

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**Кафедра пожежної профілактики в населених пунктах**

**С.А. Горносталь, О.А. Петухова**

# **ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

**Водопостачання. Особливості роботи  
в надзвичайних ситуаціях**

***Текст лекцій***

**Харків 2018**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**Кафедра пожежної профілактики в населених пунктах**

**С.А. Горносталь, О.А. Петухова**

# **ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

**Водопостачання. Особливості роботи  
в надзвичайних ситуаціях**

***Текст лекцій***

**Харків 2018**

Рекомендовано до друку вченою радою  
факультету пожежної безпеки  
НУЦЗ України  
(протокол від 19.11.2018 №3)

**Укладачі:** С.А. Горносталь, О.А. Петухова

**Рецензенти:** кандидат технічних наук, доцент **І.Б. Рябова**, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів Національного технічного університету «ХПІ»;  
кандидат технічних наук, доцент **Ю.В. Уваров**, начальник науково-методичного центру навчальних закладів ДСНС України.

**Інженерні мережі та комунікації. Водопостачання. Особливості роботи в надзвичайних ситуаціях: текст лекцій/ Укладачі:** С.А. Горносталь, О.А. Петухова. – Х.: НУЦЗУ, 2018. – 92 с.

Текст лекцій складається з теоретичних відомостей, необхідних довідникових даних та списку літератури. Текст лекцій призначений для здобувачів вищої освіти, що навчаються на першому (бакалаврському) рівні в галузі знань 1702 «Цивільна безпека».

©НУЦЗУ, 2018

# ЛЕКЦІЯ 1 СИСТЕМИ І СХЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

План лекції:

1.1 Класифікація систем водопостачання

1.2 Схеми водопостачання населених пунктів

1.3 Схеми водопостачання промислових підприємств

## 1.1 Класифікація систем водопостачання

Система водопостачання – це комплекс інженерних споруд, які призначені для забору води від джерела, її очищення (у випадку необхідності), зберігання запасів води та її постачання до місця споживання.

Системи водопостачання класифікуються за декількома ознаками.

За надійністю подачі води:

– *першої категорії надійності* – допускається зниження подачі води на господарсько-питні потреби не більш 30% розрахункової витрати і на виробничі потреби за аварійним графіком роботи підприємств; тривалість зниження подачі не повинна перевищувати 3 доби. Перерва в подачі води або зниження подачі нижче зазначеної межі допускаються на час вимикання ушкоджених і включення резервних елементів системи (устаткування, арматури, споруджень, трубопроводів і ін.), але не більш ніж на 10 хвилин;

– *другої категорії надійності* — величина зниження подачі води така сама, що й при I категорії; тривалість зниження подачі не повинна перевищувати 10 діб. Перерва в подачі води або зниження подачі нижче зазначеної межі допускаються на час вимикання ушкоджених і включення резервних елементів або проведення ремонту, але не більше ніж на 6 годин;

– *третьої категорії надійності* — величина зниження подачі води така сама, що й при I категорії; тривалість зниження подачі не повинна перевищувати 15 діб. Перерва в подачі води або зниження подачі нижче зазначеної межі допускається на час проведення ремонту, але не більше ніж на 24 години.

**За призначенням** системи водопостачання поділяють на:

- господарсько-питні - призначені для постачання води на господарчі та питні потреби населення та працівників промислових підприємств;
- виробничі - подають воду на технологічні потреби виробництва;
- протипожежні - забезпечують водопостачання на пожежогасіння;
- об'єднані системи водопостачання: господарсько – протипожежні, виробничо – протипожежні або господарсько – протипожежні.

У містах та населених пунктах найчастіше влаштовують об'єднані господарсько – питні водопроводи. Цими водопроводами вода подається до промислових підприємств, якщо вони споживають питну воду у невеликих розмірах.

При великих витратах води промислові підприємства мають самостійні водопроводи, які забезпечують підприємство водою як із зовнішнього джерела (міського магістрального водопроводу), так і від місцевих джерел -

поверхневих та підземних. В таких випадках влаштовують системи водопостачання, які забезпечують господарсько-питні, виробничі та протипожежні потреби, тобто будують господарсько-питні та виробничі водопроводи, об'єднуючі їх з протипожежними. Перевага віддається об'єднанню протипожежного водопроводу з господарчим, а не із виробничим, тому що виробнича водопровідна мережа не охоплює усіх об'єктів підприємства.

Крім того, для деяких технологічних процесів воду необхідно подавати під визначеним тиском, який змінюється при пожежогасінні, що може привести до аварії. Тому пожежні гідранти найчастіше розташовують на господарсько-протипожежному водопроводі. При необхідності, гідранти можливо встановлювати і на господарчих водопроводах, якщо витрати води на пожежогасіння значно менше господарсько-питних потреб. Окремі протипожежні водопроводи влаштовують на найбільш пожежонебезпечних об'єктах – підприємствах нафтохімічної та нафтопереробної промисловості, складах нафти та нафтопродуктів, лісобріжках, сховищах зріджених газів та інших.

**За тиском** водопроводи поділяються низького та високого тиску. У мережі низького тиску вільний тиск на рівні поверхні землі (пожежному гідранті) мусить бути не менше 10 м, та на кожен поверх будівлі вище першого додається ще 4 м. При цьому необхідний для гасіння пожежі тиск на пожежному стволі створюється пересувними пожежними насосами, що постачають воду від автомобіля, на якому встановлено насос, по пожежним рукавам до місця пожежі.

У системах високого тиску вода до місця пожежі подається безпосередньо від гідрантів, а необхідний для пожежогасіння напір у мережі та біля стволів забезпечується стаціонарними пожежними насосами, які розміщують у насосних станціях.

**За видом джерела водопостачання:** з водопостачанням з поверхневих, підземних джерел, а також зі змішаними джерелами водопостачання.

За способом подачі води:

- напірні - із подачею води насосами;
- самотічні - при розміщенні джерела на висоті, що забезпечує природне водопостачання споживачів.

За кількістю об'єктів, що обслуговуються: централізовані, місцеві, групові, зонні.

**Централізовані** системи водопостачання зустрічаються найчастіше. Вони використовуються для подачі води до населених пунктів, промислових підприємств в них. Представляють собою систему з одним або декількома джерелами водопостачання, які забезпечують подачу води до однієї мережі.

**Місцеві** системи водопостачання обслуговують одну будівлю або невелику групу компактно розміщених будівель від одного поблизу розташованого джерела (наприклад, промислове підприємство, район міста). Якщо водопровід подає воду до декількох об'єктів (наприклад, групи малих

населених пунктів, групи промислових підприємств), він має назву **групового** водопроводу. Для живлення водою під необхідним тиском різних районів населеного пункту, що мають значну різницю у геодезичних відмітках, влаштовують **зонні** системи.

## 1.2 Схеми водопостачання населених пунктів

На території більшості населених пунктів існує декілька категорій споживачів, які користуються водою різної якості та кількості. У сучасних міських водопроводах витрати води на технологічні потреби складають у середньому до 40% від загального об'єму водоспоживання, при цьому біля 85% забирається від поверхневих джерел, 15% - від підземних. Вибір джерела водопостачання визначається технічними та економічними показниками.

Схема водопостачання для міст з використанням поверхневих джерел показана на рис.1.1.

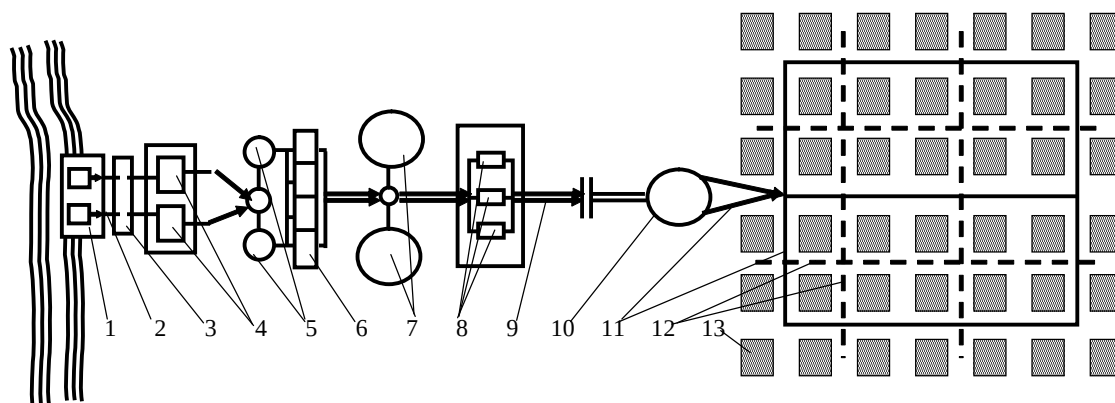


Рис.1.1 - Схема водопостачання населеного пункту:

1 - оголовок, 2 - самотічні труби, 3 - береговий колодязь, 4 - насосна станція першого підйому, 5 - відстійники, 6 - фільтри, 7 - резервуари чистої води, 8 - насосна станція другого підйому, 9 - водоводи, 10 - водонапірна башта, 11 - магістральна мережа, 12 - розподільча мережа, 13 - споживачі води

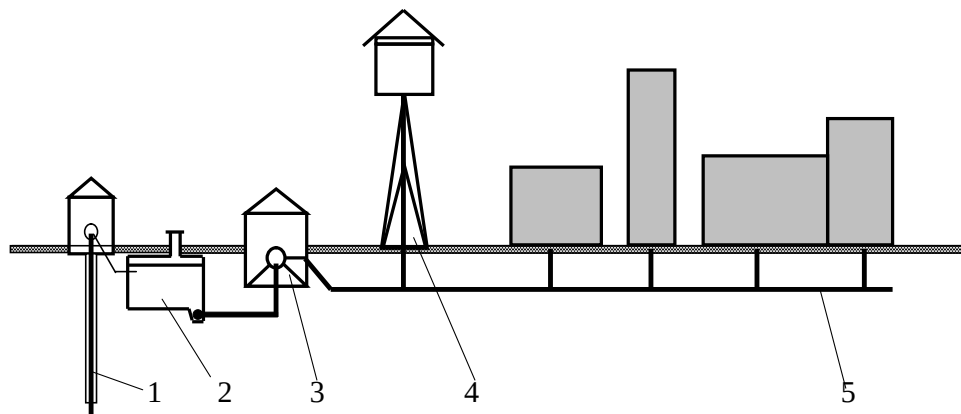
Вода поступає у водоприймач (1) та по самотічним трубам (2) подається до берегового колодязя (3), а із нього насосами насосної станції першого підйому (НС-I) (4) до очисних споруд – відстійників (5) та фільтрів (6). Після очищення та знезаражування хлором або іншим засобом, вода подається до резервуарів чистої води (РЧВ) (7), від яких забирається насосами насосної станції другого підйому (НС – II) (8), і по водоводам (9) до баку водонапірної башти 10, після чого подається магістральною (11) та розподільчою (12) мережами до споживачів (13).

**Очисні споруди** необхідні для очищення води від забруднювачів та придання воді необхідних фізичних, хімічних та бактеріологічних якостей. Їх робота найбільш ефективна при рівномірному постачанні води.

**Насосна станція другого підйому** будується із урахуванням режиму водоспоживання, який протягом доби нерівномірний. Регулювання нерівномірності роботи насосних станцій першого та другого підйомів досягається за рахунок влаштування РЧВ та водонапірних башт, гідропнеumoустановок та гідроколон.

**Водонапірні башти** використовують для створення необхідного тиску води у мережі. У РЧВ та водонапірних баштах зберігається запас води на пожежогасіння.

Схеми водопостачання з використанням підземних джерел влаштовуються, як правило, без очисних споруд (рис.1.2).

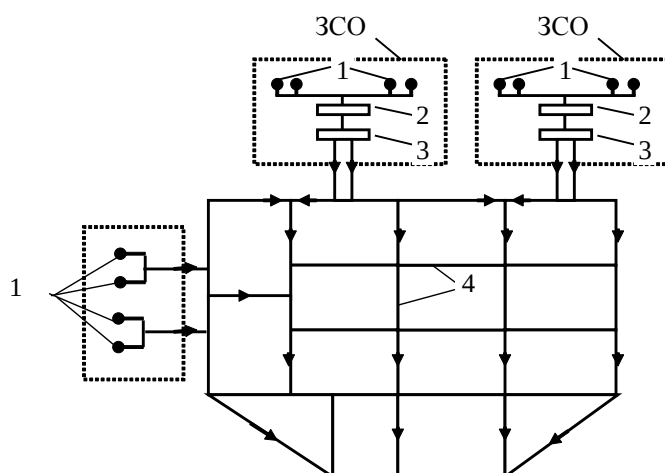


**Рис.1.2 - Схема водопроводу на підземному джерелі:**

1 - артезіанська свердловина з насосом, 2 – запасний резервуар, 3 – насосна станція другого підйому, 4 – водонапірна башта, 5 – водопровідна мережа

Вода в таку систему подається безпосередньо до резервуарів чистої води, мінуючи очисні споруди.

При використанні підземних вод, а також при водопостачанні великих міст використовується схема водопостачання з **декількома джерелами водопостачання**. Як правило, джерела водопостачання розміщуються із різних сторін населеного пункту (рис.1.3).



**Рис.1.3 - Схема водопроводу із тристороннім живленням водою:**

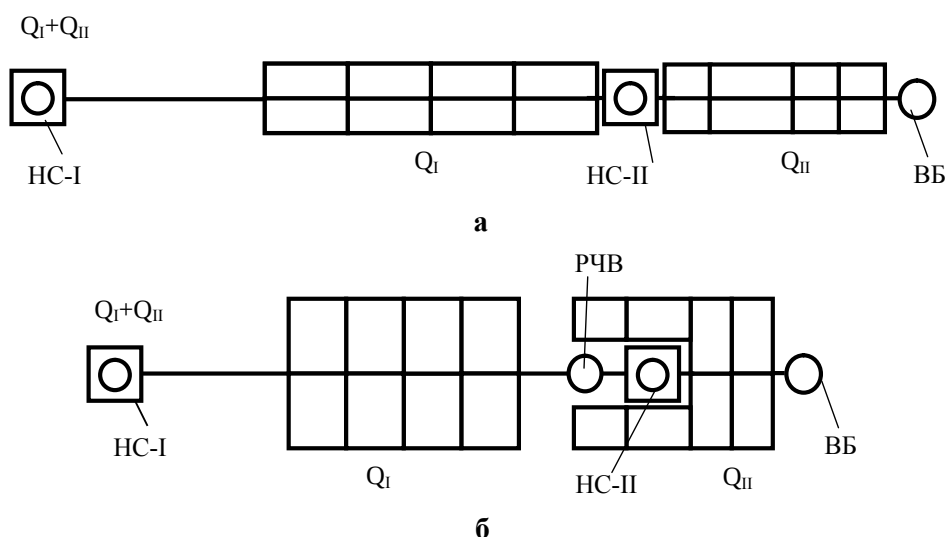
1 – артезіанські свердловини, 2- запасні резервуари, 3 – насосні станції другого підйому, 4 – водопровідна мережа міста, ЗСО – зона санітарної охорони

Такий тип водопостачання забезпечує більш рівномірний розподіл води в мережі.

Централізована система водопостачання може бути розділена на декілька зон. **Зонні системи водопостачання** дозволяють зменшити тиск у водопровідних мережах та знизити затрати енергії на підйом води. Зонування може бути послідовне (рис.1.4) або паралельне (рис.1.5).

При послідовному зонуванні насосна станція кожної зони постачає воду у кількості, необхідній для усіх зон, під тиском, необхідним тільки для цієї зони.

Насоси верхньої зони можуть брати воду безпосередньо із мережі нижньої зони (рис.1.4 а), або від резервуару, розміщеного між зонами (рис.1.4 б). Резервуар одночасно виконує роль джерела водопостачання для насосної станції верхньої зони та контррезервуара для мережі нижньої зони. Розміщується резервуар вище границі зон на такій висоті, що забезпечує необхідні напори у верхніх точках мережі нижньої зони.



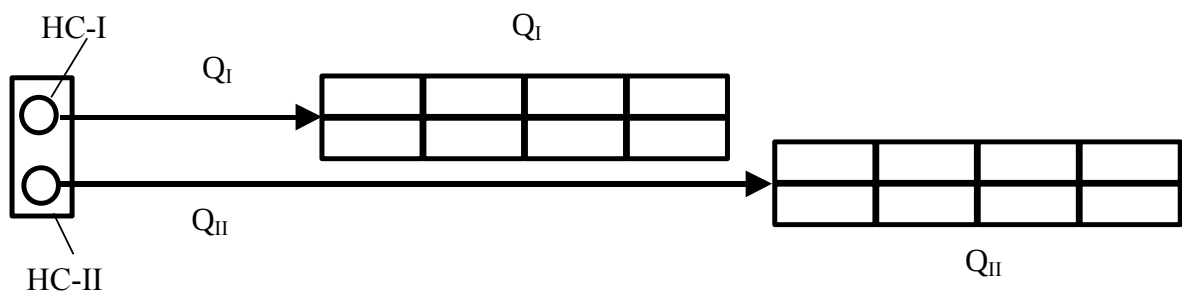
**Рис.1.4 - Схема з послідовним зонним водопостачанням:**

а) з забором води в наступну зону безпосередньо із мережі; б) з забором води від резервуару

При паралельній системі зонування вода подається у мережу кожної зони окремими групами насосів, що розміщені у загальній насосній станції, по окремим водопроводам (рис.1.5).

Кожна група насосів подає кількість води, необхідну для обслуговування своєї зони, та створює напір, який забезпечує достатній тиск у найбільш віддаленій точці зони.

У невеликих населених пунктах, характерних для сільської місцевості, використовують прості, дешеві схеми водопостачання - **схема водопостачання малих населених пунктів**.



**Рис.1.5 - Схема паралельного зонного водопостачання**

Якщо чисельність мешканців не перевищує 5000 осіб, згідно нормативним вимогам влаштовують об'єднаний водопровід високого тиску, що забезпечує господарсько-питні, виробничі та протипожежні потреби.

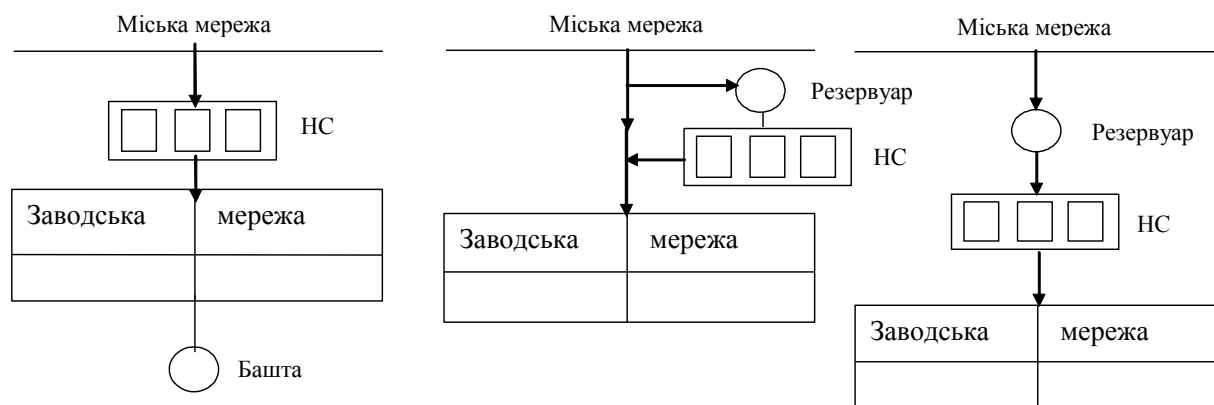
Розповсюдженою схемою для сільських водопроводів є схема із забором води від місцевих джерел за допомогою шахтних колодязів, або свердловин із прямою подачею до водопровідної мережі з включенням в схему водонапірної башти. Господарсько-питні потреби малих населених пунктів значно менше витрат води на пожежогасіння, або рівні їм. Таким чином, водопровід мусить забезпечити при пожежі подачу води у розмірах, значно більших ніж у звичайний час. Забезпечення цього можливо за рахунок підвищеної потужності насосних станцій, передбаченням пожежних резервуарів, збільшенням діаметрів труб, але це не завжди економічно доцільно. У таких випадках влаштовують тільки господарсько-питний водопровід, а воду на пожежогасіння забирають із пожежних водоймищ та резервуарів, розміщених біля водопроводів, які забезпечують поповнення пожежних запасів води. Для відбору води на пожежні потреби встановлюють пожежні гідранти, для забору питної води – гідрант-колонки та водорозбірні колонки.

Для водопостачання населених пунктів, що не мають значних джерел водопостачання, використовують групові системи водопостачання, довжиною декілька сотень кілометрів. Десятки насосних станцій перекачують значні об'єми води – сотні та тисячі метрів кубічних за добу. Для регулювання водоспоживання біля насосних станцій влаштовують резервуари, де зберігаються запаси води на пожежогасіння.

### **1.3 Схеми водопостачання промислових підприємств**

Господарсько-питний водопровід промислового підприємства може живитися водою від магістрального міського водопроводу, або одночасно від підземних джерел – артезіанських свердловин та колодязів (рис.1.6). Якщо вільний тиск у заводській мережі мусить бути більший, ніж у зовнішній міській мережі, влаштовують місцеві підвищуючі насосні станції. Вони можуть забирати воду безпосередньо від магістральної мережі (рис.1.6 а), або з резервуарів (рис.1.6 б, 1.6 в), що забезпечують

збереження протипожежного запасу води та дотримання заданого графіку споживання води.



**Рис.1.6 – Схеми подачі води від міського водопроводу в мережу підприємства:**

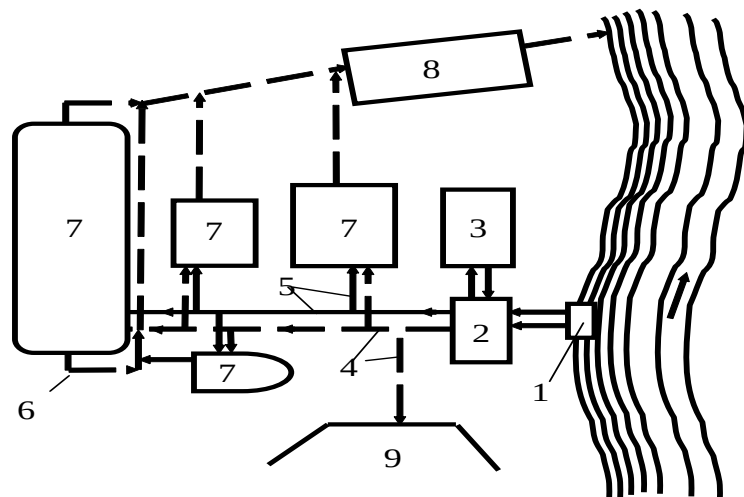
а) з забором води від магістральної мережі; б) і в) з забором води від резервуарів

Безпосередня подача води від міської мережі до внутрішньозаводської дозволяється у тому разі, коли міська мережа здатна забезпечити подачу води підприємству протягом доби під розрахунковим тиском в відповідності з його графіком водоспоживання. При цьому для забезпечення надійності водоспоживання, до підприємства від зовнішньої мережі необхідно мати не менш двох введів від різних ділянок. Заводські мережі водопостачання можуть бути прямоточними, зворотними та з послідовним використанням води.

При прямоточному водопостачанні (рис.1.7) насосна станція (2), яка розташована біля водозабірної споруди (1), подає воду на виробничі потреби до цехів (7) по виробничій мережі (5). При цьому вода проходить спеціальну підготовку на очисних водопровідних спорудах (3).

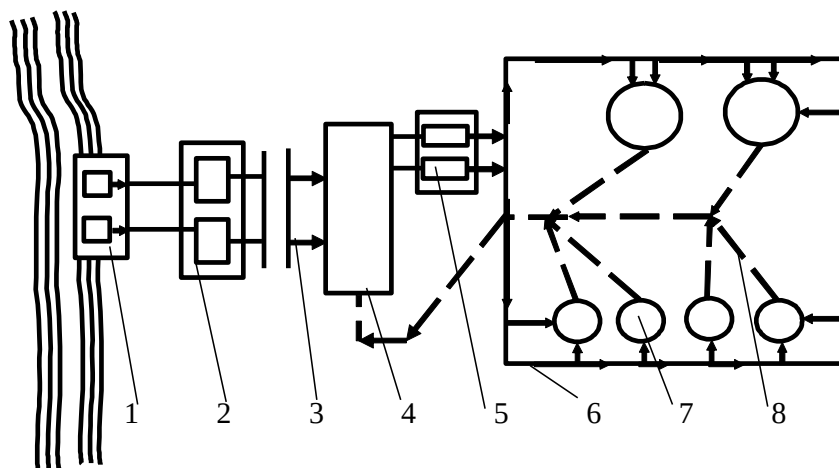
Після використання у виробничому процесі, вода поступає по каналізаційній мережі (6) без очищення до джерела водопостачання (у даному прикладі – до річки), або, при необхідності, на очисні споруди (8) для очищення. У разі необхідності подачі води під різним тиском, на насосній станції встановлюють декілька груп насосів, що постачають воду до окремих систем. Для господарсько-протипожежних вимог населеного пункту (9) та промислових об'єктів підприємства (7), де потребується вода питної якості, вода подається по господарсько-протипожежній мережі (4) спеціальними насосами.

При зворотному водопостачанні (рис.1.8) використана вода не скидається до системи водовідведення, як при прямоточному водопостачанні, а після обробки знов подається до виробничої мережі підприємства.



**Рис.1.7 – Схема прямооточного водопостачання промислового підприємства:**

1 – водоприймач, 2 – насосна станція першого підйому, 3 – охолоджуючі споруди; 4 – мережа господарсько-питного та протипожежного водопостачання, 5 – мережа виробничого водопостачання, 6 – водовідвідна мережа, 7 – споживачі води, 8 – очисні споруди



**Рис.1.8 – Схема зворотного водопостачання промислового підприємства:**

1 – водоприймач, 2 – насосна станція першого підйому, 3 – водоводи; 4 – споруди для охолодження води, 5 – насосна станція другого підйому, 6 – подача охолодженої води до споживачів, 7 – споживачі води, 8 – зворотній трубопровід нагрітої води

Насосами (5) вода після охолодження на спорудах (4) подається по трубопроводах 6 до виробничих агрегатів (7). При використанні у виробничому процесі вода нагрівається. Для подальшого її використання підігріта вода поступає по трубопроводах (8) на охолодження до споруд (4) (градирні, бризкальні басейни, охолоджуючі ставки). Додаток свіжої води від джерела (поповнення витраченої води) відбувається насосами (2) по водоводам (3). Об'єм додатку складає 3-5% від кількості загального об'єму води у мережі.

Схема з послідовним використанням води займає місце проміж прямоточним та зворотнім. Так, кількість води, яка відбирається від джерела при послідовному водопостачанні менш, ніж при прямоточному, але більше ніж при зворотному.

На одному і тому же підприємстві можуть бути різні схеми водопостачання, які обслуговують різні виробництва, цехи. Так, для деяких цехів може бути влаштовано зворотне водопостачання, а для інших – прямоточне, послідовне. Таким чином, кожна система водопостачання окремого виробництва – комбінована.

#### **1.4 Вимоги до влаштування протипожежного водопроводу**

Джерела водопостачання населених пунктів та промислових підприємств можуть бути природними (річки, озера, моря) та штучними (резервуари, водоймища-копані, водоймища-полукопані, канали, водосховища, ставки). Вони успішно використовуються у пожежогасінні.

Згідно вимог нормативного документу протипожежне водопостачання із водоймищ або резервуарів можливо для підприємств із площею території не більше 20 га та категоріями виробництва Г та Д, якщо розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння не перевищують 20 л/с. Дозволяється воно і для населених пунктів із кількістю мешканців не більше 5000 осіб та для окремо розташованих громадських будівель при узгодженні з органами державного пожежного нагляду.

Протипожежне водопостачання дозволяється не передбачати для окремих виробничих будівель I та II ступенів вогнестійкості об'ємом не більше 1000 м<sup>3</sup> із виробництвами категорії Д; для населених пунктів із кількістю населення до 50 осіб при забудові будинками до 2-х поверхів включно, для заводів по виробництву залізобетонних виробів та товарного бетону із будівлями I та II ступенів вогнестійкості, у робочих селищах, обладнаних мережами водопроводів при умові розміщення гідрантів на відстані не більш 200 м від будівель заводу.

При безводопровідному водопостачанні вода для гасіння пожежі подається мотопомпами, автонасосами, автоцистернами, а також стаціонарно влаштованими насосами. Об'єм води, що забирається із водоймища, визначають із урахуванням потреби 3-х годинного гасіння пожежі

$$W = \frac{3 \cdot 3600 \cdot Q_{\text{пож}}}{1000}, \text{ м}^3 \quad (1.1)$$

де  $Q_{\text{пож}}$  – витрати води на зовнішнє пожежогасіння, л/с.

Корисна ємність кожного водоймища на підприємствах, сховищах та великих населених пунктів мусить складати 100 – 500 м<sup>3</sup>. У місцях

особистої забудови (сільські населені пункти, міста), корисна ємність таких водоймищ мусить бути у межах 50-150 м<sup>3</sup>.

Для влаштування водоймища вибирають місце із обов'язковим урахуванням наступних факторів:

- наявності засобів забору і подачі води;
- якості ґрунтів та рівня ґрунтових вод;
- можливості та засобів наповнення водоймища водою;
- зручності під'їзду пожежних автомобілів та цистерн;
- близькості розташування водоймища до об'єкту або групи об'єктів, що потребують найбільших витрат води на пожежогасіння.

Відстань від водоймищ до будівель III, IV, V ступенів вогнестійкості та до відкритих складів горючих матеріалів мусить бути не менш ніж 30 м, до будинків I та II ступенів вогнестійкості – не менш 10 м.

До вододжерел влаштовують під'їзди для забезпечення одночасної роботи двох пожежних насосів. Водоймища наповнюють водою пересувними автонасосами, транспортуючи її каналами, пожежними рукавами та іншими способами.

При заповненні пожежних водоймищ пожежними насосами від водопровідної мережі, можна використовувати рукавні лінії довжиною до 250 м, а при узгодженні із органами державного пожежного нагляду – до 500 м. Якщо відсутні вододжерела, відкриті водоймища заповнюють за рахунок атмосферних опадів, для чого площадка повинна мати невеликий ухил 0,002-0,003 до нього. Використання ґрунтових вод у якості природного постачання водоймищ дозволяється, якщо глибина їх залягання перевищує 5 метрів.

### **Контрольні питання**

1. За якими ознаками класифікують системи водопостачання?
2. Надайте характеристику складових систем водопостачання населених пунктів.
3. Наведіть схему системи водопостачання с поверхневих джерел.
4. Накреслить схему системи водопостачання з підземного джерела.
5. Надайте характеристику складових систем водопостачання промислового підприємства.
6. Порівняйте системи прямого та зворотнього водопостачання промислових підприємств. Вкажіть переваги та недоліки кожної.
7. Які вимоги висуваються до влаштування протипожежного водопроводу?

## ЛЕКЦІЯ 2 ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ. ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ВОДИ

План лекції:

2.1 Характеристика джерел водопостачання

2.2 Вимоги до якості води

### 2.1 Характеристика джерел водопостачання

Джерелами водопостачання міст, селищ, промислових підприємств служать:

- **поверхневі води** (ріки, канали, озера, штучні водоймища, атмосферні опади, у деяких випадках використовують морську воду);
- **підземні води** (артезіанські, ґрунтові, джерельні).

**Для забезпечення людей водою в надзвичайної ситуації застосовуються:**

- джерела підземної води (водозабірні свердловини, шахтні колодязі, кяризи, джерела);
- поверхневі джерела (ріки, озера, водосховища, моря);
- атмосферні опади (дощова вода і вода від таїння снігу і льоду).

Ріки і канали з великими витратами води і швидким плином, тобто зі швидкою змінністю води, дають можливість через визначений час користуватися проточною водою, іноді навіть без спеціального очищення.

Підземні води надійно захищені від масового зараження, включаючи радіоактивне зараження, отруйні речовини і бактеріальні засоби, однак водопостачання від підземних джерел коштує дорожче і не завжди може дати велику кількість води. Найчастіше підземні джерела забезпечують водою невеликі і середні населені пункти, підприємства з обмеженою витратою води. В загальному балансі водоспоживання підземні води складають близько 15 %. Система водопостачання великих міст, як правило, базується на поверхневих джерелах, (підземні води відіграють допоміжну роль).

**Підземні води можуть бути:**

- напірні з верхнім водопроникним шаром (верховодка і ґрунтові води),
- ненапірні міжпластові, артезіанські напірні.

Верховодка залягає на глибині до 5 м над водонепроникними породами. Характерною відміною верховодки є невелика площа розповсюдження і мала потужність водоносного шару, сезонність існування і невеликі запаси води, а також можливість забруднення з поверхні землі.

Ґрунтові води, як правило, залягають на глибині 15-20 м на водонепроникному шарі (водоупорі). Рівень ґрунтових вод встановлюється в свердловині на той глибині, на якій вони були розкриті. Ґрунтові води широко використовуються в водопостачанні, але вони можуть легко забруднюватися стоком із вигрібних ям, тваринницьких ферм. Тому при

використанні таких вод необхідно забезпечити надійну санітарну перевірку та охорону ділянки водозабору.

Швидкість проникнення підземних вод залежить від пористості гірської породи, через яку вона проникає. Так, через крупну гальку за добу вода може проникати на 200 м, через пісок на 10 м, через глину на 1 м. Пласти гірських порід, які не пропускають воду, називаються водоупорними. Вони складаються із глини, граніту, піщаника, глинистого сланцю.

Ненапірні міжпластові і напірні (артезіанські) води захищені зверху водонепроникними шарами і залягають, як правило, на глибині 50-100 м і більше. Артезіанська вода – вода високої якості та не потребує очищення і широко використовується в водопостачанні. В маловодних районах підземні води не мають повсюдного розповсюдження звичайно характеризуються підвищеною мінералізацією.

Поверхневі джерела характеризуються великою різноманітністю якості води. Більшість великих і проточних водоймищ звичайно забруднено побутовими, виробничими і сільськогосподарськими стоками, а суднохідні ріки і озера – нафтопродуктами. Проточні водоймища бувають найбільше забруднені на ділянках нижче населених пунктів і промислових районів (підприємств). В поверхневих водоймищах якість води звичайно погіршується під час танення снігу і в період дощів, а в неглибоких проточних і слабопроточних також і при наявності льодового покриву.

Поверхневі водоймища, лід і атмосферні опади можуть бути заражені радіоактивними і отруйними речовинами і хвороботворними організмами. Концентрація радіаційних речовин у воді з часом зменшується за рахунок: радіоактивного розпаду, потраплянням у водоймища незараженої води, випадіння радіоактивних частинок на дно, сорбції радіоізотопів природними частками. У водоймища можуть попадати у небезпечній кількості гербіциди, реактивні палива, а також інші хімічні речовини. Небезпечні концентрації отруйних речовин можуть зберігатися в непротічних водоймищах від кількох годин до кількох місяців. Найбільша небезпека для зараження водних джерел хвороботворними бактеріями є збудники холери, тифу, сапа, сибірської язви. Поверхневі джерела містять невисоку кількість солей але є озера і моря з підвищеною і навіть високою солоністю.

## **2.2 Вимоги до якості води**

**Якість води** – сукупність фізичних, хімічних, біологічних та бактеріологічних показників, які задовольняють вимоги споживачів. Вимоги до якості води нормуються державними галузевими стандартами або технічними умовами.

**Водокористування** – використання водних об’єктів для задоволення потреб населення та об’єктів господарської діяльності.

**Водокористування класифікується за такими ознаками:**

- за цілями водокористування – **господарсько– питне, комунально–побутове, промислове, сільськогосподарське, для потреб енергетики, для рибного господарства, для водного транспорту та лісопавалу, для лікування та курортних потреб тощо;**
- за об’єктами водокористування – **поверхневі, підземні, внутрішні та територіальні морські води;**
- за способом використання – **з вилученням води та її поверненням, з вилученням води без повернення, без вилучення води;**
- за технічними умовами водокористування – **із застосуванням технічних споруд, без застосування споруд.**

**У залежності від цілей водокористування джерела водопостачання поділяються на дві категорії:**

- до 1 категорії відносяться водні об’єкти, що використовуються як джерела централізованого господарсько– питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості;
- до 2 категорії відносяться водні об’єкти для культурно-побутових цілей і ті, що знаходяться в межах населених пунктів.

Вимоги щодо складу та властивостей води регламентуються в залежності від категорій водних об’єктів.

При водокористуванні має місце водоспоживання, котре може бути безповоротним, повторним, оборотним. З метою раціонального використання води запроваджено норми споживання води на одного мешканця та умовну одиницю продукції, характерну для кожної з галузей промисловості. Вода повинна бути безпечною в епідеміологічному відношенні, нешкідливою за своїм хімічним складом і мати добрі органолептичні властивості.

Для санітарної оцінки води **використовуються показники:**

- гранично допустимі концентрації речовин у воді (ГДК),
- орієнтовано допустимі рівні речовин у воді (ОДР);
- лімітуючі ознаки шкідливості (санітарно– токсикологічна, загально–санітарно, органолептична з розшифруванням властивостей: запаху, впливу на колір, утворення піни та плівки, присмак);
- клас небезпеки речовин.

Хімічні речовини за класом небезпеки поділяються на: 1 клас – надзвичайно небезпечні; 2 клас – високо небезпечні.

Джерело може бути використано для господарсько-питних потреб, якщо якість води відповідає наступним вимогам (табл. 2.1).

Якість води, що подається споживачам, повинна постійно задовольняти наступним вимогам (табл. 2.2). Температура поверхневих джерел не постійна, доходючи влітку до 20°C і більше, взимку, особливо в річках, де

вона приближається до 0°C. В річках з швидкими течіями і пізнім льодоставом вода може переохолоджуватись з утворенням шуги і донного льоду, які забивають сітки водоприймачників. Жорсткість води більшості річок, озер і водосховищ не перевищує допустимої для питного вживання.

Таблиця 2.1 – Вимоги до якості води вододжерел

| Найменування                                                                       | Параметр |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Вміст сухого осаду, мг/л                                                           | 1000     |
| Вміст сульфатів, не більше, мг/л                                                   | 500      |
| Вміст хлоридів, не більше, мг/л                                                    | 350      |
| Загальна жорсткість, не більше мг-екв/л                                            | 7        |
| <i>Середня кількість кишкових паличок в 1 л води, не більш:</i>                    |          |
| Для джерел, які будуть використовуватися тільки з хлоруванням                      | 1000     |
| Для джерел, які будуть використовуватися тільки з повною очисткою та з хлоруванням | 1000     |
| Запах та присмак при температурі не більше 20 °C, бали                             | 3        |

Таблиця 2.2 – Основні вимоги до якості питної води

| Найменування                                          | Параметр |
|-------------------------------------------------------|----------|
| Запах та присмак при температурі не більш 20 °C, бали | 2        |
| Кольоровість за шкалою не більш, град                 | 20       |
| Прозорість за шрифтом не менш, см                     | 30       |
| Загальна жорсткість не більш, мг-екв/л                | 7        |
| Вміст не більш, мг/л                                  |          |
| Свинцю                                                | 0.1      |
| Миш'яку                                               | 0.05     |
| Фтору                                                 | 1.5      |
| Міді                                                  | 3.0      |
| Цинку                                                 | 5.0      |
| Загальна кількість бактерій в 1 мл не більше          | 100      |
| Кількість кишкових паличок в 1 л не більше            | 3        |
| Титр кишкової палички не менше                        | 300      |

Таким чином, використання води з поверхневих джерел для питних потреб без обеззараження, знешкодження, дезактивації недопустима.

### Контрольні питання.

1. Охарактеризуйте особливості джерел водопостачання відносно місця їх розташування.
2. За якими ознаками класифікується водокористування. Охарактеризуйте кожну.
3. Які вимоги висуваються до якості питної води?
4. За якими показниками визначають санітарну оцінку води?

## ЛЕКЦІЯ 3 РЕЖИМ ВОДОСПОЖИВАННЯ В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ

План лекції:

3.1 Режими водоспоживання

3.2 Норми водоспоживання

3.3 Вільні напори у системах водопостачання

### 3.1 Режими водоспоживання

Споживання води населенням на протязі року нерівномірне. Влітку її витрачають більше, ніж взимку. Також нерівномірне водоспоживання на протязі доби та тижня. Режим водопостачання мусить відповідати фактичним витратам води споживачами. Тому прогнозування режиму водоспоживання є важливим моментом проектування водопроводів.

При проектуванні водопроводів промислових підприємств режим витрат води на промислові та господарчі потреби залежить від технології виробництва та його структури. Режим водоспоживання населених пунктів визначається у залежності від різноманітних факторів, пов'язаних із умовами життя та трудовою діяльністю мешканців.

Визначення режиму водоспоживання вирішується шляхом аналізу статичних даних по фактичним режимам водоспоживання у населеному пункті, виявленні основних факторів, що впливають на характер режиму водоспоживання (чисельність населення, кліматичні умови, рівень індустріалізації населеного пункту та інше

На протязі доби вода споживається нерівномірно: вдень витрати більше, ніж уночі. Коливання споживання води по годинам залежить від кількості населення: чим менше населений пункт, тим значніше ця нерівномірність. Споживання води також змінюється на протязі години. Однак для спрощення розрахунку дозволяється приймати споживання води у годину постійним.

Відношення витрат води у годину максимального водоспоживання  $Q_{г.макс.}$  до середніх витрат води на годину  $Q_{г.сер.}$  називають коефіцієнтом максимальної годинної нерівномірності водоспоживання

$$K_{г.макс.} = \frac{Q_{г.макс.}}{Q_{г.сер.}} \quad (3.1)$$

Аналіз режиму водоспоживання населених пунктів різного типу дозволяє побудувати графіки характерних коливань витрат води на протязі доби. Годинні витрати води визначають у відсотках від добових витрат. Відношення найбільшої ординати до середньої (4,17%) дає коефіцієнт максимальної годинної нерівномірності  $K_{г.макс.}$ . Використання графіка водоспоживання дозволяє визначити найбільш економічний режим ро-

боти насосної станції НС-II, розрахувати об'єм запасних резервуарів та бака водонапірної башти.

### 3.2 Норми водоспоживання

Загальні витрати води на господарсько-питні потреби населення пропорційні кількості мешканців у населеному пункті. Питомі витрати води, тобто витрати на одну особу, залежать від характеру санітарно-технічного обладнання будівель, благоустрою населеного пункту та кліматичних умов та приймається за допомогою таблиці.

Середньодобові витрати води на господарсько-питні потреби у населеному пункті визначають:

$$Q_{\text{доб.сер.}} = \frac{q_M N}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (3.2)$$

де  $q_M$  – норма водоспоживання на одного мешканця;  $N$  – розрахункова кількість мешканців.

Добові витрати води при найбільшому водоспоживанні розраховують:

$$Q_{\text{доб.макс.}} = K_{\text{доб.макс.}} \cdot Q_{\text{доб.сер.}}, \text{ м}^3/\text{доб}, \quad (3.3)$$

де  $K_{\text{доб. макс}}=1.1\div 1,3$  – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання, що враховує уклад життя населення, режим роботи підприємства, рівень благоустрою будинку, зміни водоспоживання по сезонам року.

Максимальні погодинні витрати води визначають:

$$q_{\text{г.макс.}} = \frac{K_{\text{г.макс.}} \cdot Q_{\text{г.макс.}}}{24}, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.4)$$

де  $K_{\text{г.макс.}} = \alpha_{\text{макс}} \cdot \beta_{\text{макс}}$  – коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання;

$\alpha_{\text{макс}}=1,2\div 1,4$  – коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будинку, режим роботи підприємства та інші місцеві умови;

$\beta_{\text{макс}}$  – коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у населеному пункті.

Добові витрати води у населеному пункті, в якому є райони із різним ступенем благоустрою житлової забудови, слід визначати, як суму добових витрат по окремим районам, які у свою чергу розраховують по кількості мешканців та відповідній нормі водоспоживання.

Витрати води на господарсько-питні потреби на промисловому підприємстві визначаються у залежності від розміру тепловиділення. Середні витрати води за зміну, м<sup>3</sup>/год:

$$Q_{зм.сер.} = \frac{q_{п} \cdot N}{1000}, \quad (3.5)$$

де  $N$  – кількість працюючих за зміну;  $q_{п}$  – норма води на одного працюючого, л/зм.

Середньогодинні витрати води, м<sup>3</sup>/год:

$$Q_{г.сер.} = \frac{Q_{зм.сер.}}{\tau_{зм}} \quad (3.6)$$

де  $\tau_{зм}$  – час роботи однієї зміни, год.

Максимальні витрати води у одну годину визначають з урахуванням  $K_{г}$  - коефіцієнта годинної нерівномірності водоспоживання, м<sup>3</sup>/год:

$$Q_{г.макс.} = K_{г} \cdot Q_{г.сер.}, \quad (3.7)$$

На підприємствах, де працівники приймають душ після зміни, додатково враховують витрати води у душових із розрахунку 500 л/год на 1 душову кабінку на протязі 45 хвилин після закінчення зміни. Кількість душових сіток розраховують у залежності від кількості працюючих у максимальну по кількості осіб зміну та санітарної характеристики виробництва.

Загальні витрати води на полив території можливо визначити в залежності від кількості мешканців у населеному пункті, умовно рахуючи, що витрати на одного мешканця складають 50-90 л/доб з урахуванням типу покриття території, виду насаджень, кліматичних умов.

Витрати води на виробничі потреби залежать від характеру технологічного процесу, характеристик обладнання та часу його експлуатації, якості самої води. При цьому витрати води визначаються на одиницю продукції. Наприклад, загальні витрати води сучасного металургійного заводу або комбінату на 1 т виплавного чавуну із переробкою його на сталь та прокат досягають 200-250 м<sup>3</sup>, на виготовлення 1 тони газетного папера – 500 м<sup>3</sup> та інше. На аналогічних виробництвах витрати води на одиницю продукції, як правило, різні, що залежить від ефективності виробництва та оптимізації використання води у технологічному процесі.

При зворотному водопостачанні вода застосовується у виробничому циклі після очищення та охолодження. Витрати води внаслідок її

втрати при непродуктивних явищах процесу поповнюють за рахунок «свіжої» води із зовнішнього джерела. Так, на нафтопереробних заводах, де на 1 т нафти, що переробляється, витрачається до 120 м<sup>3</sup> води (для конденсації, охолодження та відмивки нафтопродуктів), застосовують зворотні системи водопостачання. При цьому у виробництво повертається біля 94% води, втрати – 6%.

Витрати води на сільськогосподарські потреби також визначаються технологією виробництва. На фермах та сільськогосподарських комплексах вони залежать від виду споживачів з урахуванням коефіцієнта нерівномірності водоспоживання у годину.

При гасінні пожежі у населених пунктах, громадських та промислових будівлях вода витрачається від пожежних кранів та гідрантів, запасних та водонапірних споруд, систем автоматичного пожежогасіння, лафетних стволів. При цьому водопровідні споруди мусять пропускати одночасно об'єми води, необхідні на пожежогасіння та господарсько-питні потреби у час пожежі.

Загальні розрахункові витрати води на пожежогасіння  $Q_{пож}$  складаються з суми зовнішніх витрат води від гідрантів  $Q_{зов}$  та внутрішніх – від пожежних кранів  $Q_{вн}$ , а також від стаціонарних спринклерних та дренчерних установок автоматичного пожежогасіння  $Q_{уст}$ , л/с:

$$Q_{ПОЖ} = Q_{ЗОВ} + Q_{ВН} + Q_{УСТ} \quad (3.8)$$

При об'єднаному водопроводі ці витрати мусять бути забезпечені з урахуванням найбільшого водоспоживання на інші потреби населеного пункту або промислового підприємства, за винятком витрат на полив території, прийняття душа, мийку технологічного обладнання, обробку підлоги.

Витрати води на зовнішнє пожежогасіння  $Q_{зов}$  населених пунктів та кількості розрахункових одночасних пожеж визначають у залежності від чисельності населення та поверховості забудови.

Витрати води на пожежогасіння у районах з одно- та двоповерховою забудовою, які входять до населених пунктів із більшою поверховістю будівель, визначають окремо – з урахуванням чисельності мешканців цих районів. Загальні витрати води встановлюють по чисельності всього населення, сумуючи дані для змішаної забудови.

При зонному водопостачанні розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння визначають для кожної зони окремо у залежності від кількості мешканців у неї. Розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння від гідрантів на промисловому підприємстві або сільськогос-

подарському промисловому комплексі залежать від категорії пожежної небезпеки виробництва, ступеню вогнестійкості будівель, об'єму будівлі та її конструктивних особливостей.

### **3.3 Вільні напори у системах водопостачання**

Гідростатичний тиск у зовнішній водопровідній мережі встановлюють із урахування висоти будівель. Мінімальний вільний тиск у мережі водопроводу населеного пункту при господарсько-питному водоспоживанні на ввіді до будинку над поверхнею землі мусить прийматися при одноповерховій забудові не менш 10 метрів водного стовпа, при більшій поверховості на кожен поверх слід прибавити додатково 4 м. У часи мінімального водоспоживання тиск на кожен поверх дозволяється приймати рівним 3 м.

Для окремих будівель підвищеної поверховості доцільно використовувати схеми систем зонного водопостачання. У протипожежних водопроводах низького тиску вільний напір при пожежогасінні мусить бути достатнім для забору води від гідрантів пожежними насосами. Мінімальний вільний тиск на позначці (рівні) поверхні землі у цьому разі приймається рівним 10 метрам.

Гідростатичний тиск у мережах зовнішнього та внутрішнього господарсько-питного, або господарсько-протипожежного водопроводів мусить не перевищувати 60 м.вод.ст. Такий максимальний тиск забезпечує надійність експлуатації пристроїв водоспоживання та трубопроводів, а також відповідає необхідним межам витрат води. При зонному водоспоживанні будівель підвищеної поверховості тиск біля найбільш низько розташованих пожежних кранів у зоні мусить бути не більш 90 м.вод.ст. Для цього використовують відповідні технічні рішення.

Максимальний розмір гідростатичного тиску у зовнішніх протипожежних водопровідних мережах високого тиску із лафетними стволами на об'єктах підвищеної пожежної небезпеки (підприємства нафтопереробної та хімічної промисловості, лісобіржах та складах для зберігання паливно-мастильних матеріалів та інше) може досягати 150 м. Вільний тиск у зовнішніх протипожежних водопроводах залежить від характеристик технологічного процесу та обладнання.

### **Контрольні питання**

1. Від чого залежить та як визначається коефіцієнт годинної нерівномірності?
2. На які потреби споживається вода в населеному пункті?
3. Як визначаються витрати води на потреби різних груп споживачів?
4. Чому дорівнюють мінімальні та максимальні вільні напори в зовнішніх мережах низького та високого тиску?

## ЛЕКЦІЯ 4 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ

План лекції:

4.1 Мета гідравлічного розрахунку водопровідної мережі

4.2 Послідовність розрахунку зовнішньої водопровідної мережі

4.3 Перевірка мережі на пропуск пожежних витрат

### 4.1 Мета гідравлічного розрахунку водопровідної мережі

Метою **гідравлічного розрахунку водопровідних мереж** є:

1. Визначення економічно обґрунтованих діаметрів труб, які забезпечують пропуск всіх необхідних витрат води, а також подачу води на пожежогасіння.

2. Визначення втрат напору у мережі для проектування напірних та запасних споруд.

Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі об'єднаного водопроводу здійснюють при двох режимах її роботи:

1. У звичайний час, тобто при постачанні розрахункових витрат води  $Q_{розр}$  на господарсько – питні  $Q_{г-п}$ , промислові  $Q_{вир}$ , душові потреби  $Q_{душ}$  :

$$Q_{розр} = Q_{г-п} + Q_{вир} + Q_{душ} \quad (4.1)$$

2. При пожежі, коли водопровідна мережа повинна додатково забезпечити пропуск води на пожежогасіння  $Q_{пож}$ , при цьому витрати води на душ не враховують:

$$Q_{розр}^{пож} = Q_{г-п} + Q_{вир} + Q_{пож} \quad (4.2)$$

### 4.2 Послідовність розрахунку зовнішньої водопровідної мережі

Для визначення діаметрів труб, водопровідну мережу необхідно розділити на розрахункові ділянки.

**Ділянкою** називається частина водопровідної мережі, протягом якої всі її характеристики (діаметр та матеріал труб, витрати води та інші) залишаються без змін. Розрахункова ділянка починається та закінчується **вузлами**, з яких вода подається до споживачів. Кількість води, що забирається від вузла окремими споживачами є **вузловою витратою**.

Для кожного вузла повинен виконуватися **Перший закон Кірхгофа**: сума витрат води у вузлі повинна дорівнювати нулю, якщо витрати

води, що входять до вузла умовно прийняти за позитивні, а що виходять з вузла – за негативні:  $\sum q = 0$ .

Виходячи з цього, витрати води розрахункової ділянки знаходять як суму вузлових витрат вище розташованого вузла (за напрямком руху води) та витрат ділянок що прилягають до цього вузла

$$q_{i-j} = q_j + \sum_{k=0}^{\infty} q_{j-k}, \quad (4.3)$$

де  $q_{i-j}$  - витрати води на ділянці, що розташована між вузлами  $i$  та  $j$ , л/с;

$q_j$  - витрати води вузла  $j$ , яким закінчується ділянка  $i-j$ , в відношенні до напрямку руху води, л/с;

$\sum_{k=0}^{\infty} q_{j-k}$  - сумарні витрати води ділянок, що прилягають до вузла  $j$  та знаходяться вище його за напрямком руху води, л/с.

Визначення витрат води на ділянках мережі починають з диктуючої точки та закінчують точкою живлення мережі.

**Диктуюча точка** – це точка мережі, яка розташована в найгірших умовах відносно точки живлення. Тобто вона або найбільше віддалена від джерела водопостачання або знаходиться на найвищій відмітці в порівнянні з точкою живлення мережі. При розрахунку водопровідної мережі втрати напору частини мережі, що з'єднує точку живлення з диктуючою, максимальні в порівнянні з втратами напору інших напрямків руху води.

Визначені витрати води по ділянках дають змогу розрахувати діаметри труб за формулою:

$$d_{i-j} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{i-j}}{1000 \cdot \pi \cdot v}}, \text{ м} \quad (4.4)$$

де  $q_{i-j}$  – витрати води на розрахунковій ділянці, л/с;

$v$  - швидкість руху води, м/с.

Діаметр труб вибирається з урахуванням оптимальної швидкості руху води, при якій тверді суміші не відкладаються на стінках труб, а також зменшення витрат на монтажні та експлуатаційні роботи. Величина швидкості руху води при звичайній роботі водопроводу приймається для малих діаметрів труб 0,7-1,2 м/с, а для великих – 1-1,5 м/с. При роботі мережі під час пожежі швидкість руху води в трубах не повинна перебі-

льшувати 2-2,5 м/с. При цьому вибір діаметрів труб здійснюється лише при розрахунку мережі до пожежі, тому що для об'єднаного водопроводу одна і та ж мережа подає воду при двох режимах її роботи.

#### 4.3 Перевірка мережі на пропуск пожежних витрат

При подачі пожежних витрат води, збільшуються втрати напору в мережі, якщо діаметри труб визначені без урахування цього, втрати напору будуть дуже великими, що не допустимо. Для запобігання цьому, визначені до пожежі діаметри труб перевіряють на можливість пропуску пожежних витрат води, при цьому швидкість руху води в трубах не повинна перебільшувати зазначених величин:

$$v_{i-j} = \frac{4 \cdot q_{i-j}}{\pi \cdot d_{i-j}^2} \leq 2,5 \text{ м/с} \quad (4.5)$$

Якщо при розрахунку ця умова не виконуються, необхідно збільшити діаметри труб та повторити перевірку.

Для розрахунку втрат напору на ділянках мережі:

$$h_{i-j} = A \cdot l_{i-j} \cdot q_{i-j}^2 = S_{i-j} \cdot q_{i-j}^2, \text{ м} \quad (4.6)$$

де  $A$  – питомий опір труб;

$S_{i-j} = A \cdot l_{i-j}$  – опір трубопроводу довжиною  $l_{i-j}$ ;

$l_{i-j}$  – довжина розрахункової ділянки, м.

Втрати напору у місцевих опорах зовнішньої водопровідної мережі складають до 5 % від втрат напору по довжині трубопроводу, тому загальні втрати визначають:

$$h_{i-j}^{заг} = 1,05 \cdot h_{i-j}, \text{ м} \quad (4.7)$$

**Тупикову водопровідну мережу** розраховують як систему послідовно з'єднаних трубопроводів. Перед початком розрахунку складають схему водопроводу, на якій у місцях розміщення споживачів зосереджують вузлові витрати (рис.4.1). Розрахунок розпочинають з основної (магістральної) мережі, рухаючись навпроти потоку води від диктуючої точки до точки живлення мережі.

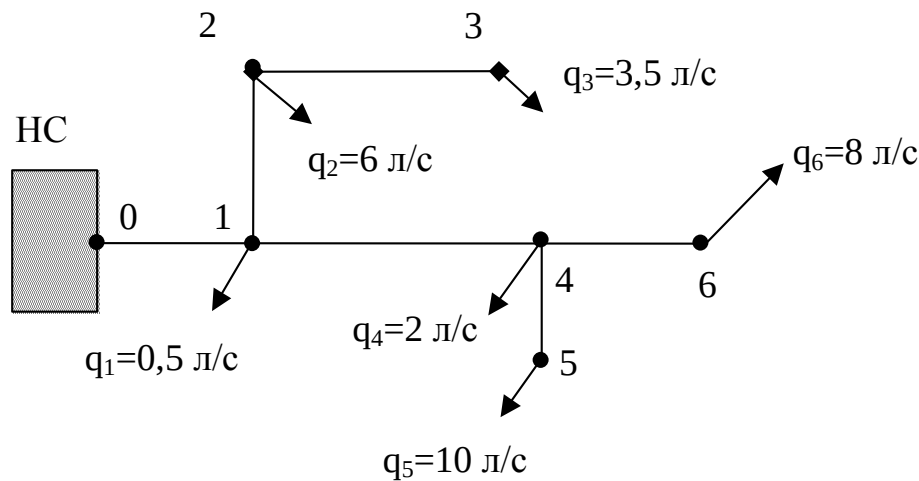


Рис.4.1 - Розрахункова схема тупикової мережі:

1 – 6 – точки відбору води

Для цієї схеми розрахунковий напрямок буде: 6-4-1-0. На початку визначають розрахункові витрати води на кожній ділянці мережі за допомогою формули 1.11:

$$q_{4-6} = q_6 = 8 \text{ л/с},$$

$$q_{4-5} = q_5 = 10 \text{ л/с},$$

$$q_{1-4} = q_4 + q_{4-6} + q_{4-5} = 2 + 8 + 10 = 20 \text{ л/с},$$

$$q_{2-3} = q_3 = 3,5 \text{ л/с},$$

$$q_{1-2} = q_2 + q_{2-3} = 6 + 3,5 = 9,5 \text{ л/с},$$

$$q_{0-1} = q_1 + q_{1-2} + q_{1-4} = 0,5 + 9,5 + 20 = 30 \text{ л/с}.$$

Розрахував витрати води, при відомих швидкостях приймають діаметри труб та визначають втрати напору для кожної ділянки мережі. Сума втрат напору магістральної частини від точки живлення мережі до диктуючої точки складає втрати напору мережі:

$$h_M = \sum A l_{i-j} q_{i-j}^2, \text{ м},$$

з урахуванням втрат напору в місцевих опорах втрати напору складуть:

$$h_M = 1,05 \cdot (h_{4-6} + h_{1-4} + h_{0-1}), \text{ м}.$$

Розрахунок **кільцевих водопровідних мереж** значно складніший, ніж розрахунок тупикових, тому що діаметри труб визначаються по ви-

тратам води, але ці витрати не відомі, до того ж так саме не відомі напрямки руху води на ділянках мережі. Тому розрахунок кільцевих водопровідних мереж проводиться методом послідовного приближення.

Розглянемо водопровідну мережу, яка складається із одного кільця (рис.4.2). На початку розрахунку вибираємо диктуючу точку, яка також буде точкою зустрічі потоків води. Виходячи з цього задаємося можливим напрямком руху потоків. Точка зустрічі потоків, як правило, співпадає з точкою одних із максимальних та найбільш віддалених витрат води. Припустимо, що точка зустрічі потоків є точка 0, до неї від точки 1 прямують витрати  $q_{0-1}$ , а від точки 2 – витрати  $q_{0-2}$ .

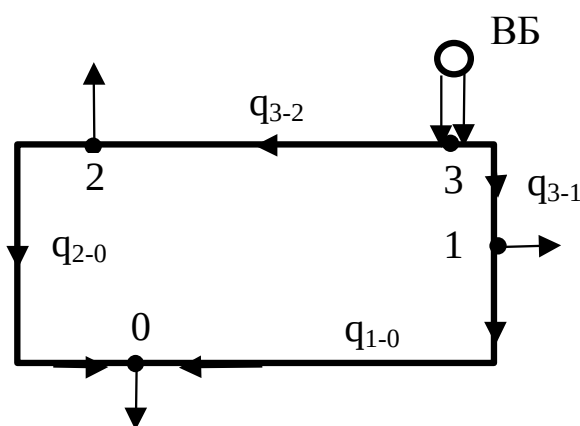


Рис.4.2 – Розрахункова схема кільцевої водопровідної мережі

Тоді, враховуючи перший закон Кірхгофа та формулу 4.3, витрати води у кільці визначаються таким чином:

$$q_0 = q_{0-1} + q_{0-2};$$

$$q_{2-3} = q_{0-2} + q_2;$$

$$q_{1-3} = q_{0-1} + q_1;$$

$$q_3 = q_{1-3} + q_{2-3}.$$

Знаючи вузлові витрати води, можливо знайти всі витрати на ділянках мережі. Для цього припустимо, що до точки 0 по ділянкам 2-0 та 1-0 вода рухається в однаковій кількості, тобто:

$$q_{0-1} = q_{0-2} = \frac{q_0}{2}.$$

По попередньо розподіленім витратам води та економічно доцільним швидкостям обирають діаметри труб та визначають втрати напору на кожній ділянці. Після цього необхідно визначити втрати напору в пів-

кільцях, які розділюють кільце за напрямками руху води, тобто кожне півкільце починається з точки живлення та закінчується точкою зустрічі потоків. Для наведеного прикладу (рис.4.2) перше півкільце складається з ділянок 3-1-0, а друге – з ділянок 3-2-0. Ділянки в півкільце між собою з'єднані послідовно, тому втрати напору в півкільце можна визначити як суму втрат напору на ділянках, що складають це півкільце, наприклад:

$$h_{3-1-0} = h_{3-1} + h_{1-0},$$

$$h_{3-2-0} = h_{3-2} + h_{2-0}.$$

Втрати напору в півкільцях повинні бути однаковими між собою, тому що лише при цих умовах точкою зустрічі потоків може бути точка 0. Таким чином, для кожного кільця повинен виконуватися **Другий закон Кірхгофа**: сума втрат напору в кільце повинна дорівнювати нулю, якщо прийняти за позитивні втрати напору ділянок, де вода рухається за годинниковою стрілкою, та за негативні – де проти годинникової стрілки:  $\Sigma h = 0$ .

Але на практиці не завжди можливо строге виконання другого закону Кірхгофа, тому допускається перебільшення втрат напору одного півкільця над другим на величину нев'язки  $\Delta h$ , гранична величина якої повинна прийматися наступною:

- до пожежі до 0,5 м (за модулем),
- під час роботи мережі при пожежі до 1 м (за модулем).

Якщо такого співвідношення не виконується, то витрати води, що постачаються до нульової точці, задані не вірно. У цьому разі необхідно зменшити величину витрат води на перевантажених ділянках та збільшити на ту саму величину витрати води недовантажених ділянок, після чого зробити повторний розрахунок. Такий процес має назву «ув'язки» мережі методом послідовного приближення, а витрати води що додаються або забираються від витрат води ділянок – поправочні ( $\Delta q$ ).

Припустимо, що при розрахунку мережі, яка складається з одного кільця (рис.4.2) в півкільцях витрати води на ділянках постійні, тобто:

$$q_1 = q_2 = 0,$$

тоді витрати води:

- в першому півкільці -  $q_I = q_{0-1-3}$ ;
- в другому півкільці -  $q_{II} = q_{0-2-3}$ .

Нев'язка в кільці дорівнює

$$\Delta h = h_I - h_{II} = S_I q_I^2 - S_{II} q_{II}^2.$$

Припустимо, що в результаті розрахунку була одержана позитивна величина, тобто втрати напору в першому півкільці більше втрат напору другого півкільця. А це свідчить за те, що перше півкільце перевантажено. Для усунення нев'язки, необхідно перерозподілити навантаження в кільці - зменшити витрати води першого півкільця на  $\Delta q$ , та збільшити витрати другого півкільця на ту саму величину. Тоді можна записати:

$$\begin{aligned} S_I (q_I - \Delta q)^2 &= S_{II} (q_{II} + \Delta q)^2, \\ S_I (q_I^2 - 2q_I \Delta q + \Delta q^2) &= S_{II} (q_{II}^2 + 2q_{II} \Delta q + \Delta q^2). \end{aligned}$$

Розміром  $\Delta q^2$  зважаючи на її малість, порівняємо із іншим, можна зневажити. Після чого будемо мати:

$$\Delta q = \frac{S_I q_I^2 - S_{II} q_{II}^2}{2(S_I q_I - S_{II} q_{II})} = \frac{\Delta h}{2(S_I q_I - S_{II} q_{II})},$$

тоді

$$\Delta q = \frac{\Delta h}{2 \sum S q}.$$

Якщо мережа складається з трьох та більше кілець, як правило, одного поправочного розрахунку не достатньо, тобто величина нев'язки знов перебільшує граничні значення. В такому випадку, необхідно знов визначити величину поправочної витрати води та виконати наступний поправочний розрахунок. Так виконується розрахунок до того, поки не буде виконуватися другий закон Кірхгофа з урахуванням можливої величини нев'язки.

### Контрольні питання

1. Сформулюйте мету гідравлічного розрахунку водопровідної мережі при різних режимах її роботи.
2. Як використовують закони Кірхгофа при виконанні гідравлічного розрахунку водопровідних мереж?
3. Як визначити втрати напору у тупиковій та кільцевій мережах?
4. Назвіть способи визначення діаметрів труб.

## **ЛЕКЦІЯ 5 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПОДАЧІ ВОДИ. НАСОСНІ СТАНЦІЇ**

План лекції:

5.1 Класифікація насосних станцій

5.2 Конструкція та експлуатація насосних станцій

5.3 Забезпечення надійності насосних станцій

### **5.1 Класифікація насосних станцій**

Насосні станції (НС) у мережах водопостачання – це складний комплекс механічного обладнання, трубопроводів, енергетичного обладнання, склад яких змінюється у залежності від їх призначення.

Різноманітність джерел водопостачання, технологічних вимог та експлуатації насосних станцій визначає специфіку їх призначення.

За призначенням НС поділяються на НС першого (НС-I) та другого підйомів (НС-II), підвищуючі (ПНС), циркуляційні (ЦНС). НС-I постачають воду до очисних споруд від джерела водопостачання, а у тому випадку, коли очистка не потрібна, безпосередньо до резервуарів чистої води (РЧВ), водонапірної башти (ВБ), розподільчої водопровідної мережі, інші споруди у залежності від схеми водопостачання. НС-I можуть бути спільними із водоприймальними спорудами, або розміщуватися у окремій будівлі. Частіше їх заглиблюють нижче рівня землі, щоб не перевищувати максимальну висоту всмоктування насосів. Для зручності розміщення обладнання (трубопроводів та інше) вони будуються у формі прямокутника. На НС-I встановлюються робочі та резервні насоси. Кількість робочих насосів рекомендується приймати не менш двох, а резервних – в залежності від категорії надійності насосної станції.

Якщо у схемі водопостачання відсутні очисні споруди, продуктивність роботи НС-I розраховують на максимальні витрати води на господарсько-питні та промислові потреби, та повні витрати води на пожежогасіння. При цьому не враховують витрати води на полив території, миття підлог та промислового обладнання.

НС-II призначені для постачання води від РЧВ по водоводам та водопровідним мережам до споживачів. Іноді НС-II блокують із очисними спорудами.

Підвищуючі насосні станції (ПНС) призначені для подачі води під підвищеним тиском у місцеву водопровідну мережу. При цьому вода із однієї мережі під збільшеним тиском подається до іншої мережі (району, міста, окремої будови). Крім того, ПНС влаштовують у будівлях підвищеної поверховості для збільшення тиску води у системі водопостачання.

Цехові насосні станції (ЦНС) використовують у зворотних системах водопостачання промислових підприємств. При цьому частина насосів

подає воду на промислові потреби, а інші відпрацьовану воду до очисних споруд, або на охолодження.

За заглибленістю НС відносно поверхні землі можуть бути наземні, заглиблені, шахтного типу. Найбільш надійні насосні станції при їх влаштуванні на нулевій відмітці.

За розміщенням насосів – **із вертикальним або горизонтальним розташуванням обладнання.**

За рівнем використання систем автоматичного управління насосними станціями – **часткове, або повне автоматичне управління роботою насосних станцій.**

**За надійністю роботи** НС поділяються на три категорії:

- *першої категорії надійності* - не дозволяється перерва у постачанні води (пожежні насосні станції, НС об'єднаних господарсько – виробничо - протипожежних водопроводів);

- *другої категорії надійності* - дозволяється перерва у постачанні води на час, необхідний для вмикання резервного енергопостачання (НС протипожежних та об'єднаних водопроводів при наявності у мережі ємностей із протипожежним запасом води під розрахунковим тиском);

- *третьої категорії надійності НС* - дозволяється перерва у водопостачанні на термін ліквідації аварії, але не більше однієї доби (НС протипожежних та об'єднаних водопроводів при витратах води на зовнішнє пожежогасіння до 20 л/с із чисельністю населення у населеному пункті до 5000 осіб, а також при постачанні води по одному водоводу).

## **5.2 Конструкція та експлуатація насосних станцій**

Всмоктуючи трубопроводи мусять бути максимально герметичними, кількістю не менше двох (для забезпечення надійності роботи насосної станції). При виключенні одної лінії всмоктування, інші повинні пропускати повні витрати води для I та II категорії надійності НС, та 70 % розрахункових витрат для III категорії надійності. Насоси встановлюють «під залив». Якщо відцентрові насоси приєднані до міської водопровідної мережі, то вони постійно знаходяться під тиском.

Підбір насосів виконують по характеристикам із урахуванням різноманітних режимів водоспоживання. При відомих розрахункових витратах води, тиску, висоти всмоктування по характеристикам, вибирають марку насоса із урахуванням ККД, швидкості обертів вала насоса та можливості паралельної роботи декількох насосів.

У об'єднаних водопроводах низького тиску влаштовують групу насосів, що забезпечують усі потреби, у тому числі і протипожежні. Однак, якщо вони не забезпечують розрахункового тиску, необхідного для гасіння пожежі, додатково використовують пожежні насоси. При автоматичному управлінні насосною станцією, одночасно із подачею команди

на вмикання пожежного насосу мусить автоматично зніматися блокування, що не дозволяє витратитися воді з недоторканого протипожежного запасу.

У водопроводах високого тиску одночасно із подачею команди на вмикання пожежних насосів мусять автоматично вимикатися усі насоси іншого призначення та замикаються засувки на трубопроводі, який подає воду до водонапірної башті, резервуару або баку гідропневматичних установок.

Для безперервної подачі води на пожежогасіння у НС-II окрім основних насосів мусять бути встановлені резервні насоси, які мають подачу та тиск, не менш ніж найбільших основних насосів. Кількість резервних насосів визначається у залежності від категорії надійності НС (таблиця 5.1).

Сучасні насосні станції керуються за допомогою засобів автоматизації контролю та управління технологічними та електричними параметрами НС (автоматичний контроль рівня води, тиску, витрат води, напруги та інше). При цьому широко використовують мікропроцесорну техніку.

Для забезпечення безперебійного енергопостачання на трансформаторних підстанціях насосних станцій влаштовують резервні трансформатори, які на 100% замінюють існуючі. Кількість напірних водопроводів – не менше 2-х.

Таблиця 5.1 - Визначення кількості резервних насосів

| Кількість робочих насосів (включно із пожежними) | Кількість резервних насосів для різних категорій надійності |    |     |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----|-----|
|                                                  | I                                                           | II | III |
| 1                                                | 2                                                           | 1  | 1   |
| 2-3                                              | 2                                                           | 1  | 1   |
| 4-6                                              | 2                                                           | 2  | 1   |
| 7-9                                              | 3                                                           | 3  | 2   |
| 10 та більше                                     | 4                                                           | 4  | 3   |

Якщо для приведення в дію насосів використовують двигуни внутрішнього згоряння, то в НС влаштовують витратні ємності із рідиною: бензин – до 250 л., дизельне паливо – до 500 л. При цьому приміщення відокремлюються від машинної зали негорючими конструкціями із межею вогнестійкості не менш ніж 2 години.

Приміщення насосних станцій мусять бути обладнані первинними засобами пожежогасіння: пожежними кранами та вогнегасниками. Якщо насосна станція обладнана двома ручними пінними вогнегасниками, а при двигунах внутрішнього згоряння потужністю до  $2,2 \cdot 10^2 \text{ кВт}$  – 4 вогнегасниками. У НС при обладнанні із більш ніж  $2,2 \cdot 10^2 \text{ кВт}$  слід мати до-

датково 2 вуглекислотних вогнегасника, діжку із водою ємністю 250 л, азбестове рядно, або кошму розміром 2·2 м. Насосні станції для підвищення тиску у мережі аналогічні по характеристикам НС-II.

### 5.3 Забезпечення надійності насосних станцій

Основною умовою виконання насосами насосної станції своєї задачі, тобто подачі необхідної кількості води з необхідним напором до споживачів, є забезпечення надійності їх роботи в розрахункових умовах.

Одним з методів підвищення надійності НС є резервування. Методи резервування – структурний, навантажений, функціональний, временний.

Структурний метод резервування має на увазі використання на станції додаткових елементів, наприклад, резервних насосів, трубопроводів, запірної - регулюючої апаратури. Основний показник структурного резервування є кратність:

$$m = \frac{k - n}{n}, \quad (5.1)$$

де  $k$  – загальна кількість насосів або інших елементів однакового призначення,  $n$  - кількість робочих елементів.

Відрізняють три типа структурного резервування: навантажений, ненавантажений, полегшений. Навантажений режим характерний для запірної-регулюючої апаратури, всмоктуючих та напірних трубопроводів, коли резервні елементи працюють одночасно із основними. Для насосів використовують ненавантажений режим, тобто резервні насоси не працюють до аварії основних агрегатів.

Для станції з нерівномірним режимом роботи резервні насоси працюють у полегшеному режимі, ніж основні, тобто, маємо полегшений режим резервування.

Навантажений режим резервування використовує спроможність насосів та інших елементів станції збільшити постачання води при вмиканні частини з них. Такий метод властивий для насосів, напірних та всмоктуючих труб. При наявності навантаженого резерву загальна кратність резерву перевищує кратність структурного резервування.

**Функціональний метод** резервування використовує спроможність заміни устаткування різного призначення. Наприклад, при проектуванні господарсько-питних, пожежних та інших насосів враховується можливість виконання ними додаткових функцій: дублювання один одного, створення тиску при аварії водопровідних мереж та інше.

**Временний резерв** – використання резерву на протязі доби роботи насосної станції. Такий резерв може створюватися, наприклад, шля-

хом використання насосів із подачею, яка перевищує добову. Цей метод застосовують у схемах водопостачання з регулюючими ємностями.

Треба мати також на увазі, що підвищення надійності роботи НС потребує збільшення витрат на будівництво та експлуатацію. Тому кратність резерву обґрунтовують техніко-економічними розрахунками.

Основні вимоги по забезпеченню надійності насосних станцій включають декілька напрямів.

Влаштування резервних насосів:

а) до робочих агрегатів на НС-II низького тиску додають протипожежні насоси;

б) при розміщенні тільки пожежних насосів, або для об'єднаних протипожежних водопроводів високого тиску необхідно мати тільки 1 резервний насос;

в) влаштування протипожежних насосів без резервних дозволяється для населених пунктів з витратами води на зовнішнє пожежогасіння до 20 л/с і промислових підприємств із категорією пожежної небезпеки Г та Д I та II ступеня вогнестійкості виробничих будівель зі стінами, що не згорають;

1. Насоси мають бути забезпечені енергоживленням від двох незалежних джерел.

2. Кількість всмоктуючих та напірних труб на НС I та II категорії надійності мають бути не менш 2-х, влаштування однієї всмоктувальної мережі дозволяється для НС III категорії надійності та протипожежних насосних станцій при розміщенні одного робочого протипожежного насоса.

3. При розміщенні у НС I та II категорії надійності спеціальних пожежних насосів (тобто на насосних станціях високого тиску) ці насоси мають мати окремі всмоктуючі патрубки.

4. Трубопроводи у насосних станціях мають бути сталевими.

5. Для вибору діаметрів труб та арматури слід керуватися швидкістю води у трубах (табл.5.2).

Таблиця 5.2 – Швидкість руху води у трубах в залежності від їх діаметру

| Діаметри труб, мм | Швидкість руху води у трубах НС, м/с |          |
|-------------------|--------------------------------------|----------|
|                   | Всмоктуючий                          | Напірний |
| До 250            | 0,7 – 1,0                            | 1 – 1,5  |
| Від 300 до 800    | 1,0 – 1,5                            | 1,2 – 2  |
| Більше 800        | 1,5 – 2                              | 1,8 – 3  |

6. Напірна лінія кожного насоса має бути обладнана запірною апаратурою та зворотними клапанами, влаштованими між насосом та запірною арматурою.

7. Розміщення запірної арматури на напірних та всмоктуючих трубах мусить забезпечити можливість заміни або ремонту кожного із насосів, зворотних клапанів, а також основної запірної арматури із забезпеченням безперервного водопостачання:

- на пожежогасіння – повністю,
- на господарсько-питні потреби – 70 % розрахункових витрат для НС I та II категорії надійності,
- на виробничі потреби – за аварійним графіком.

8. Корпус насоса мусить бути «під залив», який створюється рівнем води у ємності або водоймищі. У НС, у яких насоси розміщуються не під залив, розташовують вакуум-насоси.

9. У приміщеннях НС облаштовують внутрішній протипожежний водопровід із пожежними кран-комплектами.

### **Контрольні питання**

1. Як класифікують насосні станції?
2. На які категорії та за якими ознаками поділяють насосні станції?
3. Назвіть основні елементи насосних станцій.
4. Які особливості експлуатації насосів насосних станцій?
5. Які основні методи забезпечення надійності насосних станцій?

## **ЛЕКЦІЯ 6 ПРОЕКТУВАННЯ ЗАПАСНИХ, НАПІРНО-ЗАПАСНИХ ЄМНОСТЕЙ ТА СПОРУД**

План лекції:

- 6.1 Проектування резервуарів чистої води
- 6.2 Способи збереження недоторканого запасу води
- 6.3 Проектування водонапірних башт

### **6.1 Проектування резервуарів чистої води**

Резервуари чистої води (РЧВ) необхідні для регулювання нерівномірності роботи насосних станцій I та II підйомів та збереження води на господарсько-питні, виробничі та протипожежні потреби на термін гасіння пожежі.

Об'єм РЧВ відповідно їх призначенню може бути визначений:

$$W_{РЧВ} = W_{рег} + W_{НЗ}, \text{ м}^3 \quad (6.1)$$

де  $W_{РЧВ}$  – ємність РЧВ,  $\text{м}^3$ ;  $W_{рег}$  – регулюючий об'єм резервуарів,  $\text{м}^3$ ;  $W_{НЗ}$  – об'єм недоторканого запасу води,  $\text{м}^3$ .

Крім того, у резервуарах чистої води зберігається аварійний запас води  $W_{ав}$  на час ліквідації аварії у випадку прокладання в схемі водопостачання одного водоводу та запас води на промивку фільтрів  $W_{ф}$  на водоочисних спорудах. Таким чином, загальний об'єм РЧВ матиме вигляд:

$$W_{РЧВ} = W_{рег} + W_{НЗ} + W_{ав} + W_{ф}, \text{ м}^3 \quad (6.2)$$

Регулюючий об'єм води може бути визначений графоаналітичним та табличним шляхами на основі аналізу роботи НС-I та НС-II, так як НС-I подає воду до резервуарів, а НС-II відкачує її з них.

Регулююча ємність РЧВ може бути визначена за допомогою таблиці 6.1. НС-I працює у рівномірному режимі. Тоді її часова подача буде дорівнювати  $100/24 = 4.17\%$  від добового водоспоживання. Частіше, НС-II працює у нерівномірному режимі. Припустимо, що НС-II працює по ступеневому графіку і має продуктивність: від 20 до 6 годин – 2,84% а з 6 до 20 години – 5,12% добового водоспоживання.

Таким чином, необхідний об'єм  $W_{рег}$  складає  $W_{рег} = 8.0 + 5.3 = 13.3\%$  від добового водоспоживання.

Таблиця 6.1 - Визначення регулюючої ємності РЧВ

| Період доби, год. | Подача НС-I до РЧВ, % | Відбір води із РЧВ, % | Подача до РЧВ, % | Відбір від РЧВ, % | Залишок води, % |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| 0-6               | 25                    | 17                    | 8                | -                 | +8,0            |
| 6-20              | 58,3                  | 71,6                  | -                | 13,3              | -5,3            |
| 20-24             | 16,7                  | 11,4                  | 5,3              | -                 | 0               |

При проектуванні РЧВ дозволяється приймати  $W_{рег} = 20\%$  від добового водоспоживання. Недоторканий запас води в резервуарах чистої води визначається як сума недоторканого запасу для пожежогасіння з гідрантів та внутрішніх пожежних кранів; спеціальних засобів пожежогасіння (спринклерів, дренчерів та інших, що не мають власних резервуарів), обумовлених згідно вимог нормативного документу та недоторканого запасу води максимальних господарсько - питних потреб на весь період пожежогасіння з урахуванням:

$$W_{НЗ} = W_{НПЗ} + W_{НЗг-н}, \text{ м}^3, \quad (6.3)$$

де  $W_{НПЗ} = \frac{Q_{пож} \cdot \tau \cdot 3600}{1000}$  - запас води, необхідний на  $\tau=3$  години гасіння пожежі,  $\text{м}^3$ ;  $Q_{пож}$  - витрати води на пожежогасіння, л/с;

$W_{H32-n} = (Q_{\max \text{ год}} - Q_{\text{душ}}^{\text{в max годину}}) \cdot \tau$  - запас води, що необхідний на потреби населеного пункту та виробничого підприємства в годину максимального водоспоживання (без урахування витрат води на прийняття душі робочими на підприємстві) протягом 3 годин гасіння пожежі, м<sup>3</sup>;  $Q_{\max \text{ год}}$  - розрахункова максимальна годинна витрата води для всіх водоспоживачів населеного пункту та виробничого підприємства

Об'єм води  $W_{ав}$ , необхідний на час ліквідації аварії на водопроводі:

$$W_{ав} = \frac{Q_{ав} \cdot \tau_{ав}}{1000} + \frac{Q_{пож} \cdot \tau_{пож}}{1000}, \text{ м}^3, \quad (6.4)$$

де  $Q_{ав}$  - витрати води при аварії водопроводу, л/с;  $Q_{пож}$  - витрати води на пожежегасіння, л/с;  $\tau_{ав}$  - термін ліквідації аварії, год;  $\tau_{пож}$  - час гасіння пожежі, год.

$$Q_{ав} = Q_{\text{вир.ав.}} + 0.7 \cdot Q_{\text{г.пит.}}, \text{ л/с}, \quad (6.5)$$

де  $Q_{\text{вир.ав.}}$  - витрати води на виробничі потреби при роботі підприємства по аварійному графіку, л/с;  $Q_{\text{г.пит.}}$  - розрахункові витрати води на господарсько-питні потреби, л/с; 0,7 - коефіцієнт, який враховує зменшення господарсько-питних витрат при пожежі.

Об'єм води на промивку фільтрів очисних споруд  $W_{\phi}$ :

$$W_{\phi} = \frac{2 \cdot F \cdot q \cdot \tau}{1000}, \text{ м}^3, \quad (6.6)$$

де  $F$  - площа однієї секції фільтра, м<sup>2</sup>;  $q$  - інтенсивність промивки фільтрів ( $q = 12 \div 18 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ );  $\tau$  - тривалість промивки фільтрів ( $\tau = 300 - 400$  с).

Після розрахунку ємності резервуару обирають типову конструкцію РЧВ. Загальна кількість РЧВ у одному вузлі складає не менше 2-х при наявності розрахункового протипожежного запасу води. РЧВ виконують із залізобетону круглої (до 2000 м<sup>3</sup>) або прямокутної форми. Вони обладнуються всмоктуючими, подавальними, переливними та грязьовими трубопроводами.

## 6.2 Способи збереження недоторканого запасу води

Для забезпечення зберігання недоторканого запасу води в резервуарах чистої води (РЧВ) використовуються різноманітні технічні та конструктивні засоби (рис.6.1).

За одним із засобів збереження НПЗ резервуари обладнуються автоматичними пристроями безперервного автоматичного контролю рівня НПЗ, які при досягненні рівня НПЗ у резервуарі вимикають господарчі насоси та подають сигнал до НС-І на вмикання питних насосів. Такий спосіб зберігання НПЗ є звичайним для НС низького тиску, які не мають спеціальних пожежних насосів. Коли у насосних станціях розміщені пожежні насоси, НПЗ зберігається за рахунок розміщення всмоктуючих ліній господарчих насосів на різних всмоктуючих ліній господарчих насосів, пожежних насосів на різних відмітках із влаштуванням кожухів та інших конструктивних елементів. При рівні води нижче рівня НПЗ вода до господарчих насосів не поступає. У деяких конструкціях РЧВ рівень НПЗ зберігається за допомогою повітряно-водяного затвору.

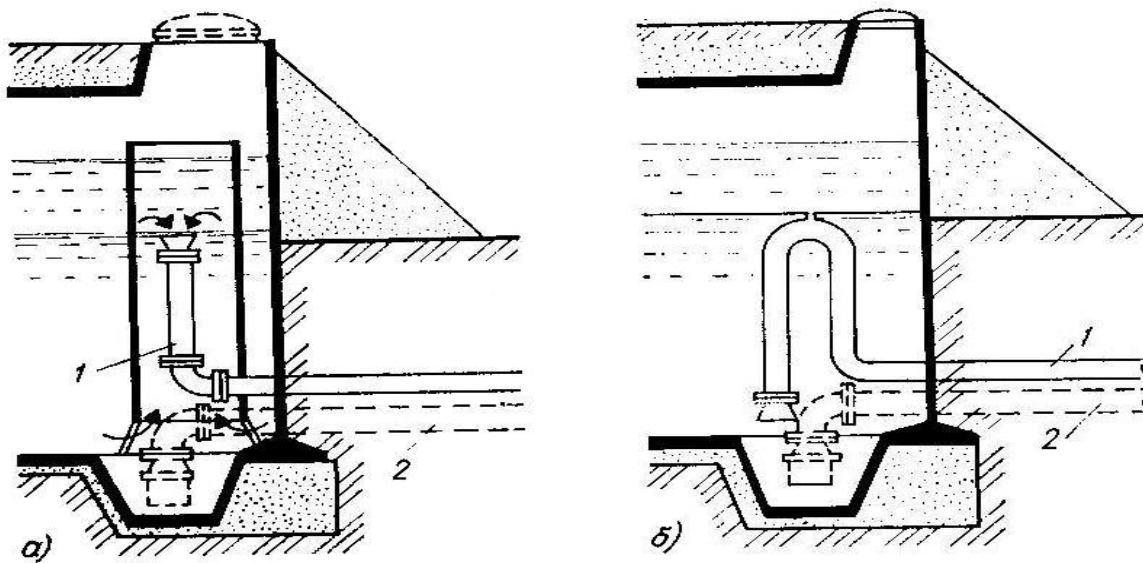


Рис.6.1. - Засоби збереження недоторканого протипожежного запасу води:

а) розташування всмоктуючих ліній на різній висоті з влаштуванням кожуха; б) влаштування повітряно-водяного затвору; 1 – всмоктуючий трубопровід господарсько-питних насосів; 2 – всмоктуючий трубопровід пожежних насосів

Системи автоматичного регулювання за рівнем води НПЗ, роботою насосних агрегатів, автоматичного контролю якості води у резервуарі, її температури можуть бути введені до загальної структури АСУ системи зовнішнього водопостачання населених пунктів та промислових підприємств з використанням мікропроцесорної техніки.

Окрім РЧВ у системах водопостачання використовуються різноманітні запасні споруди. Регулюючі ємності дозволяють забезпечити рівномірну роботу насосних станцій для забезпечення розрахункових витрат води у час найбільшого водоспоживання. Це дає можливість використання водопроводів меншого діаметру, що значно зменшує витрати на придбання та експлуатацію труб. Запасні ємності підвищують надійність водопостачання. Запасні пожежні резервуари по місцю розміщення можуть бути наземними, підземними або напівпідземними. Вибір типу та розміру резервуарів проводиться у залежності від режиму їх роботи та техніко-економічних вимог.

### 6.3 Проектування водонапірних башт

Водонапірні башти (ВБ) та гідроколони являються напірно-запасними спорудами системи зовнішнього водопроводу, які призначені для:

- регулювання нерівномірності водоспоживання;
- збереження недоторканого запасу води;
- створення необхідного тиску у водопровідній мережі.

Водонапірна башта складається з двох основних частин (рис.6.1): водонапірного баку – резервуару та стовбура башти (конструкція, яка підтримує бак).

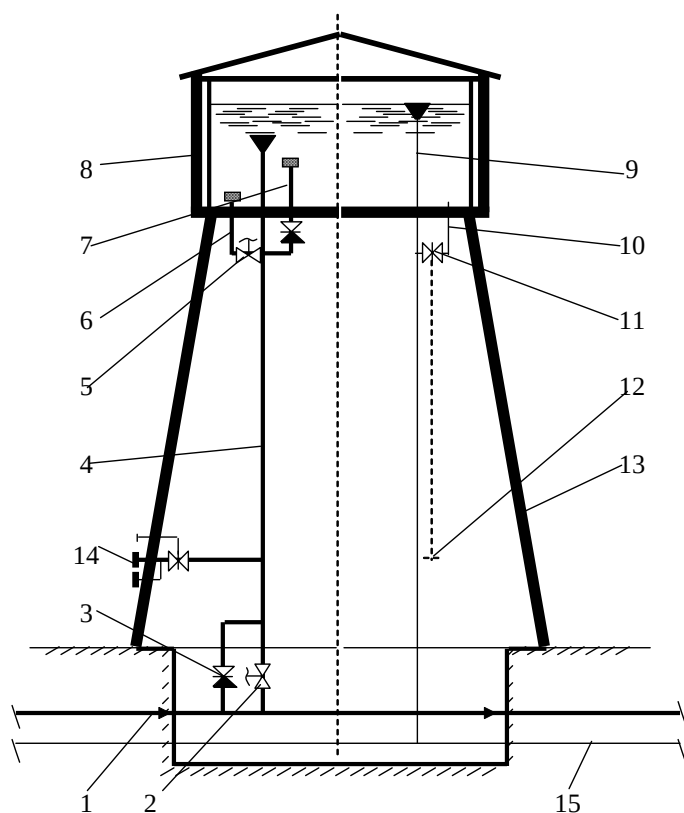


Рис.6.1 – Схема водонапірної башти

Постачання води із водопровідної мережі (1) до баку та відбір води із нього відбувається по постачально-розводящому трубопроводу (4). При цьому по трубопроводу (4) постачається тільки регулюючий запас води. Для забору НПЗ води застосовується трубопровід (6) із електричною засувкою (5), яка відкривається одночасно із пуском пожежного насоса. Водонапірний бак має грязьову трубу, переливну трубу, які з'єднуються із каналізаційною мережею (15).

Вимикає водонапірну башту при пожежі зворотній клапан (3) та електрична засувка (2), яка у звичайний час відкрита, а при

надходженні сигналу про пожежу – замикається. Подача води до місця пожежі пересувними пожежними насосами від водонапірної башти може здійснюватися за допомогою патрубків для приєднання пожежної техніки. Із схеми маємо, що розміщення трубопроводів (6) та (7) дозволяє зберігати НПЗ води на різноманітних рівнях. Цю задачу можливо вирішити за допомогою системи автоматичного регулювання рівня води НПЗ у баці.

Ємність бака башти дорівнює:

$$W_6 = W_{\text{рег}} + W_{\text{НПЗ}}, \text{ м}^3 \quad (6.7)$$

де  $W_{\text{рег}}$  – регулююча ємність бака,  $\text{м}^3$ ;  $W_{\text{НПЗ}}$  – протипожежний об'єм води,  $\text{м}^3$ , розрахований на 10 хвилин гасіння пожежі.

Об'єм води недоторканого пожежного запасу дорівнює:

$$W_{\text{НПЗ}} = W_{\text{госп.}} + W_{\text{пож.}}, \text{ м}^3 \quad (6.8)$$

Об'єм води на господарсько-питні та протипожежні потреби визначають таким чином:

$$W_{\text{госп.}} = \frac{Q_{\text{госп.макс.}} \cdot \tau}{1000} = \frac{10 \cdot 60}{1000} \cdot Q_{\text{госп.макс.}} = 0.8 \cdot Q_{\text{госп.макс.}}, \text{ м}^3, \quad (6.9)$$

$$W_{\text{пож.}} = \frac{Q_{\text{пож.}} \cdot \tau}{1000} = \frac{10 \cdot 60}{1000} \cdot Q_{\text{пож.}} = 0.6 \cdot Q_{\text{пож.}}, \text{ м}^3 \quad (6.10)$$

де  $\tau = 10$  хв.

При розрахунку НПЗ витрати води на душові та на миття підлоги не враховують. У тому разі, коли забір води на зовнішнє пожежогасіння здійснюється від водоймищ, а у будинку необхідно влаштування об'єднаного протипожежного водопроводу, об'єм води для НПЗ визначається із умови роботи одного пожежного крана на протязі однієї години при звичайних витратах води на господарсько-питні та виробничі потреби. У населених пунктах сільської місцевості у баках водонапірних башт зберігається запас води на 3 години гасіння пожежі. При загальній водонапірній башти для водопостачання підприємства та населеного пункту, протипожежний запас води слід приймати по найбільшим витратам тільки на підприємстві, або у населеному пункті.

Регулюючий обсяг баку башти визначається на основі аналізу водоспоживання та подачі насосної станції. Нерівномірний режим роботи насосів для прийнятого водоспоживання є найбільш економічним, так як при цьому зменшується ємність баку, тобто будівельна ціна водонапірної

башти. При проектуванні  $W_{рег}$  приймають у розмірі 10%. Визначивши необхідну ємність баку, вибирають типовий проект водонапірної башти.

Водонапірні башти виконують із залізобетону, металу, цегли та інше. Дерев'яні башти застосовують на об'єктах тимчасового призначення, у сільській місцевості, при невеликих об'ємах води у баці. Висота башт – до 40 м (до дна баку), ємність – до 800 м³, кількість баків на башті 1, 2, 3, при цьому вони можуть обслуговувати системи водопостачання із різноманітним тиском.

#### 6.4 Визначення висоти водонапірної башти

Висота водонапірної башти (рис.6.4) визначається із умови порівняння гідростатичного тиску башти та втрат напору у водопровідній мережі, підйому води на розрахункову висоту, а також створювання вільного тиску у диктуючій точці.

Згідно із рівнянням Д. Бернуллі, для перерізів б та в (рис.6.2)

$$z_{Б.Б.} + H_{Б.Б.} + \frac{v_6^2}{2g} = z_{д.т.} + H_в + \frac{v_в^2}{2g} + \sum h_{б-в}, \quad (6.11)$$

де  $\sum h_{б-в}$  – сумарні місцеві та лінійні втрати напору у місцевих опорах,  $\sum h_{б-в} = 1,05 \cdot h_c$ , 1,05 – коефіцієнт, що враховує витрати опору у місцевих опорах;  $h_c$  – втрати напору у мережі;  $H_в$  – вільний тиск біля диктуючої точки водонапірної мережі (10 для одноповерхового будинку та на кожний поверх додається ще 4 м.);  $z_{д.т.}$  та  $z_{Б.Б.}$  – різниця геодезичних позначок диктуючої точки та місця розміщення водонапірної башти.

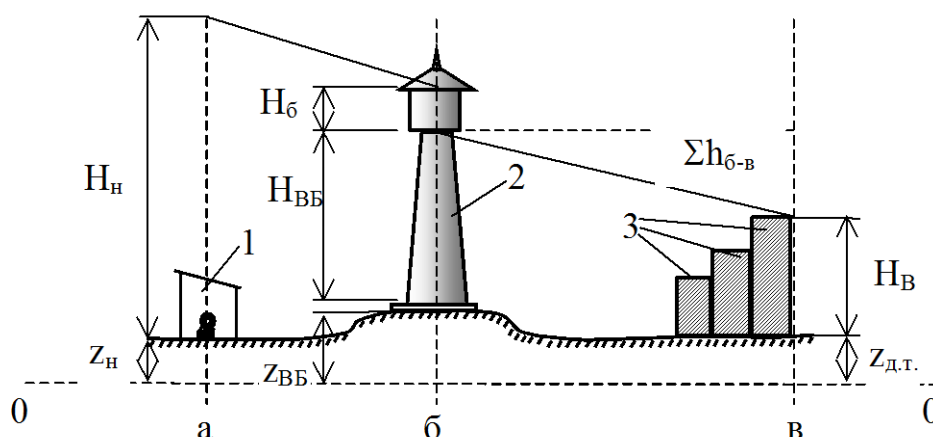


Рис.6.2 – Визначення висоти водонапірної башти:

1 – насосна станція; 2 – водонапірна башта; 3 – споживачі

У порівнянні зневажаємо  $v_g$  та  $v_o$  за їх малий розмір. Тоді формула для визначення висоти водонапірної башти прийме вигляд:

$$H_{B.B.} = 1.05 \cdot h_c + H_B + (z_{o.m.} - z_{B.B.}), \quad (6.12)$$

Різноманітністю водонапірної башти є **гідроколона**, яка призначена, головним чином, для зберігання аварійного запасу води, наприклад, у системах водопостачання металургійних комбінатів.

Гідроколона - вертикальна залізобетонна або сталева ємність у вигляді циліндра, висота якої дорівнює висоті водонапірної башти. У відмінності від водонапірної башти гідроколона повністю заповнена водою. Однак корисний її об'єм – це тільки верхня частина, розміщена на висоті, яка відповідає розрахунковому вільному тиску у водопровідній мережі. Ця частина гідроколони у звичайний час використовується як регулююча ємність, а знизу зберігається НПЗ води, який подається до місця пожежі стаціонарними або пересувними насосами.

#### **Контрольні питання.**

1. Призначення резервуарів чистої води.
2. Призначення водонапірних башт.
3. Назвіть основні способи збереження недоторканого запасу води.
4. Назвіть типи гідропневмоустановок та умови їх використання.

## **ЛЕКЦІЯ 7 АВАРІЇ НА ВОДОПРОВІДНИХ СПОРУДАХ ТА МЕРЕЖАХ**

План лекції:

- 7.1 Стійкість систем водопостачання
- 7.2 Аварії на водопровідних спорудах
- 7.3 Аварійно-відновлювальні роботи на системах водопостачання

### **7.1 Стійкість систем водопостачання**

**Стійкість системи** господарсько-питного водопостачання визначається можливістю зберегти свою працездатність і здібність подавати необхідну кількість води при руйнуванні окремих її елементів.

Сучасні системи водопостачання у містах, на промислових і інших об'єктах складні і розгалужені. Система водопостачання являє собою великий і складний комплекс різних будинків і споруд, трубопроводів, енергетичних пристроїв і ліній передач. Споруди ці часто розкидані на великій території і віддалені одна від іншої на значні відстані.

Особливу небезпеку для систем водопостачання несуть надзвичайні ситуації природного характеру пов'язані зі змінами поверхні (землет-

руси, зсуви, просідання земної поверхні, суфозії та інші), вражаючи фактори надзвичайних ситуацій техногенного характеру – вибухи (ударна хвиля), зруйнування будинків (падіння важких уламків, пожежі, що призводять до зруйнування водопровідних мереж).

Найбільш слабкими ланками системи водопостачання є всі наземні будинки і споруди, у тому числі трансформаторні підстанції, насосні станції, обладнані складною системою зв'язку й автоматики, будинок очисних споруд і інші наземні об'єкти. Основні засоби забезпечення надійності систем водопостачання: при проектуванні, при будівництві, при експлуатації, при виконанні ремонтних робіт, резервування.

Системи водопостачання, що живлять окремі категоровані міста або декілька міст, у числі яких є категорійні міста й об'єкти особливої важливості, повинні базуватися не менше, ніж на двох незалежних джерелах води, один з яких слід передбачати підземним. Для підвищення надійності системи водопостачання і можливості виконання ремонтних робіт комунікацій насосних станцій, головних, очисних і інших споруд проектують таким чином, щоб при виході з ладу яких-небудь споруд, чи елементів системи їх можна було відключити, не порушуючи ритму роботи всієї системи. Для цих цілей передбачають велику кількість перемичок, що дозволяють подавати воду в будь-який напірний трубопровід і відключати ушкоджені споруди і лінії. Передбачаються обвідні лінії (байпаси), що дозволяють подавати воду, минаючи ці ушкоджені споруди, наприклад повз відстійники на фільтри, повз фільтри в резервуари чистої води. Можуть бути й інші варіанти.

Необхідно відзначити, що для забезпечення надійності роботи систем водопостачання можуть вирішуватись питання, зв'язані з посиленням будівельних конструкцій і вузлів різних технологічних будинків, споруд і мереж, створенням запасів будівельних матеріалів і устаткування для швидкої їхньої заміни та ін. Заражена вода може подаватися споживачу тільки для технічних цілей і тільки після того, як ступінь зараження й отруєння знизяться до безпечних меж, чи буде зроблене її відповідне очищення. Для цього найчастіше передбачають введення у воду хімічних реагентів (звичайно хлору) за допомогою хлораторних установок на насосних станціях з наступною обробкою її на очисних спорудах.

Порядок обробки й очищення води, зараженої отруйними речовинами і бактеріальними засобами, залежить від характеру і ступеня зараження, наявних реагентів. Очищена вода надходить у резервуари чистої води. Якщо передбачити захист від зараження, резервуари чистої води забезпечать досить надійний аварійний запас на випадок виходу з ладу водозабірних споруд системи.

Окремо варто сказати про сховища хімічного реагенту, наприклад хлору, на водопровідних станціях. Хлор, як відомо, зберігається в рідкому виді в металевих ємностях під високим тиском. При повсякденній експ-

платуації таких ємностей необхідно проводити заходи щодо запобігання витоку хлору з ємностей, чи з розвідних трубопроводів, та організувати контроль за навколишнім повітряним середовищем на прилеглий території та ін.

Особливо важливою ланкою в системі водопостачання є насосні станції, що забезпечують подачу води безпосередньо до споживачів. З огляду на це, насосні станції першого і другого підйомів повинні будуватися з урахуванням їх захисту від впливу засобів ураження (ударної хвилі й інших вражаючих факторів), стихійного лиха, дії вторинних факторів при аваріях та катастрофах.

На насосних станціях потрібно проводити заходи, що підвищують стійкість і надійність їхньої роботи, як у повсякденному режимі експлуатації, так і в особливих умовах. Такі заходи можуть здійснюватися при реконструкції станцій, чи при одержанні особливих на те вказівок.

Водогінна мережа, як правило, будується за кільцьованою, тупикові лінії роблять тільки як виключення для забезпечення водою споживачів, що допускають перерву подачі води для виробничих потреб на час ліквідації аварії. Закільцьована водогінна мережа забезпечує можливість маневру водою шляхом обходу ушкоджених чи зруйнованих ділянок, якщо збереглися насосні станції і резервуари чистої води. Ремонтні ділянки на водогінній мережі повинні мати такі розміри, щоб у випадку аварії чи ремонту забезпечувалася подача води споживачам, що потребують без зупинного водопостачання, і виключалося одночасно не більш п'яти пожежних гідрантів.

При виникненні аварії багато часу може знадобитися на відшукування ушкоджених ділянок і їхнє відключення. Тому бажано встановлювати на мережах прилади сигналізації й автоматичних засувов.

Водопровідні колодязі, у тому числі і ті, у яких встановлені гідранти і перемикаючі засувки, можуть виявитися під завалами. Тому їх треба виносити за зону можливого завалу від будинків і споруд, біля яких вони розміщуються.

Для взаємного резервування автономні системи водопостачання окремих підприємств треба по можливості з'єднувати одну з іншою і з міськими системами, з дотриманням санітарно-гігієнічних вимог. На сполучних лініях ставлять дві засувки, закриті й опечатані. Це необхідно в тих випадках, коли якість води в системах різна. Для з'єднання мереж господарсько-питного водопроводу з мережами, що подають воду, непридатну для пиття, необхідна перемичка, що забезпечує повітряний розрив між ними.

Водопостачання, що базується на артезіанських свердловинах, є більш надійним. Стійкість роботи артезіанських свердловин може бути підвищена проведенням заходів, щодо захисту від зараження води на поверхні землі і створенням надійного енергоживлення.

## 7.2 Аварії на водопровідних спорудах

У зоні виникнення надзвичайної ситуації система міського водопостачання може одержати різні ушкодження чи цілком вийти з ладу. Внаслідок руйнувань і ушкоджень наземних будинків і споруд міської забудови через ушкоджені будинкові водогінні мережі і зруйновані ділянки міських ліній почнеться масовий вилив води, напір у мережі упаде. Не виключена можливість безпосереднього зруйнування (поразки) водопровідних станцій.

При оцінці елементів міської системи водопостачання з погляду можливості її ушкодження від впливу різних чинників необхідно виходити з наступного: найбільше легко ушкоджуються і руйнуються наземні будинки і споруди водопровідної системи (насосні станції, напірні башти, павільйони артезіанських свердловин і т.п.). Чуттєва до впливу руйнуючих факторів енергетична частина системи, особливо відкриті підстанції і вся контрольно-вимірювальна апаратура. Водозабірні пристрої, очисні споруди, резервуари чистої води, як правило, що розміщаються в частково чи цілком заглиблених спорудах, більш стійкі.

При руйнуванні живлення електропідстанцій система водопостачання, що збереглася цілком, приречена на бездіяльність (зрозуміло, якщо немає захищеного резерву енергоживлення). До важких наслідків може привести також руйнування насосних станцій першого підйому, у цих випадках система може одержати воду тільки з резервуарів чистої води, що, як правило, розташовані на підвищених місцях і подача води з яких у мережу можлива самопливом. Повне руйнування насосних станцій другого підйому менш небезпечно, оскільки насосні станції першого підйому можуть подати деяку кількість води в місто, якщо мають відповідні обвідні водоводи. При руйнуванні очисних споруд вода також може бути подана в міську мережу; тут варто мати на увазі, що вона буде неочищеною.

Підземні комунікації системи водопостачання більш стійкі до впливу ударної хвилі. Для зруйнованих споруд, заглиблених у ґрунт, потрібно значний тиск (для труб біля **2—3,5 кгс/см<sup>2</sup>**). Чим менше діаметр, тим трубопровід стійкіше. Підземні трубопроводи руйнуються в результаті впливу хвилі стиску ґрунту, що викликає їхній нерівномірний зсув.

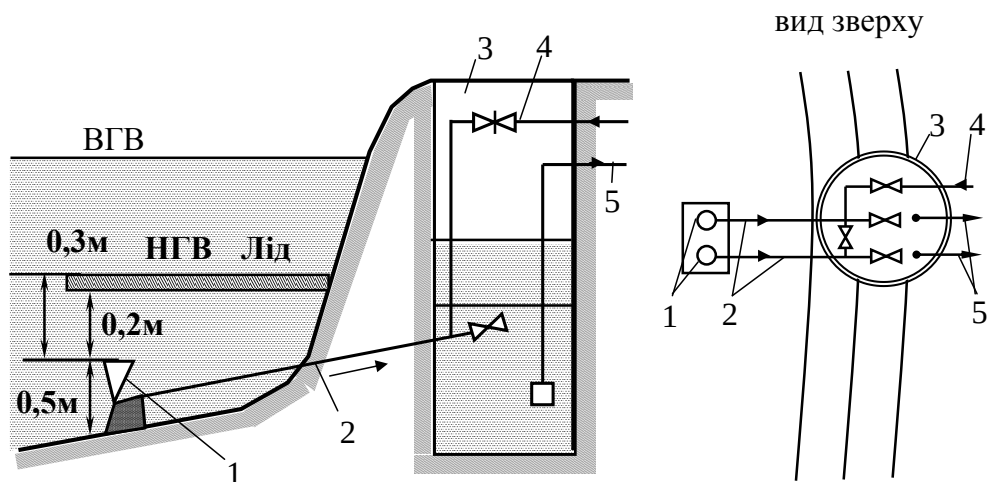
На одній й ті ж самій відстані від центру аварії (вибуху) великі ушкодження одержують трубопроводи, розташовані в радіальному напрямку. Руйнування трубопроводів буде головним чином у місцях їхнього з'єднання, і введень у будинки. Руйнування чи ушкодження оглядових колодязів водопровідних ліній і магістралей можуть бути від безпосереднього впливу надлишкового тиску ударної хвилі і від падіння важких уламків зруйнованих будинків і споруд, зсувів, землетрусів. Ушкодження, наприклад, водоводів може спричинити затоплення підвалів, де встано-

влене устаткування і прилади енергопостачання; відключення енергоживлення може привести до зупинки виробничого процесу і т.д.

При виникненні надзвичайної ситуації на водопровідних спорудах виникає необхідність подачі води до водоспоживачів при відсутності спеціальної техніки. Для цього найчастіше використовують поверхневі вододжерела. У якості поверхневого джерела найчастіше використовують річки. Водозабори на річках мусять забезпечувати надійний забір води в розрахункових межах. Їх влаштовують на достатній глибині вище місця спуску стічних вод, уникаючи зони руху надводних об'єктів по руслу річки, на озерах та водосховищах поза прибійною зоною та місцем нагону зелені. Водозабірні споруди із точки зору підвищення надійності подачі води складаються із двох секцій.

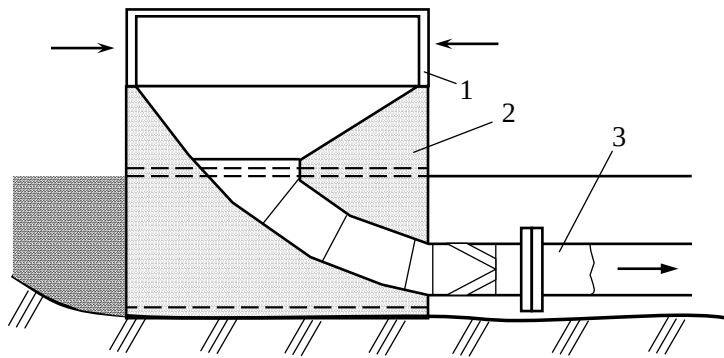
За невеликої глибини вододжерела безпосередньо у берега використовують руслові водозабори (рис.7.1). У системах водопостачання невеликих об'єктів водозабір влаштовують у вигляді оголовка, зв'язаного із насосною станцією всмоктуючими трубами (рис.7.2).

Оголовок влаштовують у вигляді розтрубу, у якому розміщують ґрати для уникнення попадання до нього твердих предметів. Оголовок розміщують на бетонній основі. Діаметр самотічних труб не більше розміру, при якому швидкість руху води у трубах не перевищує 1,5 м/с. Промивають самотічні труби зворотним потоком води, що подається насосами першого підйому. Кількість берегових колодязів – не менше двох.



**Рис.7.1 -- Русловий водозабір:**

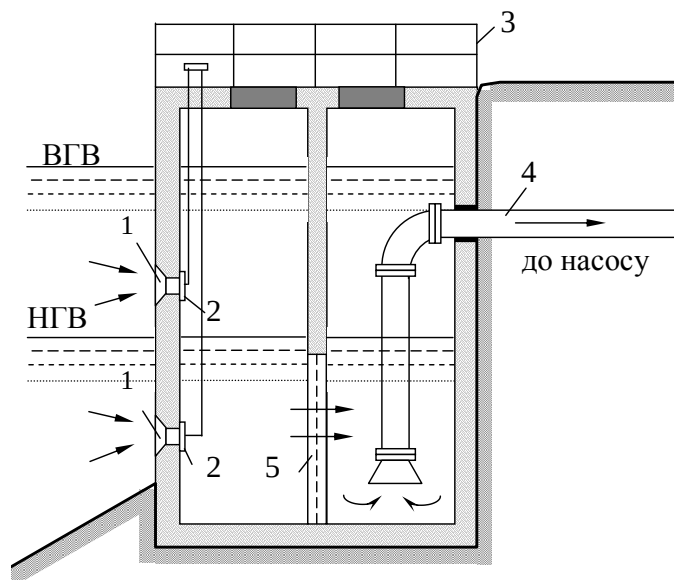
1 – оголовок, 2 - самотічні труби, 3 – береговий колодязь, 4 – промивні труби, 5 - всмоктуючі труби насосів



**Рис.7.2 - Оголовок водозабору:**

1 – приймальні вікна із решітками, 2- бетон, 3 – самотічна лінія

У тому випадку, коли глибина берега достатньо велика, влаштовують водозабори берегового типу (рис.7.3), вода у яких подається крізь водоприймальні вікна із решітками та водозабори з шиберами.



**Рис.7.3 - Водозабір берегового типу:**

1 – вікна із решітками, 2- бетон, 3 – огорожа, 4 – всмоктуюча лінія, 5 – сітка

Для уникнення потрапляння до системи придонного льоду та наносів призначений водоприймальний ківш – штучний басейн, крізь який вода із річки поступає до водозабірної споруди. Для забору води із вододжерела, дно якого має добру водопроникність, влаштовують інфільтраційні водозабори (рис.7.4), у вигляді шахтного колодязя, розміщеного біля берега.

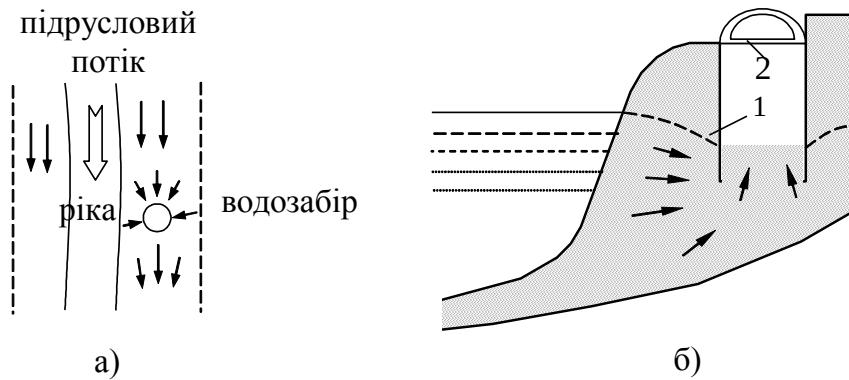


Рис.7.4 - Інфільтраційний водозабір:

а – вид зверху, б – переріз; 1 – колодязь, 2 – кришка

Перевагою останнього рішення є підвищення якості води за рахунок фільтрації.

### 7.3 Аварійно-відновлювальні роботи на системах водопостачання

**Рятувальні та інші невідкладні роботи** на системах водопостачання полягають в усуненні безпосередньої загрози життю та здоров'ю людей, що забезпечують роботу комплексу систем водопостачання, відновлення життєзабезпечення комплексу систем водопостачання, запобігання або значне зменшення матеріальних збитків. Вони включають також усунення пошкоджень, які заважають проведенню рятувальних робіт, створення умов для наступного проведення відновлювальних робіт.

До рятувальних робіт на системах водопостачання відносять:

- розвідка маршруту руху сил, визначення обсягу та ступеня руйнувань, розмірів зон уражень, швидкості і напрямку розповсюдження зараженої хмари чи пожежі;
- локалізація та гасіння пожежі на маршруті руху сил та ділянках робіт;
- визначення об'єктів, яким безпосередньо загрожує небезпека;
- пошук уражених та звільнення їх із-під завалів, пошкоджених та палаючих споруд, із загазованих та задимлених приміщень;
- надання потерпілим першої допомоги та евакуація їх (при необхідності) у лікувальні заклади;
- організація охорони матеріальних цінностей і громадського порядку та т.п.

**До невідкладних робіт відносяться:**

- улаштування проїздів (проходів) у завалах та на ушкодженій території;
- локалізація аварій на водопровідних та технологічних мережах;

- ремонт та тимчасове відновлення роботи комунально-енергетичних систем і мереж зв'язку для забезпечення рятувальних робіт;
- зміцнення або руйнування конструкцій, які загрожують обвалом і безпечному веденню робіт.

У системі заходів цивільного захисту велике місце займають питання організації і ведення робіт з ліквідації наслідків аварій на системах водопостачання, створення сприятливих умов для життєдіяльності населених пунктів, промислових об'єктів. Їхня складність і різноманіття обумовлюється специфікою планування і забудови міст, особливостями розвитку комунально-енергетичних систем у них, а також тією обстановкою, у якій ці роботи повинні виконуватися.

Для успішного виконання аварійно-відновлювальних робіт потрібно завчасна інженерна підготовка міського й об'єктового водопровідного господарства, підвищення його стійкості, вміння швидко знаходити доцільні рішення по організації і веденню цих робіт. Останнє, досягається за умови наявності достатнього обсягу знань і уяви про будову водопровідних систем, про стійкість систем, найбільш типових видах можливих руйнувань (аварій) і способах ведення невідкладних і деяких наступних аварійно-відновлювальних робіт.

При аваріях і стихійних лихах неминучі численні і великі пожежі. У такій обстановці рятувальні роботи в першу чергу будуть зв'язані з локалізацією і гасінням пожеж, тобто зі споживанням значної кількості води. Деяка кількість води буде потрібно також для питних потреб, для санітарної обробки людей, дезактивації, дегазації території, будівель і техніки, для потреб, зв'язаних з роботою медичних формувань, і для інших цілей. Від роботи систем водопостачання в умовах надзвичайної ситуації у великій ступені залежить успіх гасіння пожеж, а отже, і рятувальних робіт.

**Аварійно-відновлювальні роботи, зв'язані з ліквідацією загрози затоплення сховищ і підвалів.** До складу робіт з порятунку людей, що знаходяться в завалених сховищах, укриттях, підвалах і під завалами будинків, входять роботи, зв'язані з попередженням і ліквідацією затоплення.

Основними джерелами появи води в сховищі чи підвалі, що використовуються для укриття людей, можуть бути ушкоджені будинкові водопровідні, опалювальні і каналізаційні комунікації, що проходять у безпосередній близькості від сховища: технічні коридори, місця введення водопроводу. Найбільш небезпечні випадки затоплення можуть виникнути при ушкодженні будинкових введень чи водоводів великого діаметру поблизу підвальних сховищ. Вода, просочуючись через нещільності в конструкціях сховищ, а також через тріщини в стінах і у фундаментах, що можуть утворитися в результаті вибуху, буде надходити у середину приміщення створюючи тим самим загрозу для життя людей.

Водоводи, що проходять поблизу завалених сховищ, підвалів і укриттів, можуть одержати ушкодження від безпосереднього впливу ударної хвилі чи від падіння важких уламків зруйнованих будинків при цьому внаслідок осідання ґрунтів можуть бути порушені стики труб, у результаті нерівномірних навантажень по довжині трубопроводів можуть відбуватися розриви і переломи труб і т.д. У місцях ушкоджень можливі розмиви і осідання ґрунту з утворенням лійок і затопленням прилягаючих ділянок.

Для запобігання затоплення в цих умовах потрібно споруджувати земляні насипи чи стінки на шляху руху води до сховища чи улаштовувати водовідвідні лотки, канави, перепуски. При можливості такі роботи краще виконувати завчасно. Одночасно відключають ушкоджені ділянки мережі водопроводу, перекриваючи засувки. Ліквідація ушкоджень на водопровідних лініях зв'язана з розкопками і трудомісткими ремонтними роботами, на що буде потрібно поряд з ручною працею застосування землерийних, водовідливних і інших машин і механізмів.

**Аварійно-відновлювальні роботи, зв'язані з забезпеченням руху в зоні надзвичайної ситуації.** Руйнування чи ушкодження водопровідних ліній чи магістралей великого діаметру поблизу дорожнього полотна може привести до затоплення чи розмиву окремих ділянок доріг, проїздів і інших транспортних шляхів, що утруднить чи унеможливить введення сил цивільної оборони в зону надзвичайної ситуації. У ряді випадків стік води зі зруйнованих місць водопроводу через зливові водостоки і вуличну каналізацію буде утруднений із-за їхнього ушкодження, завалів водоприймальних колодязів.

Роботи з попередження чи локалізації затоплення і розмиву проїжджої частини доріг пов'язані з відключенням ушкодженої чи зруйнованої ділянки водопровідних ліній і наступним відводом води від дорожнього полотна (обладнання перепусків, каналів, лотків, розкопування і розчищення каналізаційних і водостічних прийомних колодязів).

**Аварійно-відновлювальні роботи, зв'язані з забезпеченням водою для гасіння пожеж.** При веденні рятувальних робіт в зоні надзвичайної ситуації однією з задач є забезпечення водою для гасіння пожеж. У залежності від характеру пожеж руйнувань, ступеня завчасної підготовки системи водопостачання міста основними роботами по забезпеченню водою для гасіння пожеж будуть:

відновлення частково ушкоджених насосних станцій першого і другого підйомів і поновлення їхньої роботи, обладнання тимчасових насосних станцій при повному руйнуванні основних станцій;

усунення ушкоджень і руйнувань на мережних спорудах (відновлення і ремонт окремих ділянок мережі, обладнання обвідних ліній і перепусків та ін.);

відключення окремих ділянок водопровідної системи міста з метою створення напору в найбільш важливих місцях гасіння пожежі;

розчищення і підготовка оглядових колодязів і пожежних гідрантів для приєднання до них водозабірних і водорозвідних засобів гасіння пожеж;

забезпечення забору води зі штучних водойм, ставків, озер і рік (забезпечення проїзду і обладнання під'їздів, спусків і апарелей у місцях водозабору).

**Відновлення земляних гребель, дамб.** Часто можливість нормального забору води з відкритого джерела води забезпечується водопідйомними греблями (за звичайно земляними). Руйнування земляної греблі може привести до катастрофічних наслідків, особливо якщо гребля високо напірна й утворює водоймище з великим запасом води. Розмив земляного тіла, що почався, греблі, якщо він не буде в гранично стиснутий термін локалізований і ліквідований, приведе до швидкого руйнування греблі й утворення хвилі прориву. Запас води у водоймище прийде в рух і через проран, що розширюється, у виді могутньої хвилі прориву висотою в кілька метрів хлине з великою швидкістю вниз, змітаючи усе на своєму шляху.

Зупинити рух такої хвилі прориву **неможливо**. Вона може принести дуже великі нещастя. Підприємства міста, розташовані вище греблі, можуть виявитися в критичний момент без води. От чому у випадку навіть невеликих ушкоджень тіла земляних гребель важливо приймати найшвидші і рішучі заходи по локалізації і ліквідації аварій.

У випадку утворення вимоїни в проран спочатку скидають великі каміння, куби, блоки, те що не може віднести потік води. В міру ослаблення потоку скидають каміння менших розмірів, потім з верхівкового укосу відсипають дрібний камінь, щебінь і, нарешті, суглинок до повного припинення фільтрації води. Потім насипають шар піску і роблять звичайне кріплення.

Для ліквідації протікання води через вимоїну може знадобитися забивання одного чи двох рядів шпунта паралельно осі греблі. Забивання варто робити одночасно з боків до центру, для того щоб стик прийшовся на середину прорану. Шпунт повинний увійти на 2-3 м у неушкоджену частину тіла греблі. Після змикання шпунтового ряду вимоїну засипають з відповідним ущільненням ґрунту.

Як профілактичні міри можна рекомендувати попереднє скидання води водоймища до меж, що задовольняють мінімальні потреби у воді на розрахунковий період і повне аварійне водоспоживання.

Важливо мати запаси матеріалів (каменю, мішків, дощок) для аварійних цілей, транспорт, механізми (екскаватори з копровим устаткуванням, бульдозери, скрепери).

**Відновлення водозабірних пристроїв.** Обсяг і характер робіт залежать від типу водозабірної пристрою. Найбільш стійким і надійним є водозбір інфільтраційного типу.

У **водозаборі руслового типу** слабким місцем можуть виявитися самопливні лінії. У випадку їхнього руйнування можна прокласти тимчасові трубопроводи з металевих, залізобетонних труб. При неможливості виконання цих робіт у заданий термін можна вирити землерийними засобами відкритий канал до берегового колодязя і забезпечити забір води з джерела води.

Самими слабкими елементами водозаборів є наземні пристрої і надбудови (сказане відноситься до водозаборів, сполучених з насосними станціями першого підйому).

**Роботи на насосних станціях.** Руйнування чи ушкодження наземної частини може вивести з ладу всю насосну станцію.

Аварійно-відновлювальні роботи тут будуть насамперед спрямовані на розчищення внутрішніх приміщень від завалу, ремонт і відновлення хоча б частини агрегатів, забезпечення їхнього енергоживлення. При повному руйнуванні насосних станцій першого підйому необхідно використовувати резервні чи обладнати тимчасові насосні установки. Вони можуть бути споруджені безпосередньо на березі, чи плотах та в інших зручних місцях.

При сприятливих умовах (досить крутий і твердий берег) тимчасову насосну станцію можна розмістити на березі чи площадці над водою, на якій встановлюють насос і двигун. Всмоктувальну трубу при цьому опускають безпосередньо у воду (при достатній глибині джерела води в берега), чи в спеціально побудований водоприймальний колодязь.

При пологістих берегах всмоктувальний водовід виносять на плавучі засоби чи на палі до необхідної глибини, що забезпечує всмоктування і забір чистої води.

Насоси тимчасових насосних станцій можуть одержувати енергопостачання від електромереж, пересувних електростанцій чи від двигунів внутрішнього згоряння з генераторами. При виході з ладу насосної станції другого підйому вода по обвідних лініях подається в мережу безпосередньо зі станції першого підйому. Якщо насоси станції першого підйому не можуть забезпечити потрібного напору для подачі води в місто, споруджують додаткову насосну станцію.

**Аварії на трубопроводах і мережній арматурі,** що найбільше часто зустрічаються в практиці, зв'язані головним чином з порушенням розтрубних з'єднань і зварених стиків, переломами чавунних і азбестоцементних труб, а також з появою свищів у сталевих трубах, повздовжніх і поперечних тріщин у чавунних і азбестоцементних трубах. Такі ушкодження можуть утворитися в результаті як безпосереднього впливу

надлишкового тиску на ґрунт, так і впливу великих уламків зруйнованих будинків і споруд і гідравлічних ударів у мережі.

При серйозних аваріях водоводів великих діаметрів вода швидко знаходить шлях наверх і затоплює навколишні території. Однак виникають і такі аварії водопровідних ліній, коли вода іде через суміжні комунікації (водостоки, колектори), не прориваючи на поверхню. У таких випадках місця ушкоджень визначають щупом: у розмоклий ґрунт він проникає значно легше, і, крім того, у жолобках щупа залишається волога земля.

Роботи з усунення невеликих ушкоджень на водогінних мережах полягають у закладенні окремих місць витоків, ремонті розтрубних чи зварених з'єднань труб, заміні окремих ділянок трубопроводів, мережної арматури. Ці роботи проводять при необхідності відновлення окремих ділянок мережі. При великих обсягах робіт і неможливості їхнього швидкого виконання приймають інші міри: споруджують тимчасові лінії, перепуски, організують подачу води по обвідних магістралях та ін.

При відносно невеликих ушкодженнях водоводів, витік може бути усунуто за допомогою накладення цементного пластиру чи оболонки на поверхню труби за допомогою подавання цементу чи цементного розчину через нагнітальні шпари під опалубку, що встановлюється на пошкодженій ділянці.

Тимчасова обвідна лінія на мережах водопроводу може бути швидко прокладена шляхом постановки стендерів на найближчі до ушкодженої ділянки гідранти і з'єднання їх пожежними рукавами чи трубами. При тривалому користуванні в зимовий час обвідну лінію з металевих труб утеплюють, установлюючи короба з засипанням теплоізолючим матеріалом (шлаком, торфом, тирсою), присипкою землею, снігом. У зимовий час ділянки трубопроводів, що оголилися, особливо при невеликому розборі води, можуть бути заморожені, що викликає додаткові руйнування.

Розморожують водопровідні і каналізаційні металеві труби невеликих діаметрів паяльною лампою, великих діаметрів - пуском усередину гарячої води чи пари низького тиску. Швидше і зручніше за все труби (за винятком чавунних при цементних і азбестоцементних) можна розморозити електропрогрівом. На водостоках малого діаметра часто утворюються снігові або крижані пробки. Для їхньої ліквідації експлуатаційники застосовують пересувні котельні. Пара від цих котельнь може бути також використана для розморожування водопровідних і каналізаційних труб.

### **Контрольні питання**

1. Що таке стійкість систем водопостачання?
2. Назвіть основні засоби забезпечення надійності систем водопостачання.
3. Назвіть основні способи забору води з поверхневих джерел.

4. Основні вимоги до виконання аварійно-відновлювальних робіт.
5. Назвіть основні аварійно-відновлювальні роботи, зв'язані з ліквідацією загрози затоплення сховищ і підвалів.
6. Які аварійно-відновлювальні роботи проводяться на трубопроводах і мережній арматурі.

## **ЛЕКЦІЯ 8 ЗАХИСТ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ**

План лекції:

- 8.1 Загальні вимоги до захисту систем водопостачання
- 8.2 Задачі захисту систем господарсько-питного водопостачання
- 8.3 Вимоги до застосування організаційно-технічних методів і засобів

### **8.1 Загальні вимоги до захисту систем водопостачання**

Захист систем централізованого господарсько-питного водопостачання (СГПВ) від небезпечних для життя та здоров'я людини речовин (НЖЗЛР) повинен бути спрямований на забезпечення безперебійного постачання населення доброякісною питною водою при аварійному забрудненні вододжерела, аваріях або руйнуваннях радіаційно-, хімічно-, біологічно-, пожежо-, вибухо- і гідродинамічно небезпечних об'єктів, виключенні з роботи головних споруджень СГПВ.

Захист СГПВ повинен:

- забезпечувати можливість роботи системи в умовах НС;
- здійснюватися завчасно на основі прогнозних даних про можливе зараження (забрудненні) поверхневих джерел водопостачання і території СГПВ;
- ґрунтуватися на використанні вітчизняних приладів, реагентів, реактивів і устаткування;
- погоджуватися з заходами щодо захисту обслуговуючого персоналу;
- здійснюватися при мінімальних витратах паливно-енергетичних, матеріально-технічних і трудових ресурсів.

Надзвичайними ситуаціями у роботі систем централізованого господарсько-питного водопостачання вважають:

- режим роботи, при якому вода протягом доби систематично подається населенню з перебоями й у зв'язку з цим небезпечна в санітарно-епідеміологічному відношенні;
- режим роботи, при якому вода з порушенням гігієнічних вимог до якості води подається по СГПВ більш тривалий час, чим це передбачено;
- припинення подачі води населенню через досягнення рівня забруднення поверхневого джерела води, що перевершує технологічну та санітарну

надійність (ТСН) СГПВ або через вихід з ладу (руйнування, ушкодження) основних споруд СГПВ.

Захист СГПВ здійснюється на водозабірних спорудах; водоочисних станціях; системах подачі і розподілу води; резервуарах питної води; в лабораторіях, що контролюють якість води; водорозбірних пунктах.

При захисті СГПВ необхідно враховувати:

- геологічні умови залягання підземних вод і ступінь їхньої захищеності;

- наявність радіаційно-, хімічно-, біологічно-, пожежо-, вибухо- і гідродинамічнонебезпечних об'єктів у районах водопостачання;

- наявність, склад, стан і продуктивність водопровідних споруджень, резервованих джерел електроенергії і засобів, використовуваних для знезаражування споруджень, територій і обладнання від небезпечних для життя та здоров'я людей речовин;

- місцеві матеріальні ресурси, що можуть бути використані для захисту систем водопостачання;

- виключення з роботи частково або цілком головних споруд СГПВ із переходом на роботу в надзвичайній ситуації.

Захист СГПВ повинен забезпечуватися виконанням організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних і протиепідемічних вимог.

## **8.2 Задачі захисту систем господарсько-питного водопостачання**

Організаційні вимоги повинні забезпечувати:

- водопостачання населення з урахуванням можливих порушень роботи СГПВ у результаті аварійного забруднення вододжерел, через вплив сучасних засобів враження супротивника, при аваріях або руйнуваннях радіаційно-, хімічно-, біологічно-, пожежо-, вибухо- і гідродинамічнонебезпечних об'єктів, самих централізованих СГПВ, а також з урахуванням надходження додаткового контингенту населення (евакуйованих) з постраждалих районів;

- ефективне використання фінансових засобів і матеріально-технічних ресурсів, що виділяються на захист централізованих СГПВ;

- дотримання інженерно-технічних норм проектування захисту СГПВ;

- установлення порядку переходу водоочисних станцій на режими спеціального очищення води і режими їхньої роботи при забрудненні (зараженні) небезпечними для життя і здоров'я людини речовинами вододжерел і територій СГПВ;

- обмеження подачі питної води на технічні потреби і на гаряче водопостачання в НС;

- ефективну охорону СГПВ, вододжерела, на якому вона розташована, і прилягаючих територій;

- постачання служб експлуатації СГПВ необхідною нормативною документацією, що регламентує їхню роботу в надзвичайній ситуації;
- створення незнижуваного запасу питної води по нормі не менш 30 л на людину в добу для чисельності населення мирного часу з застосуванням засобів консервації води для продовження термінів її зберігання.

Інженерно-технічні вимоги повинні забезпечувати:

- залучення в баланс СГПВ більшої частини наявного ресурсу підземних вод, захист їх від виснаження і забруднення;
- очищення повітря, що надходить у резервуари питної води (РПВ) і трубопроводи системи подачі та розподілу води (СПРВ), герметизацію водозабірних свердловин, будинків насосних станцій, наземних павільйонів над водоочисними спорудами;
- спорудження укриттів для захисту обслуговуючого персоналу від небезпечних для життя і здоров'я людини речовин на об'єктах СГПВ;
- дообладнування водоводів і магістральних мереж СПРВ, РПВ і вводів води в підвальні приміщення будинків пунктами забору і роздачі води в пересувну і переносну тару;
- створення на водоочисних станціях резерву реагентів, хлору, аміаку, зернистих і порошкоподібних сорбентів, спеціального устаткування і приладів контролю, автономних джерел електроенергії;
- створення на об'єктах СГПВ резерву мобільних, а також найпростіших засобів і пристроїв очищення води від небезпечних для життя і здоров'я людини речовин;
- влаштування укриттів для захисту особового складу й устаткування від небезпечних для життя і здоров'я людини речовин на створених водорозбірних пунктах;
- влаштування укриттів для захисту запасу хлору і реагентів;
- спорудження додаткових ємностей РПВ;
- приведення в готовність запірно-регулюючої арматури на основних водопровідних магістралях;
- автоматизацію контролю забруднення води небезпечними для життя і здоров'я людини речовинами у джерелах водопостачання, у лабораторіях СГПВ, у районах розміщення радіаційно-, хімічно-, біологічно-, пожежо-, вибухо- і гідродинамічнонебезпечних об'єктів;
- ліквідацію наслідків зараження (забруднення) території, споруд і устаткування СГПВ небезпечними для життя і здоров'я людини речовинами.

Санітарно-гігієнічні та протиепідемічні вимоги повинні забезпечувати:

- режими спеціального очищення, тобто освітлення, знебарвлення, знешкодження і знезаражування води на водоочисних станціях і режими їхньої роботи при забрудненні (зараженні) небезпечними для життя і здоров'я людини речовинами джерел водопостачання і територій СГПВ;
- очищення РПВ і трубопроводів СПРВ, їхню дезінфекцію, дезактивацію і дегазацію;

- відповідність рівня технологічної та санітарної надійності СГПВ рівневі забруднення джерела;
- систематичний контроль за процесом транспортування води по СПРВ і збереження її якості в РПВ.

### **8.3 Вимоги до застосування організаційно-технічних методів і засобів**

СГПВ середніх і великих міст повинні базуватися не менш ніж на двох незалежних джерелах водопостачання.

Головні споруди повинні бути розташовані по периметру міста, забезпечувати швидкий перерозподіл води між споживачами і маневрування подачі води по районах міста, при виході з ладу окремих головних споруд.

Для цілей господарсько-питного водопостачання населення повинні бути притягнуті всі ресурси прісних підземних вод за рахунок:

- невикористаних експлуатаційних запасів;
- скорочення використання прісних підземних вод питної якості на технічні потреби підприємств;
- використання віддалених джерел природно-чистих вод;
- використання вод із природними домішками, для видалення яких існують апробовані технологічні методи і засоби.

Мінімальна частка підземних вод у загальному обсязі водопостачання міста повинна бути достатньою, щоб мати можливість забезпечувати безперебійну подачу води населенню при відключенні головних споруджень поверхневих вододжерел у період їхнього аварійного забруднення.

Оголовки водозабірних свердловин необхідно надійно герметизувати. Не менше половини свердловин повинні бути приєднані до резервних джерел електропостачання, мати пристрої для підключення насосів до пересувних електростанцій і патрубків на напірних лініях для наповнення пересувних цистерн і забору води в переносну тару. У зонах санітарної охорони повинен забезпечуватися надійний захист поверхневих і підземних джерел водопостачання від зовнішнього забруднення.

Конструкція поверхневих водозаборів повинна запобігати підсмоктуванню в оголовки самопливних ліній донних і берегових відкладень, а також плаваючих предметів і поверхневих плівок. Для зниження надходження на водоочисні станції планктону, водозабірні вікна й устя усмоктувальних патрубків варто розташовувати в кілька ярусів по висоті.

При загрозах періодичного або аварійного забруднення поверхнього джерела в складі водозабірної вузла варто влаштовувати наливні водоймища. Корисний об'єм наливного водоймища повинний визначатися з врахуванням прогнозованого для даної місцевості періоду ймовір-

ного забруднення джерел водопостачання, але не менш десятидобової продуктивності водоочисної станції. Комунікації наливного водоймища повинні забезпечувати надходження води від насосної станції першого підйому через наливне водоймище до водоочисної станції і мати вільні лінії для переключення. Наливні водоймища повинні обладнуватися пристроями, що забезпечують активний водообмін у них.

Технологічна схема, склад споруд і продуктивність джерела повинні відповідати найбільш несприятливому рівневі і складові забруднень джерела водопостачання, при яких стабільно забезпечується одержання питної води, що відповідає вимогам нормативного документу. У надзвичайних ситуаціях допускається зниження вимог до якості питної води відповідно до існуючих інструкцій.

Для визначення відповідності бар'єрної ролі водоочисної станції рівневі і складові забруднень на водоочисній станції повинні влаштовуватися технологічні установки або дослідні станції і відпрацьовуватися оптимальні режими експлуатації і максимальні навантаження на споруди. Повинні визначатися також умови, при яких необхідно виключати водоочисні станції із роботи. Органи місцевого самоврядування за участю представників територіальних органів ДСНС України повинні створювати комісії, які приймають та затверджують ці умови.

При недостатності бар'єрної ролі діючих водоочисних станцій повинні проводитися роботи з підвищення їх технологічної та санітарної надійності за рахунок технічного переозброєння і реконструкції діючих споруд, улаштування додаткових технологічних ланок (сорбційних фільтрів, озонування, біоокисників, мікрофільтрів) і ін.

Число водогонів, якими подають питну воду від головних споруд у системи подачі і розподілення води міста, повинне бути не менш двох. Транспортування питної води по одному водогону може бути допущене для малих міст і населених місць за узгодженням з місцевими органами МНС України.

У знижених точках магістральних трубопроводів і розподільчої мережі повинні бути обладнані пункти роздачі питної води у пересувну і переносну тару. У підвальних приміщеннях будинків необхідно мати в доступному місці крани для наповнення переносної тари.

Металеві трубопроводи СГПВ, особливо які базуються на поверхневих джерелах, повинні мати внутрішні покриття, що захищають їх від біокорозійних обростань, утворення відкладень і бути такими, що запобігають вторинному забрудненню питної води.

СПРВ повинні мати засоби дистанційного регулювання витрат води для обмеження водоспоживання в періоди дефіциту водопостачання.

Для запобігання вторинного забруднення питної води у протяжних водогонах і великих ємнісних резервуарах варто застосовувати поетапне хлорування води по довжині водогонів.

Загальний об'єм питної води, необхідний для забезпечення населення міста в період НС при повному відключенні всіх головних споруд і водоочисної станції, повинен розраховуватися, виходячи з мінімальних фізіолого-гігієнічних нормативів і зберігатися в РПВ, у водогонах, магістральних трубопроводах і розподільчій мережі. Кількість РПВ і їхнє розташування по площі міста слід встановлювати, виходячи зі зручності доставки води населенню.

РПВ повинні бути герметичними, внутрішні поверхні залізобетонних конструкцій повинні бути гладкими, без раковин і пор. РПВ повинні бути обладнані фільтрами для очищення забрудненого повітря, що надходить у них. У РПВ повинно бути організовано активний обмін питної води по всьому об'єму, що виключає утворення застійних місць, випадання і накопичення осадів, появу обростань. Усі РПВ повинні бути обладнані засобами для забору з них ПВ у пересувну тару. До місць забору води повинні бути забезпечені під'їзди для автоцистерн. Щорічно повинна проводитися перевірка герметичності РПВ, їхнє чищення, дезінфекція, перевірятися працездатність фільтрів для очищення повітря, пристроїв для роздачі води, запірної арматури й устаткування для консервації води. На промислових підприємствах повинні бути власні РПВ, корисний об'єм яких повинний забезпечувати їх потреби у питній воді протягом усього періоду надзвичайної ситуації. Для тривалого збереження питної води у періоди надзвичайних ситуацій РПВ повинні заповнюватися питною водою, у яку вводиться хлор і аміак у співвідношенні 1:2.

Лабораторії водоочисної станції і центральна лабораторія СГПВ повинні бути оснащені відповідним устаткуванням і приладами, укомплектовані кваліфікованим персоналом, що забезпечує оперативний контроль за вмістом антропогенних домішок, що містяться у воді даного джерела водопостачання і в питній воді. При сильному забрудненні джерела водопостачання, поряд із традиційним контролем, для інтегральної оцінки якості води повинні використовуватися методи біотестування.

Повинен вестися також систематичний контроль за вмістом небезпечних для життя та здоров'я людини речовин I і II класів небезпеки в осадах, що накопичуються в спорудах водоочисних станцій, резервуарах чистої води, систем подачі та розподілу води і в місцях обробки і складування осадків.

Основні споруди і водопровідні магістралі повинні бути оснащені засобами централізованого регулювання, що підтримують безперебійну подачу питної води населенню в періоди її дефіциту за рахунок скорочення подачі питної води підприємствам на технічні потреби, часткового або повного відключення житлового фонду від гарячого водопостачання й ін.

Всі основні виробничі ланки СГПВ повинні мати декілька варіантів функціональних схем із зазначенням джерел водопостачання, водозабір-

них споруд, водоочисних споруд, систем подачі та розподілу води, резервуарів питної води, а також місць забору питної води з нумерацією засувов, що забезпечують відключення або регулювання потоків води за сигналом з диспетчерського пункту. Схема повинна містити чіткі вказівки диспетчерам і технічному персоналові про порядок їхніх дій у періоди дефіциту води й у НС.

В умовах перевантаження споруд і недостатньої бар'єрної ролі водоочисних станцій за узгодженням допускається на певний строк подача води населенню питної води зі зніженими вимогами до її якості. У цьому випадку можливо використовувати побутові (поквартирні) і групові, у тому числі мобільні установки для доочищення води в медичних і дитячих установах, на підприємствах харчової промисловості, для населення, що потребує за станом здоров'я воду більш високої якості й ін. Зазначені установки повинні бути сертифіковані, організоване їхнє сервісне обслуговування за участю і під контролем місцевих комунальних і санітарних органів.

У надзвичайній ситуації при мінімальному споживанні питної води населенням повинне бути забезпечене безперебійне відведення концентрованих стоків по комунальних каналізаційних мережах, запобігання їхнього засмічення і переповнення.

### **Контрольні питання**

1. Назвіть загальні вимоги до захисту систем централізованого господарсько-питного водопостачання.
2. Які ситуації у роботі систем централізованого господарсько-питного водопостачання вважаються надзвичайними?
3. Назвіть задачі захисту систем господарсько-питного водопостачання.
4. Назвіть основні вимоги до застосування організаційно-технічних методів і засобів.
5. Як здійснюється контроль якості води?
6. Як та залежно від чого можуть змінюватися режими експлуатації систем централізованого господарсько-питного водопостачання?

## ЛЕКЦІЯ 9 ОХОРОНА ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛ. САНІТАРНІ ЗОНИ

План лекції:

9.1 Основні джерела забруднення природних вод

9.2 Законодавчі, технологічні та санітарні заходи захисту водних об'єктів від забруднень

9.3 Зони санітарної охорони джерел водопостачання та водозабірних споруд

### 9.1 Основні джерела забруднення природних вод

Основними джерелами забруднення природних вод є промисловість, сільське господарство, теплоенергетика, водний транспорт, атмосферні викиди, комунальні стоки. Проблема охорони природних вод найгостріше стоїть в промислово розвинених країнах. Найбільше забруднення природних вод дає промисловість таких галузей, як нафтопереробна, хімічна, миловарна, целюлозно-паперова, текстильна, металургійна, гірничодобувна та інші.

Майже всі стічні води, що містять нафтопродукти, негативно впливають на якість води. Навіть зміст нафти в кількості 0,2-0,4 мг/л додає воді запах, не зникаючий після хлорування. Фенолові з'єднання стоків хімічних виробництв порушують біологічні процеси у воді і вона набуває різкого, неприємного запаху. Стічні води підприємств електрохімічної промисловості, підприємств рудозбагачувальних, по виробництву пестицидів, а також шахтні і копальневі води містять значну кількість цинку і міді. Вміст у водах синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) викликає різке погіршення біохімічної очисної здатності водоймищ, що приводить до припинення зростання водної рослинності, до посилення присмаків, запаху.

В даний час випускають і використовують тисячі хімічних з'єднань, багато з яких не розкладається на нешкідливі продукти, а накопичуються у воді і перетворюються в більш токсичні продукти. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва супроводжується збільшенням кількостей мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин від бур'янів, шкідників і хвороб. Внаслідок цього в навколишнє середовище потрапляє багато хімічних речовин, зокрема пестицидів, що діють на природу протягом тривалого часу, накопичуються в ґрунті, а потім потрапляють у водоносні пласти і водоймища.

Сільське господарство є основним джерелом забруднення водних ресурсів біогенними речовинами, які сприяють швидкому розвитку фітопланктону («цвітінню» вод), викликають прогресуючу евтрофікацію (вміст у воді живильних речовин) водних об'єктів, приводять до порушення процесів самоочищення. Азот, що поступає в ґрунт з добривами, перетворюється на легкокорозивні дуже рухливі нітратні форми, та спри-

яє забрудненню ґрунтових підземних вод і робить їх непридатними для водопостачання. Зрошуване землеробство при існуючій технології дає великі зворотні стоки, які забруднені добривами і пестицидами, а також сильно мінералізовані.

Джерелом забруднень водоймищ стали численні крупні тваринницькі ферми. Відходи тваринницьких господарств містять яйця гельмінтів і патогенні мікроорганізми, що є джерелом захворювань. Особливо небезпечні свинарські комплекси. Одна така ферма на 100 тис. голів за наслідками забруднень рівносильна місту з населенням близько 250 тис. людей.

Широко поширено забруднення поверхневих джерел (водосховищ) продуктами розпаду синьо-зелених водоростей. Особливо великий збиток ці забруднення приносять системам комунального і виробничого водопостачання, а також рибному господарству. Для усунення цього типу забруднень потрібні збільшення витрати коагулянту, розширення площ відстійників, витрати електроенергії на мікрофільтри. На теплових електростанціях ці забруднення знижують ефект охолодження, приводять до перевитрати палива. Окрім цього, погіршуються умови використання водних ресурсів для рекреації, лікування, спорту і туризму.

З розвитком теплоенергетики з'явилося «теплове» забруднення водоймищ в результаті скидання відпрацьованих підігрітих вод. При підвищенні температури води посилюється її випаровування, підвищується мінералізація, відбувається швидкий розвиток водної рослинності і, отже, накопичення органічних речовин, а їх розклад знижує зміст розчиненого кисню. Що негативно позначається на життєдіяльності водоймища.

Розвиток водного транспорту привів до додаткового забруднення річок, озер і морів унаслідок скидання в них недостатньо очищених відходів. Особливо велика кількість забруднень поступає від нафтоналивних судно в результаті аварій: 1 т нафти утворює плівку площею 10-12 км<sup>2</sup>, що утрудняє надходження у воду кисню.

Радіоактивні відходи деяких виробництв представляють велику небезпеку для природних вод і споживаючих її живих організмів і тому підлягають похованню. Забруднення водоймищ відбувається і через атмосферу. Газоподібні викиди виробництв, що містять оксиди азоту, окисел вуглецю, двоокис сірки, пил, золу і ін., переносяться по повітрю і, розчиняючись в атмосфері, випадають на поверхню землі у вигляді «кислотних» дощів. Найбільш стародавнім видом забруднень водоймищ є комунальні стоки міст і населених пунктів.

## **9.2 Законодавчі, технологічні та санітарні заходи захисту водних об'єктів від забруднень**

Захист водних об'єктів від забруднень забезпечується законодавчими, технологічними та санітарними заходами.

Контроль за промисловими викидами ведеться за допомогою різних показників, в тому числі ГДК, ТДП та ін.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – концентрація хімічної речовини в воді водойми, яка не повинна оказувати впливу на організм людини на протязі всього його життя та на здоров'я послідовних поколінь та не повинна погіршувати гігієнічні умови водокористування.

Тимчасово допустима концентрація (ТДК) – орієнтовний безпечний рівень впливу хімічних речовин в воді, якій встановлюється розрахунковим шляхом.

Забезпечення регламентованих значень ГДК та ТДК може бути досягнуто двома шляхами – механічним розсіюванням хімічних речовин в водному середовищі або суровим контролем за їх поступленням в зовнішнє середовище.

Розсіювання хімічних речовин досягається розбавленням стоків в поверхневих водах. Цей спосіб є дуже не досконалим та повинен бути замінений обмеженням або повним припиненням викидів забруднених вод в водойми. Необхідно суворо дотримуватись величин гранично допустимих викидів, встановлених для кожного підприємства і це є одним із діючих засобів охорони води, повітря і ґрунтів.

Заходи зі зменшення викиду забруднень в водойми:

- використання повторного та зворотного водопостачання;
- застосування маловодних та безводних технологій;
- використання замкнених систем водного господарства;
- створення прибережних водоохоронних зон (лісна та гідротехнічна меліорація).

## **9.3 Зони санітарної охорони джерел водопостачання та водозабірних споруд**

З метою забезпечення санітарно-епідеміологічної надійності водопроводів господарсько-питного водопостачання в місцях розташування водозабірних споруд і оточуючих їх територіях влаштовуються *зони санітарної охорони (ЗСО)*.

Зона джерела водопостачання в місці забору води повинна складатися з трьох поясів: першого - строгого режиму, другого і третього - режимів обмеження. Зона водопровідних споруд повинна складатися з першого поясу і смуги (при розташуванні водопровідних споруд за межами другого поясу зони джерела водопостачання). Зони водопроводу повинні включати зону джерела водопостачання в місці забору води

(включаючи водозабірні споруди), зону і санітарно-захисну смугу водопровідних споруд (насосних станцій, станцій підготовки води, ємностей) і санітарно-захисну смугу водоводів.

Межі зон санітарної охорони для поверхневих джерел водопостачання:

- для водосховищ і озер: перший пояс зони санітарної охорони охоплюється межею, що проходить на відстані 100 м від водозабору по акваторії джерела на всіх напрямках, а по прилеглому до водозабору берегу на відстані не менше 100 м від урізання води.

- для водотоків (річки, канали): вгору за течією - не менше 200 м; вниз за течією - не менше 100 м; на водозаборах ковшового типу в межі першого поясу включається вся акваторія ковша і територія навколо нього смугою не менше 100 м.

Межі другого поясу зони водотоку належить встановлювати:

- вгору за течією, включаючи притоки, - виходячи з швидкості перебігу води, усередненої по ширині і довжині водотоку або на окремих його ділянках і часі протікання води від межі поясу до водозабору;

- вниз за течією - не менше 250 м;

- бічні межі - на відстані від урізання води при літньо-осінній межені - при рівнинному рельєфі - 500 м, при гористому рельєфі місцевості - до вершини першого схилу, повернутого у бік водотоку, але не більше 750 м при пологому схилі і 1000 м при крутому схилі.

Межі третього поясу зони поверхневого джерела водопостачання повинні бути вгору і вниз за течією водотоку або на всі боки по акваторії водоймища такими ж, як для другого поясу; бічні межі - по вододілу, але не більше 3-5 км від водотоку або водоймища.

*Для підземних джерел водопостачання:*

Межі першого поясу зони підземного джерела водопостачання повинні встановлюватися від одиночного водозабору (свердловина, шахтний колодязь, каптаж) або від крайніх водозабірних споруд групового водозабору на відстанях:

- 30 м при використанні захищених підземних вод;

- 50 м при використанні недостатньо захищених підземних вод.

Територія першого поясу повинна бути спланована, озеленена і обгороджена, а на акваторії поверхневих джерел поставлені попереджувальні знаки. Для території першого поясу зони повинна передбачатися сторожова (тривожна) сигналізація.

На території першого поясу зони:

а) забороняються:

- всі види будівництва, за винятком реконструкції або розширення основних водопровідних споруд (підсобні будівлі, безпосередньо не пов'язані з подачею і обробкою води, повинні бути розміщені за межами першого поясу зони);

- розміщення житлових і громадських будівель, мешкання людей, зокрема що працюють на водопроводі;

- прокладка трубопроводів різного призначення, за винятком трубопроводів, обслуговуючих водопровідні споруди;

- випуск в поверхневі джерела стічних вод, купання, водопій і випас худоби, прання білизни, рибний лов, застосування для рослин отрутохімікатів і добрив;

б) будівлі повинні бути каналізовані з відведенням стічних вод в найближчу систему побутової або виробничої каналізації або на місцеві очисні споруди, розташовані за межами першого поясу зони з урахуванням санітарного режиму в другому поясі. За відсутності каналізації повинні влаштовуватися водонепроникні вигреби, розташовані в місцях, що виключають забруднення території першого поясу при вивозі нечистот;

в) повинно бути забезпечено відведення поверхневих вод за межі першого поясу;

г) допускаються тільки рубки догляду за лісом і санітарні вирубування лісу.

*На території другого поясу зони поверхневого джерела водопостачання належить:*

а) здійснювати регулювання відведення територій для населених пунктів, лікувально-профілактичних і оздоровчих установ, промислових і сільськогосподарських об'єктів, а також можливих змін технології промислових підприємств, пов'язаних з підвищенням ступеня небезпеки забруднення джерел водопостачання стічними водами;

б) упорядковувати промислові, сільськогосподарські та інші підприємства, населені пункти і окремі будівлі, передбачати організоване водопостачання, водовідведення, пристрій водонепроникних вигребів, організацію відведення забруднених поверхневих стічних вод і др.;

в) проводити тільки рубки догляду за лісом і санітарні вирубування лісу.

У другому поясі зони поверхневого джерела водопостачання забороняється:

а) забруднення територій нечистотами, сміттям, гноєм, промисловими відходами та ін.;

б) розміщення складів паливно-мастильних матеріалів, отрутохімікатів і мінеральних добрив, накопичувачів, шламосховищ і інших об'єктів, які можуть викликати хімічні забруднення джерел водопостачання;

в) розміщення кладовищ, скотомогильників, полів асенізації, полів фільтрації, землеробських полів зрошування, гноєсховищ, силосних траншей, тваринницьких і птахівничих підприємств і інших об'єктів, які можуть викликати мікробні забруднення джерел водопостачання;

г) застосування добрив і отрутохімікатів.

В межах другого поясу зони поверхневого джерела водопостачання:

- допускаються птахівництво, прання білизни, купання, туризм, водний спорт, устрій пляжів і рибний лов у встановлених місцях при забезпеченні спеціального режиму, узгодженого з органами санітарно-епідеміологічної служби;

- слід встановлювати місця переправ, мостів і пристаней;

- належить за наявності судноплавства обладнати судна спеціальними пристроями для збору побутових вод і твердих відходів, на пристанях передбачати зливні станції і приймачі для збору твердих відходів;

- забороняються здобич піску і гравію з водотоку або водоймища, а також днопоглиблювальні роботи;

- забороняється в прибережній смузі шириною не менше 300 м розташування пасовищ.

Одночасно з цим в другому поясі забороняється забруднення території, розміщення складів паливно-мастильних матеріалів, отрутохімікатів, добрив, накопичувачів і інших об'єктів, які можуть привести до хімічного забруднення водоймищ. Крім того, не допускається пристрій полів фільтрації, проведення зрошування сільгоспугідь і т.п., що може викликати мікробне забруднення джерел водопостачання. Забороняються закачування відпрацьованих вод в підземні пласти, підземне складування твердих відходів і розробка надр землі.

*На території третього поясу поверхневого джерела водопостачання передбачають такі ж санітарні заходи, як і в другому поясі. На відміну від другого тут допускаються лісозаготівельні роботи. На каналах і водосховищах у межах третього поясу повинні проводитися роботи по очищенню дна від відкладень і рослинності; у хімічних методах боротьби допускається застосування тільки тих препаратів, які дозволені органами санітарно-епідеміологічної служби. Санітарні заходи в даному поясі підземних джерел в основному співпадають із заходами для поверхневих джерел.*

### **Контрольні питання**

1. Назвіть основні джерела забруднення природних вод.
2. Назвіть основні законодавчі, технологічні та санітарні заходи захисту водних об'єктів від забруднень.
3. З якою метою створюються зони санітарної охорони джерел водопостачання та водозабірних споруд?
4. Основні санітарні заходи на територіях зон санітарної охорони.

## ЛЕКЦІЯ 10 КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАСОБІВ ПОЛЬОВОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

План лекції:

10.1 Класифікація засобів польового водопостачання

10.2 Засоби добування

10.3 Засоби підняття води

10.4 Засоби очищення води

### 10.1 Класифікація засобів польового водопостачання

Забезпечення людей водою в умовах надзвичайної ситуації є одним з найважливіших заходів. Вода необхідна для задоволення санітарно-гігієнічних потреб, для технічних цілей, на обробку та дезактивацію людей та механізмів в випадку зараження отруйними речовинами та на інші потреби. В разі виникнення надзвичайної ситуації імовірно, що будуть пошкоджені системи централізованого водопостачання, тому водопостачання звичайним шляхом буде неможливо. Одразу виникає потреба пошуку інших джерел водопостачання для забезпечення людей питною водою.

Засоби польового водопостачання призначені для видобування, підняття; очищення; зберігання і транспортування води.

#### Основними засобами видобутку води є:

- дрібні трубчасті колодязі (наприклад, МТК-2М);
- механізовані шнекові колодязі (МШК-15);
- установки для видобутку ґрунтових вод (УДВ-15);
- пересувні бурові установки (ПБУ-50, ПБУ-200);
- установка розвідувального буріння (УРБ-3А).



Рис.10.1 – Установка видобутку ґрунтових вод (УДВ-15) в режимі буріння

Бурове обладнання включає бурової агрегат, пустотілі шнеки, водоприймальний пристрій, штанговий насос, буровий і допоміжний інструмент. Шнеки в процесі буріння транспортують породу, а після розтину фільтра водоприймального пристрої і установки штангового насоса по піднімається вода. Водоприймальний пристрій пропускає і освітлює воду, що надходить з водоносної породи.

#### До засобів подачі води з джерел відносять:

- ручний поршневий насос (БКФ-4);
- занурювальні електронасоси (КПН-5, ЭЦВ-6-10-80, ЭЦВ-0-10-185);
- мотопомпи (М-600, МП-800);
- електронасоси (ЭСН-1/1П, ЭСН-2/1П).

Для підняття води з відкритих водоймищ і шахтних колодязів глибиною до 6 м

призначений ручний поршневий насос БКФ-4. Мотопомпа М-600 використовується для підняття води з водойми та перекачування її гнучкими рукавами, а також може використовуватися для обслуговування крупних пунктів водопостачання. Мотопомпа складається з двигуна внутрішнього згоряння, центробіжного насоса й вакуум-апарата. Комплект занурювального насоса КПН-5 призначений для підняття води з водозабірних свердловин.



Рис.10.2 – Засоби подачі води:

а) – занурювальний електронасос ЭЦВ-6-10-80; б) – мотопомпа М-600

**До засобів очищення й опріснення води відносять:**

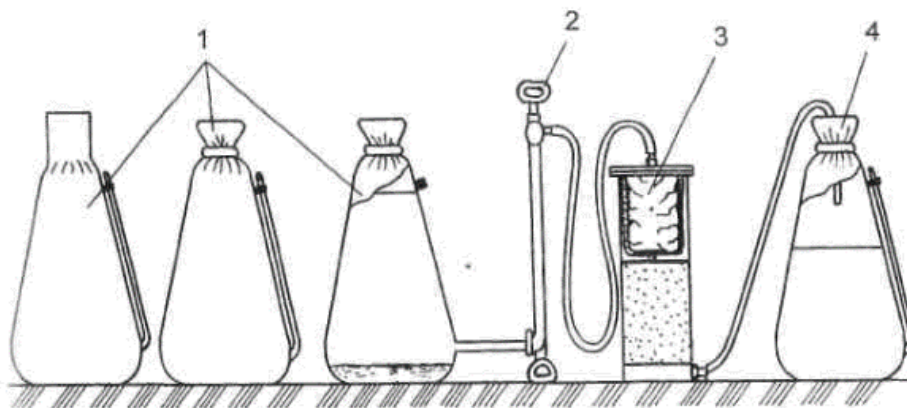
- тканинно-вугільний фільтр (ТУФ-200);
- військові фільтрувальні станції (ВФС-2,5, ВФС-10);
- автомобільна фільтрувальна станція (МАФС-3);
- пересувна опріснювальна установка (ПОУ) ;
- пересувна опріснювальна станція (ОПС).

ТВФ-200 очищує воду від природних забруднень, дезактивує і знешкоджує її. Комплект складається з фільтра (мішок з тканини й активоване вугілля), ручного насоса, резервуарів для води (РДВ-100), брезентових цеберок, фільтрувальних матеріалів (активоване вугілля) і реагентів (хлорне вапно, коагулянт) (рис. 10.3).

У достатності освітлення і надійному знезараженні води переконуються, закривши нижній і відкривши верхній випускні крани: з крана повинна надходити прозора вода, що має різкий запах хлору. Повноту видалення з води надлишкового хлору, або дехлорування, перевіряють, оцінюючи воду, що надходить з нижнього крана: тут вода не повинна мати запаху хлору. Тканинний мішок треба міняти через 4-6 годин роботи, а вугілля - після обробки 10-15 м<sup>3</sup> води. ТВФ-200 може очищати до 200 л води за годину.

Потужнішою є фільтрувальна станція МАФС-3 (рис.10.4). МАФС-3 призначена для очищення, знезараження і знешкодження води. Вона змонтована на шасі автомобіля ЗІЛ-131 та двохосьовому причепові. До її

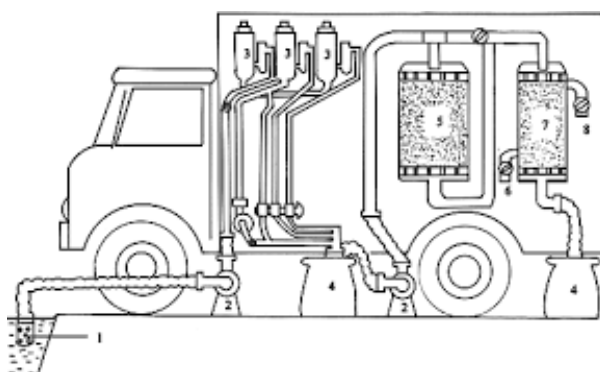
складу входять фільтр, два дехлоратори, три мотопомпи М-600, резервуари для води (РДВ-500), з'єднувальні комунікації для води, лабораторія для контролю за якістю очищеної води, фільтрувальні матеріали та реактиви.



**Рис. 10.3 - Робота фільтра ТУФ-200**

1 – резервуари РДВ-100 для неочищеної води; 2 – насос; 3 – тканиново-вугільний фільтр; 4 – резервуар РДВ-100 для чистої води

З використанням фільтрувальної станції МАФС-3 може обладнуватись пункт водопостачання на відкритому джерелі. Очищення води на пункті здійснюється шляхом хлорування, коагулювання та відстоювання в резервуарах-відстійниках з подальшою фільтрацією через фільтр та дехлоратори, заправлені відповідно антрацитом та активним вугіллям БАУ-МФ чи КФГ-М.



**Рис.10.4. -Модернізована автофільтрувальна станція МАФС-3:**

1 – трубопровід для скидання вод при промиванні; 2 – видалення відпрацьованого фільтрувального матеріалу; 3 – резервуар відстійника; 4 - резервуар для чистої води; 5 - мотопомпа; 6 — фільтр (карбоферогель); 7 - дехлоратори (сульфовугілля); 8 - реактиви (коагулянти, хлорне вапно, луг)

При відсутності табельних засобів очищення води використовують фільтр з підручних засобів. Для зберігання і перевезення води використовуються різні резервуари місткістю від 12 до 5000 л.

## 10.2 Засоби добування

Для добування води бурять одиночні або групові свердловини. Тому усі водозабори підземних вод поділяються на групові та одиночні. Групові водозабори складаються з декількох одночасно працюючих свердловин, розташованих на такій відстані, при якій вони взаємодіють або можуть взаємодіяти в визначених умовах режиму експлуатації.

Одиночні підземні водозабори являють собою одиничні свердловини та групи свердловин, які знаходяться поза зоною можливої взаємодії або розташовані хоча і на близькій відстані одна від одної, але працюють в різний час і тому не взаємодіють (по черзі діють тільки одна свердловина, а інші – резервні).

### Основні способи буріння свердловин: шнековий, обертовий.

Водозабірна свердловина являє собою вертикальну круглу в плані відкриваючу водоносний пласт, гірську виробку, рівень води в якій при відкриванні водоносного шару називається статичним. При відкачуванні води рівень в свердловині знижується і при інтенсивній відкачці приймає відповідне положення, встановлений після відкачки рівень називається динамічним.

Кількість води, яка протікає в свердловину за одиницю часу, називається дебітом чи продуктивністю. Дебіт свердловини залежить від потужності водоносного пласту коефіцієнту фільтрації, тобто характеру водоносної породи. Бурові свердловини бувають тимчасові і постійні. Тимчасові свердловини обладнуються в короткі терміни військовими буровими установками, експлуатуються не більш 3 діб. Постійні (стаціонарні) свердловини призначені для довгої експлуатації і обладнуються буровими установками.

При спорудженні тимчасової свердловини виконуються наступні роботи:

- буріння;
- приведення водоприймального пристрою в робоче положення;
- установка штангового насосу;
- запуск двигуна водоприймальної лебідки і відкачка води.

Усунення тимчасової свердловини включає демонтаж бурового обладнання, очищення його від породи і консервацію чи підготовку для повторного використання.

### **Конструкція тимчасової свердловини включає:**

- водоприймальну частину, через яку вода з водоносного шару поступає у свердловину;
- дуло свердловини, по якому проводиться підйом води, що поступила в свердловину через водоприймальний пристрій;

- гирло свердловини, являє собою верхню частину свердловини, яка виходить на поверхню.

Водоприймальна частина свердловини обладнується фільтрами, конструкція яких вибирається в залежності від характеру водоносних порід.

Дуло свердловин кріпиться одною чи двома колонами обсадних труб. В двоколонній свердловині перша колона обсадних труб (кондуктор) призначена для закріплення гирла свердловини, яке забезпечує вертикальність свердловини і перекриття верхніх водоносних пластів.

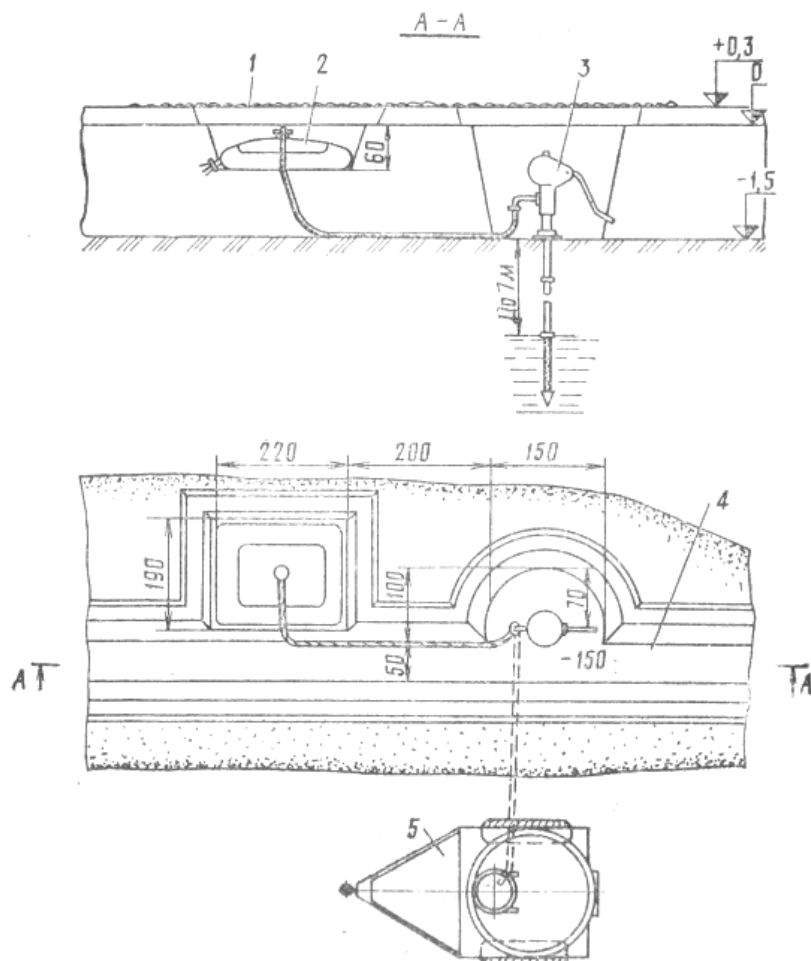
Друга колона обсадних труб (експлуатаційних) призначена для подачі води за допомогою насосу. Фільтр служить для захисту водоприймальної частини свердловини від забруднення, для якісного приливу води і встановлюється на експлуатаційні колони в зоні водоносного шару.

Якщо водоносних шарів декілька, то встановлюється поверховий фільтр. Коли водоносний горизонт є корінними породами фільтр можна не встановлювати.

Для спорудження тимчасових свердловин використовують МТК-2М (рис.10.5), МШК-15, УДВ-15, стаціонарних свердловин - УРБ-3А. Пересувними буровими установками ПБУ-50, ПБУ-50М, ПБУ-200 споруджують, як тимчасові, так і стаціонарні свердловини. Для спорудження тільки постійних свердловин використовується бурова установка УРБ-3ЛМ.

Дрібний трубчастий колодязь МТК-2М призначений для видобутку ґрунтових вод шляхом улаштування свердловин вручну і складається з насосної колонки, труб і водоприймального пристрою (рис. 10.5).

Для видобутку ґрунтових вод шляхом улаштування неглибоких водозабірних свердловин призначений механізований шнековий колодязь МШК-15. У комплект МШК-15 входять переносний буровий верстат, штанговий поршневий насос, пустотілі шнеки, водоприймальний пристрій, насосна колонка, буровий і допоміжний інструмент. Комплект колодязя розміщується в чотирьох металевих шухлядах.



**Рис.10.5 - Пункт водопостачання на дрібному трубчастому колодязі МТК-2М:**

1 - маскувальний комплект МКТ; 2 - резервуар РДВ-1500; 3 - дрібний трубчастий колодязь МТК-2М; 4 - траншея; 5 - ємність, що заповнюється (кухня)

Буровий верстат приводиться в дію двигуном «Дружба-4» або двигуном «Урал». Шнеки в процесі буравлення транспортують розбурену породу, а після установки водоприймального пристрою і штангового насоса по них піднімається вода.

Установка для видобутку ґрунтових вод УДВ-15 призначена для улаштування тимчасових свердловин і для очищення води поверхневих джерел. Установка складається з бурового устаткування й устаткування для очищення води. Для зберігання, перевезення й обробки води використовуються табельні засоби з прогумованої тканини, фляги й інша тара (бочки, каністри, баки, бідони і т.п.).

Табельними засобами є резервуари РДВ-12, РДВ-100, РДВ-1500 і РДВ-5000 місткістю відповідно 12, 100, 1500 і 5000 л, а також автоцистерни місткістю 1500 і 2800 л. Перед заповненням водою резервуари й інша тара очищаються від бруду, відмиваються і дезінфікуються. Для дезінфекції резервуар на 1/4 свого об'єму заповнюється водою, потім на кожен 1 м<sup>3</sup> води вноситься 150 г ДТС ГК (або НГК) або 300 г хлорного вапна,

через 10—15 хвилин все перемішується. По закінченні 1 години резервуар спорожняють та споліскують чистою водою.

### 10.3 Засоби підняття води

На поверхневому джерелі з прісною водою обладнується пункт водопостачання на військовій фільтрувальній станції ВФС-2,5 (рис.10.6). Продуктивність пункту водопостачання 25 м<sup>3</sup> води за добу. Устаткування робочої площадки починається з улаштування укриття для автомобіля, причепа, резервуарів з чистою водою, насосів. Для обладнання робочої площадки потрібні відділення й екскаватор на 3—4 години.

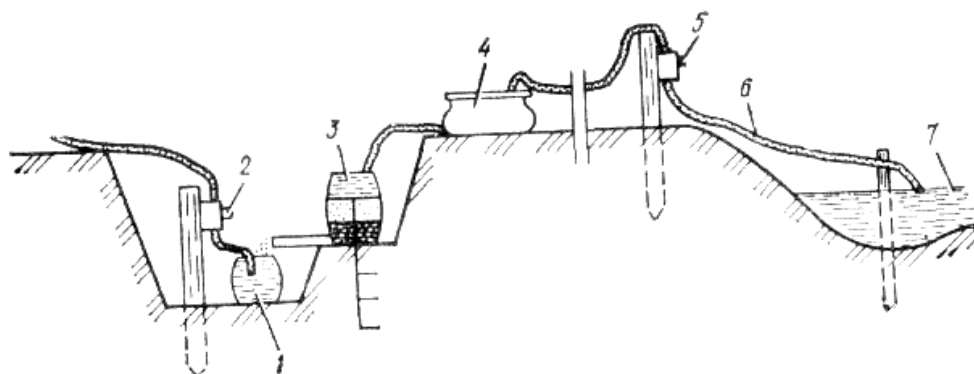


Рис.10.6 – Пункт водопостачання на поверхневому джерелі:

1 – резервуар очищеної води, 2 – ручний насос БКФ-4, 3 – фільтр, 4 – резервуар-відстійник, 5 – ручний насос БКФ-4, 6 – всмоктуючий рукав насоса, 7 – джерело води

Пункт водопостачання на джерелі влаштовується в місці виходу на поверхню підземної води. Продуктивність такого пункту складає 10—50 м<sup>3</sup> води за добу. Улаштування пункту водопостачання на джерелі починається з його “каптаж”.

Пункт водопостачання на поверхневому джерелі води з використанням місцевих засобів і матеріалів обладнається в такий спосіб: на березі джерела води встановлюють ручний насос БКФ-4, яким подають воду в резервуар-відстійник, де її хлорують і коагулюють. Відстояну і хлоровану воду направляють на фільтр з місцевих матеріалів, улаштований у бочці (шухляді), встановленої в котловані. Профільтровану воду потім збирають у бочку (резервуар), біля якої встановлюють другий ручний насос БКФ-4 для подачі води споживачеві.

### 10.4 Засоби очищення води

Ткано-вугільний фільтр є засобом очищення води і призначений для очищення води від звичайних забруднень, а також її дезактивації, обеззараження, знешкодження. Очищення води відбувається обробкою

реагентів (хлорування, коагулювання), відстоюванням, фільтруванням через фільтр і активне вугілля, через спеціальні сорбційні матеріали, карбоферрогель-М.

Склад комплекту: фільтр, ручний насос, резервуари для води РДВ-100, брезентові відра, фільтруючі матеріали, запасні частини та інструменти.

Загальний склад:

ткано-вугільний фільтр ТУФ-200 складається з:

корпуса, кришки тканевого мішка, дренажної корзини, двох дренажів, двох штуцерів.

Тканевий мішок довжиною 2500 мм і шириною 340 мм.

Корзина застосовується для розміщення в ній тканевого мішка і створення дренажного зазору між тканиним фільтром і стіною корпусу. Діаметр корзини 170 мм, висота 200 мм.

Ручний насос ТУФ-200 застосовується для подачі очищеної води в фільтр.

Принцип роботи:

Експлуатація ткано-вугільного фільтру ТУФ-200 включає заходи з безпеки праці, розгортання, обробки води, згортання, технічного обслуговування і зберігання.

Заходи з безпеки праці:

1. При роботі з хімічними реагентами-коагулянтном, ДТС ГК або хлорним вапном уникати попадання їх на слизову оболонку, одягу. У випадку попадання в очі терміново промити чистою водою.

2. При очищенні води, зараженої отруйними, радіаційними і хвороботворними речовинами працювати з застосуванням індивідуальних засобів захисту (протигазом, комбінезоном, рукавичками).

3. У випадку попадання зараженої води на тіло або одягу, терміново обробити ці місця за допомогою індивідуальних протихімічних пакетів.

4. Перезарядку фільтрів проводити на відкритому місці.

5. Відпрацьовані заражені сорбенти вивантажити в поглинаючий колодязь, засипати шаром ДТС ГК або хлорним вапном товщиною 2-3 см, потім землю.

6. По закінченню роботи заражене обладнання пропускати через спеціальну обробку, а особовий склад повинен пройти санітарну обробку.

Можливі два види заряджання фільтра ТУФ-200. В першому - фільтр заряджають активним вугіллям і тканиним мішком; в другому — карбоферрогелем-М.

Для розгортання фільтра ТУФ-200 необхідно виконати наступні операції:

1. Вивантажити комплект із транспортного засобу. Відкрити ящик і витягнути резервуари для води, фільтр, насос, брезентові відра.

2. Встановити три резервуари по одну сторону від фільтра, а інші по другу сторону.

3. За допомогою брезентових відер наповнити резервуари водою, обробити реагентами ДТС ГК і коагулянтном і ретельно перемішати.

4. Провести зарядку фільтру.

5. Приєднати до всмоктуючого штуцера насоса шланг з сіткою. Сітку опустити в резервуар на 10-15 см нижче рівня води. З'єднати шлангом напірний штуцер насоса з штуцером на кришці фільтра. Відкрити пробку на кришці штуцера, а нижчий штуцер корпусу закрити кришкою.

6. По закінченню заданого режиму часу контакту привести в дію насос. Після того, як фільтр заповниться водою і із штуцера на кришці з'явиться вода закрити його. Зняти заглушку з середнього штуцера на корпусі фільтра і надіти на нього шланг. Зливати воду до тих пір, поки не піде прозора вода. Після цього зливний шланг приєднати на нижній штуцер фільтру, а середній закрити заглушкою.

7. Після 4-6 годин роботи, коли тканевий мішок засмітиться, витягти його і замінити новим або відмити від осаду за допомогою щітки і використати повторно. Активне вугілля замінюють через 15-20 годин роботи.

Згортання ТУФ-200.

Ткано-вугільний фільтр ТУФ-200 звільняється від води, для чого з резервуара виймають всмоктуючий шланг і працюють насосом до тих пір доки із фільтра не вийде вся вода. Потім від'єднують і згортають шланг, резервуари і фільтр, споліскують чистою водою, згортають резервуари. Всі принадлежності вкладають в ящик.

Призначення, застосування, загальний склад і принцип дії переносного фільтра ПФ-200

Переносний фільтр ПФ-200 застосовується для очистки води від звичайних забруднень (мутності, кольоровості, смаків, запахів і т.п.), а також знезараження (знезараження і дезактивації).

Знешкодження полягає в руйнуванні і знищенні отруйних речовин і токсинів, знезараження - знищення хвороботворних мікроорганізмів, дезактивація - в знищенні радіаційних речовин.

Воду фільтром очищують при невідповідності її якості гігієнічним вимогам і нормам з метою зробити її придатною для господарсько-питних потреб (для пиття, приготування їжі, для особистої гігієни і т.п.).

Фільтр ПФ-200 застосовується для роботи в укритті або на місцевості при температурі оточуючого повітря від 0° до +50°С. При мінусових температурах оточуючого повітря фільтр ПФ-200 повинен працювати в укритті з плюсовою температурою повітря.

Місце для розгортання фільтру на джерелі води необхідно вибирати з врахуванням захисних засобів місцевості і наявності відкритих підходів.

Сутність процесів очистки води полягає в наступному:

в результаті обробки води сірчаноокислим алюмінієм і відстоюванні з неї в основному видаляються мінеральні (частинки піску, глини і др.) і органічні домішки і забруднення, а також значна кількість мікроорганізмів, зменшуються запахи і присмак води. Сірчаноокислий алюміній гідролізується у воді, створюючи нерозчинний гідрат окису алюмінію, частинки якого здібні з'єднуватись в більш крупніші агрегати, в тому числі з домішками, які є в воді, в результаті чого розміри і маса частинок збільшується і вони випадають в осадок при відстоюванні. В процесі осадження пластівці тягнуть за собою зважені в воді більш крупніші частинки глини, піску, радіаційні речовини, мікроорганізми і ін.

При введенні хлорного реагенту (НГК, ДТС ГК) у воді протікає реакція з утворенням хімічних речовин, які викликають знищення мікроорганізмів і окислення органічних речовин, в тому числі отруйних речовин. Кальцинована сода прискорює процес освітлення води і покращує смакові якості води. Одне завантаження КФГ-М забезпечує очистку води від отруйних речовин і мікроорганізмів в споровій формі в кількості 5000 л, що відповідає 25 годинам роботи фільтру при середній продуктивності 200 м/год.

Після очистки 500 л води від отруйних речовин тканевий фільтр фільтродренажів і КФГ-М необхідно обов'язково замінити. Облік кількості очищеної води вести в паспорті фільтра за підписом старшого розрахунку. В інших випадках заміну КФГ-М проводити після отримання 10000 л фільтра (50 годин роботи). Необхідність заміни КФГ-М визначається появою у очищеній воді запаху хлору.

Збереження води в резервуарах РДВ-5000 і РДВ 1500 при температурі 20°C допускається протягом п'яти діб, а при 50°C не більш двох діб. Збереження води в РДВ-100 і РДВ-12 при температурі 20°C більш доби не рекомендується. Перевезення води узимку при температурі мінус 10°C допускається в РДВ-1500 протягом 4—5 годин, а в РДВ-100 протягом 1—2 годин.

В усіх випадках при збереженні води в резервуарах більш доби необхідно її хлорувати за 1 годину до роздачі з розрахунку 0,3—0,5 мг/л залишкового хлору.

### **Контрольні питання**

1. Перелічити та охарактеризувати засоби добування води.
2. Перелічити та охарактеризувати засоби підняття води
3. Перелічити та охарактеризувати засоби очищення води

4. Призначення, застосування, загальний склад і принцип дії переносних фільтрів

5. Перелічити та охарактеризувати засоби зберігання і транспортування води. Характеристика резервуарів

## **ЛЕКЦІЯ 11 ІНЖЕНЕРНА РОЗВІДКА НА ВОДУ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

План лекції:

11.1 Завдання та організація інженерної розвідки

11.2 Ознаки зараження води

11.3 Визначення фізичних властивостей води

11.4 Визначення продуктивності великих джерел води

11.5 Обладнання місць забору води

### **11.1 Завдання та організація інженерної розвідки**

1. Встановити наявність джерел води та їх санітарний стан, а також санітарний стан оточуючої місцевості.

2. З'ясувати чи заражені джерела води та прилягаюча до них місцевість радіоактивними та отруйними речовинами, бактеріальними засобами (зовнішні ознаки).

3. Дати попередню оцінку якості води та взяти пробу для її лабораторного аналізу.

4. Визначити витрату води (запас) у поверхневих джерелах та продуктивність водозабірних споруд.

5. Перевірити технічний стан під'їздів до джерел води, а також наявність будівельних матеріалів.

6. Виявити наявність і стан підходів (під'їздів) до джерел води та можливість їх використання.

Для ведення інженерної розвідки на воду війська мають підрозділи польового водопостачання. Інженерні підрозділи, які виконують розвідку, добувають та очищують воду, обладнують та утримують пункти польового водопостачання. Розвідка джерел води ведеться підрозділами інженерних військ з участю представників хімічної та медичної служб. Виявлення джерел води в районах розміщення тилових частин і підрозділів здійснюється їхніми силами та засобами. Розвідка на воду проводиться силами, відомості які необхідні для рішення питань забезпечення військ водою отримують з штабу частини.

Відомості про джерела води можуть бути отримані з наступних джерел:

- розвідувальними підрозділами і повітряною розвідкою;
- опитуванням місцевих жителів;

- вивченням топографічних карт;
- вивченням спеціальних карт водопостачання;
- вивченням військово-географічних та військово-інженерних описів;
- вивченням гідрометеорологічних, гідрогеографічних та інших джерел та довідників.

Спеціальні карти водопостачання з пояснюючими записками і таблиці дають детальну характеристику водоносних горизонтів, джерел води та інші відомості. Гідрологічні карти дають можливість отримати відомості про підземні води; глибину залягання, кількість і якість води. Розвідка джерел води ведеться інженерними розвідувальними дозорами та дозорами від тилових частин.

В деяких випадках для перевірки та уточнення даних про джерела води споряджаються офіцерські розвідувальні дозори. В залежності від ступеню водопостачання місцевості для розвідки джерел води можуть залучатися; при добрій водозабезпеченості місцевості-розрахунки технічних засобів водопостачання та ІРД від підрозділів польового водопостачання.

Дозори можуть вести розвідку на гелікоптерах, автомобілях та інших засобах пересування.

Розвідка джерел води починається з перевірки підходів на наявність загороджень та зараження радіоактивними та отруйними речовинами. Далі, по зовнішнім ознакам виявляються можливі осередки забруднення води (звалищ сміття, вигрібні ями, не заховані трупи) та інше.

Основні способи розвідки на воду:

- Спостереження.
- Безпосередній огляд.
- Пошук.

## **11.2 Ознаки зараження води**

- непритаманні запахи (запах гірчиці, часнику) при отруєнні іпритом, герані - люїзитом, гіркою мигдалю - синильною кислотою.
- мастильні жирні плями навколо джерела води, окремі краплини на поверхні води та на дні джерела.
- наявність у воді мертвих риб, п'явок та ін.

Деякі типи отруйних речовин не змінюють зовнішніх властивостей і смаку води і виявляються тільки хімічним аналізом. Для виявлення отруйних речовин типу іприт та люїзит беруть будь-який предмет, завертають у білу тканину, прив'язують до шоста або мотузки і декілька раз проводять ним по дну джерела води. Отруйні речовини що прилипли до тканини, можуть бути виявлені по зовнішньому виду, запаху та за допомогою спеціальних індикаторів.

Радіаційні речовини не мають ніяких зовнішніх ознак та виявляються тільки дозиметричними приладами. Для взяття проб води використовується чистий посуд. Проби води для бактеріологічного (біологічного) аналізу відбирають у стерильні склянки, пляшки з корковими пробками. З поверхневих джерел проба береться поблизу берега з поверхні, в криниці – з дна. При відборі проби з криниці воду слід скаламутити, опускаючи декілька раз відро з водою на дно і витягуючи його ривками з води. Після цього відро піднімається на поверхню, вода зливається назад в криницю а далі цим відром зачерпується перемішана вода і частина береться на аналіз.

Для взяття проби з неглибоких свердловин і криниць можна використовувати пляшки на мотузці з корком і прив'язаним до неї вантажем. До корку також прив'язується мотузка для того, щоб можна було відкрити корок, коли пляшка буде занурена у воду на необхідну глибину.

Якщо є необхідність взяти воду з придонного шару, то воду слід попередньо скаламутити, піднімаючи опускаючи пляшку знову на дно, а після цього відкрити корок.

Якщо необхідно направити пробу у лабораторію, то беруть дві проби, одну з них – в герметично закритому посуді. Ця проба з відповідними доповідями відправляється у лабораторію, а друга аналізується на місці.

Для виконання аналізів при розвідці джерел води можуть використовуватися:

- спеціальні прилади;
- радіометр-рентгенметр –ДП-5Б.
- польова хімічна лабораторія ПХЛ-54.
- набір гідрохімічний для води НГВ.

**Ознаки зараження води бактеріальними засобами:**

- мастилоподібні плями або порошкоподібні речовини на поверхні води;
- трупи гризунів у вводі;
- раптове виникнення інфекційних захворювань серед місцевих жителів та інші.

При відсутності явних ознак забруднення води і оточуючої місцевості, а також забруднення їх отруйними та радіаційними та бактеріальними речовинами фізичні властивості води; прозорість, кольоровість, запах, смак.

### **11.3 Визначення фізичних властивостей води**

Температура. Вимірюється термометром, який опускається на 5 хв. в джерело води або в резервуар з водою на глибину 15-20 см. Показники термометра записують.

Запах. Запах визначається при температурі 20 °С в склянці заповненої на половину водою і закритої корком. Після її струшування, відк-

рив корок, оцінюють запах по 5 бальній шкалі в наступній градації: 0 - запах відсутній, 1 - дуже слабкий, 2 – слабкий, 3 – помітний, 4 – чіткий, 5 - дуже сильний.

Запах відчувається чітко, якщо попередньо нагріти воду до температури 40-50 °С.

Смак. Смак визначається по тій же п'ятибальній шкалі, як і запах. Для визначення смаку вода, яка досліджується (обов'язково незаражена) в кількості 10-20 мл набирається в рот і тримається декілька секунд.

Кольоровість. Визначається в посуді об'ємом 100 мл. для чого в нього наливається дослідна вода і під дно підкладається лист білого паперу. Кольоровість мутної води визначається після її фільтрування через паперовий фільтр чи після відстоювання. Визначається: безкольорова; слабо - жовта; жовта; бура.

Прозорість. Визначається з допомогою градуйованого циліндру в який заливається вода і ставиться над шрифтом на відстань 4 см. від дна, читають печатний шрифт (газета, книга). Прозорість виражається в см з точністю до 0,5 см. При висоті шару 20 см і більше вода є прозорою, при висоті менше 5 см. - мутна, при висоті менше 5 см. брудна.

#### **11.4 Визначення продуктивності великих джерел води**

При дослідженні невеликих джерел води, особливо підземних, визначають їх дебіт. Витратою води називається кількість води у літрах чи метрах кубічних, яка перетікає за 1 одиницю часу.

Дебіт підземних джерел визначається наступним чином. Тару яка має певний об'єм ставлять так, щоб в неї поступала вся вода яка витікає і фіксують час наповнення тари. Для більшої точності процес повторюють 3-4 рази. З отриманих даних визначають середнє значення наповнення тари. Розрахунок проводять за формулою:

$$Q = \frac{V}{t}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (11.1)$$

$Q$  - дебіт,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $V$  - об'єм тари,  $\text{м}^3$ ;  $t$  - середній час заповнення тари, с.

Витрата води невеликих джерел приблизно визначається по формулі;

$$Q = 0.5 \cdot b \cdot h \cdot v, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (11.2)$$

$Q$  - витрата води,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $v$  - ширина джерела, м;  $h$  - найбільша глибина джерела, в тому місці де вимірюється ширина джерела, м;  $v$  - швидкість течії води, м/сек.

Швидкість течії визначається по часу переміщення у воді любого предмету, який плаває на ділянці 5-10м. Об'єм води у невеликих озерах та ставках приблизно визначається по формулі:

$$W = \frac{d \cdot b \cdot h}{3}, \text{ м}^3, \quad (11.3)$$

W-об'єм води в джерелі, м<sup>3</sup>; d-середня довжина водоймища; h- найбільша; глибина води у водоймі, м; b- ширина водоймища, м.

Продуктивність шахтних колодязів визначається шляхом відкачування із них води. З колодязя відкачують найбільше води і заміряють час протягом якого, вода у колодязі піднімається до рівня який був, або помічають рівень після цього визначають об'єм води, який поступив у колодязь.

Розрахунок проводиться по формулі:

$$Q = \frac{V}{t}, \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (11.4)$$

V - об'єм води, яка поступає, м<sup>3</sup>; t - час заповнення , сек;

При розвідці підземних вод досліджуються джерела, свердловини, шахтні колодязі. На можливість глибокого залягання води вказують зовнішні ознаки:

- наявність болотяних і водолюбних рослин (комиш, осока, щавель, хвощ);
- ярко-зелений колір рослин, особливо під час посухи;
- ржаві крапки на схилах, які переливаються кольорами радуги.

Одним з основних методів є геоботанічний метод пошуку підземних вод.

Сутність його полягає в тому, що рослинний покрив розглядається в якості індикатора підземних вод. По рослинності, особливо в пустелі можливо визначити розподіл не глибоко залягаючих лінз прісних вод, глибину залягання (табл.11.1).

Таблиця 11.1 – Приклад визначення наявності ґрунтових вод

| Види рослин           | Глибина залягання ґрунтових вод, м |      | Степінь мінералізації води |
|-----------------------|------------------------------------|------|----------------------------|
|                       | Оптимальна                         | Мах  |                            |
| Верблюжа колючка      | 1,5-10                             | 20   | солона                     |
| Чорний саксаул        | 5-10                               | 40   | солона                     |
| Тополь – різномістний | 3-5                                | 8-10 | Солоно-прісна              |
| Іва                   | 1-5                                | -    | Солоно-прісна              |
| Шипшина               | 1-2                                | -    | Прісна                     |
| Осока-тросник         | 1,5-1,75                           |      | Прісно-солонна             |

Основним методом розвідки підземних вод є буріння свердловин. Воно ведеться на глибині від декілька метрів до 100-150 м. Під час розвідки командир дозору у встановлений термін час доповідає про наявність і відповідність джерел води. До письмового донесення може додаватись карта (схема) в якій вказується місце знаходження джерела, його характеристика, зараження джерел і місцевості, якість води, витрата (запас) води, продуктивність водозабірних споруд, наявність та стан під'їздів, наявність будівельних шатер, технічний стан обладнання дійсних джерел.

### 11.5 Обладнання місць забору води

Місця забору води можна обладнати на підземних та поверхневих джерелах. Підземні води виходять на поверхню у вигляді висхідних і низхідних джерел, добуваються при допомозі каптажу. Вода, яка не виходить на поверхню, добувається шахтними колодязями і водозабірними свердловинами.

Каптаж - поліпшує вихід води і захищає її від забруднень, зараження, отруєння, а також утворює необхідні умови для її збору.

Низхідне джерело - каптажується на схилі місцевості і в місцях її виходу (рис. 11.1).

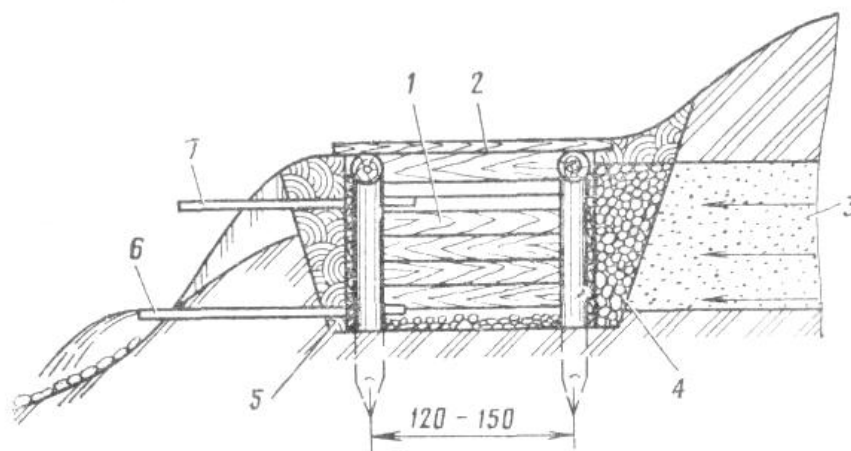


Рис. 11.1 - Каптаж низхідного джерела:

1 - водозбірник; 2 - кришка; 3 - водоносний шар; 4 - дренаж; 5 - глиняний замок; 6 - водовідвідна труба; 7 - переливна труба

Ґрунт знімається до водоупору, влаштовується дренаж з каміння і щебеню і водозбірник з бетону чи лісоматеріалів. В стіні водозбірника, який прилягає до дренажу, залишають отвір. Для підтримання рівня води, що виключає, підпір водоносного пласту, влаштовується переливна труба, для розбору води - водовідвідна. Внутрішня частина каптажу заповнюється великим каміння.

Висхідне джерело каптажується шляхом спорудження водозбірника з водопроникаючою основою, встановленою на майданчику в місці виходу джерела. Під основою водозбірника чи у водозбірнику влаштовується дренаж з каміння чи щебеню шаром 0,2-0,3м. Щоб не попадали поверхневі води водозбірник піднімається на 0,5-1м над землею, а стінки герметизуються глиняним замком. Переливна труба попереджує підтоплення джерела, якщо розбір води довгий час не проводився.

#### Каптаж низхідного джерела.

Шахтні колодязі влаштовуються для добування води з найближчого до поверхні землі водоносного пласту, який має невелику потужність.

Глибина колодязів не перевищує 10 - 15м. В деяких районах вона досягає декілька десятків метрів, стіни колодязя закріплюються дерев'яними щитами, зрубом з колод чи пластин, залізобетонними кільцями чи місцевими матеріалами (камінням, жердями). Над колодязями влаштовується оголовок, який піднімається на 0,6 – 0,8 м над поверхнею землі. На оголовку влаштовується водоприймальний засіб. Для захисту від просочування в колодязь з поверхні землі забрудненої води по колу нього влаштовується глиняний замок. В колодязь з донним споживанням при водоносному пласту, який складається з мілкового піску, влаштовується фільтр з щебеню шаром 0,3-0,4м, чи дірчаста основа з дошок. Для захисту колодязю від ударної хвилі його влаштовують у природних заглибленнях, в котлованах, які піднімаються над поверхнею землі оголовок обсипається з трьох сторін ґрунтом робиться захисний настил.

Щит з одного – двох рядів дошки (пластин) з люком для доступу в колодязь і вкладається нижче рівня землі на 10-15 см. На захисний щит вільно встановлюється оголовок, який при дії ударної хвилі зрушується не руйнуючи частини колодязя.

При ударній хвилі оголовок зноситься, а дуло залишається при тискові до 3 кг / см<sup>2</sup>.

Колодязі влаштовуються вручну чи застосуванням засобів механізації.

Для відривання колодязів глибиною 5-6 см і більш застосовуються засоби механізації, бурові установки ПБУ-50, автокран ПБУ-50 можна відривати шахтні колодязі глибиною до 15 м., діаметром 105 м.

Водозабірні свердловини влаштовуються для добування води, яка залягає в водонасичених породах, представлених пісками і галечником, а також скельними породами. Глибина свердловин може бути різною і визначається крім гідрогеологічних умов можливостями бурових установок.

Для забору води з поверхневих джерел вибирається ділянка річки (озера, ставку, водосховища), які не мають поблизу забруднень. Забір води здійснюється в місцях з великою глибиною і прямими під'їздами і підходами до берегу. На річках забір води проводиться на вгнутих ділянках.

Вода з поверхневих джерел забирається насосами ( БКФ-4, М-600). Щоб забезпечити постійне надходження води до насосу і виключити попадання в всмоктуючий рукав забрудненої води, влаштовуються водозабори.

В невеликих джерелах і канавах при малій глибині води в місцях забору влаштовуються запруди, типи яких вибираються в залежності від місцевих умов і наявності будівельних матеріалів. Щоб не допустити переливу води через гребінь запруди, вода відводиться в обхід запруди по лотку, який обладнаний на березі.

Якщо вода в джерелі забруднена, а його дно складено з водопроникаючого ґрунту (пісок), воду необхідно забирати з берегового колодязю, який обладнується не ближче 10 м від зрізу води. Відстань 10 м необхідна для того, що через товщину в 10 м вода отримує звичайну очистку.

### **Контрольні питання**

1. Визначення дебіту (продуктивності чи витрати) невеликих джерел води
2. Визначення фізичних властивостей води
3. Ознаки зараження води
4. Завдання та організація інженерної розвідки

## **ЛЕКЦІЯ 12 ОСНОВНІ ЗАСОБИ ТА ПРИСТРОЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ**

План лекції:

12.1 Освітлення

12.2 Коагулювання з відстоюванням

12.3 Фільтрування

12.4 Знебарвлення та знезараження

12.5 Опріснення

12.6 Пом'якшення, дезактивація та знешкодження

### **12.1 Освітлення**

В умовах надзвичайних ситуацій постачання населення водою на господарсько-питні потреби здійснюється виходячи з добових норм споживання води на приготування їжі і миття кухонного інвентарю посуду, а також вмивання. При помірній погоді добові норми вживання води людиною складає 10л, а при жаркій погоді – 15 л води на одну людину. В жарких засушливих районах мінімальна добова норма складає 25 л води на одну людину.

В останні роки у зв'язку з бурхливим розвитком промисловості спостерігаються все більш інтенсивне забруднення поверхневих вод проми-

словими, сільськогосподарськими і побутовими стічними водами. На Україні нараховується більше 930 речовин, які розділяються по санітарно-токсикологічному, загально санітарному і органолептичному показникам шкідливості.

Особливо небезпечно у водоймищах наявність побутових стічних вод, з якими попадають виділення людей, тварин і вода утворює епідемічну загрозу. Мікроорганізми, які викликають холеру, брюшний тиф, дизентерію та інші шлунково-кишкові захворювання, можуть жити у воді. Наприклад збудники холери можуть жити в ній до декількох місяців, дизентерії - до 27 днів, брюшного тифу - до 3-х місяців. Через воду передаються і такі захворювання, як інфекційна жовтуха, гепатит, туляремія, бруцельоз і ін. Передача гострих кишкових інфекцій проходить при використанні зараженої води для пиття і для санітарно-побутових потреб (прання, вмивання, та ін.)

В умовах виникнення надзвичайної ситуації джерела води можуть бути забруднені радіоактивними, отруйними речовинами і бактеріальними засобами. Тому вода для господарсько-питних потреб повинна бути обов'язково очищена.

В водопостачанні основними способами очищення води є освітлення, знебарвлення, знезараження, опріснення, пом'якшення, дезактивація, знешкодження.

Освітлення - це звільнення води від механічних та колоїдних домішок, які викликають мутність. Для освітлення використовується три основних процесу:

- коагулювання з відстоюванням;
- коагулювання з пропусканням через зважені осади;
- фільтрування.

Засоби можуть використовуватись в комплексі і самостійно.

## **12.2 Коагулювання з відстоюванням**

Щоб знищити механічні домішки з води, досить перекрити або зменшити швидкість її течії. При цьому домішки будуть випадати під дією сили тяжіння а вода освітлюватись. Випадання домішок в осади тим швидше, чим більші їх розміри, мілкі домішки випадають довгий час. Колоїдні домішки практично в опади не випадають, якщо не порушується їх агрегатна стійкість. Тому просте відстоювання не дає якісного освітлення і використовується рідко

Практика показує, що при простому відстоюванні на протязі 2-3 год, вода звільняється від 60-65% домішок (не більше).

Прискорення відстоювання домішок, а також порушення їх колоїдального стану отримують застосуванням хімічних речовин-коагулянтів. Застосування коагулянтів носить назву коагулювання, а складний процес який проходить у воді - коагуляція.

Коагуляція (від латинського слова - згортання, згущення) - укрупнення частинок в дисперсних системах, веде до випадку з колоїдного розчину пластівцевидного осаду. В якості коагулянтів застосовуються солі металів, чим вища валентність металу, тим вища активність коагулянту. Застосовують також синтетичні органічні полімери, які називаються флокулянтами.

В якості коагулянтів використовують:

- сірчаноокислий алюміній  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;
- сірчаноокисле залізо  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ;
- хлорне залізо (стальну стружку хлорують)  $\text{FeCl}_2$  при  $T=700^\circ \text{C}$ .

Суть коагуляції полягає в наступному:

У воді проходить гідроліз коагулянту (тобто солі у воді дисоціюють на іони). В природній воді є дисоційовані іони молекули води або іони, які з'явилися внаслідок дисоціації молекул деяких хімічних з'єднань. Іони вступають в реакцію з іонами і створюють гідроокис.

Гідроокис являє собою агрегатну нестійку колоїдну речовину з плюсовими зарядженими частинками. При наявності у воді мілко дисперсних домішок, які при воді в межах  $\text{pH} = 6.0-7.5$  являють собою позитивно заряджену колоїдну речовину, проходить їх взаємне з гідроокисом порушення агрегатного стану, заряди частинок взаємно понижуються і нейтралізуються. При цьому проходить взаємодія нейтралізованих частинок, вони злипаються і утворюють рихлі пластівці, малорозчинні і випадаючи в опади. Разом з ними осідають в опади і більш крупніші механічні домішки, які не піддалися коагуляції, і вода освітлюється. Колоїдні гумінові речовини, які знаходяться у воді та викликають її барвистість, також затягуються в процес коагуляції, випадають в опади, і вода знебарвлюється.

На процес коагуляції впливають: температура води (низька - сповільнює, більш висока - покращує), хімічний склад, деякі колоїдні домішки (або прискорюють або сповільнюють процес), а також механічний стан води - в стані спокою процес коагуляції прискорюється.

Оптимальна доза коагулянту в умовах надзвичайних ситуацій визначається по приближеній нормі:

- при температурі води  $+5^\circ \text{C}$  і більше - на  $1 \text{ м}^3$  первинної води потрібно 300 – 350 г, час відстоювання - 30 хвилин;
- при температурі води менше  $5^\circ \text{C}$  - доза коагулянту збільшується і складає на  $1 \text{ м}^3$  – 400 - 500 г, час відстоювання - 60 хв.

Якщо в цьому випадку процес коагуляції протікає погано, то в ролі каталізатору реакції в воду добавляється погашене вапно для штучного підвищення лужності води: на  $1 \text{ м}^3$  - 60 г гашеного вапну. На важелі зважується коагулянт і висипається в резервуар, що заповнюється водою, переміщується при заповненні струменем води. Для повного розчину коагулянту, вода при заповненні резервуару додатково переміщується за до-

помогою дерев'яної лопати (весла), яка є в комплекті водоочисної станції. Можливо введення розчину коагулянту в нагнітаючий рукав насоса 1-го підйому.

Коагулювання з пропусканням через зважений осад використовують замість резервуарів – відстійників освітлювачів з зваженим осадом. Освітлювач являє собою резервуар з конусообразним дном. Перед подачею води в освітлювач в неї вводиться коагулянт, вода на освітлювач поступає разом з коагулянтом.

В освітлювач вкладається рихлий фільтр, для чого в освітлювач, що заповнюється водою, добавляється глина. При пропусковій воді через шар шламу знизу до гори проходить інтенсивний процес коагуляції, пластівці, які утворилися разом з іншими домішками, взаємодіючи з шламом, затримуються в цьому вище шару і відводиться на фільтр з антрацитовою крихтою. Періодично через 4-6 годин роботи, коли збільшується об'єм шламу, він відводиться в колодязь для скидання осаду.

### 12.3 Фільтрування

Подальшого освітлення води добиваються фільтруванням через зернистий або хлористий шар. Внаслідок цього вода повністю звільняється від домішок, які затримуються на поверхневому шарі і в порах цього середовища. Процес застосовується як другий етап освітлення, хоч може використовуватись самостійно. По характеру фільтруючого шару розрізняють фільтри: зернисті, сітчасті, тканеві.

Зернисті - кварцовий пісок, дроблений антрацит, керамзит і ін. Знаходить широке використання в польовому водопостачанні.

Фільтруючі завантаження розміщуються в корпусах фільтрів на підтримуючих дренажних плитах. Адсорбційна здібність фільтруючих елементів характеризується їх розміром.

При пропусканні через фільтр води фільтруючий шар поступово забруднюється, знижується швидкість фільтрування, знижується продуктивність. Фільтруючу здібність фільтра відновлюють промивкою зворотнім потоком чистої води, яку подають через дренажну сітку з більшою інтенсивністю. Проміжок часу між двома промивками називається фільтроциклом. Він залежить від ступеня забруднення води, швидкості фільтрування.

Сітчасті – фільтри з металевих сіток. Матеріалом для виготовлення сіток служить низько – і середньовуглеродисті, леговані, нержавіючі сталі мідь, латунь. Застосовуються для попередньої очистки води від механічних домішок різноманітної ступені дисперсності.

Із тканини – фільтруючий матеріал з бавовняної тканини, сукна, капрону і т.п. широко приміняється в польовому водопостачанні. Забруднені фільтри із тканини змінюються новими або чистими (випраними у воді).

## 12.4 Знебарвлення та знезараження

Барвистість поверхневих вод обумовлюється присутністю гумінових речовин і з'єднань трьохвалентного заліза. Гумінові речовини - органічні з'єднання, які утворюються в процесі хімічного та біохімічного розпаду залишків рослин. Переходячи з ґрунту у воду ці речовини фарбують її у жовтий колір або в коричневий, в залежності від їх концентрації. В складі гумінових з'єднань розрізняють гумінові кислоти (52-58% вуглеводу, 3,3-4,8% водню, 134-39 % кисню) з молекулярною вагою 1200-1400 і фульвокислоти (45-48 % вуглеводу, 5-6 % водню і 43-48 % кисню).

Звичайно знебарвлення води протікає одночасно з освітленням за допомогою засобів очистки води. При використанні коагулянтів, відстоюванні і фільтруванні з води не вдається видалити хвороботворні мікроби, які викликають захворювання людини. Загальна кількість бактерій в 1 см<sup>3</sup> нерозбавленої води повинно бути не більше 100, кількість бактерій групи шлункової палички в 1 літрі води (колі – індекс) - не більше 3. Кишкова паличка є постійним мешканцем шлунку людини і тварин, виділяється в великій кількості в навколишнє середовище, стійка до дії хлору. Наявність колі-форм у воді говорить про її забруднення. Об'єм води, в якому міститься кишкова паличка повинна бути не менше 300 мл.

Знезаражування води досягається:

- використанням окислювача (хлорування);
- ультрафіолетовим опроміненням;
- кип'ятінням.

Хлорування - воду хлорують реагентами до складу яких входить активний хлор. Хлор отруйний газ, може знаходитись у трьох агрегатних станах: твердому, рідкому, газоподібному. Рідкий хлор у воді розчиняється погано, тому у польовому водопостачанні в якості хлоранту використовують хлорне вапно і гіпохлорит кальцію.

Хлорне вапно  $\text{CaCl}_2$  – білий порошок з різким запахом. Його отримують дією хлору на сухе погашене вапно.

ДТС-ГК (двутрет'єосновна сіль гіпохлоріту натрію) - білий порошок, складає 55-60% активного хлору, отримують накопичуванням хлору водної суспензії гідрооксиду кальцію.

НГК (нейтральний гіпохлорит натрію)- білий порошок до складу якого входить 75% активного хлору отримують аналогічно ДТС-ГК.

Для знезараження 1 м<sup>3</sup> води її необхідно обробити:

- хлорного вапна - 100-120 г;
- ДТС ГК 50-60 г;
- НГК - 25-30 г.

Необхідну кількість реагентів розміщують у відрі з невеликою кількістю води. Отриманий розчин виливають у воду і ретельно перемішують 3-5 хвилин. Через 30 хвилин склад хлору у воді повинно бути ме-

ніше 10 мг/л. Якщо хлору залишається менше, то додатково хлорують воду з розрахунку 20 кг/м<sup>3</sup> ДТС ГК або 40 г/м<sup>3</sup> хлорного вапна і через 30 хвилин контролюють склад хлору. Коли воно буде складати 10 г/л і більше воду подають на фільтрування. Якщо встановлено, що вода заражена хвороботворними мікробами в споровій формі (наприклад, сибірської язви), або є на це реальні підозри, тоді хлоровмістний реагент застосовують у вигляді освітленого розчину, дозу хлору підвищують до 100-150 мг/л, коагулянту добавляють 300-350 г/м<sup>3</sup> не тільки для освітлення але й для підкислення знезараженої води, час дії хлору на воду (час контакту) збільшується:

- температура води + 5 °С – до 2 годин,
- нижче + 5 °С - до 5 годин.

Освітлений розчин готують додаючи при перемішуванні на кожний літр води 50 г ДТС ГК або 100 г хлорного вапна. Після 2 хвилин перемішування і наступного 10-15 хвилин відстоювання розчин вводять в воду, що знезаражують, не допускаючи попадання в неї осаду, який може привести до підлужування води, що сповільнить швидкість процесу знезаражування.

Хлорування води в шахтному колодязі проводиться за 4-6 годин до початку розбору, частіше ввечері. При інтенсивному розборі води хлорування повинно проводитись 2-3 рази на добу. Хлорування доцільно проводити освітленням розчином ДТС ГК або хлорним вапном. На 1 м<sup>3</sup> знезараженої води додається 100-150 см<sup>3</sup> розчину. Дехлорування найбільш просто проводиться фільтруванням води через шар активного вугілля БАУ або КФГ-М. При цьому проходить сорбція хлору вугільними зернами. Устрій, в яких відбувається дехлорування, називають дехлораторами. Вугіль з часом втрачає здатність дехлорувати і повинен замінюватися.

Кип'ятінням є найбільш простим методом обеззараження невеликої кількості води. При відсутності підозри на зараження води бактеріальними засобами, кип'ятіння повинно продовжуватись не менше 10 хвилин від початку кип'ятіння. При штучному зараженні вегетативними формами мікробів – на протязі 30 хвилин. При підозрі на зараження споровими формами мікробів - на протязі 1 години. Якщо кип'ячена вода зберігається більше доби потрібно прокип'ятити ще раз на протязі 10 хвилин.

Знезараження бактерицидними променями - основане на знезаражувачій дії ультрафіолетових (бактерицидних) променів з довжиною хвилі в діапазоні 250-300 нм. Дії ультрафіолетових променів зводиться до фотохімічного ефекту, який викликає в мікроорганізмах біологічні процеси, які приводять до гибелі клітини. В залежності від інтенсивності променів і часу їх взаємодії гинуть бактерії різних форм, в тому числі і спорові. Для того щоб домогтися кращого знезараження можливе багатократне послідовне опромінення. Бактерицидна установка - це металевий напірний корпус з зануреною у воду спеціальною лампою.

## 12.5 Опріснення

Опріснення проводиться для зменшення складу у воді хлоридів і сульфідів, які надають воді солоний або гіркий смак і роблять її непридатною для вживання для господарсько-питних потреб, а інколи і для технічних потреб. Методи опріснення води розподіляються на дві групи в залежності від того проходять вони зі зміною чи без зміни агрегатного стану води.

До першої групи методів відноситься :

1. дистиляція,
2. нагрівання води до високої температури ( $350^{\circ}$ ),
3. заморожування,
4. газогідратний метод.

До другої групи методів відносяться:

1. зворотній осмос (гіперфільтрація),
2. іонообмін,
3. ультрафільтрація і інші.

Найбільш розповсюдженими в практиці польового водопостачання є :

*Термічне опріснення* – дистиляція, тобто проходить випаровування води з послідуною конденсацією парів. Для випаровування використовують теплоту, яка виділяється при згоранні палива, електричну енергію, енергію сонячних променів. Термічні опріснювачі складаються з випарного апарату, термокомпресора, теплообмінників.

Солона вода насосом подається через теплообмінники в випарний апарат, де нагрівається до кипіння. Пар засмоктується термокомпресором, стискується, додатково нагрівається до температури  $110^{\circ}\text{C}$  і поступає знову в випарний апарат в трубний простір. Через стінки труб пар віддає тепло нагріваємій воді, а сам компенсується. Прісна вода через оглядовий ліхтар поступає в теплообмінник конденсату, охолоджується, віддаючи тепло солоній воді, яка поступає в випарний агрегат для опріснення і зливається в загальний збірник конденсату.

Опрацьована ропа відводиться із випарного апарату через теплообмінник скидання, а також віддаючи тепло солоній воді, яка поступає у випарний апарат. Термічне опріснення супроводжується відкладанням солей на поверхні нагріву, що знижує ефективність опріснювача. Тому необхідна періодична чистка горючої поверхні котла і опріснювача. Опріснена вода практично не вмістить солей і приємна на смак. Тому в неї вводяться деякі солі або не опріснена знезаражена вода, кількість якої залежить від складу і концентрації в ній солей.

Недоліками термічного опріснення є висока температура опрісненої води і висока її стійкість. Разом з тим, при термічному опрісненні одночасно проходить знезараження і дезактивація води. Для термічного

опріснення використовуються опріснюючі станції (ОПС) і пересувні опріснюючі установки ПОУ-4.

В ОПС зниження накипу, який з'являється на поверхнях опріснювачів, що гріються, досягається застосуванням магнітних фільтрів з постійними магнітами, через які солена вода проходить і подається в теплообмінники та випаровувачі. Під дією магнітного поля проходить кристалізація солей кальцію і магнію, в наслідок чого з'являється шлак, який відкладається на поверхнях, що гріються, і який видаляється потоком води при продуванні.

Опріснення зворотнім осмосом - процес розділення істинних розчинів, який полягає в фільтруванні рідини через напівнепроникаючі мембрани, які пропускають воду і затримують речовини (гідративні іони і молекули, органічні з'єднання).

## **12.6 Пом'якшення, дезактивація та знешкодження**

Пом'якшення жорсткої води проводиться при використанні її для деяких технічних цілей. Пом'якшення має за ціль видалити з води повністю або частково іони  $\text{Ca}^{++}$  (кальцію),  $\text{Mg}^{++}$  (магнію) шляхом переведу їх в слабо розчинні і речовини, що випадають в опади. Пом'якшення жорсткої води набувається шляхом обробки її хімічними реагентами і вапном, кальцинованою содою і деякими другими речовинами. Доза реагентів для пом'якшення залежить від жорсткості води, яку виражають в міліграмах – еквівалентах на літр.(мг-екв/л).

1 мг-екв/л жорсткості відповідає наявності у воді 20,04 мг/л  $\text{Ca}^{++}$  (іонів кальцію) або 12,156 мг/л  $\text{Mg}^{++}$  (іонів магнію). Для пом'якшення 1м<sup>3</sup> води на кожний міліграм –еквівалент жорсткості води додається при перемішуванні 25 г погашеного вапна у вигляді суспензії, а для більш глибокого пом'якшення вводять додатково 75 г вуглекислої солі в концентрованому розчині. Пом'якшену воду освітлюють коагулянтами, відстоюванням і фільтруванням.

Дезактивація має за ціль видалення з неї радіоактивних речовин.

Радіоактивні речовини у воді можуть знаходитись у вигляді зважених частинок в розчині. Як правило дезактивація води забезпечується в процесі її освітлення за допомогою коагулювання і фільтрування через антрацитову крихту або тканину, а також через КФГ-М. В наслідок чого з води практично повністю видаляються радіоактивні частинки і знижується в 2/3 рази склад розчинених радіоактивних речовин.

Для більш ефективної дезактивації води, заражену радіоактивними речовинами, перед додаванням коагулянту можна обробити в резервуарах –відстійниках природною глиною з розрахунку 25 кг глини на 1м<sup>3</sup> води з 10-ти хвилин переміщенням.

Знешкодження води полягає у видаленні з неї хвороботворних і отруйних речовин, а також застосування ряду процесів, які використовуються для обробки неотруйної води. В знешкодженні відносно невеликих кількостей води найбільш часто застосовуються фільтрування отруйної води через вугіль КФГ-М. Осадки у відстійниках і відпрацьованого КФГ дуже небезпечні, обережно видаляються і закопуються в землю з установкою спеціального показчика.

Ефективним при знищенні деяких отруйних речовин може бути окислення. Воно має місце, наприклад, при хлоруванні води великими дозами – до 100 кг/л і більше. При цьому проходить окислення отруйних речовин з утворенням нетоксичних або слабо токсичних речовин, а також їх гідроліз. Після хлорування високими дозами обов'язково виконується дехлорування, при цьому термін служби дехлоруючого вугілля різко знижується. Ефект обеззараження підвищується, якщо застосувати попередньо коагулювання води з послідуєчим відставанням. Після фільтрування воду додатково хлорують до вмісту в ній активного хлору 0,8-1,2 мг/л.

### **Контрольні питання**

1. Основні засоби та пристрої очищення води
2. Описати сутність процесів освітлення, коагулювання з відстоюванням, коагулювання з пропусканням через зважений осад.
3. Прилади та процес фільтрування, пом'якшення води.
4. Дезактивація та знешкодження води.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс України про надра від 27.07.94 р. № 133/94-ВР
2. Водний кодекс України від 06.06.95 р. № 213/95-ВР
3. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” від 25.06.91 р. № 1264-XII
4. Закон України “Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення” від 24.02.94 р. № 4005-XII
5. Закон України “Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення” від 10.01.02 р. № 2918-III
6. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація будівель
7. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди
8. Спеціальне водопостачання : Підручник / О.А. Петухова, С.А. Горносталь, Ю.В. Уваров . – Х. : НУЦЗУ, 2013 . – 248 с.
9. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання. – Рівне: РДТУ, 2001. – 429 с.
10. Епоян С.М., Сухоруков Г.І., Друшляк О.Г., Шилін В.В. Водопостачання (очистка природних вод). Навч. посібник / – Х.: Основа, 2001. – 191 с.
11. Андронов В.А., Буц Ю.В., Крайнюк О.В., Коврегін В.В. Екологія. Навч. посібник. / Х.: УЦЗУ, 2008. – 382 с.
12. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води.: підручник / А. К. Запольський – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
13. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: підручник / [А.К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін, М. Т. Брик та ін.] – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
14. Хенце М. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы / М. Хенце, П. Армоэс, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван; Пер. с англ. – М.: Мир, 2006. – 480 с.

*Навчальне видання*

**ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

**Водопостачання. Особливості роботи в надзвичайних ситуаціях**

*Текст лекцій*

Підписано до друку 23.11.18. Формат 60x84 1/16.  
Умовн.-друк. арк. 5,8.  
Вид. № 86/18.

Сектор редакційно-видавничої діяльності  
Національного університету цивільного захисту України  
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.  
[www.nuczu.edu.ua](http://www.nuczu.edu.ua)