 5–7 м/год або крупністю 1–2 мм, товщиною 1,2 м та швидкістю фільтрування 7–10 м/год. Зараз навіть використовуються фільтри з щебінчастою засипкою крупністю 5–10 мм, товщиною засипки 2,1 м, швидкістю фільтрування – до 20 м/год.

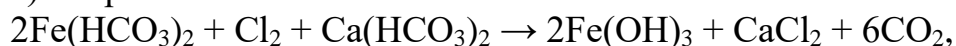
В якості засипки можна використовувати гранодіорит, гранітний щебінь, магнетитові кварцити, мінерал глауконіт, клиноптилоліт, цеоліт закарпатського походження, багато інших гірських порід.

Найбільш крупне родовище природних цеолітів розташоване в с. Сокирниця Хустовського району Закарпатської області. Цеолітовий туф цього родовища має світло-сіруватий, іноді зеленкуватий, колір і складається на 60–75 % з клиноптилоліту, 10 % кварцу, 5–10 % польового шпату і монтморилоніту, 3 % карбонату, 1–3 % слюди. За хімічним складом в ньому в основному є SiO<sub>2</sub> – 71,5 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 13,1 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,9 %, Na<sub>2</sub>O плюс K<sub>2</sub>O – 5,03 %, CaO – 2,1 %, MgO – 1,07 %. Цеоліт має в середньому подрібнення 0,45–1,7 %, стирання 0,24–0,46 %, пористість 34 %, питому вагу 2,37 кг/дм<sup>3</sup>, питому поверхню 0,413 м<sup>2</sup>/г, сумарну природну активність природних радіонуклідів 144,4 Бк/кг, термічну стійкість до 700°C, вологість до 7 %.

Для видалення феруму з концентрацією до 25 мг/л і вище безреагентним методом розроблено установки, які складаються з вакуумно-ежекційного аератора та пінополістирольного фільтра. Воду подають у вакуумно-ежекційний аератор, звідки вона надходить у регулятор швидкості фільтрування, а далі на пінополістирольний фільтр з шаром завислого осаду або без нього. Якщо вміст феруму до 10 мг/л, то можна використовувати не вакуумно-ежекційний аератор, а спрощену аерацію, розбризкуючи воду з висоти 0,5 м на водну поверхню в регуляторі швидкості фільтрування. Шар завислого гідроксиду феруму (III) в підфільтровому просторі фільтра не потрібен. В якості засипки у фільтрах застосовують пінополістирол крупністю 0,5–1,0 мм шаром завтовшки 0,5–0,7 м. Швидкість фільтрування встановлюють до 4 м/год при наявності шару завислого гідроксиду феруму і до 7 м/год без нього. Для сільської місцевості розроблені установки із спрощеною аерацією та пінополістирольним фільтром, які вмонтовані у водонапірні башти.

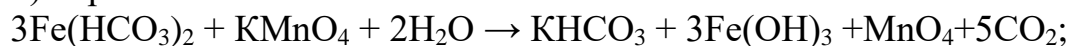
Якщо процес знезалізнення безреагентним методом відбувається погано, то вдаються до реагентного методу. Знезалізнення поверхневих вод, звичайно, проводиться реагентним способом одночасно з проясненням та знебарвленням. Видаляти двовалентні іони феруму можна:

а) хлором:

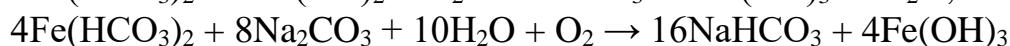
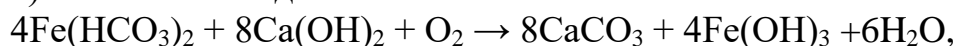


На окислення 1 мг двовалентного феруму витрачається 0,64 мг  $\text{Cl}_2$ , а лужність знижується на 0,018 мг-екв/дм<sup>3</sup> на кожен 1 мг/дм<sup>3</sup> видаленого феруму. Окислення інтенсивно відбувається при  $\text{pH} > 5$ ;

б) перманганатом калію:



в) вапном або содою:



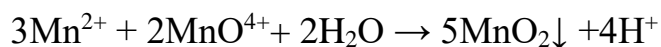
### 3.3 Деманганація питної води

Манган, також як ферум, в підземних водах при відсутності кисню зустрічається у формі двовалентних солей, а в поверхневих – в формі органічних комплексних сполук, колоїдів та тонко-дисперсної зависі. В питній воді марганцю повинно бути не більше 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Деманганація води передбачає видалення мангану безреагентним або реагентним методами. При цьому слід перевести двовалентний манган у три- або чотирьохвалентний манган, які утворюють малорозчинні гідроксиди або двооксид мангану.

Безреагентний метод може бути використаний, звичайно, при достатньо високих значеннях рН і може досягатись: 1) глибокою аерацією з наступним відстоюванням і фільтруванням; 2) вакуумно-ежекційним аеруванням із наступним фільтруванням; 3) використанням методу «Віредокс» одночасно зі знезалізнення; 4) сорбцією на свіжеутвореному феруму гідроксиді; 5) біохімічному окисленні в зернистій засипці.



Реагентний метод передбачає окислення мангану перманганатом калію, озоном, хлором із наступним фільтруванням через зернисті засипки для отримання продуктів окислення. Під час деманганації реагентним методом частіше використовують перманганат калію. Перманганат калію окиснює двовалентний манган:



На окиснення 1 мг двовалентного марганцю витрачається 1,88 мг перманганату калію і при цьому утворюється дисперсний осад  $\text{MnO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  або  $\text{Mn}(\text{OH})_4$ . При видаленні мангану з підземних вод розчин перманганату дозують у воду насосом-дозатором у трубопровід, а потім фільтрують воду через пісок із діаметром зерен 0,5–2 мм і товщиною шару 0,7–2 м. Оскільки як перманганат калію погано розчиняється у воді, то її попередньо підігрівають до 40–60°C, концентрація розчину приймається 1–3%.

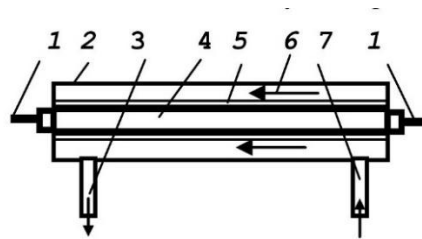
Видаляти манган можна після аерування води фільтруванням за наявності каталізаторів. У цьому разі фільтр завантажується подрібненим піролюзитом, тобто піском попередньо обробленим (модифікованим) розчином з 1–3 мг/дм<sup>3</sup> перманганату калію.

Біохімічний метод деманганації води передбачає заселення в зерна засипки фільтрів манганоспоживаючих бактерій – *Metallogenium personatum*, *Bacteria manganicus*. Висота шару засипки призначається 1,5 м, крупність зерен – 1–3 мм.

### 3.4 Знезаражування питної води

Воду, звичайно, знезаражують на заключному етапі очищення після прояснення та знебарвлення перед потраплянням води в резервуари чистої води, які одночасно виконують функції контактних камер. Для знезаражування води застосовують такі методи: *безреагентні* – термічна обробка, ультрафіолетове опромінювання, обробка ультразвуком; *реагентні* – ґрунтуються на введенні сильних окислювачів (хлор, озон, перманганат калію, хлорне ванно) та іонів срібла. Метод вибирають залежно від кількості та якості вихідної води, методів її попереднього очищення, вимог до надійності знезаражування (дезинфекції), з урахуванням техніко-економічних показників, умов постачання реагентів, наявності транспорту, можливості автоматизації процесів тощо.

До знезаражування **ультрафіолетовим випромінюванням** за допомогою бактерицидних ламп удаються тільки для вод підземних водних джерел, які мають колі-індекс не більш як 1000 од. на дм<sup>3</sup>, вміст феруму – не більш як 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Довжина хвилі променів повинна бути 200–295 нм (оптимальна 260). Бактерицидні установки встановлюють на всмоктувальних і напірних лініях насосів II підняття в окремих будівлях або приміщеннях. Робочих установок має бути не більше п'яти, резервних – одна. В склад установок входять проточні камери з бактерицидними ртутними лампи низького тиску в кварцевих оболонках (рис. 3.1).



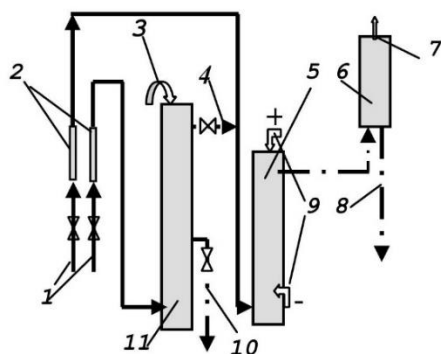
1 – електричний кабель; 2 – корпус; 3 – відвідний патрубок; 4 – бактерицидна лампа; 5 – кварцовий чохол; 6 – напрямок потоку води; 7 – підвідний патрубок

Рис.3.1 – Принципова схема напірної бактерицидної установки

Вода проходить вздовж лампи і одночасно опромінюється ультрафіолетовим випромінюванням. Установки - компактні, можуть працювати в напірному та безнапірному режимах. Очистка внутрішньої поверхні камер знезараження проводиться слабким розчином щавлевої або лимонної кислот, очистка кварцевих чохлах проводиться механічним очисним пристроєм. Перевагою методу можна рахувати відсутність небажаних явищ, немає потреби в спеціальних засобах безпеки, невисокі експлуатаційні затрати, відсутність спеціального обслуговуючого персоналу, не має потреби в запасах реагентів та місткостях для контакту води.

Високою ефективністю характеризується **акустичний метод знезараження** води. У випадку реалізації цього методу у воді спеціальними пристроями генеруються ультразвукові коливання, що викликають утворення мікроскопічних бульбашок, які швидко руйнуються (лопаються). Це явище називають кавітацією. Газ, що знаходиться всередині таких пустот, має настільки високий тиск і температуру, що в момент їх руйнування відбувається світіння бульбашок. В результаті створення великого перепаду тиску, що доходить до десятків тисяч атмосфер, відбувається пошкодження клітинної оболонки і, як наслідок, загибель шкідливих мікроорганізмів.

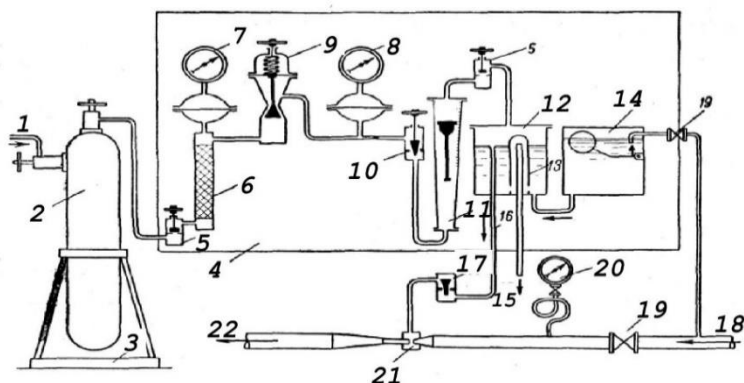
Серед **реагентних методів** для знезараження води найбільш часто використовується хлор. При цьому може використовуватись рідкий хлор, діоксид хлору, гіпохлорит натрію. Дозу хлору для знезараження підземних вод призначають 0,7–1,0 мг/л активного хлору, для поверхневих вод 2–3 мг/л. Тривалість контакту хлору і гіпохлориту натрію з водою має бути 30–60 хв. Для знезараження води гіпохлорит натрію готують із розчину кухонної солі електролітичним способом. Установки поділяються на проточні (рис. 3.2) та порційні. В промисловості гіпохлорит натрію ( $\text{NaOCl}$ ) отримують методом хлорування каустичної або кальцинованої соди. Постачають його замовнику в поліетиленових місткостях у вигляді розчинів. У вихідну воду гіпохлорит натрію вводять за допомогою ежектора або насосом-дозатором.



1 – подача води; 2 – витратоміри; 3 – завантаження солі; 4 – відведення концентрованого розчину солі; 5 – електролізер; 6 – газовіддільник; 7 – відведення газів; 8 – подача від дозованого розчину гіпохлориту; 9 – підведення постійного струму; 10 – скид в каналізацію; 11 – бак-розчинник

Рис. 3.2 – Схема установки «Пламя-2»

Хлорування води рідким хлором здійснюють за допомогою хлораторів, в яких готують розчин. Розчин хлору вводять безпосередньо в трубопровід. Використовуються вакуумні хлоратори АХВ-1000 (раніше ЛОНІИ-100), ЛК-10, ЛК-11, ЛК-12, ХВ-11. Принципову схему хлоратора АХВ-1000 зображено на рис. 3.3.



1 – хлор-газ із витратного балона; 2 – балон-розширювач; 3 – стійка для балона; 4 – панель хлоратора; 5 – запірний вентиль; 6 – фільтр зі скляною ватою; 7 – манометр високого тиску; 8 – манометр низького тиску; 9 – редуційний клапан; 10 – вентиль регулювання; 11 – ротаметр; 12 – змішувач; 13 – скляний ковпак; 14 – бачок постійного рівня; 15 – в атмосферу; 16 – хлорна вода до ежектора; 17 – зворотний клапан; 18 – питна вода; 19 – вентиль; 20 – манометр; 21 – ежектор; 22 – до місця дозування

Рис. 3.3. – Схема вакуумного хлоратора АХВ-1000 (ЛОНІИ-100)

На станцію рідкий хлор доставляють у балонах або бочках. При підключенні витратного балона рідкий хлор випаровується і потрапляє в балон 2. Для зменшення кількості витратних балонів передбачаються бочки – випарники, в які здійснюється переливання хлору із балонів. Газоподібний хлор очищується в балоні 2 і фільтрі 6 і після зниження його тиску редуктором 9 до 0,01–0,02 МПа його змішують із водою у змішувачі 12. Регулювальний вентиль

10 служить для встановлення потрібного дозування хлору, витрата якого вимірюється ротаметром 11. У змішувачі 12 відбувається розчинення хлору у воді, яка поступає в змішувач з бачка постійного рівня 14. Зі змішувача концентрований розчин усмоктується ежектором і подається в трубопровід. Хлоратори АХВ-1000 випускаються на продуктивності по хлору: від 0,5 до 24,0 кг/год (базовий комплект – 1,0–12,8 кг/год), напір становить 1–2 м.

На станціях великої продуктивності можна встановлювати хлоратори системи Л.А. Кульського з відповідною продуктивністю по хлору кг/год та витратами води, м<sup>3</sup>/год: ЛК – 10 с (1–5,4 та 5); ЛК-10б (2–25 та 30); ЛК-10у (5–100 та 30); Л-11 (0,5–5 та 5); ПК-12 (1,8–24,4 та 30). Хлоратори типу ЛК простіші за конструкцією, менш точніші, можуть подавати хлорну воду на висоту 20–30 м.

Хлор доставляють в балонах місткістю  $W = 55; 100$  л або в бочках місткістю  $W = 625; 1250$  л. У хлораторній повинні бути один – два резервних хлоратори. З одного балона знімають 0,5–0,7 кг/год хлору, а з 1 м<sup>2</sup> поверхні бочки – 3 кг/год. Крім робочих хлораторів у хлораторній передбачається один резервний (при 1–2 робочих хлораторах) або два резервних (при більшій їх кількості). Хлорне господарство бажано розміщувати в спорудах, які стоять окремо. Віддалення від об'єктів житлового, цивільного та побутового призначення до складів повинно бути не менше 500 м при зберіганні в бочках та 150 м – в балонах.

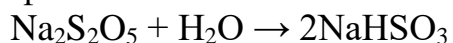
З метою зменшення дози хлору в воду слід вводити аміак у пропорції 1:1. В результаті вводу аміаку у воді утворюються хлораміни, в яких окислювальний потенціал значно нижче, знижується хлорпоглинальність води, більш довгий час обумовлюється фіксація хлору, запобігає появі хлорфенольних запахів та присмаків, хлорамінний хлор менш відчутний. При цьому використовують преамонізацію (введення аміаку за 1–2 хв. до введення первинного хлору) для попередження хлорфенольних запахів і присмаків та постамонізацію (аміак вводиться після хлору безпосередньо в резервуари чистої води) для подовження дії хлору. Аміак вводиться у воду також із допомогою вакуумних хлораторів.

Залишковий вільний хлор може бути зменшений до безпечних значень активованим вугіллям або хімічними реактивами. Шар активованого вугілля дуже ефективний для видалення хлору з води відповідно до такої реакції:

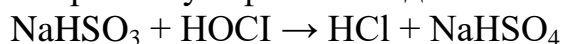


Найпоширенішим реагентом для видалення вільного хлору є натрію метабісульфіт.

У разі розчинення у воді натрію метабісульфіту формується натрію бісульфіт:



Натрію бісульфіт взаємодіє з гіпохлоритною кислотою за реакцією:



Діоксид хлору має ряд переваг у порівнянні з хлором. Основними з них є:

- зниження в 4–7 разів хлоропоглинання води, а відповідно, зменшення необхідної дози окиснювача;

- менші (в 5–20 разів), ніж при обробці хлором, концентрація хлорорганічних побічних продуктів, у тому числі ТГМ (в 2–20 разів і більше);
- зниження токсичності та мутагенності води;
- висока бактерицидна та віруліцидна здатність при більш низьких концентраціях, у порівнянні з хлором, висока швидкість знезараження у широкому діапазоні значень рН (6–10), котрі не залежать від твердості та мінералізації води;
- висока ефективність відносно пор, біоплівки, грибів, водоростей.
- пролонгована бактеріостатична дія в системах розподілення при концентрації 0,05–0,20 мг/дм<sup>3</sup>;
- відсутність реакції з аміаком та бромідами.

Варто відмітити, що відсутність реакції з бромід-іонами, а також кращі техніко-економічні показники (менші капітальні та поточні витрати, відповідно, менша вартість обробки води) є перевагами діоксиду хлору у порівнянні з озоном.

До недоліків діоксиду хлору можна віднести його вибухонебезпечність, більшу вартість у порівнянні з хлором, токсичність як власне діоксиду хлору, так і продуктів його трансформації (хлоритів та хлоратів). Відсутність вітчизняної сировини (NaClO<sub>2</sub>) та обладнання здорожує отримання діоксиду хлору. В залежності від апаратурного виконання навіть у зарубіжних країнах він дорожчий за хлор у 3–20 разів. Одним з головних недоліків використання діоксиду хлору при обробці питної води є утворення побічних продуктів – хлоритів та в невеликих концентраціях хлоратів. Від 50 до 85% введеного діоксиду хлору перетворюється у хлорит-іони.

Хлорит- та хлорат-іони викликають анемію (оскільки є утворювачами метгемоглобіну, подібно до нітрит-іонів), а хлорит-іон, окрім того, відноситься до умовно канцерогенних сполук. Вміст ClO<sub>2</sub><sup>-</sup> у питній воді нормується на рівні 0,2 мг/дм<sup>3</sup>. В США загальна концентрація хлорит- та хлорат-іонів (ClO<sub>2</sub><sup>-</sup> + ClO<sub>3</sub><sup>-</sup>) нормується на рівні 0,8 мг/дм<sup>3</sup>, а в сумі із залишковою концентрацією діоксиду хлору (ClO<sub>2</sub><sup>-</sup> + ClO<sub>3</sub><sup>-</sup> + ClO<sub>2</sub>) – менше 1 мг/дм<sup>3</sup>.

Згідно стандартів Швейцарії загальна концентрація ClO<sub>2</sub><sup>-</sup> та ClO<sub>3</sub><sup>-</sup> у воді не повинна перевищувати 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Окрім цього, пікова концентрація ClO<sub>2</sub><sup>-</sup> за впливом на органолептичні властивості води складає 0,4 мг/дм<sup>3</sup>. Через утворення ClO<sub>2</sub><sup>-</sup> та ClO<sub>3</sub><sup>-</sup> висувають жорсткі обмеження по відношенню до діапазону допустимих доз діоксиду хлору. При первинній обробці стічних або оборотних вод допускаються більш високі дози діоксиду хлору – 4–10 мг/дм<sup>3</sup>. Таким чином через вищевказані обмеження можливість застосування діоксиду хлору сильно залежить від якості вихідної води. Тому його зазвичай використовують для обробки високоякісних природних вод, хлоропоглинання (по ClO<sub>2</sub>) яких не перевищує 1–2 мг/дм<sup>3</sup>, а також у поєднанні з іншими окисниками. Сезонні коливання хлоропоглинання природних вод (по ClO<sub>2</sub>) можуть бути значними. Наприклад доза діоксиду хлору, необхідна для знезараження вихідної води річки змінилась з 2,0 до 4,0 мг/дм<sup>3</sup>; при цьому концентрація хлорит-іонів досягала 0,6–

3,2 мг/дм<sup>3</sup> , хоча сумарна концентрація хлороформу та дихлорбромметану не перевищувала 5 мкг/дм<sup>3</sup>

**Озонування** води все частіше знаходить застосування в процесах знезараження питної води і стічних вод, дозволяючи одночасно досягти знезараження, знебарвлення, окиснення феруму та мангану, усунення присмаку і запаху води внаслідок досить високої окисної здатності озону.

Вперше процеси озонування для очищення питної води були реалізовані у Франції, де вже у 1916 році діяло 26 озонаторних установок, а всього в Європі – 49 установок для озонування.

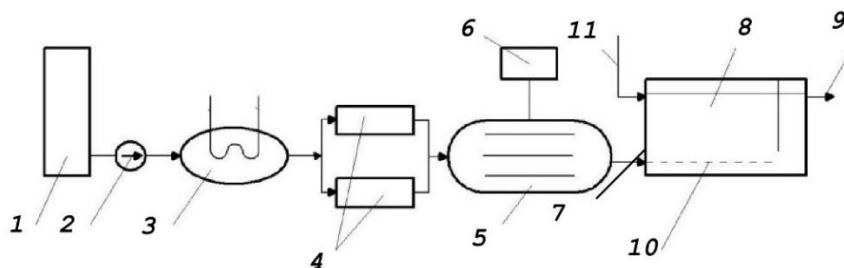
Метод озонування технічно складний, вимагає великих витрат електроенергії і використання складної апаратури, для якої потрібно висококваліфіковане обслуговування.

Недоліком процесу озонування є швидке розкладання залишкового озону в очищеній воді. У трубопроводах централізованого водопостачання попередньо оброблена вода втрачає свої властивості. У разі тривалого транспортування озон розкладається і у воді виявляють різні мікроорганізми, що пояснюють недостатньою післядією озону і реактивацією частини пошкоджених мікроорганізмів.

Озон діє не тільки на окисно-відновну систему бактерій, але і безпосередньо на протоплазму, тоді як хлор – тільки на ферменти мікробіальної клітини. Для руйнування вірусу поліомієліту необхідно піддавати воду впливу хлором протягом 1,5–3 годин за доз окисника 0,5–1 мг/дм<sup>3</sup>. У той же час озон руйнує ці віруси за 2 хв за концентрації його у воді 0,05–0,45 мг/дм<sup>3</sup>. Це безпосередньо пов'язано зі здатністю озону в процесі розкладання утворювати радикали HO• та HO<sub>2</sub>•. Через їхні малі розміри вони мають виняткову здатність проникати крізь мембрани в клітини мікроорганізмів, знищуючи ДНК і РНК клітин.

Відсутність у воді хімічних речовин, які швидко реагують з озоном, дає змогу провести ефективне руйнування *E. coli* за концентрації розчиненого озону 0,01–0,04 мг/дм<sup>3</sup>.

Озон одержують у результаті сильного розряду струму при напрузі 8000–10000 В. Принципова схема озонаторної установки зображена на рис. 3.4.



1 – повітряний фільтр; 2 – компресор; 3 – охолоджувач; 4 – пристрій для осушування; 5 – озонатор; 6 – трансформатор; 7 – подача озону; 8 – контактний резервуар; 9 – відведення озонованої води; 10 – розподільник; 11 – подача вихідної води

Рис. 3.4 – Принципова схема озонаторної установки

Повітря забирається компресором, очищується від пилу, охолоджується, осушується, проходить через озонатор, де утворюється озон і через розподільну систему вдувається у вихідну воду в контактному резервуарі. Для осушування повітря використовуються адсорбери із силікагелем або активним оксидом алюмінію, які регенеруються продувкою гарячим повітрям. Висота контактного резервуара приймається 4,3–4,6 м. Резервуар повинен бути щільно закритий і обладнаний пристроєм для уловлювання вільного озону. Оброблена озоном вода, звичайно, отримує блакитний колір та приємний запах. Витрати електроенергії дорівнюють 13–29 квт-год на один кг озону. При відсутності пристрою для осушування повітря витрати електроенергії збільшуються в 2–3 рази. Тривалість контакту озону з водою повинна бути не меншою ніж 4 хв, доза озону приймається 0,75–1 для підземних вод та 1–3 мг/дм<sup>3</sup> для поверхневих вод.

Знезаражування води *іонами срібла* використовувалось ще на початку нашої ери коли воду почали зберігати в срібному посуді. Срібло є ефективним знезаражуючим реагентом. Вода, оброблена сріблом із дозою 0,1 мг/дм<sup>3</sup> зберігає високі санітарно-гігієнічні показники на протязі року. Уводити срібло можна безпосереднім контактом води з розвиненою поверхнею самого металу, розчиненням солей срібла у воді електролітичним способом. Електролітичний спосіб дозволяє швидко розчинити срібло у воді, регулювати процес і забезпечувати достатньо точне дозування.

### Контрольні питання

1. Які Ви знаєте основні технологічні прийоми водопідготовки?
2. Якими методами та із застосуванням якого обладнання можливо здійснити очищення води від зважених частинок?
3. Якими методами здійснюється процес видалення з води солей жорсткості? З якою метою проводиться знесолення води?
4. Які існують способи знезалізнення води?
5. Опишіть безреагентні способи знезалізнення води.
6. Які існують способи видалення мангану?
7. Опишіть знезалізнення методом спрощеної аерації і фільтрування.
8. Які фізичні способи знезаражування води існують?
9. Опишіть способи знезаражування води с використанням сполук хлору.
10. Опишіть спосіб знезаражування води озоном.

## Лекція 4. Мембранні технології у водопідготовці харчових виробництв

4.1 Загальна характеристика мембранних технологій та їх застосування у харчовій промисловості.

4.2 Мікрофільтрація та ультрафільтрація.

4.3 Зворотній осмос. Нанофільтрація.

### 4.1 Загальна характеристика мембранних технологій та їх застосування у харчовій промисловості

Традиційні способи очищення води – механічні, хімічні або реагентні – не забезпечують в більшості випадків необхідну ефективність очищення. Мембранні системи водопідготовки, промислове освоєння яких розпочалося приблизно з 1985 року, в даний час широко застосовуються в харчовій промисловості. Мембранним розділенням називають процес відділення певного компонента чи компонентів із суміші за допомогою напівпроникної мембрани.

Рушійною силою перенесення речовини крізь мембрану є різниця потенціалів:

– гідростатичного тиску (мікрофільтрація, ультрафільтрація, зворотний осмос);

– концентрації (дифузійний поділ газових сумішей, випар крізь мембрану, осмос, діаліз);

– електричних потенціалів (електродіаліз).

У харчовій промисловості використовують переважно мембранні установки, рушійною силою в яких є різниця гідростатичного тиску до і після мембрани. Залежно від діаметра пор мембрани розрізняють зворотний осмос (0,5–5 нм), ультрафільтрацію (5–50 нм) і мікрофільтрацію (50–10 000 нм).

На відміну від традиційних методів, що вимагають великих площ, багатокрокової технології обробки, значної кількості експлуатаційного персоналу, мембранні технології мають наступні переваги: компактність устаткування (наприклад, один ультрафільтраційний модуль діаметром 25 мм і завдовжки 1700 мм має продуктивність від 2,5 до 7 м<sup>3</sup>/год); простота нарощування потужностей зважаючи на модульну конструкцію устаткування; надійна бар'єрна фільтрація; достатньо низьке енергоспоживання; можливість отримання якісної фільтрації на одному кроці обробки води; отримання питної і технічної води з морської; мінімальне використання реагентів; можливість повної автоматизації процесів обробки і контролю якості води; технологія, що бурхливо розвивається (поява нових механічно і хімічностійких мембран).

Перші штучні мембрани були виготовлені в XIX столітті з оброблених в нітратній кислоті целюлози. З нітрату целюлози навчилися робити целулоїд, а пізніше целофан. І тільки в 1960 році була винайдена мембрана з іншого виду модифікованої целюлози – ацетату, яка була вже придатна для практичного застосування.



Мембрани, як і інші фільтруючі матеріали, можна розглядати як напівпроникні середовища: вони пропускають воду, але не пропускають, точніше, гірше пропускають деякі домішки. Однак якщо звичайне фільтрування застосовують для видалення з води відносно великих утворень – дисперсних і великих колоїдних домішок, то мембранні технології – для вилучення дрібних колоїдних частинок, а також розчинених сполук. Для цього мембрани повинні мати пори дуже малого розміру.

Серед полімерних матеріалів для виготовлення мембран найбільшого поширення набули:

- ацетати целюлози – для мембран зворотного осмосу;
- поліетилен і поліпропілен – для підкладки в композитних мембранах або для мембран мікрофільтрації;
- політетрафторетилен – для мембран мікрофільтрації;
- полісульфон і поліефірсульфон – для мембран мікрофільтрації та ультрафільтрації;
- полівініліденфторид – для мембран ультрафільтрації;
- ароматичний або аліфатичний поліамід – для виготовлення бар'єрного шару мембран зворотного осмосу.

Основна відмінність мембран від звичайних фільтруючих середовищ полягає в тому, що вони тонкі, і домішки затримуються тільки на поверхні мембрани.

Переважно використовуються 4 основних типи модульних мембранних елементів:

1. Трубчасті – тонкостінні трубки діаметром 5–20 мм з полімерів, пористої кераміки, металів.
2. Плівкові (пластинчасті) – пакет мембранних елементів, затиснутих між двома цільними плитами.
3. Порожнистоволоконні – мембранний елемент є корпусом, в який покладено пучки з безлічі порожніх волокон.
4. Рулонні (спіральні) – склеєні з трьох сторін прямокутники з композитних мембран.

До мембранних процесів воду, як правило, очищають від грубодисперсних домішок, а також від тих розчинених речовин, які можуть або пошкодити мембрану (активний хлор), або стати причиною відкладень на її поверхні (солі твердості).

Існують також спеціальні прийоми попередньої обробки води, які дозволяють істотно підвищити ефективність очищення, вийти на більш зручний режим роботи мембранної установки. Прикладом такого підходу є метод КУУФ – комплексоутворення-ультрафільтрація. Суть методу полягає в тому, що в розчин вводять добавки, що утворюють водорозчинні комплексні сполуки з компонентами, які необхідно видалити. Це призводить до збільшення розмірів знову утворених частинок, що дозволяє здійснювати поділ на більш крупнопористих мембранах. Потім комплекс руйнують, і комплексоутворювач повертається на повторне використання.

Чим більше у вихідній воді речовин з низькою розчинністю або взаємодіючих з матеріалом мембрани, тим більше вірогідність її забруднення. Головна причина такого роду проблем – так звана концентраційна поляризація, тобто локальне підвищення концентрації домішок поблизу робочої поверхні мембрани. Механічні і колоїдні частинки в таких умовах мають тенденцію до укрупнення і утворення агрегатів, які можуть відкладатися на мембрані, блокуючи її. Для солей з відносно низькою розчинністю підвищення концентрації теж може викликати утворення осаду.

*Основні методи очищення мембран:*

1. Гідравлічне очищення зворотним потоком пермеата. Йдеться про періодичну подачу пермеату під мембрани в камеру вихідного розчину. При цьому в камері знімають тиск, але продовжують прокачувати розчин. Спосіб застосовується для мембран з високою механічною міцністю.

2. Гідравлічне очищення реверсивним потоком концентрату – періодична зміна напрямку руху вихідного потоку вздовж мембрани.

3. Механічне очищення мембран за допомогою м'яких губчастих тіл, які проштовхуються вздовж мембрани потоком вихідного розчину, знімаючи з поверхні гелеві та осадові утворення.

4. Хімічне очищення мембран періодичним заповненням міжмембранних каналів хімічними реагентами. Дуже важливо правильно вибрати миючий засіб, який не має розчиняти мембрану, а також підібрати його концентрацію і режим миття. Для правильного підбору реагенту треба знати структуру і склад забруднень, а також стійкість мембран по відношенню до цього реагенту та її адсорбційні властивості. Як правило, ефективним є поєднання декількох реагентів.

Використовують хлоридну, сульфатну і нітратну кислоти, а також лимонну, винну, щавлеву, глюконову та інші органічні кислоти. Тому кислотна промивка – це завжди складний, багатоступінчастий процес з різними добавками: карбометілцеллюлоза, ПАР, розчинники органічні, фториди амонію і натрію тощо.

Зазвичай послідовність операцій така: розчин кислоти – чиста вода – розчин кислоти з комплексоном – чиста вода – розчин кислоти з ПАР – чиста вода – розчин лугу – чиста вода. Часто промивку проводять за підвищених температур, збільшеній швидкості циркуляції, з барботуванням повітря, тривалий час. Практикують промивку під високим тиском для очищення пор, тоді розчинні забруднення проходять в дренажні канали. Це треба враховувати при конструюванні установок.

Сильнодіючі розчинники: обмеження на їх застосування пов'язані з хімічною стійкістю мембран. Тому добре відмиваються керамічні мембрани, наприклад, етилацетатом. Фенол, крезол, гідрохінон використовуються для відмивання ацетатцелюлозних мембран, але треба співвідносити їх з санітарними вимогами до одержуваному продукту.

Спирти: металевий, етиловий, ізопропіловий спирти практично не взаємодіють з полімерами, швидко діють і добре відмиваються водою. Їх миюча

активність ще більше посилюється, коли їх змішують з етерами, алкіламінами, аміноспиртами і ПАР.

Поверхнево-активні речовини: вибір ПАР складний через їх різної адсорбційної здатності на поверхні мембран. У будь-якому випадку після мийки треба проводити їх десорбцію, яка не завжди проходить до кінця. Тому не рекомендується використовувати для промивання катіонні ПАР і амфоліти. Складно працювати з сильно ПАР, які сильно піняться.

Інші миючі засоби: широко застосовують розчини каустичної соди, гіпохлорид Na, луи, аміачну воду, гексаметафосфат Na, суспензію активованого вугілля, поліетиленгліколь та інші.

Процедура очищення включає в себе рециркуляцію хімічного агента протягом 20–30 хвилин, експозицію розчину протягом 20–30 хвилин, додаткову рециркуляцію протягом 15–20 хвилин, змив розчину з внутрішньої поверхні установки очищеною водою. Така операція проводиться для кожного з хімічного агента. Одночасне використання двох і більше реагентів в одному розчині не допустимо, тому вони можуть вступати між собою в хімічну реакцію і / або утворювати сполуки, які викликають деструкцію мембран.

Миючі розчини для хімічної промивки вибирають виходячи, в першу чергу, з міркувань хімічної стійкості мембрани. Миючі рецептури діляться на кислотні та лужні, що пов'язано з хімічними властивостями забруднень. Кислотні використовуються для видалення неорганічних осадів, таких як солі твердості (карбонати і сульфати Ca і Mg), гідроксиди Fe і Al. Лужні розчини застосовуються для видалення біологічних і органічних плівок, сполук силіцію.

Для полімерних мембран основними компонентами миючих розчинів є неорганічні і органічні кислоти (хлоридна, фосфорна, сульфамінова, лимонна, щавлева), а також луи, органічні й неорганічні комплексоутворювачі. Сірчана і азотна кислоти не застосовуються: азотна кислота здатна руйнувати матеріал мембрани, а використання сірчаної сприяє утворенню опадів сульфату кальцію, видалити який без пошкодження мембрани практично неможливо.

Оптимальна температура промивки – близько +40°C, швидкість потоку повинна бути близька до максимальної для даного типу мембран. Критерієм закінчення промивки може служити стабілізація рН миючого розчину, але при цьому його величина не повинна відрізнитися від початкового більше ніж на 30–40 %.

## **4.2 Мікрофільтрація та ультрафільтрація**

Область застосування мікрофільтрації та ультрафільтрації достатньо широка і включає, наприклад, такі напрямки:

- очищення вод поверхневих джерел;
- передпідготовлення води перед зворотним осмосом ті іонним обміном;
- кондиціонування мінеральних і питних вод.

*Мікрофільтрація* – процес, який застосовують для відокремлення від розчинника (води) завислих та колоїдних часточок розміром 0,1–10 мкм. Рушійна сила процесу – різниця тисків 0,01–0,05 МПа. Для мікрофільтрації

застосовують мембрани з розміром пор 0,05–10 мкм. Нині застосовують керамічні мікрофільтри у вигляді пластин або трубок. Останні отримують спіканням дисперсних порошків оксидів алюмінію, титану, цирконію та ін. Неорганічні фільтри виготовляють також способом золь-гель-технології з нанесенням утворених золів на пористу керамічну підкладку і наступною обробкою за температури 400–800°C.

*Ультрафільтрація* води – це спосіб очищення води, при якому вода під тиском продавлюється крізь мембрану з величиною пір 0,002–0,1 мкм. Процес ультрафільтрування здійснюється під дією різниці тиску 0,05–0,5 МПа. Ультрафільтрування застосовують для розділення систем, в яких молекулярна маса розчинених компонентів набагато більша за молекулярну масу розчинника (води). Широке поширення отримали ресурсозберігаючі капілярні ультрафільтраційні мембрани, що мають наступні параметри: ефективна фільтрація води (ультратонка фільтрація при робочому тиску до 6 атм; знижена кількість реагентів; проста автоматизація; повне видалення зважених речовин; дезінфекція (видалення 99,99% бактерій і вірусів); освітлення води (зниження каламутності та кольоровості води); висока ступінь очищення води від феруму та мангану; ефективне видалення колоїдного кремнію та органічних речовин; ультратонке очищення питної води (ступінь фільтрації 0,01 мкм); ультрафільтрація дозволяє зберегти сольовий склад природної води.

У даний час існує декілька типів ультрафільтраційних мембран, які відрізняються як технологічними особливостями, так і матеріалами, які використовуються. Найбільш прогресивними з точки зору експлуатації вважаються мембрани, які використовують принцип фільтрації ззовні всередину, який дозволяє застосовувати водо-повітряну промивку для інтенсивного видалення відфільтрованих домішок. Серед матеріалів надається перевага гідрофільним мембранам, виготовленим з механічно та хімічно стійких полімерів (наприклад, гідрофілізованого полівінілдефториту, Н-PVDF).

Мікро- та ультрафільтрація як технології підготовки води мають низку переваг перед традиційною фільтрацією:

- ефективне видалення домішок колоїдного ступеня дисперсності;
- ефективне видалення мікробіологічних домішок;
- відсутність ймовірності проскакування домішок в очищену воду;
- значно менші площі, які займають установки;
- менші витрати води на власні потреби.

#### **4.3 Зворотній осмос. Нанофільтрація**

*Зворотний осмос* є одним з методів мембранного розділення, який застосовують найчастіше (рис. 4.1). Його широко використовують для знесолення (демінералізації) всіх типів вод в установках різної продуктивності. Зворотний осмос – це процес фільтрації водних розчинів під тиском, що перевищує осмотичний, через напівпроникну мембрану. Процес зворотного осмосу, як правило, протікає під тиском 2,8–5 МПа.

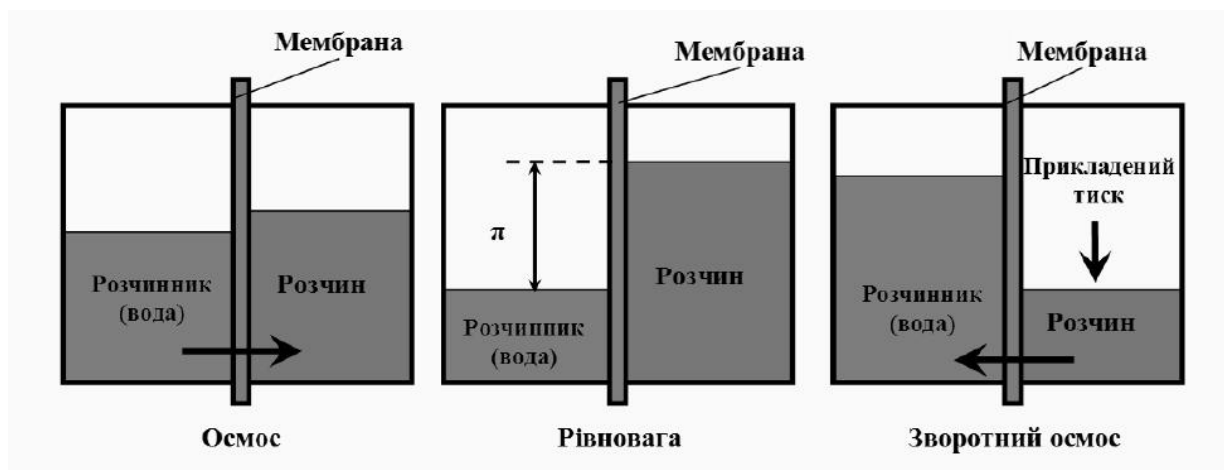


Рис. 4.1. – Схема процесів осмосу та зворотного осмосу

Основною функціональною одиницею установки осмосу є мембранні елементи. Вони можуть мати різні конструкції і виконання. Найчастіше в системи зворотного осмосу встановлюють рулонні мембранні елементи. Вони виготовляються з використанням новітніх інноваційних технологій, що дозволяють забезпечити високу якість очищення.

Рулонний мембранний елемент для установки зворотного осмосу складається з: трубки з прорізами для проходу пермеата і герметично приєднаного до неї пакету мембран, розташованого між ними дренажного листа та сітки-сепаратора, що утворює міжмембранні канали. У процесі скручування пакета для герметичного поділу напірної порожнини і порожнини збору пермеата кромки дренажного аркуша просочують спеціальним клеєм.

Вода, що пройшла процес попереднього очищення, подається на мембранну установку зворотного осмосу. Зворотньоосмотичні мембранні елементи затримують всі забруднення діаметром більше 0,1 нм.

Мембрана пропускає молекули розчинника (води) і затримує іони розчинних солей:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  і повний спектр органічних речовин і колоїдів з розміром, що значно перевищує діаметр пор мембран, в тому числі віруси і бактерії.

Установки зворотного осмосу ефективно видаляють з води гумінові кислоти та їх сполуки, які практично неможливо повністю видалити іншими технологіями.

Основними світовими виробниками мембран є Dow Chemical (США), GE Water&Process Technologies (США), Nitto Denko (Японія), Toray (Японія) і Koch (Німеччина). На українських промислових підприємствах в основному застосовуються мембранні елементи компаній Dow Chemical, GE Water&Process Technologies і Nitto Denko.

Установки зворотного осмосу бувають періодичної і безперервної дії. В установках періодичної дії опріснювана вода циркулює у замкненому контурі (із місткості вихідної води за допомогою насоса через мембранний апарат і знову в місткість вихідної води) до досягнення заданої концентрації солей у воді. В установках безперервної дії опріснювана вода проходить крізь мембранний

апарат один раз і виходить з установки із певною концентрацією розчиненої речовини. Іноді застосовують комбіновані установки, так звані припливно-циркуляційні, в яких одна частина опрісненої води з відповідним умістом солей подається споживачеві, а інша – повертається у вихідний розчин.

*Нанofільтрація* є мембранним процесом, схожим із зворотним осмосом. Відмінністю є селективність до багато- та однозарядних іонів, а також до органічних речовин. Так, якщо мембрани зворотного осмосу мають високу селективність відносно всіх іонів, то нанofільтраційні мембрани високоселективні відносно іонів кальцію, магнію, сульфат-іонів та інших багатозарядних іонів, однак порівняно проникні для однозарядних іонів – натрію, калію, хлоридів, нітратів і ін.

Нанofільтрацію можна використовувати замість коагуляції і фільтрування та для зм'якшення води. У разі оброблення води із вмістом солей до  $1000 \text{ мг/дм}^3$  кольоровість води зменшується на 96%, вміст сульфатів – на 96%, вміст загального органічного карбону – на 84%.

### **Контрольні питання**

1. Які мембранні технології використовуються для підготовки води?
2. Назвіть переваги використання мембранних процесів у водопідготовці.
3. Які матеріали застосовують для виготовлення мембран?
4. Охарактеризуйте методи очищення мембран.
5. Назвіть типи модульних мембранних елементів.
6. Охарактеризуйте мікрофільтрацію як метод підготовки води.
7. Охарактеризуйте ультрафільтрацію як метод підготовки води.
8. Дайте характеристику зворотного осмосу як методу підготовки води.
9. Якого розміру частинки затримуються при зворотному осмосі чи нанofільтрації?
9. В чому особливості процесу нанofільтрації?
10. Дайте порівняльний аналіз мембранних процесів.

## Лекція 5. Технологічні схеми підготовки води

5.1 Загальна характеристика та класифікація технологічних схем підготовки води.

5.2 Безреагентні схеми прояснення і знебарвлення води.

5.3 Двоступеневі реагентні схеми.

5.4 Одноступеневі реагентні схеми.

### 5.1 Загальна характеристика технологічних схем підготовки води

Підприємства з виробництва харчових продуктів користуються водою переважно із централізованих систем водопостачання або із власних артезіанських та інших свердловин. У першому випадку, вода вже доведена до стандартів питної на спеціальних водопідготовчих станціях. У другому випадку вода може не відповідати питній. Досягти високих органолептичних і стабільних фізико-хімічних показників харчових продуктів і напоїв, використовуючи таку воду, неможливо. Для доведення складу води до відповідних вимог виробництва харчових продуктів використовують різні способи додаткового оброблення. Практично немає жодного універсального способу оброблення, який можна було б застосовувати до води з будь-якою первісною якістю.

Вибір способу водопідготовки залежить від якості вихідної води, прийнятої технології виробництва, потужності підприємства і визначається індивідуально для кожного заводу з урахуванням властивих йому особливостей. Для одержання води, що відповідає вимогам харчової промисловості, допускається використання комбінованих схем водопідготовки.

Підготовка поверхневих вод полягає в затриманні колоїдних та завислих речовин, розміри яких коливаються в досить широких межах. В статичних умовах, тобто в місткості без будь-якого руху води, вони, в залежності від розмірів, видаляються упродовж 10 секунд – 4 років. Для видалення великих частинок досить просто передбачити методи розділення фаз, а для дрібних це зробити значно важче.

Кульським Л.А. розроблена класифікація домішок, які містяться у воді, та способи їх вилучення (таблиця 5.1). За цією класифікацією всі домішки поділені на дві системи і на чотири групи в залежності від їх розмірів. Найчастіше великі частки гетерогенної системи першої групи (завислі домішки, мікроорганізми й планктон) видаляються механічним розділенням у гравітаційному полі, під дією відцентрових сил, фільтруванням через поруваті елементи, окисленням хлором, озоном, адсорбцією на гідроксидах алюмінію. Друга група домішок (колоїдні розчини і високомолекулярні з'єднання, які обумовлюють окислюваність і кольоровість) частіше видаляється шляхом окислення, адгезією та адсорбцією на гідроксидах заліза та алюмінію, агрегацією флокулянтами. Для видалення домішок третьої групи (гази, розчинені у воді органічні речовини, що надають присмаку та запаху) найчастіше використовується аерування, окислення, адсорбція. Четверта група домішок (солі, кислоти, основи, що надають воді мінералізованість, кислотність, лужність) видаляється шляхом зв'язування іонів,

які підлягають видаленню, реагентами в малорозчинні і малодисоційовані з'єднання, фіксацією іонів на твердій фазі іонітів.

Таблиця 5.1 – Класифікація домішок води та процеси, що використовуються для їхнього видалення

Системи			
Гетерогенна		Гомогенна	
Зависі	Колоїдні розчини тощо	Молекулярні розчини	Іонні розчини
Групи (розміри в см)			
I ( $10^{-2}$ – $10^{-4}$ )	II ( $10^{-5}$ – $10^{-6}$ )	III ( $10^{-5}$ – $10^{-7}$ )	IV ( $10^{-7}$ – $10^{-8}$ )
Механічний безреагентний розподіл	Діаліз, ультрафільтрація	Аерування, евапорація, десорбція газів та легких органічних сполук	Гіперфільтрація
Окислення хлором, озоном тощо	Окислення хлором, озоном тощо	Окислення хлором, озоном, перманганатом калію	Переведення іонів у малодисоційовані сполуки
Адгезія на гідроксидах алюмінію та заліза, а також на зернистих та високодисперсних матеріалах	Адсорбція на гідроксидах алюмінію та заліза, на високодисперсних глинистих матеріалах	Адсорбція на активованому вугіллі та інших матеріалах	Фіксація іонів на твердій фазі іонітів
Флотація суспензій та емульсій	Коагуляція колоїдних систем	Екстракція органічними розчинами	Сепарація іонів при різних фазових
Агрегація флокулянтами	Агрегація високомолекулярним и флокулянтами катіонного типу	Асоціація молекул	Переведення іонів у малорозчинні сполуки
Бактерицидна дія на патогенні мікроорганізми та спори	Віруліцидна дія	Біохімічний розпад	Видалення іонів металів, мікроорганізмів
Електрофільтрація та електрозатримання мікроорганізмів	Електрофорез та електродіаліз	Поляризація молекул в електричному полі	Використання руху іонів в електричному полі



Технологічні схеми, що використовують в процесі водопідготовки, можна класифікувати за такими ознаками:

- використанням реагенту (реагентні та безреагентні);
- ефектом освітлення;
- числом технологічних процесів і числом ступенів кожного з них;
- характером руху оброблюваної води (напірні та безнапірні).

За ефектом освітлення розрізняють:

- технологічні схеми для повного або глибокого освітлення води;
- для неповного або грубого освітлення.

У першому варіанті очищена вода відповідає вимогам питної води. У другому варіанті вміст суспензії в очищеній воді набагато більший – 50–100 мг/дм<sup>3</sup>. Як правило, грубоосвітлену воду використовують для охолодження різноманітного виробничого устаткування.

За числом технологічних процесів і числом ступенів кожного з них технологічні схеми підрозділяють на одно-, дво- і багатоступінчасті.

В одноступінчастих схемах процеси здійснюють послідовно й одноразово (в один ступінь). Двоступінчасті схеми застосовують в тому випадку, коли один з основних технологічних процесів здійснюють двічі.

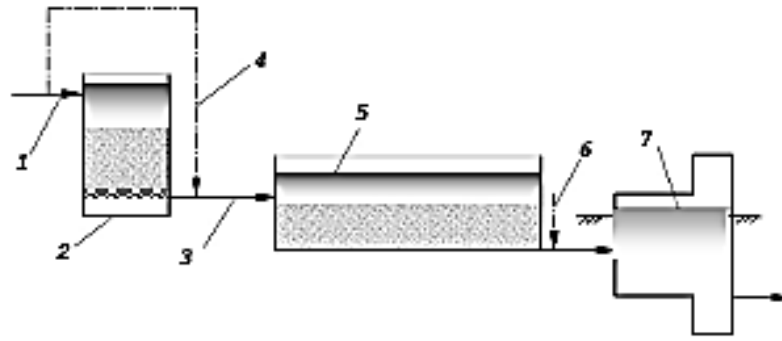
За характером руху оброблюваної води технологічні схеми підрозділяють на самопливні (безнапірні) і напірні. На міському і великому промисловому водоочисному комплексах рух вихідної води спорудами здійснюється самопливом. При цьому рівень води в кожній наступній споруді нижче рівня попередньої. Різниця рівнів визначає напір, необхідний для подолання гідравлічних опорів усередині споруди й у комунікаціях від однієї споруди до іншої.

У напірних спорудах закритого типу вода циркулює під тиском, створюваним насосною станцією.

Реагентні та безреагентні технологічні схеми застосовують в процесі підготовки води для господарсько-питних цілей і потреб промисловості. Процеси оброблення води із використанням реагентів відбуваються інтенсивніше і ефективніше. Безреагентні технологічні схеми (з гідроциклонами, акустичними, наливними і повільними фільтрами), як правило, застосовують для водопостачання невеликих водоспоживачів за кольоровості вихідної води до 50 град.

## **5.2 Безреагентні схеми прояснення і знебарвлення води**

Безреагентний метод використовують для очищення каламутних та малокольорових вод. Основними спорудами в цьому методі, зазвичай, є повільні фільтри (рис. 5.1).

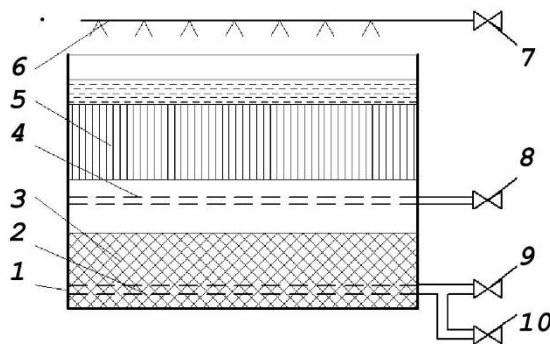


1 – подача вихідної води; 2 – попередній фільтр; 3 – відведення попередньо- проясненої води; 4 – подача вихідної води при каламутності менше 50 мг/дм<sup>3</sup>; 5 – повільний фільтр; 6 – періодичне введення окислювача; 7 – резервуар чистої води

Рис. 5.1. – Висотна схема споруд при безреагентному проясненні й знебарвленні води

За цією схемою вихідна вода частково прояснюється на попередніх фільтрах, а остаточно прояснюється та знебарвлюється на повільних фільтрах, які являють собою місткості, завантажені дрібним піском. При високих показниках вихідної води (каламутність менше 50 мг/дм<sup>3</sup>) вона може подаватись безпосередньо на повільний фільтр. Повільний фільтр достатньо повно (до 95%) знезаражує воду. Повільні фільтри періодично регенерують шляхом зняття вручну лопатами плівки із затриманих забруднень.

Для знебарвлення і прояснення малокаламутних та кольорових поверхневих вод можливо використовувати біологічний метод очищення з використанням біопрояснювального фільтра (рис. 5.2).



1 – корпус; 2 – розподільна система; 3 – піщана засипка; 4 – система збору промивної води; 5 – біопоглинач; 6 – розбризкуючий пристрій; 7 – подача вихідної води; 8 – відвід промивної води; 9 – відвід фільтрату; 10 – подача промивної води

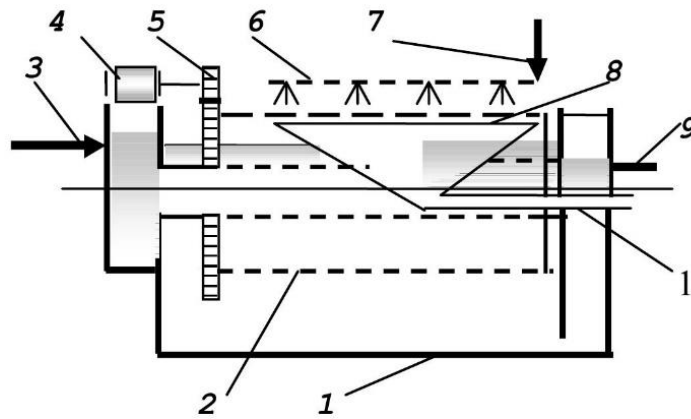
Рис. 5.2 – Схема біопрояснювального фільтра

Фільтр для очищення води містить корпус 1, фільтруючу засипку 3, розподільну систему 2. В надфільтровому просторі закріплений біопоглинач 5. Зверху над фільтром знаходиться розбризкуючий пристрій 6. В якості носія закріпленої мікрофлори (біопоглинач) використовується насадка із капронових

текстурованих джгутових ниток (КТДН) діаметром 2–3 мм із щільністю упаковки від 10000 до 90000 шт/м<sup>2</sup>. Контактна поверхня КТДН знаходиться в межах відповідно 62,8 та 847,8 м<sup>2</sup> при довжині насадки 1 м. В якості фільтруючої засипки фільтра використовується кварцовий пісок з розмірами фракцій 0,5–1 мм. Висота фільтруючого шару приймається в межах 0,7–1,0 м. Фільтр працює наступним чином. Вихідна вода трубопроводом 7 через розбризкуючий пристрій 6 подається у верхню зону біопоглинача 5. Під час зливання води у фільтр з висоти 0,5–0,6 м відбувається її спрощена аерація та насичення киснем. Збагачена киснем вода рухається вздовж волокон біопоглинача. Завдяки розвитку бактерій на поверхні ниток та силі біопоглинання із води вилучається значна кількість колоїдних, завислих та органічних речовин, знижується кольоровість води, а остаточно доочищується вода в піщаному шарі. При зниженні якості фільтрованої води або продуктивності фільтра до встановлених значень, фільтр виводиться на регенерацію. Регенерація фільтруючої засипки заключається в зворотній промивці очищеною водою, яка подається по трубопроводу 10. Під час промивки фільтруючого шару рівень води у фільтрі знижується, тим самим сприяє промивці волокон біопоглинача. Забруднена промивна вода відводиться по трубопроводу 8.

Мікрофільтри – це обертові круглі сітки, через які в нижній частині (2/3 діаметра) пропускають воду (рис. 5.3). Швидкість фільтрування приймається 40–60 м/год. Стандартні мікрофільтри мають діаметр барабану 1,5–3 м при його довжині 1–4,5 м. Воду подають у внутрішній простір, а відводять зовні. При забрудненні полотна сітки барабан обертають і зверху на сітчастий барабан подають промивну воду, яка відмиває забруднення і скидається спеціальним жолобом у каналізацію. Середні витрати води на промивку сітки складають 2 %. Додаткове встановлення на станціях з двоступеневою очисткою мікрофільтрів підвищує продуктивність станції на 10–20% і збільшує фільтроцикл в два рази.

Барабанні сітки відрізняються від мікрофільтрів більшим вічком сітки і використовуються при відсутності у воді планктону. Вихідна вода подається в верхній та нижній відсіки фільтра і профільтровується крізь сітчасті фільтруючі елементи, на яких затримуються забруднення, збирається між цими елементами та відводиться трубопроводом 4. Одночасно електродвигун обертає порожнистий вал з прикріпленими до нього промивними коробами. Ці коробки по колу обходять фільтруючі елементи, чиста вода із центрального відсіку в місці знаходження коробка проходить у зворотному напрямку фільтруючий елемент, промиває його від затриманих забруднень, збирається коробом, перетікає в порожнистий вал, а потім відводиться трубопроводом 8.

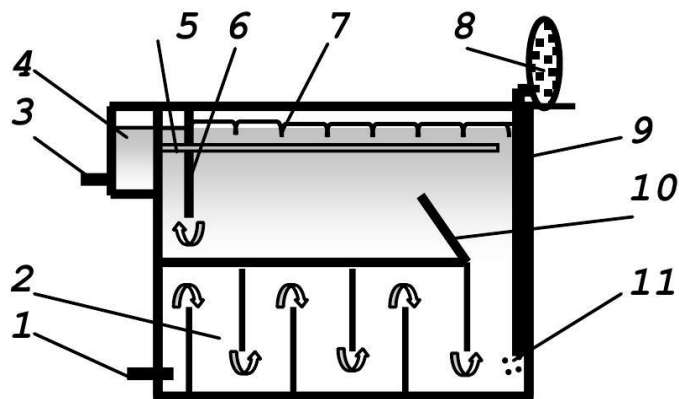


1 – камера; 2 – барабан; 3 – подача вихідної води; 4 – електродвигун; 5 – шестерні; 6 – розподільна система промивної води; 7 – подача промивної води; 8 – жолоб; 9 – відведення проциженої води; 10 – відведення промивної води

Рис. 5.3 – Схема мікрофільтру

Флотатори використовуються при обробці природних вод, в яких після обробки їх коагулянтами утворюється легкий, погано осідаючий осад. Найчастіше до таких вод відносяться високо-кольорові (кольоровість вище 120 градусів) води, невисокої каламутності, які вміщують планктон та дрібнодисперсну й колоїдну завись. Принципова схема флотатора показана на рис. 5.4.

Вихідна вода, змішана з коагулянтном, подається в камеру утворення пластівців перегородкового, вертикального типу. На виході із камери у воду вводиться повітря-водяна суміш, що забезпечує насичення води бульбашками повітря. Нахилена струмененапрямна перегородка 10 забезпечує вихороподібні потоки та збільшує можливість зіткнення дрібних бульбашок повітря з пластівцями зависі.



1 – подача вихідної води; 2 – камера утворення пластівців; 3 – відведення проясненої води; 4 – збірний канал; 5 – дірчастий трубопровід проясненої води; 6 – струмененапрямна перегородка; 7 – лотки для збору шламу; 8 – напірний бак; 9 – трубопровід водоповітряної суміші; 10 – нахилена струмененапрямна перегородка; 11 – розподільча дірчаста система

Рис. 5.4 – Схема флотатора

В верхній частині флотатора вода проходить повільним горизонтальним потоком і легкі домішки спливають, згрібаються спеціальними скребковими механізмами в лотки і відводяться за межі флотатора. Видалення шламу проводиться періодично в залежності від накопиченого його шару. При цьому не повинно уходити багато води і не повинно бути спінювання шламу в камері. Для досягнення найбільшого ефекту очищення висота шару води над нахиленою струмененапрямною перегородкою повинна бути:

$$h = q / (b \cdot V) \quad (5.1)$$

де  $q$  – витрати води, які проходять крізь флотаційну камеру,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$b$  – ширина флотаційної камери,  $\text{м}$ ;

$V$  – швидкість потоку, яка приймається в межах  $0.016\text{--}0.02$   $\text{м}/\text{с}$ .

Прояснена вода збирається дірчастим трубопроводом 5, відводиться в збірний канал, із якого перетікає в трубопровід 3. Повітря в напірний бак 8 подають ежектором, який встановлений на подавальному, водяному трубопроводі. При проектуванні флотаційних установок слід приймати питоме навантаження на  $\text{м}^2$  площі камери  $6\text{--}8$   $\text{м}^3/\text{год}$ , тривалість перебування в камері –  $15\text{--}25$  хвилин, витрати повітря від загальних витрат вод –  $0.9\text{--}1.2\%$ , найбільш сприятлива висота робочої зони  $1.5$   $\text{м}$ , витрати водоповітряного розчину від загальних витрат води –  $8\text{--}10\%$ .

Гідроциклони мають високу компактність, невеликі капітальні й експлуатаційні затрати, високу питому продуктивність. Розділення вихідної води на тверду й рідку фази в гідроциклоні проходить під дією відцентрових сил. Специфіка роботи гідроциклону не дозволяє видаляти з води легкі та дрібні домішки. Звичайно, гідроциклони використовуються для затримання частинок крупністю не менше  $10\text{--}20$   $\mu\text{м}$ , що відповідає гідравлічній крупності  $0,1$   $\text{мм}/\text{с}$ . Їх використовують у реагентних схемах для попереднього прояснення води в період повені, а в безреагентних схемах вони замінюють горизонтальні відстійники. Вихідна вода подається у верхню частину гідроциклону тангенціально. В результаті вона отримує оберти і просувається до зливного патрубку в центрі гідроциклону. Завись відкидається до стінок, спускається в конічну частину і безперервно через насадку скидається в каналізацію. Разом із домішками скидається до  $10\text{--}15\%$  води, що необхідно враховувати в розрахунках продуктивності гідроциклону по проясненій воді. В гідроциклонах меншого діаметра видаляється разом з домішкам більше води. При обертанні об'єма води відцентрова сила має прискорення:

$$a = V^2/R \quad (5.2)$$

де  $V$  – лінійна швидкість частинки,  $\text{м}/\text{с}$  ;

$R$  – радіус обертання частинки,  $\text{м}$ .

Таким чином, із збільшенням швидкості входу води в гідроциклон та зменшенням його діаметра буде збільшуватись відцентрова сила і відповідно ефект очищення. Для видалення високодисперсних завислих частинок використовують гідроциклони малого діаметра. Збільшення вхідної швидкості забезпечується більш потужними насосами й заміною вкладишів у трубопроводі, який впускає воду в гідроциклон. З метою економії електроенергії призначають

роботу гідроциклонів в залежності від зміни каламутності води, крупності зависі і складу води. Звичайно, при зниженні каламутності води в джерелі гідроциклони відключають. Якщо в одному сталевому корпусі встановлено ряд гідроциклонів однакового діаметра, то він називається мультициклоном. В мультициклоні окремі гідроциклони закріплені в двох горизонтальних перегородках, вихідна вода подається між цими перегородками і потрапляє в кожний гідроциклон, прояснена вода забирається із секції над верхньою перегородкою. Гідроциклони бувають напірні та безнапірні (відкриті). Їх виготовляють самостійно на місці або використовують апарати заводського виготовлення. Заводські апарати бувають нефутеровані й футеровані камінним литтям або шлакоситалом. Футеровані більш довговічні. Діаметр нефутерованих гідроциклонів дорівнює 50–500 мм, а футерованих – від 150 до 2000 мм. В гідроциклонах швидкість просування домішки значно більша за швидкість вільного осадження, а тому завись видаляється швидше ніж у відстійниках.

Намивні фільтри дозволяють забезпечувати глибоке прояснення води в оборотних циклах, у схемах поповнення водою плавальних басейнів, у схемах господарсько-питного водопостачання невеличких населених пунктів при фільтруванні через дрібнодисперсні (розмір 2–80 мкм) порошки. В якості фільтруючих порошоків використовують діатоміт, фільтроперлит, целюлозу, тощо. При використанні порошкових іонітів із розміром часток 50–150 мкм можна проводити зм'якшення і знесолення води. Найчастіше використовують напірні фільтри. В корпусі такого фільтра розміщуються фільтруючі керамічні патрони (довгі циліндри з поруватими стінками), які верхньою частиною закріплені в опорній плиті. В перші 3–5 хвилин після пуску в робочий цикл разом із вихідною водою подається 400–1000 г/м<sup>3</sup> порошку, який налипає тонким шаром по зовнішній поверхні всіх патронів, і в подальшому забезпечує необхідну ступінь очищення.

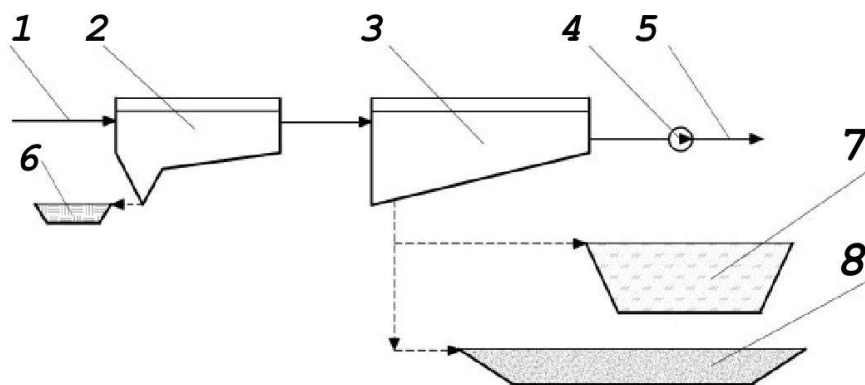
Кількість порошку залежить від умов очищення і технологічних процесів (прояснення, зм'якшення, знесолення). Утримується порошок завдяки різниці тиску зовні і всередині патронів. В порівнянні з напірним фільтром однакового діаметра площа фільтрування стає більшою в 8–10 раз. Це забезпечує малогабаритність установки. Проте швидкість фільтрування приймається 2–3 м/год при проясненні і 3–10 м/год при зм'якшенні й знесоленні. Тривалість фільтроциклу, звичайно, коливається в межах 36–60 год. Фільтроцикл закінчується досягненням граничних втрат напору (більше 0.15–0.2 МПа), коли фільтр вже не може пропускати розрахункову кількість води. Його промивають на протязі 15 хвилин зворотною течією чистої води. Тривалість промивки досягає 15 хв. Витрати води на промивку складають 0,5–0,7%.

Для збільшення тривалості фільтроциклу періодично в вихідну воду додають порошок у кількості 3–10 мг/дм<sup>3</sup> або змінюють гідравлічний режим фільтра для руйнування щільної плівки на поверхні порошку. Типові установки мають зовнішній діаметр фільтра 1; 1,4 м. На такі установки рекомендується подавати воду поверхневих джерел із каламутністю до 40 мг/дм<sup>3</sup> і кольоровістю

до 30 градусів. При фільтруванні одночасно знижується в 2 рази вміст органічних речовин, видаляються ферум, манган, масла, мікроорганізми.

Під час експлуатації станцій прояснення та знебарвлення, знезалізнення води деяку частину її використовують на власні потреби споруд. Більша частина цієї води призначається для промивки фільтрів чи контактних прояснювачів, а меншу скидають разом з осадом під час його видалення з відстійників чи прояснювачів із завислим осадом. Раніше всі ці води скидали безпосередньо в природні водойми, що значно забруднювало воду водойм. Зниження витрат води на власні потреби та охорона природних водойм від забруднення промивними водами досягаються влаштуванням споруд обробки промивних вод.

В одноступеневих технологічних схемах (рис. 5.5) очищення природної води промивну воду після контактних фільтрів чи прояснювачів подають спочатку на піскоуловлювач, де затримуються вимиті частинки засипки, а потім вона надходить у відстійник промивних вод. Тривалість відстоювання Твід для станцій безреагентного знезалізнення води беруть 4 год. а для інших станцій – 2 год.



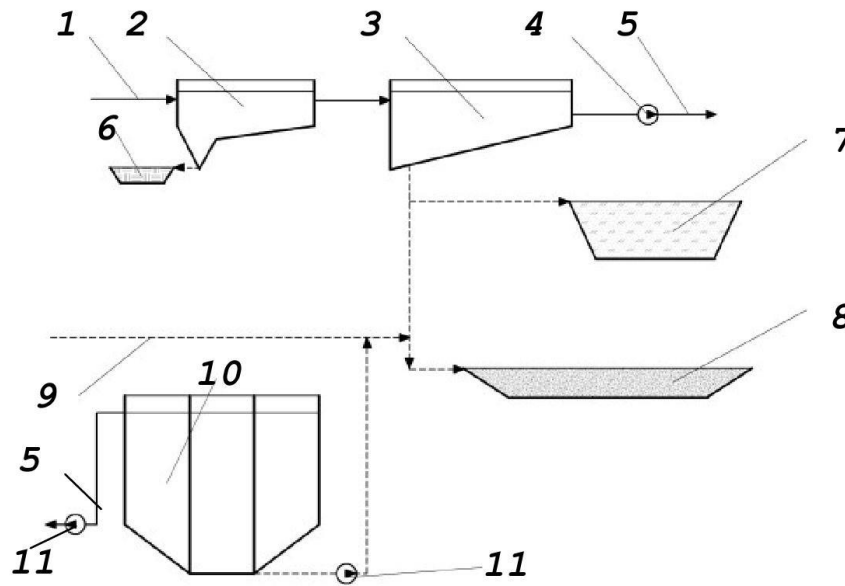
1 – промивна вода контактних прояснювачів; 2 – піскоуловлювач; 3 – відстійник промивних вод; 4 – насос; 5 – подавання відстоюної води до змішувача; 6 – пісковий майданчик; 7 – накопичувач; 8 – майданчик заморожування або підсушування осаду

Рис. 5.5 – Схеми обробки промивних вод одноступеневих технологічних схем

У двоступеневих технологічних схемах промивна вода від швидких фільтрів проходить споруду повторного використання промивних вод, а осад від відстійників або прояснювачів із завислим осадом скидається в споруди обробки осаду (рис. 5.6).

В споруді повторного використання промивних вод промивна вода від фільтрів потрапляє в нижню частину піскоуловлювача, а потім через вікно в перегородці у резервуар промивної води. Воду в резервуарах не відстоюють, а рівномірно забирають та перекачують у змішувач. Осідок із приямків забирають гідроелеватором і подають на споруди обробки осаду. Осідок від відстійників чи прояснювачів із завислим осадом слід зневоднити, а потім вивезти за межі станції. При каламутності води, що очищується, до 300 мг/дм<sup>3</sup> осад подають

спочатку на згущувач, а потім, як і в інших схемах, на майданчик заморожування (в регіонах з низькими температурами), накопичувачі (в середній смузі), майданчики підсушування (в регіонах із жарким, сухим кліматом).



1 – подача промивної води фільтрів; 2 – піскоуловлювач; 3 – резервуар; 4 – насос; 5 – подавання промивної води до змішувача; 6 – пісковий майданчик; 7 – накопичувач; 8 — майданчик заморожування або підсушування осаду; 9 – подача осаду від відстійників чи прояснювачів із завислим осадом; 10 – згущувач; 11 – насоси осаду і води

Рис. 5.6 – Схеми обробки промивних вод та осаду двоступеневих технологічних схем

Згущувач приймають діаметром до 18 м, середньою глибиною до 3,5 м, з обертальною фермою, що має лопаті трикутного чи круглого перерізу, швидкість обертання якої 0,015–0,03 м/с. Осад на згущувач потрапляє за графіком скидання його з основних споруд. Тривалість згущення 5–10 год, а тривалість перекачування з нього проясненої води та згущеного осаду – 30–40 хв. Кількість згущувачів призначають з умов періодичного прийняття осаду та його обробки (як правило, не менше, ніж кількість відстійників чи прояснювачів із завислим осадом).

Середня вологість осаду, що виходить із згущувача, залежить від якості вихідної води та технологічної схеми і дорівнює 80,0–98,2%.

Накопичувачами можуть бути яри, старі кар'єри, які відгороджують дамбою, сплановані та обваловані ґрунтом майданчики завглибшки не менш як 2 м. Період накопичування осаду беруть не менш як 5 років. При цьому в накопичувачі передбачають пристрій для видалення води, що з'являється після пресування осаду. В накопичувачах передбачають не менше двох секцій, які наповнюють осадом поперемінно за роками. Одна секція наповнюється упродовж року, а в другій відбуваються зневоднення та пресування осаду. Пристрої для подавання осаду та відведення води розміщені на протилежних

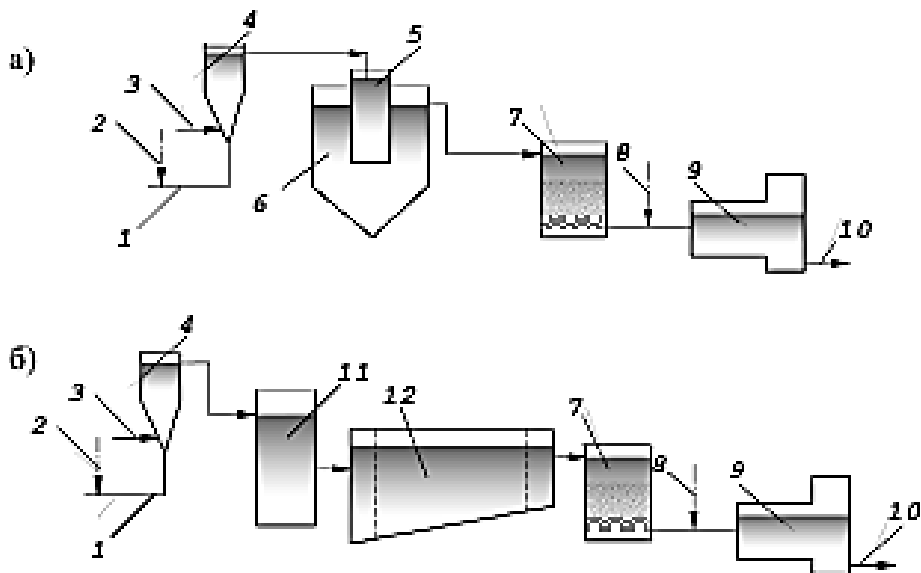


боках накопичувача. Об'єм накопичувача приймають у залежності від середніх значень вологості та густини осаду за роками. Їх беруть відповідно до даних експлуатації накопичувачів в аналогічних умовах або довідкових даних залежно від призначення станції, якості води, що очищується, вибраної технологічної схеми очищення води.

Майданчики заморожування являють собою сплановану площину, обмежену валками з ґрунту та обладнану пристроями для напускання осаду й відведення води. Їх можна використовувати в районах із стійкими морозами, що тривають не менш як 2 міс. на рік. Спресований осад вивозять через один – три роки. Корисну площу майданчика для зимового напускання осаду визначають з умови розміщення всього об'єму осаду, що надійшов за цей період. Шар осаду за один напуск беруть 0,07–0,1 м. Кількість секцій залежить від тривалості заморожування та кількості напусків осаду за зимовий період. Напускання осаду роблять лотками, що розташовані з одного боку майданчика, а пристрій випуску проясненої води – з другого. Ширину майданчика беруть не більш як 40 м.

Майданчики підсушування осаду використовують у південних районах, де дефіцит вологи становить понад 800 мм. Зневоднення осаду досягають внаслідок підсушування на відкритому повітрі та дії власної маси осаду. Зневоднений осад вивозять через один – три роки після напускання. Загальна корисна площа майданчиків підсушування визначається із врахуванням зимово-весняного та літнього напуску, відповідно підсушування осаду та випаровування води, річної кількості осадів, об'єму осаду та його середньої вологості.

**5.3 Двоступеневі реагентні схеми** використовуються при каламутності вихідної води до  $1500 \text{ мг/дм}^3$  та кольоровості до 120 град. ПКШ. В залежності від продуктивності станції приймають наступні схеми. При продуктивності станції до  $5000 \text{ м}^3/\text{доб}$  рекомендується схема (рис. 5.7 а) з вертикальними відстійниками (перша ступінь очищення) і швидкими фільтрами (друга ступінь очищення). Воду подають на очищення, вводять у неї розчин хлору для окислення органічних речовин і коагулянт для подальшої коагуляції. Вода змішується з реагентами в змішувачі, із якого потім перетікає в камеру утворення пластівців водоворотного типу. Камера розташована в плані в центральній частині відстійника. У воді, що виходить з камери в нижній частині відстійника, утворюються пластівці, основна маса яких осідає у відстійнику при висхідному вертикальному її русі. Доочищення води від залишків зависі (каламутність води на виході із відстійника  $8\text{--}15 \text{ мг/дм}^3$ ) і пластівців завершується на швидких фільтрах (резервуарах, завантажених зернистою засипкою з рухом води зверху до низу). Очищену воду збирають у резервуарах чистої води.

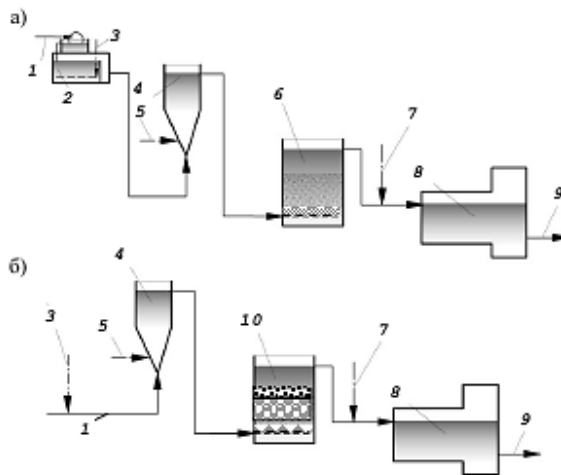


а – з вертикальними відстійниками і швидкими фільтрами; б – з горизонтальними відстійниками і швидкими фільтрами: 1 - подача води на очищення; 2 – введення хлору; 3 – введення коагулянту; 4 – змішувач; 5 – камера утворення пластівців; 6 – вертикальний відстійник; 7 – швидкий фільтр; 8 – вторинне введення хлору; 9 – резервуар чистої води; 10 – подача води на насосну станцію; 11 – камера утворення пластівців; 12 – горизонтальний відстійник; 13 – прояснювач із завислим осадом

Рис. 5.7. – Двоступеневі реагентні схеми прояснення й знебарвлення води

При продуктивності станції більше 30000 м<sup>3</sup>/доб (рис. 5.7 б) замість вертикальних використовують горизонтальні відстійники. Перед ними в схемі обов'язково влаштовуються камери утворення пластівців, конструкція яких залежить від якості вихідної води. Вода з добре сформованими пластівцями після камери рухається повільним горизонтальним потоком через відстійник і пластівці осідають по всій довжині в нижній частині відстійника. Інші споруди в цій схемі такі самі як у попередній. В інтервалі продуктивності від 5000 до 30000 м<sup>3</sup>/доб замість відстійників широко використовують прояснювачі із шаром завислого осаду. Проте вода в джерелі не повинна мати каламутність менше 50 мг/дм<sup>3</sup> у будь-який період року. На прояснювачі вода, яка змішана з реагентами, подається безпосередньо зі змішувача. У прояснювачах вода рухається вертикальним висхідним потоком через шар раніше затриманих пластівців, який і затримує нові порції пластівців. Прояснена вода з верхньої частини прояснювача також, як і в попередніх схемах, відводиться на швидкі фільтри.

**5.4** Малокаламутні та кольорові води можна очищати за **одноступеневою реагентною схемою** (рис. 5.8).



а – з контактними прояснювачами; б – з контактними пінополістирольно-вугільними фільтрами; 1 – подача води на очищення; 2 – мікрофільтр; 3 – введення хлору, 4 – змішувач; 5 – введення коагулянту; 6 – контактний прояснювач; 7 – введення вторинного хлору; 8 – резервуар чистої води; 9 – подача води на насосну станцію; 10 – контактний пінополістирольно-вугільний фільтр

Рис. 5.8. – Одноступеневі реагентні схеми прояснення й знебарвлення води

При каламутності води до  $120 \text{ мг/дм}^3$  і кольоровості до 120 град. ПКШ використовують схему з контактними прояснювачами (рис. 5.8 а). Воду, яку подають на очищення, попередньо очищують від планктону, сміття на барабанних сітках або мікрофільтрах, змішують у трубопроводі з хлором і подають у контактний резервуар, де окислюються органічні речовини. З резервуара воду подають у змішувач, де вона змішується з коагулянтом. Змішану з коагулянтом воду подають безпосередньо в контактний прояснювач із зернистою засипкою, де вона рухається знизу вгору, прояснюється й збирається в резервуарі чистої води.

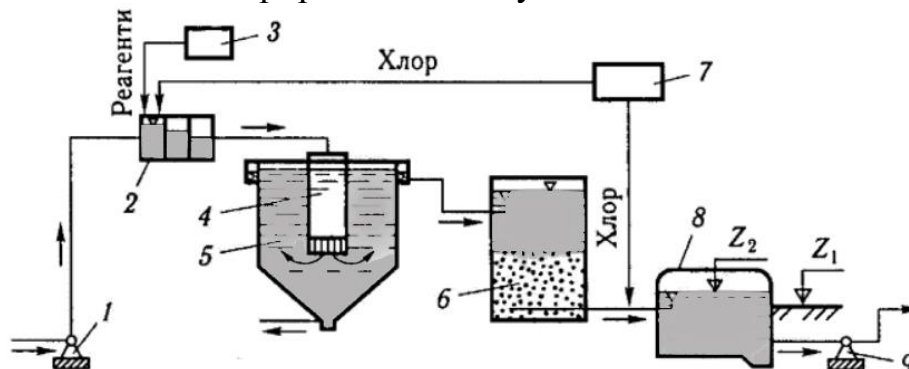
При каламутності вихідної води до  $100 \text{ мг/дм}^3$  та кольоровості до 100 град. ПКШ можна використовувати схему з контактними пінополістирольними або пінополістирольно-вугільними фільтрами (рис. 5.8 б), на які вода, змішана з реагентами, потрапляє із змішувача. Проходячи через шар плаваючого пінополістиролу знизу вгору вода прояснюється й знебарвлюється, а в шарі активованого вугілля дезодорується.

Для дезодорації води в попередніх схемах необхідно було вводити активоване вугілля у вигляді порошку перед першою або другою ступенями очищення або перед резервуаром чистої води, встановлювати фільтри з гранульованим активованим вугіллям, що ускладнює технологію очищення води. Воду найчастіше знезаражують введенням окислювача перед резервуаром чистої води.

Зараз розроблено багато інших схем очищення води, в тому числі із флотаторами та швидкими фільтрами, двома або трьома ступенями фільтрувальних споруд, тонкошаровими трубчастими відстійниками і швидкими фільтрами (установка «Струміль») тощо. При наявності в поверхневих водах

фенолів, нафти, пестицидів, ПАР, солей важких металів для їх видалення при підготовці питної води слід передбачати тільки реагентні схеми, при цьому швидкість фільтрування на фільтрувальних спорудах необхідно зменшувати у порівнянні із швидкістю, яка необхідна тільки для прояснення й знебарвлення води.

Універсальна технологічна схема зображена на рис. 5.9. Її можна застосовувати для очищення природної води будь-якої якості.



1 – насосна станція першого підйому; 2 – змішувачі; 3 – реагентний цех; 4 – коловоротна камера пластівцеутворення; 5 – вертикальний відстійник; 6 – швидкі фільтри; 7 – хлораторна; 8 – резервуари чистої води; 9 – насосна станція другого підйому

Рис. 5.9. – Схеми технологічних споруд водоочисних станцій з вертикальним відстійником і швидкими фільтрами

Очищувана вода під тиском насосів першого підйому подається на барабанні сітки для вилучення крупних зависей. Потім вона надходить у змішувач, у який додають хлор (первинне хлорування), коагулянт та за потреби лужні реагенти (підлугування води). Після змішування з реагентами вода надходить до камери пластівцеутворення, вмонтованої у відстійнику. Утворені великі агрегати пластівців випадають в осад у вертикальних або горизонтальних відстійниках. Вибір останніх залежить від продуктивності станції. За великої продуктивності застосовують горизонтальні відстійники. Потім вода надходить на швидкий фільтр, перед яким за потреби до неї додають реагенти для дезодорації, фторування чи інтенсифікації процесу фільтрування. Профільтровану воду знезаражують і направляють у резервуар чистої води, звідки насосами другого підйому вона подається в мережу водоспоживача. Якщо воду використовують як технічну, то потреба в її дезодорації, фторуванні й знезараженні відпадає.

### Контрольні питання

1. Наведіть особливості безреагентних схем прояснення і знебарвлення води.
2. Опишіть двоступеневі реагентні схеми прояснення і знебарвлення води.
3. Опишіть одноступеневі реагентні схеми прояснення і знебарвлення води.

4. Запропонуйте схеми очищення води при наявності фенолів, нафти тощо.
5. Охарактеризуйте принцип роботи флотатора.
6. Охарактеризуйте принцип роботи мікрофільтра.
7. Охарактеризуйте принцип роботи гідроциклону.
8. Як класифікують технологічні схеми, що використовують у процесі водопідготовки.
9. Охарактеризуйте будову та принцип роботи біопрояснювального фільтра.
10. Опишіть схеми технологічних споруд водоочисних станцій з вертикальним відстійником і швидкими фільтрами.

## **Лекція 6. Тенденції сучасних методів підготовки питної води**

6.1 Загальні тенденції сучасних методів водопідготовки.

6.2 Традиційні технічні рішення підготовки питної води в Україні.

6.3 Приклади технологічних схем підготовки питної води у зарубіжних країнах.

### **6.1 Загальні тенденції сучасних методів водопідготовки**

Концепція ВООЗ стосовно забезпечення населення доброякісною питною водою передбачає, перш за все, мікробіологічну безпечність води, але разом з тим слід мінімізувати використання хімічної обробки. Особливу увагу слід приділити біологічним методам з метою зниження утворення побічних продуктів очищення води. Закачування води з поверхневих джерел у поверхневі піщані горизонти (дамби, насипи) є одним із таких методів, які широко практикують у різних державах для попереднього очищення води від органічних та мікробних забруднювачів. Таке попереднє очищення набуває поширення як більш економна можливість одержання біологічно стабільної води, до того ж дозволяє мінімізувати використання хлору, який утворює з природними органічними речовинами токсичні сполуки.

Технологія питного водопостачання повинна у повній мірі забезпечувати користувачів якісною питною водою і передбачає видалення або зниження до мінімальних концентрацій потенційно небезпечних для здоров'я людини компонентів вихідної води під час її обробки. Зазвичай технологія підготовки високоякісної питної води створюється з урахуванням практичних можливостей виробника та якості води джерела.

Ризики, пов'язані з наявністю токсичних хімічних речовин у питній воді, відрізняються від ризиків, що мають місце у випадку мікробіологічного забруднення. Лише деякі хімічні компоненти у воді можуть викликати гострі порушення здоров'я, виключаючи сильне забруднення системи водопостачання. Тому хімічні забруднюючі речовини відносять до категорії нижчої пріоритетності, ніж мікробні, дія яких зазвичай буває сильнішою та масштабнішою. Однак використання хімічних дезінфікуючих засобів у водопідготовці призводить до утворення потенційно небезпечних для здоров'я людини побічних продуктів. Тобто, технологія підготовки питної води наштовхується на дві проблеми, які «конфліктують» між собою: з одного боку, необхідність створення сильного дезінфікуючого ефекту, а з іншого – зниження до мінімуму або виключення побічної дії вторинних продуктів дезінфекції на здоров'я людини. Знезараження води є кінцевою (заключною) стадією захисту питної води від зовнішнього забруднення та вторинного росту мікроорганізмів у водорозподільчій системі. Тобто, всю послідовність процесів очищення фактично слід розглядати як підготовку води до ефективного та надійного знезараження. У відповідності з концепцією ВООЗ тенденція, яка зараз спостерігається у технологіях водопідготовки, полягає у оптимізації використання хімічних реагентів із залученням фізичних або біологічних

методів очищення з метою зниження доз цих реагентів, а відповідно зменшення кількості побічних продуктів, що можуть утворюватися під час знезараження. Такий підхід передбачає застосування принципу багатобар'єрності технології водопідготовки з максимальним природних можливостей водоочищення за допомогою різноманітних фільтруючих пристроїв або перегородок.

## **6.2 Традиційні технічні рішення підготовки питної води в Україні**

Традиційні технічні рішення підготовки питної води (коагуляція – відстоювання – фільтрування – знезараження), що застосовуються на більшості водопровідних станцій з поверхневим водозабором в Україні, розраховані на доведення рівня іонних домішок в питній воді до вимог ДСанПіН 2.2.4–171–10 лише за умови загальної низької забрудненості вихідної води. В умовах високого антропогенного навантаження на водойми водопровідні станції не в змозі довести якість питної води до вимог відповідних нормативів.

До основних недоліків використання традиційних технічних рішень підготовки питної води можна віднести:

- значне коливання якості очищеної питної води;
- великі габарити і ресурсоемність обладнання;
- імовірність утворення небезпечних канцерогенних речовин при знезараженні води реагентами, які містять хлор;
- споживання значної кількості дорогих хімічних реагентів, а також необхідність в організації їх зберігання та підготовки;
- застосування різноманітних реагентів постійно призводить до виникнення ризику утворення продуктів перетворення хімічних сполук.

Широке застосування в технічних рішеннях підготовки питної води хлору призводить до утворення хлорорганічних сполук, які мають канцерогенні та мутагенні властивості. Те ж саме можна сказати і про алюмінії – речовину, яка завдає значної нейрогенної дії на людський організм. У ході коагуляції води сполуками алюмінію вміст іонів цього металу в питній воді, особливо в період паводку і цвітіння водойм, може збільшуватися в два і більше разів порівняно з нормованою концентрацією.

Накопичені дані свідчать про практично повсюдне погіршення санітарно-технічного стану розподільних водопровідних мереж і можливості, у зв'язку з цим, забруднення в них питної води, що неухильно веде до імовірності погіршення екологічного стану країни.

Стан водопостачання та якість питної води не викликають сумніву в необхідності вдосконалення традиційних технічних рішень підготовки питної води, що може досягатися шляхом застосування високоефективних коагулянтів, флокулянтів, сильних окислювачів і сорбентів вітчизняного та закордонного підготовки, чи взагалі впровадження нових технічних рішень виробництва питної води.

Оскільки забезпечення населення якісною питною водою – це комплексна проблема і повинна охоплювати заходи правового, екологічного, економічного,

організаційного та науково-технічного характеру, то до термінових заходів в цьому напрямку слід віднести:

- удосконалення існуючих систем водопостачання, приведення їх у відповідність до стану джерел водопостачання;
- впровадження нових ефективних технічних рішень і методів підготовки питної води;
- розвиток альтернативних способів водопостачання.

### 6.3 Приклади технологічних схем підготовки питної води у зарубіжних країнах

Прикладом технології одержання води високої якості слугує схема підготовки питної води у Нідерландах (рис. 6.1). Якість води поверхневого джерела постійно контролюється і, якщо вона незадовільна, до води поверхневого джерела докачують підземну воду (глибина свердловини близько 120 м). Якщо якість води зовсім незадовільна, технологічну схему повністю переключають на використання підземної води. Комбінована схема передбачає наступну систему підготовки води: коагуляцію (разом зі завислими речовинами з води видаляються фосфати, частина розчинних органічних сполук, віруси, важкі метали) з подальшим розподілом води за допомогою каналів у піщані дюни (грунти). Така інфільтрація може тривати до двох місяців. За цей період відбувається подальше підвищення якості води: руйнуються нітрати, видаляються мікрокількості органічних сполук та затримується більше 99% фекальних бактерій та вірусів. Після інфільтрації воду насичують киснем, фільтрують та озонують (при цьому частково руйнуються органічні речовини, пестициди, гинуть патогенні віруси та бактерії, які видаляються при подальшій фільтрації).

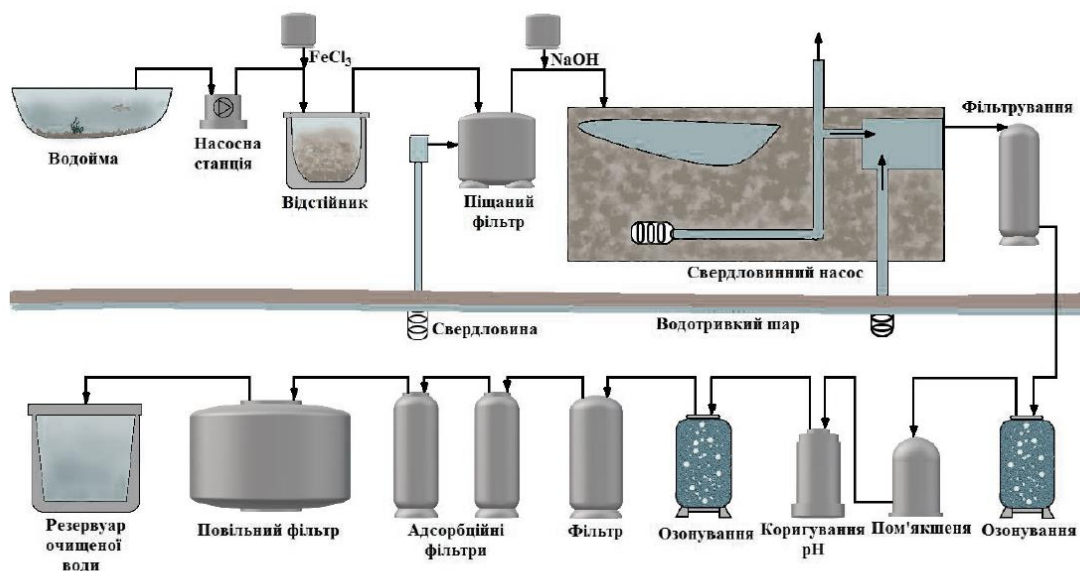


Рис. 6.1 – Схема підготовки питної води в Нідерландах



Після вторинного озонування вода підлягає двоступеневому адсорбційному очищенню, в процесі якого відбувається глибоке видалення мікрокількостей органічних речовин за рахунок фізичної адсорбції та біологічного окиснення. Після адсорбційних фільтрів воду пропускають через повільні піщані фільтри, де остаточно затримуються залишки бактерій та слідові кількості органічних сполук. Наведена схема може слугувати також прикладом безхлорної технології.

На рис. 6.2 наведено схему підготовки питної води з Цюрихського озера.

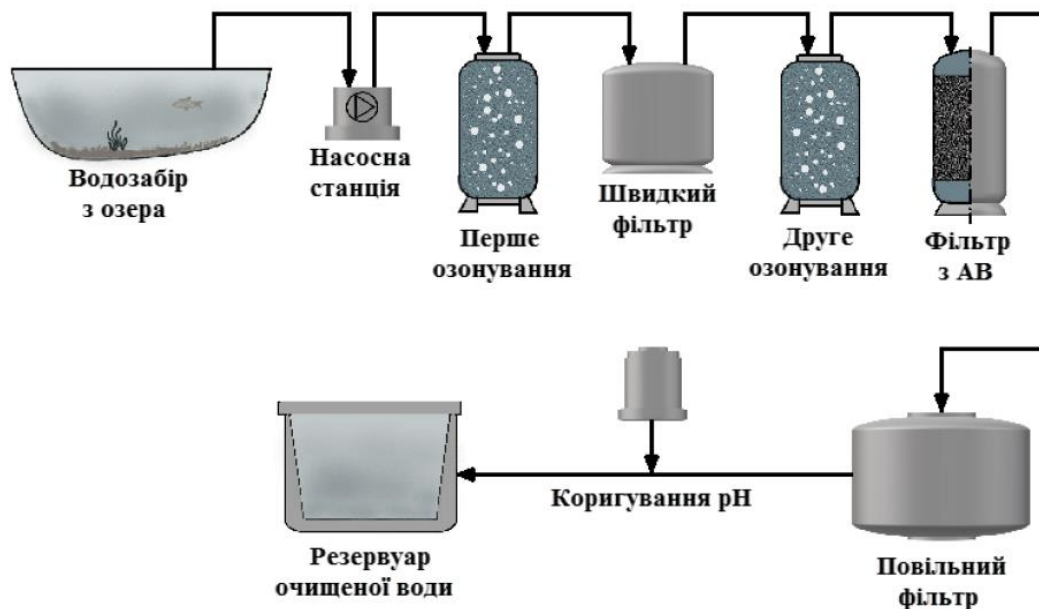


Рис. 6.2 – Схема підготовки питної води з Цюрихського озера

Технологія передбачає подвійне озонування, швидке фільтрування, адсорбцію на активованому вугіллі, повільне фільтрування, коригування рН.

Прикладом підготовки води питного призначення з використанням сильнозабрудненої води поверхневого джерела є запатентовано у Великобританії технологія. Спрощену принципову схему наведено на рис. 6.3. Вода із забрудненого поверхневого джерела проходить попереднє очищення з використанням коагуляції та відстоювання. Далі вода після резервуара-накопичувача проходить фільтр грубого очищення, потім дві ступені фільтрування через завантаження різної крупності, перед першою стадією до води дозують коагулянт та флокулянт, тобто здійснюється контактна коагуляція (“in line filtration”).

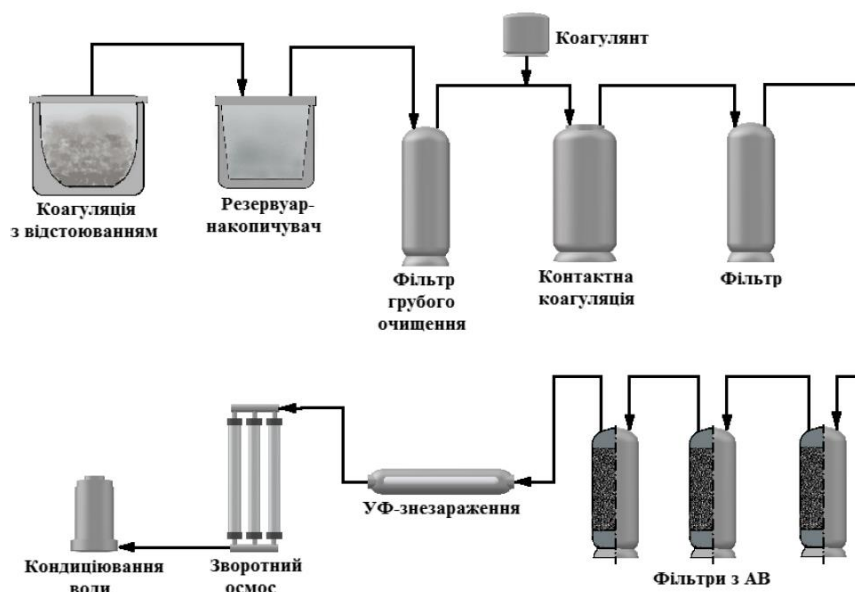


Рис. 6.3 – Схема підготовки питної води з поверхневого джерела в Великобританії

Далі передбачається декілька ступеней сорбції на активованому вугіллі та знезараження води за допомогою УФ-опромінення. Заклучна стадія передбачає глибоке доочищення на установках зворотного осмосу та кондиціонування води за мінеральними компонентами.

У Намібії для підготовки питної води використовують переважно поверхневі джерела і значно менше – ґрунтові води. Реалізація технологічної схеми передбачає наступні процеси (рис. 6.4). На першій стадії воду озонують та направляють на споруди, де відбувається коагуляція-флокуляція. Далі вода проходить флотатор та фільтрацію на двошарових фільтрах, знову озонування і далі адсорбційний фільтр, завантажений БАВ, потім дві ступені адсорбційного очищення за допомогою АВ.

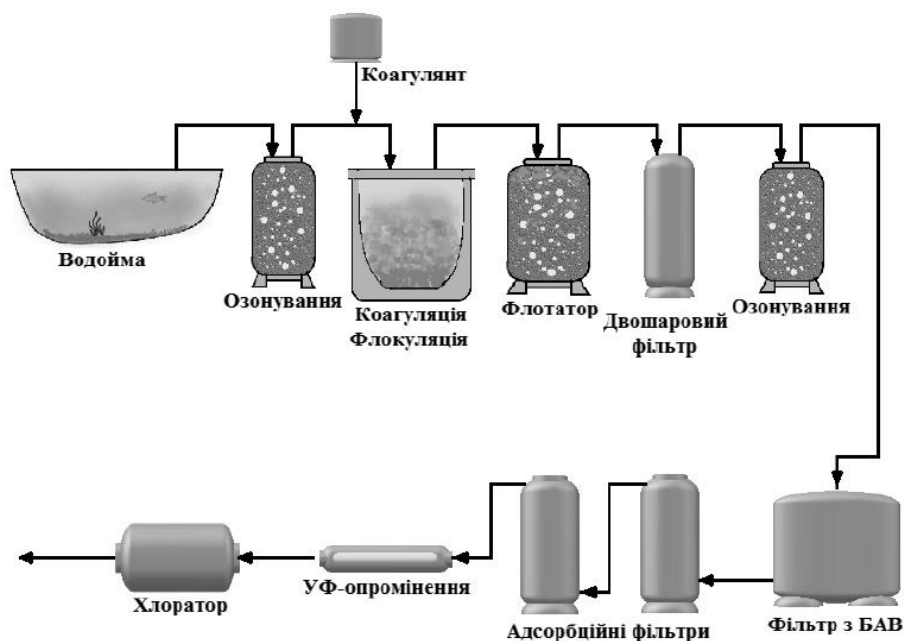


Рис. 6.4 – Схема підготовки питної води в Намібії

Заключними стадіями є знезараження: послідовно УФ-опромінення та хлорування. Якість води, одержаної за даною технологією, навіть перевищує вимоги, що висуваються до питної води.

На рис. 6.5 наведено схему підготовки питної води з використанням біологічних процесів. На станції передбачено фільтри грубого механічного очищення, далі декілька ступенів фільтрування, реагентну флотацію з використанням коагулянтів та флокулянтів. Після флотації вода надходить на споруди біохімічного очищення. Наступні стадії включають глибоке знезараження у декілька ступенів. Спочатку воду піддають озонуванню, далі передбачено дві ступені фільтрування на АВ. На першій ступені видаляються органічні сполуки у певному інтервалі молекулярних мас, на другій – мікрокількості пестицидів та інших токсичних сполук.

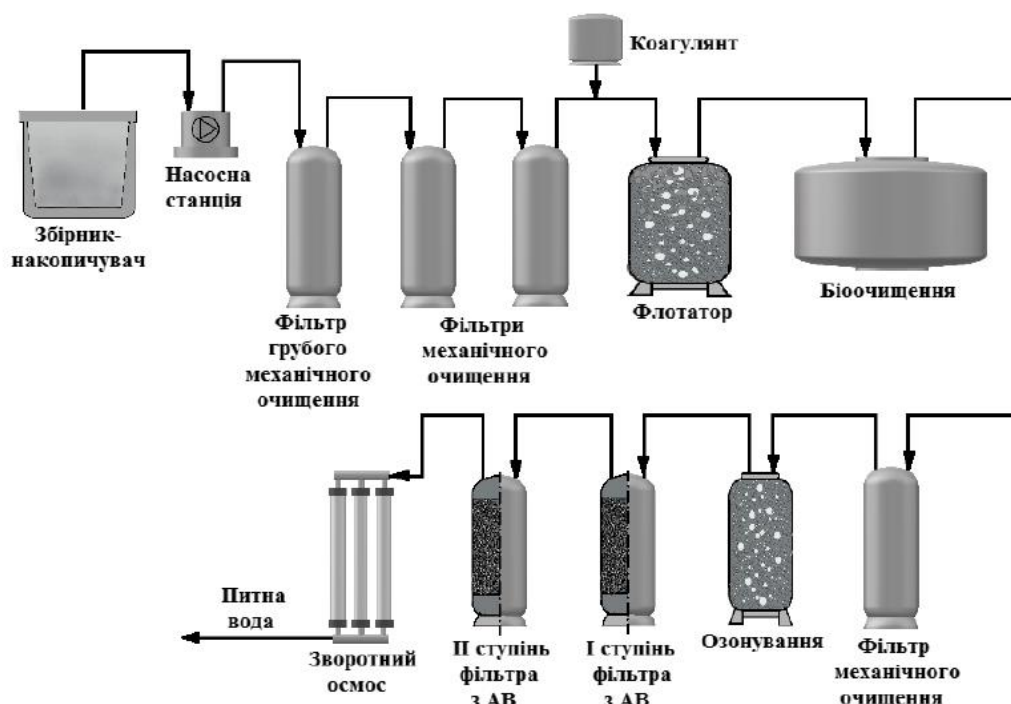


Рис. 6.5 – Схема підготовки питної води з використанням біологічних процесів

Заключне видалення патогенних мікрофлори та вірусів здійснюється на стадії обробки води за допомогою зворотного осмосу.

Багатостадійна комплексна технологія підготовки питної води застосовується у Франції (м. Іври-сюр-Сен). Перша стадія підготовки води передбачає попереднє озонування (рис. 6.6), далі послідовно вода проходить стадію коагуляції (у якості коагулянта використовується  $FeCl_3$ ). Одночасно можна додавати порошок АВ (ПАВ), якщо має місце критична ситуація. Дві наступні стадії ґрунтуються на використанні контактної коагуляції з  $FeCl_3$  і здійснюються на двох різних типах завантаження: спеціальне біологічно активне завантаження «Biolite» та кварцовий пісок.

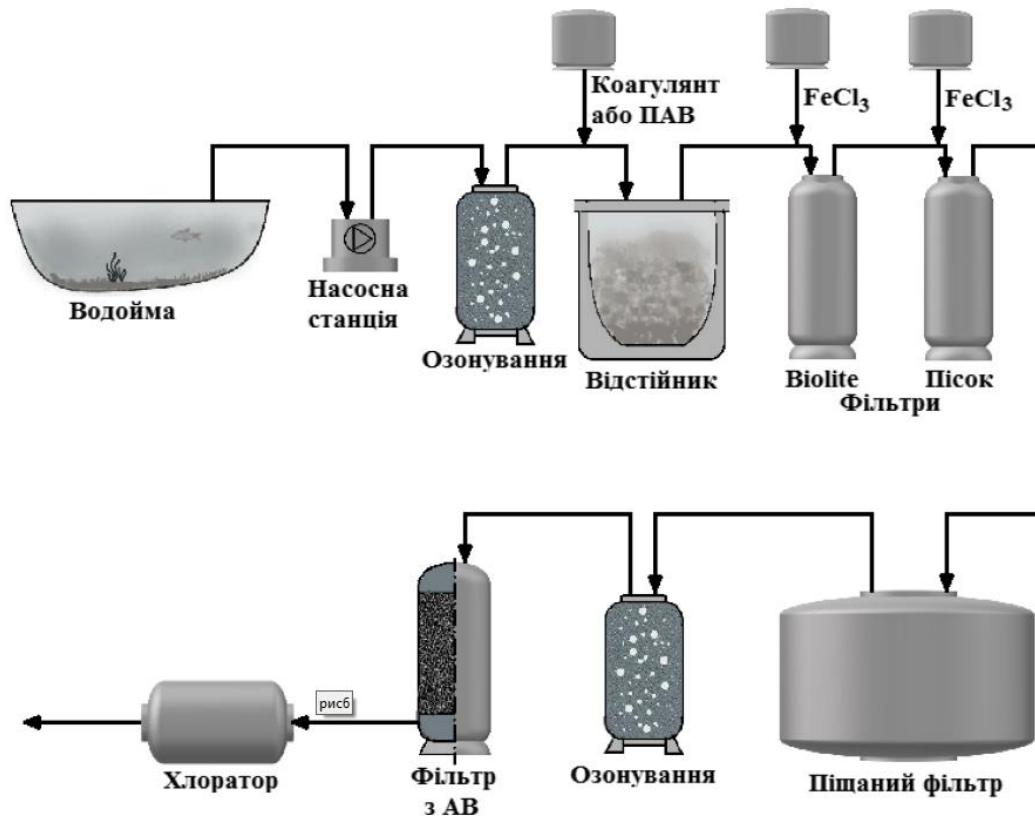


Рисунок 6.6 – Схема підготовки питної води в Іврі-сюр-Сен (Париж)

Далі після проходження піщаного фільтра воду озонують та направляють на фільтр з АВ. Заключне знезараження здійснюють за допомогою хлорування.

Традиційні схеми підготовки питної води наведено на рис. 6.7–6.11.

Схеми 6.7–6.11 відрізняються послідовністю деяких стадій або передбачають суміщення стадій, які є обов'язковими в процесах обробки води з природних поверхневих джерел.

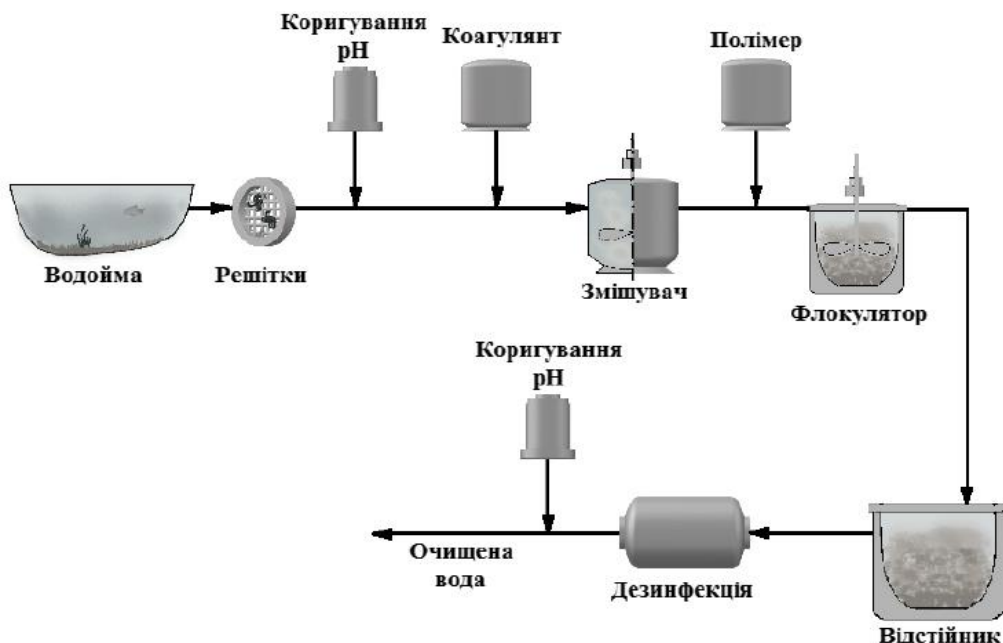


Рис. 6.7 – Схема традиційного процесу водопідготовки без фільтрації

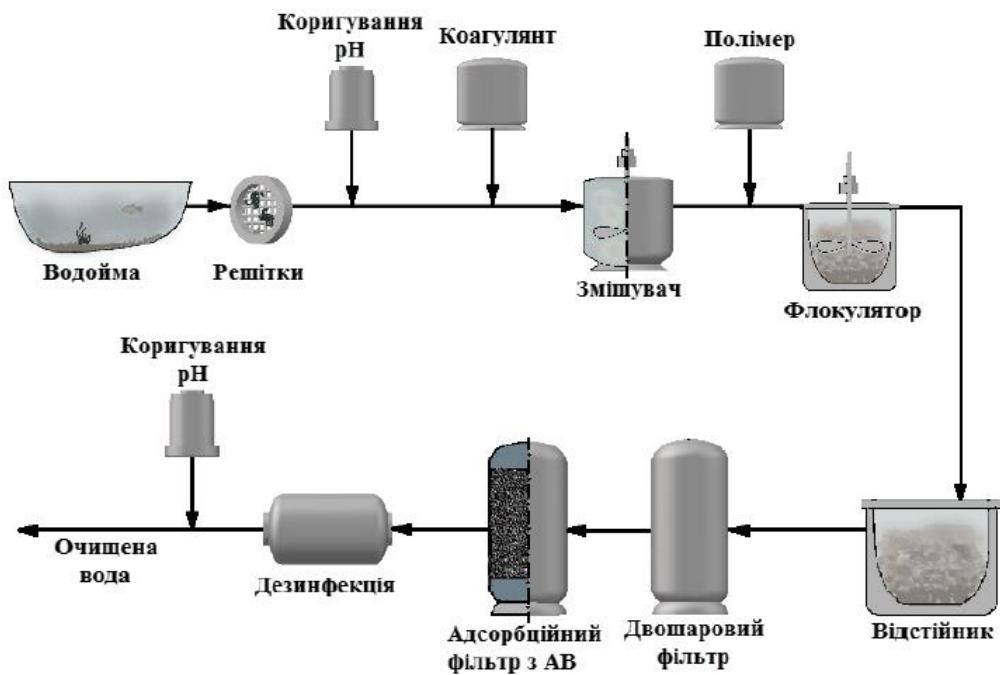


Рис. 6.8 – Схема традиційного процесу водопідготовки

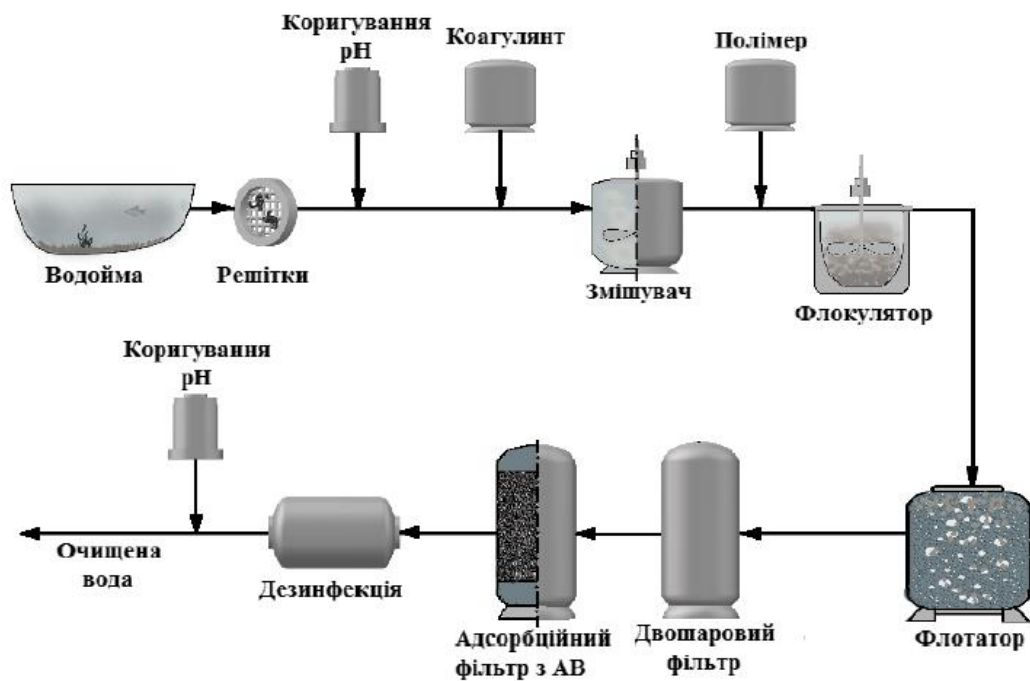


Рис. 6.9 – Схема водоочищення зі стадією флоатації

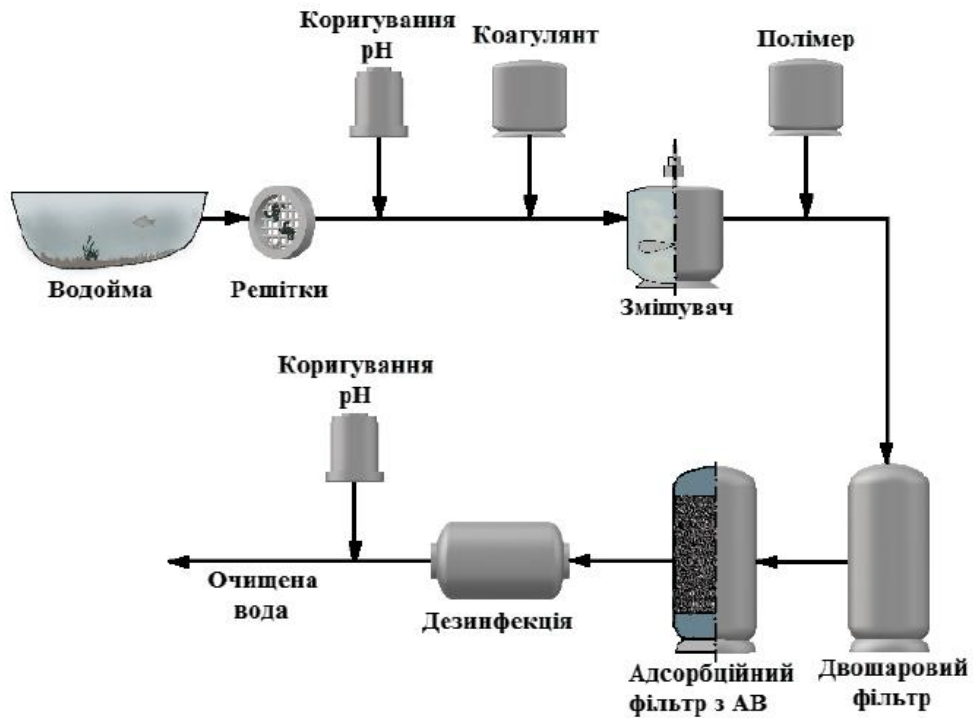


Рис. 6.10 – Схема водоочищення з прямою фільтрацією

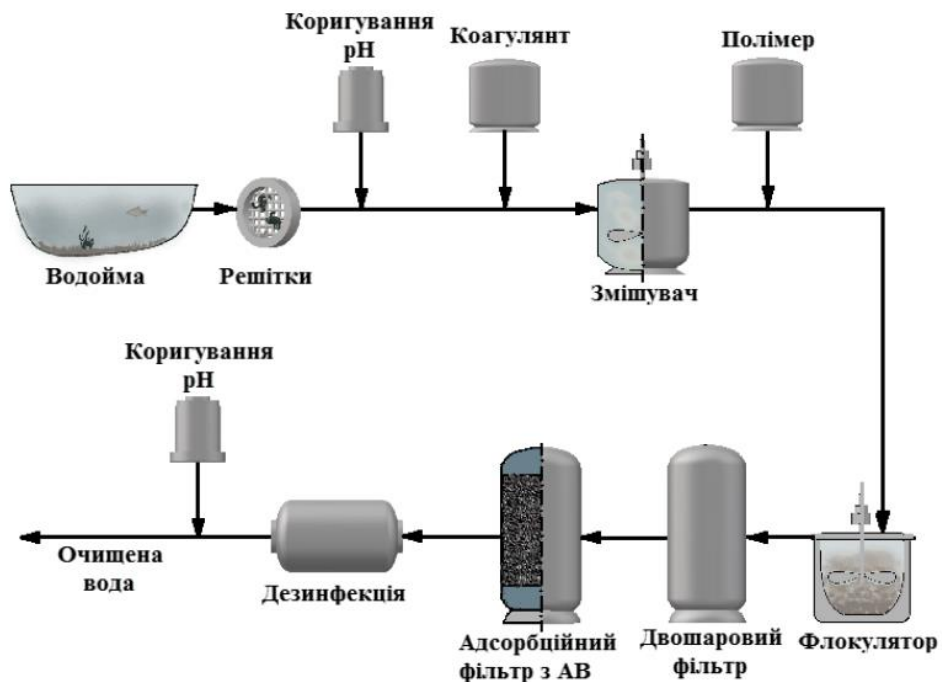


Рис. 6.11 – Схема водоочищення з контактною коагуляцією

Типову схему очищення води від природних органічних речовин за допомогою контактної коагуляції, яка широко використовується у Норвегії, наведено на рис. 6.12. В якості коагулянту зазвичай використовується прегідролізований хлорид алюмінію (РАХ) або сполуки феруму, а як флокулянт у Норвегії найчастіше застосовують хітозан. Вапно додається до вихідної та очищеної води для підвищення рН, інтенсифікації коагуляції та запобігання



корозійних процесів. Для більшості норвезьких водоканалів характерним є хлорування води з метою забезпечення тривалої мікробіологічної безпечності протягом руху води у мережі.

На рис. 6.13 наведено альтернативні схеми для видалення природних органічних речовин за допомогою озонування/біофільтрації.

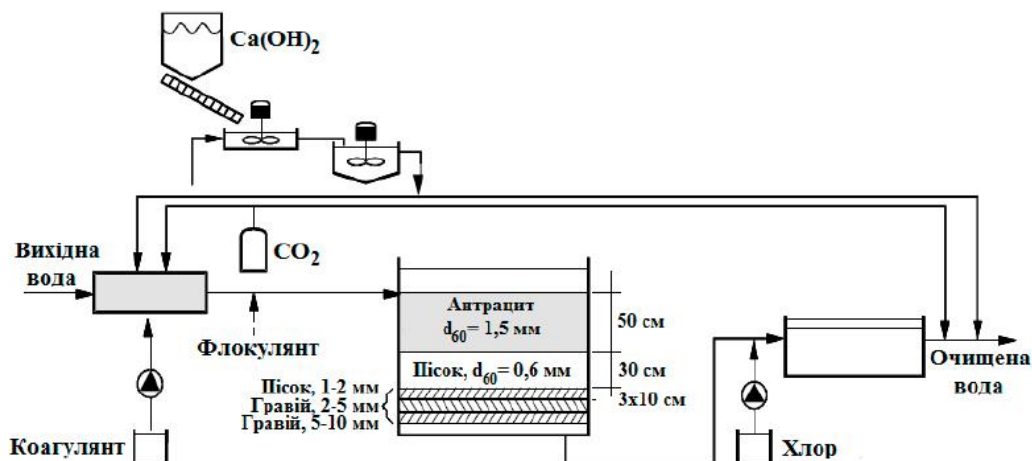


Рис. 6.12 – Типова схема очищення води від природних органічних речовин на основі контактної фільтрації у Норвегії

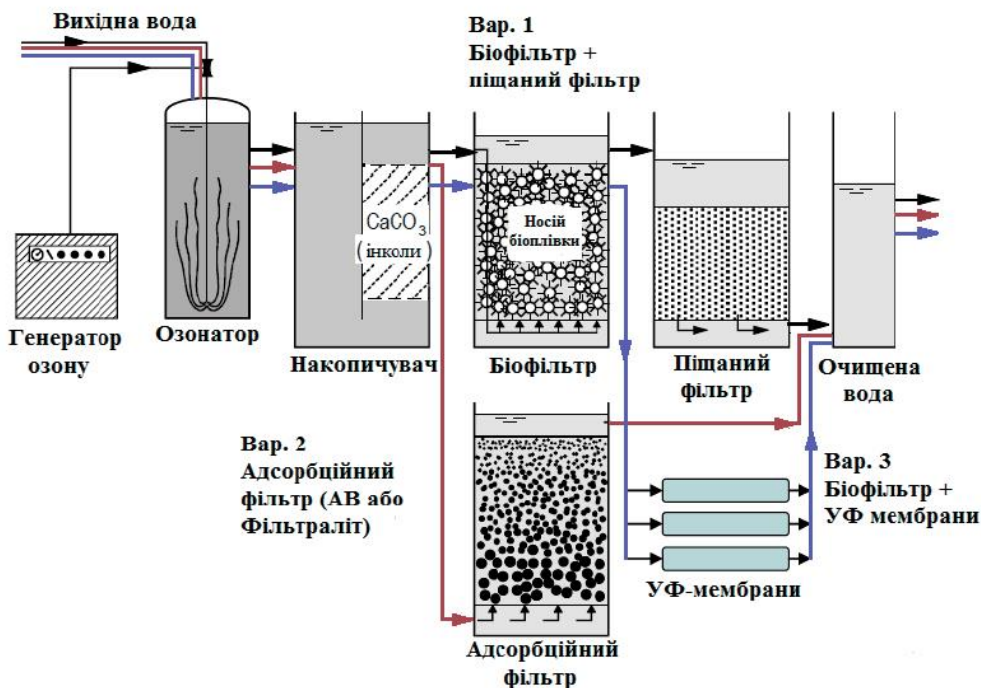


Рис. 6.13 – Варіанти схем для видалення природних органічних речовин за допомогою озонування/біофільтрації

В усіх трьох схемах спочатку вода піддається дії озону з метою руйнування гумінових сполук, які малоефективно видаляються біологічними методами, оскільки вже є кінцевими продуктами розпаду природних органічних матеріалів. Потім вода може поступати на біофільтр або адсорбційний фільтр або УФ-мембрани для очищення від органічних речовин.

Переваги багатоступневих схем підготовки води, які укомплектовані додатково до традиційних прийомів очищення озонуванням, фільтруванням через активоване вугілля та використовують методи інтенсифікації процесів очищення, такі, як збільшення турбулентності під час внесення коагулянтів-флокулянтів та оптимізація гідравлічного режиму на стадії освітлення, забезпечують вищу якість води у порівнянні з традиційними прийомами коагулювання та фільтрування.

Глибоке очищення питної води шляхом застосування комбінації технології озонування та використання БАВ запропоновано у Японії, що дозволило вирішити проблему видалення з води сильнопахнучих сполук, хлорорганічних речовин та амонійного азоту.

Головним питанням всіх технологій підготовки питної води безумовно є заключне (остаточне) знезараження.

Найпоширенішим методом знезараження води у більшості технологічних схем залишається хлорування, хоча використання, хоча використання хлорованої води може спричинити підвищений ризик канцерогенних захворювань і порушення репродуктивних функцій людини. Сучасні технології знезараження все більше використовують енергію УФ-випромінювання.

Взагалі вибір методу знезараження питної води залежить від якості природної води і технології її підготовки, що повинна забезпечити певний рівень біологічної стабільності води, враховуючи стан системи водорозподілу.

### **Контрольні питання**

1. Які традиційні технічні рішення для підготовки питної води використовуються в Україні?
2. Охарактеризуйте тенденції сучасних методів водопідготовки.
3. Наведіть приклади схем водопідготовки, що використовуються у зарубіжних країнах.
4. У чому відмінність схем підготовки води в різних країнах і з чим вони пов'язані?
5. Якими недоліками характеризуються існуючі схеми водопідготовки?
6. Поясніть послідовність різних стадій у схемі водопідготовки зі стадією флотації.
7. Поясніть послідовність різних стадій у схемі водопідготовки з прямою фільтрацією.
8. Поясніть послідовність різних стадій у схемі водопідготовки з контактною коагуляцією.
9. Поясніть послідовність різних стадій у схемі для видалення природних органічних речовин за допомогою озонування/біофільтрації.
10. Охарактеризуйте схему традиційного процесу водопідготовки без фільтрації.



## Лекція 7. Водопідготовка підприємств харчової промисловості

7.1 Вимоги до якості води, що використовується в різних галузях харчової промисловості.

7.2 Вимоги до якості води у виробництві спирту.

7.3 Приклад технології водопідготовки у виробництві спирту.

### 7.1 Вимоги до якості води, що використовується в різних галузях харчової промисловості

Підприємства харчової промисловості в межах населеного пункту часто підключаються до господарсько-питного водопроводу цього пункту. На технологічні потреби можуть додатково забирати воду власними водозабірними свердловинами з забором води наближеної до питної якості.

До цієї групи підприємств належать макаронні фабрики, овочесушильні комбінати, молокозаводи, сирзаводи, хлібзаводи, м'ясо- та рибокомбінати, пивзаводи, заводи безалкогольних напоїв, спиртзаводи та ін. Останнім часом це можуть бути навіть невеличкі цехи відповідного напрямку. Вода на всіх цих підприємствах використовується на технологічні потреби і часто входить до складу виготовленого продукту, на миття сировини, для живлення парових котлів, на охолодження обладнання, на господарсько-питні потреби. В основному використовується вода питної якості, але для охолодження і живлення котлів використовується пом'якшена вода, в окремих циклах може використовуватись вода зі зменшеною концентрацією феруму ( $0,1 \text{ мг/дм}^3$ ), з підвищеною концентрацією завислих речовин або кольоровістю. Системи водопостачання застосовуються прямоточні та оборотні.

У харчовій промисловості до якості води пред'являються особливі вимоги, оскільки вона безпосередньо позначається на якості продукції. У харчовій промисловості, як правило, потрібна вода, за вмістом наближена до водопровідної, але з обмеженням за вмістом суспензій, феруму, мангану, солей жорсткості та біозабруднень. Найбільш поширене використання пом'якшеної води для виробництва соків, горілки, пива тощо. Ряд виробництв споживає знесолену воду для виробництва високостабільної продукції. Причому іноді таку воду використовують як основу для приготування стандартної води заданого складу. Споживання води у харчових виробництвах становить від одиниць до сотень  $\text{м}^3/\text{годину}$ .

Потреба води для виробництва деяких видів продукції з розрахунку на 1 т становить: пшениці – 1200 т, рису – 2700, кукурудзи – 450, картоплі – 160, сої – 2300, яловичини – 15000, свинини – 6000, м'яса птиці – 2800, молока – 900 і сиру – 5300 т. На виробництво 1 кг шоколаду необхідно 24 000 літрів води, 1 кг м'яса – 15 500 л, 1 кг маслин – 4 400 л, 1 кг цукру – 1500 л, 1 чашки кави – 140 л.

Для ряду харчових виробництв вода є основною сировиною: для розливу питної води – 100 %, виробництва соків – до 90 %, безалкогольних напоїв – понад 95 %, пива – 90 %, горілки – 60 %.

Порівняно з іншими галузями народного господарства, питомі витрати води в харчовій промисловості є низькими. Нормативні сумарні питомі витрати води на 1 т м'ясної продукції становлять 83 м<sup>3</sup> (із них 20 м<sup>3</sup> безпосередньо витрачається на виготовлення продукції). На 1 т синтетичних волокон, на 1 т целюлози сульфітної та на 1 т чавуну такі витрати становлять 2590, 1665 та 401 м<sup>3</sup> відповідно. В харчовій промисловості є найвищим відсоток використання води питної якості. При цьому майже вся питна вода, крім тієї, що є складовою харчового продукту, переходить в категорію стічних вод, які часто неочищеними скидаються в навколишнє середовище.

Реальне споживання води на одиницю продукції істотно вище, оскільки вона використовується не тільки безпосередньо як базова сировина, але й для допоміжних потреб – миття пляшок та обладнання, нагріву та охолодження тощо.

Вода у харчовій промисловості використовується:

- для живлення парових котлів;
- для охолодження;
- для санітарних цілей, миття посуду, пиття тощо;
- для технологічних потреб.

Вимоги до якості води, призначеної для однієї й тієї ж мети, можуть бути різними в різних галузях харчової промисловості і навіть на різних підприємствах однієї і тієї ж галузі та залежать від апаратури, методів виробництва і особливо від виду готової продукції.

Під виразом «вода для технологічних цілей (технологічна вода)» розуміють воду, що використовується для транспортування, миття, обробки сировини та приготування продукту, і, нарешті, вода, що використовується для заключної обробки продукту. У харчовій промисловості технологічна вода повинна відповідати вимогам до води для пиття та господарських потреб, та додатковим вимогам, пов'язаним із специфічними умовами галузі:

- *Спиртова та лікєро-горілчана промисловість.* У спиртовій та лікєро-горілчаній промисловості вода застосовується для приготування настоянок та наливок, розведення спирту, варіння сиропу, виробництва сорткових горілок.

- *Пивоварна промисловість та виробництво солоду.* Вода є основним компонентом пива, і якість його переважно залежить від речовин, що у містяться у воді. Крім звичайних вимог до питної води, до води для технологічних цілей пред'являються специфічні вимоги щодо лужності, жорсткості, наявності нітратів, нітритів і силікатів.

- *Фруктово-овочева промисловість.* Вода, що йде на виробництво прозорих фруктових соків і особливо напоїв, одержуваних із попередньо згущених фруктових соків, потребує спеціальної обробки.

- *М'ясна, м'ясоконсервна, молочна, рибна промисловість, переробка птиці.* Дані галузі харчової промисловості витрачають значну кількість води для технологічних потреб, які повинні відповідати всім звичайним вимогам, що висувуються до питної води, і, крім того, відрізнятися більш високим ступенем бактеріологічної чистоти, невисокою жорсткістю та відсутністю феруму, що

навіть у мінімальних кількостях може викликати небажані зміни запаху та смаку виробів.

- *Цукрова промисловість*. Потреба у свіжій технологічній воді на цукровому заводі може бути зведена до кількості води, необхідної для пробілювання цукру, а також компенсації втрат води при оборотно-повторній схемі її використання. Вода, що використовується при виробництві цукру, повинна мати низький ступень мінералізації, оскільки підвищена концентрація солей ускладнює варіння і кристалізацію цукру, в ній також не повинно бути речовин, що розкладаються, що викликають бродіння в дифузорах.

- *Дріжджова промисловість*. У дріжджовій промисловості технологічна вода застосовується для приготування дріжджового суслу та промивання дріжджів і повинна відповідати вимогам до питної води.

- *Виробництво крохмалю*. У воді, що використовується в крохмальному виробництві, повинні бути відсутні ферум та інші речовини, що викликають забарвлення крохмалю.

- *Картоплекпереробна промисловість*. Технологічна вода в картоплекпереробній промисловості повинна відповідати вимогам до питної води і, крім того, мати по можливості мінімальну температуру, невисоку жорсткість та низьку концентрацію мінеральних солей.

Вимоги до води для технологічних потреб відповідних харчових виробництв визначено у відповідних ДСТУ.

Як приклад розглянемо водопостачання спиртзаводів.

## **7.2 Вимоги до якості води у виробництві спирту**

Спиртові заводи за видом сировини, що переробляється, поділяються на такі, що працюють на зерні, картоплі, тобто вміщуючи крохмаль, та такі, що працюють на відходах бурякоцукрового виробництва, тобто меляси. Основною продукцією спиртових заводів є етиловий спирт, а додатковою - хлібопекарські та кормові дріжджі. На лікєро-горілчані заводі надходить спирт-ректифікат вищого очищення (міцність не нижче 96,2% об.); спирт-ректифікат «Екстра» (міцність не нижче 96,5 % об.); спирт-ректифікат «Люкс» (міцність не нижче 96,3 % об.).

На спиртових заводах вода витрачається на технічні потреби, для охолодження напівпродуктів та продуктів, живлення парових котлів. У технологічних процесах вода використовується для приготування замісу або картопляної кашки, мелясного суслу, для замочування зерна, приготування солодового молока і миття технологічного обладнання.

Вода, що використовується для технологічних цілей, входить до складу напівпродуктів спиртового виробництва, і хімічний склад її має суттєвий вплив на протікання технологічних процесів та якість продукції.

Під час виготовлення спирту з меляси остання розчиняється водою до певної концентрації сухих речовин, у розчин додаються живлячі солі та дріжджі, в результаті проходить зброджування з утворенням спирту та вуглекислого газу. Готова бражка поступає безпосередньо на перегонку в брагоректифікаційний

апарат. Бражка може бути сировиною для виготовлення хлібопекарських дріжджів, а тому може надходити в цех хлібопекарських дріжджів у відділення дріжджів, де дріжджі відділяються від спиртової бражки. Дріжджі промиваються водою питної якості, згущуються, пресуються та розфасовуються. Зріла бражка подається на брагоректифікаційний апарат для виготовлення спирту.

Під час виготовлення спирту із зерна або картоплі сировина мнеться, дробиться, додається вода і розварюється з додаванням солодового молока або культури плісневих грибків. Після цього проходить зброджування всієї маси з наступною перегонкою вже зрілої бражки на багаторектифікаційних колонах. Післядріжджева барда використовується як корм для скоту.

Процес виготовлення сухих кормових дріжджів на післяспиртовій барді полягає в охолодженні барди, підготовці живлячого середовища, вирощуванні культури кормових дріжджів при безперервній аерації середовища, згущуванні біомаси дріжджів та її промивці. Відходами є післядріжджева барда.

Сировиною для виготовлення рідкої харчової вуглекислоти є вуглекислий газ, який виділяється при спиртовому зброджуванні. Вуглекислий газ збирається в газгольдері, очищується в скрубєрі та фільтрах, компримується в три ступені, конденсується та розливається в балони або контейнери.

Вода в технологічних процесах виготовлення спирту та дріжджів є:

- сировиною виготовленої продукції;
- холодоагентом в усіх теплообмінних процесах;
- сировиною для виготовлення пари;
- продуктом для миття технологічного обладнання, тари, сировини.

Вода використовується також на питні та господарсько-побутові потреби. Вода питної якості (ДСанПіНу 2.2.4-171-10) використовується на промивку біомаси дріжджів (при використанні мелясової барди), на замочування зерна для солоду, для гідроподачі та дезінфекції зеленого солоду, приготування солодового молока, на охолодження конденсаторів і холодильників брагоректифікаційних колон, обладнання та ін. Водночас зараз змінюються вимоги до води, яка використовується в спиртовому виробництві і, також як вимоги до питної води, вони стають більш жорсткими (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Межі допустимого вмісту компонентів у воді для виготовлення горілки

Показник	Вимоги до води для виготовлення горілки	
	Для води з вихідною жорсткістю більше 1 мг-екв/дм <sup>3</sup>	Для води з вихідною жорсткістю до 1 мг-екв/дм <sup>3</sup>
1	2	3
рН	Менше 7,8	Менше 7,8
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	80	25
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	100	20
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	1,3	7
Ферум, мг/дм <sup>3</sup>	0,13	0,1

## Продовження таблиці 7.1

1	2	3
Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	1,3	7
Лужність, мг/дм <sup>3</sup>	4	1
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	500	100
Окиснюваність, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	6	6
Твердість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	0,2	1
Каламутність, мг/дм <sup>3</sup>	1,5	1,5
Кольоровість, град.	0	0
Калій і натрій, мг/дм <sup>3</sup>	100	15
Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	40	40
Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,1
Манган, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,1
Силікати, мг/дм <sup>3</sup>	7	3
Алюміній, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,1
Купрум, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,1

Найбільша кількість води (приблизно 80%) використовується на охолодження. Тобто вода повинна бути стабільною і не давати на нагрівальних елементах відкладатись, насамперед, карбонату кальцію та солям феруму. Більшість заводів мають прямоточну технологічну схему водопостачання з частковим повторним використанням умовно-чистих вод.

В Україні для охолодження спирту і промивки хлібопекарських дріжджів найчастіше використовується артезіанська вода. Вода з дефлегматорів ректифікаційних колон найбільше нагрівається, а тому частково повторно використовується на розсиропку меляси, живлення парових котлів і миття технологічного обладнання. Оскільки найчастіше на спиртових заводах України використовується підземна вода, то, в першу чергу, потрібне її знезалізнення та стабілізаційна обробка або пом'якшення води з максимальною автоматизацією технологічних процесів через неможливість знаходження працівників у технологічних приміщеннях виготовлення спирту.

Дуже небажана для виробництва вода з великою жорсткістю. Для проведення усіх технологічних процесів потрібна слабкокисло реакція середовища (рН 4,5–5,5). Так, крохмалевмісна сировина розварюється тим швидше і повніше, чим нижче рН. При рН 4,5–5,5 крохмаль швидше оцукрюється, рН 5–5,5 найбільш сприятливе для спиртового бродіння. Нейтральна та слаболужна реакція сприяють розвитку кислотоутворюючих бактерій. У лужному середовищі при бродінні утворюється більше гліцерину.

Надлишок гідрокарбонатів кальцію та магнію шкідливий, бо зміщує рН розвареної маси в бік підвищення, аж до нейтральної реакції. Окрім того, гідрокарбонат кальцію, вступаючи у реакцію обмінного розкладу з фосфатами сировини, перетворює їх у нерозчинні сполуки, які не можуть засвоюватися дріжджами.

При занадто високій тимчасовій жорсткості води, яка використовується для замочування солодового зерна, затримується його проростання, а також

знижується амілолітична активність солоду. При великій карбонатній жорсткості води збільшуються витрати сірчаної кислоти для підкислення меляси.

У воді з кальцієвими і магнієвими солями сульфатної, хлоридної, нітратної кислот підвищується кислотність розвареної маси, і з цієї точки зору такі солі корисні. Вони сприяють також стабілізації амілази у процесі оцукрювання. У зв'язку з цим при розварюванні зернового замісу дуже жорстку воду підкислюють сульфатною кислотою або фільтратом барди, а воду, яка йде на замочування зерна і приготування солодового молока, підкислюють сульфатною кислотою вже при жорсткості 8 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

### **7.3 Приклад технологічної схеми підготовки води у виробництві спирту**

Система очищення води призначена для підготовки вихідної водопровідної води (продуктивністю 8–12 м<sup>3</sup>/год.) під час виробництва високосортних горілок та безалкогольних напоїв може бути побудована за блочним принципом і включати наступні блоки:

- попереднє очищення;
- іонообмінне очищення;
- озонування;
- тонкого очищення;
- регенерації іонообмінних смол.

Система може працювати у двох режимах: ручному та автоматичному. Ручний режим дозволяє проводити основний та допоміжні технологічні процеси за участю оператора, який керує системою з пульта (щита управління). Автоматичний режим дозволяє проводити основний технологічний без участі оператора, який здійснює лише контролюючі функції.

До складу системи входить таке ємнісне обладнання:

- Фільтр пісочний;
- Фільтр катіонітний;
- Фільтр аніонітний;
- Фільтр вугільний;
- Збірник регенераційний;
- Фільтр тонкого очищення;
- Колона контактна;
- Збірник-накопичувач;
- Шафа електрична (пульт управління);
- Озонатор.

Крім цього до складу системи входять два насоси: для підготовленої води та регенераційний, три ежектори: кислотний, лужний та озоновий, комплект трубопроводів та арматури, а також контрольно-вимірювальні прилади та апаратура для управління роботою системи.

Все ємнісне обладнання, ежектори, насоси, трубопроводи та арматура системи виготовлені з нержавіючої сталі марки 12Х18Н10Т.

В основу технологічної схеми підготовки води закладено методи:

- для пом'якшення та знесолення – іонообмінний;
- для окислення та знезараження – озонування.

Технологічна схема системи підготовки води передбачає роботу за двома технологічними варіантами, коли вихідна вода проходить послідовно наступні стадії очищення:

- попереднє очищення в пісочному фільтрі;
- пом'якшення та знесолення в іонообмінних фільтрах (Н-катионування, ОН-аніонування, Н-катионування);
- озонування в контактній колоні та збірнику-накопичувачі;
- кондиціювання води (видалення присмаків, запахів та тонке очищення) у вугільному фільтрі та фільтрі тонкого очищення.

Технологічний процес за кожним варіантом технологічної схеми передбачає роботу обладнання у двох технологічних режимах:

- робочому;
- підготовки системи до робочого режиму.

У робочому режимі проводиться підготовка води відповідно до заданих вимог (основний процес).

Підготовка системи до робочого режиму полягає у відновленні початкових робочих характеристик фільтруючих матеріалів та завантажень:

- фільтруючої здатності піску та фільтруючих елементів фільтра тонкого очищення;
- іонообмінної здатності іонітів;
- адсорбуючої здатності вугілля.

### **Контрольні питання**

1. Дайте загальну характеристику водоспоживання у харчових виробництвах.
2. Для яких цілей використовується вода у харчових виробництвах?
3. Якими факторами визначається вибір технологічних схем водопідготовки у харчовій промисловості?
4. Охарактеризуйте джерела водопостачання харчових виробництв.
5. Якими нормативними документами регламентується якість води у харчовій промисловості?
6. Що Ви знаєте про вимоги до якості води, що використовується в харчовій промисловості?
7. Вкажіть вимоги до якості води у різних виробництвах харчової промисловості.
8. Для яких цілей вода використовується у виробництві спирту?
9. Які вимоги пред'являють до води під час виробництва спирту?
10. Дайте загальну характеристику технології водопідготовки у виробництві спирту.

## Лекція 8. Технологія мінеральних вод

8.1 Біологічна цінність основних мінеральних вод України.

8.2 Техніко-хімічна характеристика основних мінеральних вод.

8.3 Характеристика технологічних стадій виробничого процесу мінеральних вод. Контроль якості мінеральних вод та умови їх зберігання.

### 8.1 Біологічна цінність основних мінеральних вод України

В Українських Карпатах зосереджена більшість мінеральних вод України, представлені практично всі типи мінеральних вод, у тому числі унікальних за своїм складом та лікувальними властивостями. Людство знову повернулося до використання мінеральних вод як складових здорового способу життя, але не тільки відвідуючи курорти, а й використовуючи розлиті у пляшки мінеральні води.

*Свалява.* Місто Свалява розташоване на найстародавнішому шляху Закарпаття, який веде від Верецького перевалу у Дунайську низину. За основним хімічним складом мінеральна вода належить до міжнародного Боржомського типу та Поляно-Квасівського (Ново-Полянського) підтипу мінеральних вод. Мінеральна вода «Свалява» використовується, передусім, як дигестиви – засоби для покращення травлення, особливо при підвищенні кислотності шлунка, коли за рахунок нейтралізації кислоти прискорюється евакуація зі шлунка, припиняється печія, а також завдяки стимуляції секреції жовчі та скорочення жовчного міхура відновлюється надходження жовчі та секрету підшлункової залози, підвищується активність травних ферментів.

*Поляна Купель.* Полянські мінеральні води численних джерел в долині Малої і Великої Пині були здавна одними із найвідоміших за межами Закарпаття. Особливістю хімічного складу води та основою її унікальності є високий вміст гідрокарбонатів порівняно з іншими відомими гідрокарбонатними водами, зокрема мінеральною водою «Боржомі», та наявність біологічно активних концентрацій ортоборної кислоти, фтору. Вода «Поляна Купель» призначається при широкому спектрі порушень: захворюваннях шлунка переважно з високим рівнем кислотності, супутніх езофагітах, змінах функції жовчного міхура, печінки та підшлункової залози, цукровому діабеті та інших порушеннях обміну речовин.

*Поляна Квасова.* Одне з джерел Полянського родовища мінеральних вод в 2 км від центра с. Поляна на лівому березі р. В. Пиня в урочищі Кваси. Мінеральна вода використовують для вуглекислих мінеральних ванн, кишкових промивань, інгаляцій та інших порожнинних процедур. Завдяки визначним антацидним і буферним властивостям мінеральна вода «Поляна Квасова» найефективніша при всіх захворюваннях шлунка з підвищеним рівнем кислотності, супутніх змінах у вигляді холе- та панкреатостазу, а також хронічних панкреатитів, гепатитів, цукровому діабеті.

*Плосківська.* Мінеральну воду «Плосківська» видобувають для розливу з глибини 150 м в долині р. Розтока (притока р. В. Пиня). Особливістю хімічного



складу мінеральної води «Плосківська» порівняно з іншими гідрокарбонатними водами цього регіону Карпат – «Поляна Купель», «Поляна Квасова» – є те, що вона за мінералізацією найбільш близька до всесвітньо відомої мінеральної води «Боржомі» і може вважатись її найближчим аналогом. Мінеральна вода «Плосківська» призначають при захворюваннях шлунка, особливо з високим рівнем кислотності, супутніх застійних станах у жовчному міхурі та підшлунковій залозі. Наявність ортоборної кислоти надає їй певних лікувальних властивостей, завдяки яким подібні мінеральні води Поляно-Квасівського типу виявилися ефективними при виразковій хворобі, асоційованій з гелікобактерною інфекцією.

*Лужанська.* Видобувається зі свердловин № 3-РЗ, 4-РЕ однотипних вод Лужанського родовища. Найближчим аналогом мінеральної води Лужанської-3, –4 є мінеральна вода «Боржомі» (Грузія). Мінеральну воду «Лужанська» завдяки достатньо високому загальному вмісту гідрокарбонатів насамперед використовують як м'який антацид – засіб, що нейтралізує підвищену кислотність шлунка і знімає всі пов'язані з гіперацидністю диспепсичні явища – печію, тяжкість, здуття. Відповідаючи за вмістом гідрокарбонатів 0,5%-му розчину питної соди, мінеральна вода «Лужанська», однак, завдяки своїм буферним властивостям набагато довше зберігає нейтральне рН середовища шлунка і не має побічної дії соди.

*Лужанська 7.* Розливається безпосередньо із свердловин №7-Р, 7-ГП Лужанського родовища мінеральних вод на території санаторію «Квітка полонини». За високим загальним вмістом гідрокарбонатів (подібно до мінеральної води «Поляна Купель» наближається до 1%-го розчину питної соди) та кислотонейтралізуючою дією мінеральна вода «Лужанська-7» належить до групи рідких антацидів – засобів, що нейтралізують підвищену кислотність шлунка, причому цей ефект настає майже негайно після прийому води. Водночас наявність сполук кремнію у мінеральній воді, які володіють сорбційними властивостями, сприяє виведенню з організму токсичних продуктів як при екзогенних, так і ендогенних хронічних інтоксикаціях, сечового піску. Іонний склад води позитивно впливає на обмін жирів (холестерину, тригліцеридів) та вуглеводів, особливо при ожирінні, а також на інші обмінні процеси.

*Поляна Неліпинська.* Мінеральна вода «Поляна Неліпинська» доповнює групу гідрокарбонатних вод Закарпаття («Лужанська», «Шаянська»), які завдяки достатньо високому загальному вмісту гідрокарбонатів перш за все використовуються насамперед як м'які антациди. Відповідаючи за їх вмістом 0,5 %-му розчину питної соди, мінеральна вода «Поляна Неліпинська» нейтралізує підвищену кислотність шлунка і знімає всі диспепсичні явища пов'язані з високою кислотністю – печію, тяжкість, здуття. Наявність біологічно активних концентрацій кальцію, ортоборної кислоти, фтору позитивно впливає на обмінні процеси.

*Шаянська.* Мінеральну воду розливають зі свердловини № 242 Шаянського родовища з глибини 250 м. В основі механізму дії мінеральної води

лежить спорідненість вуглекисло-гідрокарбонатної буферної системи мінеральної води з аналогічною за складом буферною системою організму людини, що сприяє їх тісній взаємодії, впливу на реакцію (рН) внутрішнього середовища при питному застосуванні. У зв'язку з достатнім вмістом гідрокарбонатів (відповідає 0,3%-му розчину питної соди), мінеральній воді «Шаянська» притаманні властивості так званих рідких антацидів, що нейтралізують високу кислотність шлунка. Мінеральна вода «Шаянська» не лише насичує організм цінними мікроелементами – кальцієм, магнієм, залізом, а й допомагає звільненню його від шлаків, токсинів та сечового піску. Це доповнюється детоксикаційною дією колоїдної форми кислоти. Завдяки поєднанню олузнювальної, холеретичної, діуретичної та детоксикаційної дії мінеральну воду «Шаянська» призначають при всіх захворюваннях шлунка переважно з підвищеним рівнем кислотності, застійними явищами у вигляді холе- та панкреатостазу, при хронічних гепатитах, панкреатитах, цукровому діабеті та інших порушеннях обміну речовин, різних як ендогенних, так і екзогенних хронічних інтоксикаціях, у тому числі важкими металами.

*Драгівська.* Мінеральну воду розливають із свердловини № 9М, розташованої на лівому березі р. Теремля біля підніжжя гори Менчул (1487 м) із глибини 50 м. Цінність цих вод полягає в тому, що завдяки своєму іонному складу – оптимальному співвідношенню гідрокарбонатів і хлоридів – при питному використанні вона позитивно впливають на реакцію шлункового та кишкового соків, електролітний склад крові. Мінеральну воду «Драгівська» призначають при всіх хронічних захворюваннях шлунка з різним типом секреції, захворюваннях жовчного міхура та печінки, підшлункової залози, хворобах обміну речовин, зокрема цукровому діабеті, для лікування та профілактики порушень електролітного та водного обміну, зокрема за надмірної втраті рідини при значному потовиділенні з умов роботи при підвищеній температурі, важких фізичних навантаженнях.

*Сойми.* Сойминське родовище мінеральних вод – одне з найбільш високодебітних на Закарпатті. Особливістю хімічного складу мінеральної води «Сойми», що робить її унікальною, є найвищий вміст кальцію та наявність біологічно активних концентрацій інших мікроелементів – марганцю, цинку, літію, борної кислоти, заліза, що зумовило виділення її у окремих Сойминський підтип серед групи вод типу «Єсентуки» у класифікації мінеральних вод. Відповідно до іонного складу мінеральної води Сойми та її лікувальних властивостей, її призначають при захворюваннях шлунка з різним ступенем ураження, супутніх захворюваннях жовчного міхура та підшлункової залози у вигляді холе- та панкреатостазу, при хронічних панкреатитах, гепатитах, дисфункціях кишечника, цукровому діабеті, ослабленні імунного статусу організму; всіх захворюваннях з порушенням мінерального обміну, зокрема кальцію: для профілактики й терапії захворювань органів руху та опори, корекції порушень кальцієвого обміну при остеопорозі, у період активного росту дітей та підлітків, при тривалому використанні гормональних препаратів. Мінеральна

вода ефективна при захворюваннях, що супроводжуються залізодефіцитними станами, хронічних ендогенних та екзогенних інтоксикаціях.

*Келечинська.* Келечинське родовище – одне із найбільших на Україні родовищ залізистих мінеральних вод. У його складі 12 свердловин, 8 джерел. Особливістю хімічного складу води «Келечинська» є високий вміст карбонатного заліза (від 15 до 30 мг/л за мінімальної добової потреби заліза 120 мг), а також інших важливих для організму мікроелементів, зокрема кальцію і магнію, з оптимальним їх співвідношенням. Мінеральну воду «Келечинська» призначають перш за все на різних етапах лікування залізодефіцитних станів різного походження, у тому числі на фоні порушення функції органів травлення – хронічних захворюваннях шлунка, при підвищеній кислотності – у стадії її компенсації, жовчного міхура та жовчовивідних шляхів з явищами холестазу; хронічних захворюваннях різної етіології внаслідок накопичення в організмі токсичних речовин незавершеного метаболізму, різних екзогенних інтоксикаціях, порушеннях мінерального обміну, сечових діатезах. Нині воде використовують для питного лікування в гематологічному реабілітаційному відділенні санаторію «Верховина» курорту Сойми.

*Колочава.* Родовище мінеральної води «Колочава» розташоване в Полонинських горах. Особливістю хімічного складу води «Колочава» є високий вміст важливих для організму мікроелементів, зокрема кальцію і магнію, бром. Мінеральну воду «Колочава» рекомендують вживати при хронічних ендогенних інтоксикаціях, що зумовлені різними довготривалими хронічними захворюваннями внаслідок накопичення в організмі токсичних речовин незавершеного метаболізму, хронічних професійних отруєннях важкими металами та інших екзогенних інтоксикаціях, порушеннях мінерального обміну, захворюваннях шлунка з різним типом ураження, у тому числі при підвищенні кислотності переважно після їди на висоті травлення, захворюваннях жовчного міхура та жовчовивідних шляхів з явищами холестазу, сечових діатезах, урологічних, серцево–судинних захворюваннях.

*Ужгородська.* Ужгородське родовище вуглекислих вод розміщене на заході Чоп-Мукачівської западини. Ужгородську мінеральну воду розливають зі свердловини № 29 під назвою «Настуся». Мінеральну воду «Настуся» може вживати при хронічних ендогенних інтоксикаціях, що розвиваються внаслідок накопичення в організмі токсичних речовин незавершеного метаболізму при важких хронічних захворюваннях, у тому числі шкіри, туберкульозі, анеміях, панкреатитах, нефропатіях, хронічних професійних отруєннях важкими металами та інших екзогенних інтоксикаціях; захворюваннях шлунка з різним рівнем ураження, при підвищеній кислотності – у стадії її компенсації, захворюваннях жовчо- та сечовивідних шляхів, зокрема діатезах; хворобах крові, що супроводжуються залізодефіцитними станами, особливо коли необхідне зменшення обсягів медикаментозного лікування.

*Нафтуся.* Поліпшує процеси уродинаміки в організмі, сприяє спонтанному виведенню кристалів піску і дрібних каменів, діє протизапально, знижує і протидіє патологічній седиментації кристалів солей, попереджає

каменеутворення, підвищує активність функції деяких залоз внутрішньої секреції, виводить з організму радіонукліди, шлаки і продукти обміну. Вона поліпшує функції печінки і відновлює імунну систему. Лікувальний ефект «Нафтуси» зумовлений також її жовчогінним, знеболювальним і детоксикаційним впливом.

*Марія і Софія.* Широко використовуються при супутніх захворюваннях шлунково-кишкового тракту. Мінеральні води «Марія» і «Софія» допомагають відновлювати функціональний і органічний стан цих органів і систем, що досить часто ушкоджуються при протіканні основного захворювання.

*Броніслава.* Мінеральну воду джерела №3 «Броніслава» використовують для полоскання горла і носоглотки при лікуванні верхніх дихальних шляхів.

*Юзя.* Мінеральна вода «Юзя», що містить речовини гліцеринового походження, омолоджує шкіру, надаючи їй особливої еластичності.

## **8.2 Техніко-хімічна характеристика основних мінеральних вод**

До мінеральних належать в основному води, які містять у розчиненому стані понад 1 г/дм<sup>3</sup> мінеральних солей або не менше ніж 0,25 г/л газоподібних продуктів. У балансі споживання переважають природні мінеральні води, хоч можна готувати й штучні розчиненням у питній воді відповідних мінеральних солей.

Природні мінеральні води являють собою підземний водний розчин фізіологічно активних солей і деяких газів (вуглекислоти, Сірководню тощо).

Залежно від мінералізації, наявності специфічних біологічно активних компонентів та застосування мінеральні води поділяють на природні столові, лікувально-столові і лікувально-столові змішаного типу. До природних столових належать води з мінералізацією менше ніж 1,0 г/дм<sup>3</sup> і які не містять у своєму складі мікрокомпонентів, що мають лікувальну дію.

До лікувально-столових належать води з мінералізацією від 1,0 до 8,0 г/дм<sup>3</sup> усіх хімічних груп і від 1,0 до 15,0 г/дм груп: гідрокарбонатні натрієві, гідрокарбонатно-хлоридні, хлоридно-гідрокарбонатні натрієві. До цієї групи вналежать також відповідні води з нижчою мінералізацією за мінімального вмісту, мг/дм<sup>3</sup>: заліза – 10,0; миш'яку – 0,7–1,5; ортоборної кислоти – 35,0; бромиду – 25,0; метакремнієвої кислоти – 50,0; йоду – 5,0, органічних речовин (у розрахунку на вуглець) – 8,0–30,0.

Лікувально-столові води змішаного складу одержують змішуванням у визначеному співвідношенні природних вод різної мінералізації. Їх застосовують як лікувальні за призначенням лікаря і як столові напої несистематично.

Лікувально-столові води змішаного складу представлені такими групами: хлоридні натрієві і хлоридні кальцієво-натрієві.

За типами виділяють води вуглекислі, сульфідні, залізисті, миш'яковисті, бромні, йодисті, родонові, борні, з підвищеною концентрацією кремнієвої кислоти з високим вмістом органічних речовин типу «Нафтуса».

В Україні експлуатаційні запаси на 88 родовищах затверджені в обсязі 64238,9 м<sup>3</sup>/добу. За даними Геоінформу, у цілому в країні вони

використовуються тільки на 8 % – 4903,3 м<sup>3</sup>/добу. Найбільше експлуатуються запаси кременистих вод (з 1065 м<sup>3</sup>/добу – 71 %), бромні – тільки на 1 % (84), вуглекислі – 5 % (180), води без специфічних компонентів – на 6 % (1711,4), типу «Нафтуся» – на 9% (813894) (табл. 8.1).

Таблиця 8.1 – Експлуатаційні запаси мінеральних вод за типами, м<sup>3</sup>/добу

Типи вод	Всього	Добування
Родонові	9808,6	875,6
Без специфічних компонентів і властивостей	31074,2	1711,4
Бромні	9745,0	84,0
Вуглекислі, всього	3404	180,0
у т. ч. вуглекислі миш'яковисті	422,0	9,6
вуглекислі борні	88,0	5,0
вуглекислі залізисті	501,0	6,0
вуглекислі йодно-бромні	103,0	Відсутні дані
вуглекислі кременисті	118,8	Відсутні дані
тільки вуглекислі	2174,6	159,4
Залізисті	143,0	0,3
Сульфідні	5414	953,4
Типу «Нафтуся»	894,2	81,0
Кременисті	1065,0	754,0
Борні	871,0	35,0
Йодно-бромні	832,0	154,0
Йодно-бромні борні	984,0	74,0

Переважну більшість складають експлуатаційні, запаси вод без специфічних компонентів і властивостей – 31074,2 м<sup>3</sup>/добу, або 48 %, від загальної кількості всіх мінеральних вод. При цьому експлуатаційні запаси тільки Євпаторійського (морського) родовища становлять 16403 м<sup>3</sup>/добу, тобто 53% експлуатаційних запасів даного виду води, або 26 % від загальної кількості експлуатаційних запасів України.

Близько 220 найменувань мінеральних вод розливається у різну тару і пропонується споживачу торговими підприємствами. Це переважно лікувально-столові і столові води.

Серед розвіданих запасів найбільшу частку становлять води без спеціальних компонентів і властивостей, а також йодно-бромні, бромні і родонові (табл. 8.2).

Таблиця 8.2. – Розвідані запаси мінеральних вод за типами, м<sup>3</sup>/добу

Тип вод	Об'єм запасів
1	2
Родонові	2225,6
Без специфічних компонентів і властивостей	42614,0

## Продовження таблиці 8.2

1	2
Бромні	10231,3
Вуглекислі, всього	707,5
У т. ч. вуглекислі борні	420,6
вуглекислі залізисті	183,7
тільки вуглекислі	103,2
Залізисті	40,0
Сульфідні	803,0
З підвищеним вмістом орг. реч. – типу «Нафтуса»	729,9
Кременисті	2958,8
Йодні	37,0
Йодно-бромні	10460,0
Борні, бромні	708,0

Найбільш розвідані запаси мінеральних вод у Донецькій (33 %) і Закарпатській (21 %) областях (табл. 8.3).

Таблиця 8.3. – Розвідані запаси мінеральних вод України в межах адміністративних областей, м<sup>3</sup>/добу

Область	Показник	Область	Показник
Вінницька	410,0	Львівська	3329,6
Волинська	361,7	Миколаївська	2734,4
Дніпропетровська	1888,0	Одеська	4422,0
Донецька	23905,0	Полтавська	5171,1
Житомирська	1082,0	Рівненська	16,4
Закарпатська	14947,6	Сумська	268,0
Запорізька	1000,0	Харківська	2703,5
Івано-Франківська	360,3	Херсонська	5244,0
Київська	100,0	Хмельницька	260,0
Кіровоградська	200,0	Черкаська	417,0
Крим	305,8	Чернівецька	34,5
Луганська	2354,2	Всього в Україні	71515,1

Всього в Україні взято на облік 84 родовища, у тому числі на Закарпатті – 21. Найперспективнішим регіоном вважають Карпатську гідрогеологічну зону і Прикарпатський артезіанський басейн.

Води вуглекислі містять, як правило, не менше 0,5 г/дм<sup>3</sup> розчинного діоксиду вуглецю. Вуглекислими водами різної мінералізації та іонного складу багата Закарпатська область: Ужгородське, Ужозьке, Рахівське родовища гідрокарбонатно-кальцієвих, кальцієво-натрієвих і магнієво-кальцієво-натрієвих вод

з мінералізацією до 5 г/дм<sup>3</sup>; Полянське, Новополянське, Голубинське (Лужанське), Неліпинське, Плосківське, Пасіцьке, Свалявське, Шаянське родовища гідрокарбонатних натрієвих вод Боржомського типу з мінералізацією 2–11 г/дм<sup>3</sup>; Сойминське, Драгівське родовища хлоридно-гідрокарбонатних натрієвих і кальцієво-натрієвих вод Єсентуцького і Сойминського типів з мінералізацією 20–35 г/дм<sup>3</sup>.

Вуглекислі гідрокарбонати і натрієві, борні лікувальні води «Поляна Квасова» і «Поляна Купель» характеризуються широким спектром лікувальної дії. Їх використовують для лікування захворювань органів травлення, при порушенні обміну речовин і для лікування верхніх дихальних шляхів.

Сульфатні води в основному поширені на території Львівської (Немирівське, Шкловське, Великолюбінське, Роздольське родовища), Івано–Франківської (Черче), Чернівецької (Брусницьке), Тернопільської (Конопківське), Закарпатської (Синяцьке) областей.

Залізисті води в Україні є тільки на двох родовищах: Келечинському (Закарпатська обл.) і Слов'яногірському (Донецька обл.).

Миш'яковисті мінеральні води можна віднайти у Гірсько-Тисненському родовищі (Закарпатська обл.).

Бромні і йодисті мінеральні води є у Волинській (Журавицьке, Ковельське), Рівненській (Жабринське), Тернопільській (Новозбручанське), Луганській (Старобельське, Луганське), Одеській (Сергіївське), Миколаївській (Очаківське), Запорізькій (Бердянське), Дніпропетровській (Солонолиманське) областях.

Родонові води є у Вінницькій (Немирівське, Новохмільницьке), Дніпропетровській (Криворізьке), Донецькій (Велико-Анадацьке), Кіровоградській (Знаменське, Александрійське), Житомирській (Житомирське) і Київській (Конче-Заспинське) областях.

Борні мінеральні води трапляються в Закарпатській області (Лужанське, Сойминське, Гірсько–Тисненське, Пасіцьке, Плосківське, Свалявське, Драгівське родовища) і в Автономній Республіці Крим (Євпаторійське).

Підвищена концентрація кременистої кислоти міститься у водах Шаянського, Ужгородського родовищ Закарпатської області, Березовського і Рай-Єленівського Харківської області.

Води з високим умістом органічних речовин типу «Нафтуса» – Трускавецьке і Східненське у Львівській області, Збручанське і Гусятинське – у Тернопільській, Зайчиківське і Волочинське – у Хмельницькій, Рай-Єленівське – у Харківській.

На Прикарпатті розливають природні столові води «Городенківська», «Роксолана», «Галичанка», «Косівська», «Снятинська», «Буркут», «Олеська», а також столово-лікувальні «Золочівська», «Солуки» (завод Львівської ОСС), «Трускавецька». На півдні розливають лікувально-столові води «Снігурівська» (Миколаївська обл.), «Куяльник» (Одеська обл.), «Кримська», «Феодосійська» і «Айвазовська» (Крим).

Київський завод «Росинка» випускає мінеральні природні столові води «Софія Київська» і «Древньокиївська». «Софія Київська» нагороджена Золотим призом Європи.

«Союз-Віктан» випускає гідрокарбонатно-хлоридно-натрієву мінеральну воду «Неаполіс». Артсвердловина розміщена в екологічно чистій зоні на глибині 370 м. Вода збагачена природним газом із джерела. Мінеральні компоненти води (гідрокарбонати, сульфіти, хлориди, кальцій, магній, натрій, калій і йод) поліпшують обмін речовин, стимулюють діяльність шлунково-кишкового тракту, очищують печінку, активізують роботу нирок. Вона проходить кілька етапів очистки на молекулярному рівні і обов'язково обробляється УФ–променями. Розливають воду в оригінальні пляшки місткістю 0,33 л з темного скла.

Мінеральну воду «Оболонська» добувають з 300-метрової свердловини.

Мінеральна вода «Менська остреч» належить до групи лікувально-хлоридних натрієвих, аналогічна кримському типу. Добувають її зі свердловини глибиною 850 м. Вона рекомендована при хронічних гастритах, колітах, ентероколітах, захворюваннях печінки і жовчних шляхів. Мінералізація становить 2–3,5 г/дм<sup>3</sup>.

З Грузії завозять гідрокарбонатну натрієву воду «Боржомі».

### 8.3 Характеристика технологічних стадій виробничого процесу мінеральних вод. Контроль якості мінеральних вод та умови їх зберігання

Залежно від якості вихідної води і кінцевого продукту) виробництва схема водопідготовки може охоплювати технологічні стадії:

- фільтрування;
- освітлення;
- знезаражування тощо.

Розливання води в пляшки проводять із таким розрахунком, щоб середнє наповнення 10 пляшок відповідало їх номінальній місткості з відхиленням  $\pm 3\%$ . Пляшки з мінеральною водою герметично закупорюють кронен-пробками і піддають бракеражу. При цьому перевіряють прозорість води, відсутність у ній сторонніх домішок, чистоту внутрішньої і зовнішньої поверхонь пляшок, повноту їх заповнення, герметичність закупорювання. За результатами досліджень, ПЕТ-пляшки не впливають на смак мінеральної води.

У мінеральних водах обмежують масову концентрацію деяких компонентів (табл. 8.4).

Таблиця 8.4. – Гранична масова концентрація окремих компонентів мінеральних вод

Назва компонента	Вміст, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	
	у лікувально-столових і змішаного складу	у природних столових
1	2	3
Нітрати (NO <sub>3</sub> )	50,0	50,0



1	2	3
Нітрити (NO <sub>2</sub> )	2,0	2,0
Миш'як	1,5	0,05
Свинець	0,1	0,1
Цинк	5,0	5,0
Селен	0,05	0,05
Кадмій	0,01	0,01
Ванадій	0,4	0,4
Ртуть	0,02	0,005
Хром	0,5	0,5
Стронцій	25,0	7,0
Фтор	10,0	1,5
Уран	1,8 (23,8 Бк/дм <sup>3</sup> )	1,8 (23,8 Бк/дм <sup>3</sup> )
Радій	$5,2 \cdot 10^{-7}$ (18,5 Бк/дм <sup>3</sup> )	$5,0 \cdot 10^{-7}$ (18,5 Бк/дм <sup>3</sup> )
Феноли	0,1	0,001
Інші органічні речовини (у розрахунку на вуглець, С орг.)	30,0	8,0

Як довго воді залишатися в місткостях чистою, залежні самого виробника. Основним джерелом забруднення води є самі виробники. Достатньо один раз внести в місткість з водою контаміатор брудними руками, щоб потрапили бактерії, а після цього вони розмножуються. Також можуть потрапляти бактерій воду через помпи та інше технологічне обладнання. Для розвитку мікроорганізмів необхідні світло, тепло і кисень.

Необхідно стежити за чистотою обладнання, що контактує з продуктами, і своєчасно проводити санітарну обробку – не рідше ніж один раз на 3–4 місяці.

### Контрольні питання

1. Яка вода відноситься до мінеральної?
2. Які типи мінеральних вод виділяють?
3. Наведіть приклади мінеральних вод України.
4. Які запаси мінеральних вод має Україна?
5. Які методи використовуються для підготовки мінеральних вод до використання?
6. Охарактеризуйте показники якості мінеральних вод.
7. Які важкі метали можуть міститись у мінеральній воді?
8. Назвіть технологічній стадії водопідготовки у виробництві мінеральної воді.
9. З якою мінералізацією вода відноситься до групи лікувально-столових?
10. На території яких регіонів України видобувають мінеральну воду?

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Айрапетян, Т.С. Конспект лекцій з дисципліни «Особливості промислового водопостачання» / Т.С. Айрапетян. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 87 с.
2. ДСанПіН 2.2.4-171-2010. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною // Офіційний вісник України. – 2010. – № 51. – С. 99.
3. Дудник, С.В. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування: монографія / С.В. Дудник, М.Ю. Євтушенко. – К.: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. – 297 с.
4. Загальні технології харчових виробництв : підруч. / А.І. Українець, М.М. Калакура, Л.Ф. Романенко, В.А. Домарецький, Л.М. Мельник, О.О. Василенко, П. Л. Шиян, Л. М. Хомічак. – К. : Університет «Україна», 2010. – 814 с.
5. Запольський, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води / А.К. Запольський. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
6. Іванченко, Л.В. Хімія і технологія води: навч. посіб. / Л.В. Іванченко, В.Я. Кожухар, В.В. Брем. – Одеса : Екологія, 2017. – 208 с.
7. Методи контролю якості харчової продукції: навч. посіб. Ч. 2 / О.І. Черевко [та інш.]. – Х.: ХДУХТ, 2008. – 242 с.
8. Орлов, В.О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням: монографія / В. О. Орлов – Рівне: НУВГП, 2008. – 158 с.
9. Орлов, В.О. Технологія підготовки питної води: навч. посіб. / В.О. Орлов, А.М. Орлова, В.О. Зошук. – Рівне: НУВГП, 2010. – 176 с.
10. Орлова, А.М. Водопідготовка: інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення / А.М. Орлова, В.О. Орлов. – Рівне: НУВГП, 2009. – 182 с.
11. Пономаренко, Р.В. Науково-теоретичні основи зниження техногенного навантаження на системи водопостачання регіону з урахуванням основних принципів басейнового управління водними ресурсами: монографія / Р.В. Пономаренко. – Харків: Планета-Прінт, 2020. – 112 с.
12. Рибалова, О.В. Водопостачання та водовідведення: курс лекцій / О.В. Рибалова. – Х: НУЦЗУ, 2017. – 195 с.
13. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води. Практикум. Частина 1. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / Н.М. Толстопалова, М.І. Літинська, Т.І. Обушенко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 101 с.
14. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води. Практикум. Частина 2. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / Н.М. Толстопалова,

- М.І. Літинська, Т.І. Обушенко; І.М. Астрелін, О.В. Сангінова. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 181 с.
15. Харчові технології у прикладах і задачах: підручник / Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ [та інш.]. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 576 с.
  16. Юрасов, С.М. Оцінка якості природних вод: навчальний посібник / С. М. Юрасов, Т.А. Сафранов, А.В. Чугай. – Одеса: ОДЕКУ, 2011. – 164 с.
  17. Cheremisinoff, N.P. Handbook of water and wastewater treatment technologies / N.P. Cheremisinoff. – В.: Butterworth-Heinemann, 2002. – 645 p.
  18. Senior, D. Technology of bottled water / D. Senior, N. Dege. – Second Edition. – UK.: Blackwell Publishing, 2005 – 411 p.

### Допоміжна

1. Брик, М.Т. Питна вода і мембранні технології (огляд) / М.Т. Брик // Наукові записки. – Том 18. Хімічні науки. – 2000. – С. 1–24.
2. Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 19–20 квітня 2018 р. / Національний університет харчових технологій; редкол.: А.І. Українець [та інш.]. – К.: НУХТ, 2018. – 215 с.
3. Сорокіна, К.Б. Теоретичні основи технології очистки води (Теоретичні основи водопідготовки) : конспект лекцій (для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання за напрямками підготовки 6.060101 – Будівництво (фахове спрямування «Водопостачання та водовідведення») і 6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси)) / К. Б. Сорокіна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 128 с.
4. Стандартизація, сертифікація, метрологія та управління якістю : навчальний посібник / укл. : М.М. Воробець, І.В. Кондрачук. – Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича, 2022. – 104 с.
5. Технологія спирту / Під ред. проф. В.О. Маринченка. – Вінниця: «Поділля-2000», 2003. – 496 с.
6. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води: фізико-хімічні основи і алгоритми розрахунків процесів водопідготовки: навч. посіб. / Н.М. Толстопалова [та інш.]. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 130 с.
7. Третя науково-практична конференція з міжнародною участю «Вода в харчовій промисловості»: Збірник матеріалів Третьої науково-практичної конференції / Одеська національна академія харчових технологій; редкол.: Б.В. Єгоров (гол. ред.) [та інш.]. – Одеса: ОНАХТ, 2012. – 192 с.
8. Хільчевський, В.К. Основи гідрохімії : підручник / В.К. Хільчевський, В.І. Осадчий, С.М. Курило. – К. : Ніка-Центр, 2012. – 312 с.