

**Кафедра технологій захисту навколишнього середовища  
факультет управління та безпеки населення  
Національного університету цивільного захисту України  
Державної служби України з надзвичайних ситуацій**

# **Забезпечення екологічної безпеки систем питного водопостачання**

**Методичні вказівки  
до самостійного опанування  
вибіркової дисципліни  
бакалаврами всіх форм навчання**

**Харків 2024**

Друкується за рішенням кафедри  
прикладної механіки та технологій  
захисту навколишнього середовища  
НУЦЗ України  
Протокол від \*\*.01.2024 р. № \*\*

Укладачі: С. С. Душкін, В. Ю. Колосков, О. М. Кондратенко,  
В. М. Бабакін, О. М. Серікова

Забезпечення екологічної безпеки систем питного водопостачання.  
Методичні вказівки до самостійного опанування вибіркової дисципліни  
бакалаврами всіх форм навчання / С. С. Душкін, В. Ю. Колосков,  
О. М. Кондратенко, В. М. Бабакін, О. М. Серікова. – Харків: НУЦЗ України,  
2024. – 40 с.

Відповідальний за випуск С. С. Душкін

© Душкін С. С., Колосков В. Ю., Кондратенко О. М.,  
Бабакін В. М., Серікова О. М., 2024

© Національний університет цивільного захисту України

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
ТЕМА 1 Санітарно-екологічні вимоги до якості питної води.....	6
1.1 Оцінка якості води з точки зору екологічної безпеки.....	6
1.2 Заходи, що поліпшують екологічний стан поверхневих джерел водопостачання.....	7
ТЕМА 2 Відбір, консервування і зберігання проб для лабораторно-технологічного аналізу води.....	8
2.1 Вимоги до відбору проб води.....	8
2.2 Консервування проб води.....	8
2.3 Підготовка екологічно чистої питної води.....	9
2.3.1 Методи доочищення питної води.....	9
2.3.2 Класифікація методів доочищення питної води.....	10
ТЕМА 3 Організація контролю якості та властивостей води.....	13
3.1 Основні елементи лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах.....	13
3.2 Основні точки технологічного ланцюга для відбору проб для аналізів.....	13
3.3 Види санітарно-екологічного аналізу води.....	13
3.4 Система лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах.....	14
3.4.1 Номенклатура аналізів, виконаних в лабораторіях очисних споруд.....	14
3.4.2 Матеріально-технічне забезпечення лабораторно-виробничого контролю.....	15
ТЕМА 4 Деякі аспекти, пов'язані з безпекою водопостачання.....	16
4.1 Деякі аспекти «плану безпеки водопостачання».....	16
4.2 План безпеки водопостачання.....	17
4.3 Рішення проблеми якості води.....	17
ТЕМА 5 Фізико-екологічні показники безпеки джерел водопостачання..	19
5.1 Аналіз показників якості води на екологічну безпеку систем водопостачання.....	19
5.2 Ступінь екологічної безпеки джерел водопостачання.....	20
5.3 Еколого-технічні особливості експлуатації очисних споруд водопостачання.....	22
5.4 Екологічна безпека експлуатації реагентного господарства	

очисних споруд водопостачання.....	23
5.5 Можливі несправності в роботі споруд підготовки води і способи їх усунення.....	23
ТЕМА 6 Екологічна безпека поверхневих джерел водопостачання.....	27
ТЕМА 7 Екологічна безпека підземних джерел водопостачання.....	30
7.1 Розрахунок зон санітарної охорони водозабору питних вод.....	32
7.2 Приклад виконання контрольної задачі.....	35
ЗАВДАННЯ НА МОДУЛЬНУ КОНТРОЛЬНУ РОБОТУ.....	36
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА.....	39
ДОДАТОК Приклад титульного аркушу.....	41

## ВСТУП

У сучасному світі спостерігається тенденція до зниження якості питної води, що робить проблему забезпечення населення якісною питною водою актуальною. Відомо, що водопровідна вода централізованої системи водопостачання потребує доочищення й активації до фізіологічної повноцінності. Найбільш проблемним питанням є забезпечення якісної питної води з децентралізованих джерел (шахтних колодязів, індивідуальних свердловин), якими користується близько 30 % населення України. Якість таких джерел має тенденцію до постійного погіршення. Також серйозне занепокоєння викликають застарілі водоочисні технології та критичний стан основних фондів. Так, за останні 25 років кількість аварійних водопровідних мереж в Україні збільшилася в 15 разів. Також значні втрати води призводять до підняття рівня ґрунтових вод, підтоплення міських територій, руйнування дорожніх покриттів і підземних будов.

Вода має життєво важливе значення, тому є об'єктом екологічної безпеки. Незадовільне питне водопостачання становить реальну загрозу для генофонду нації і безпеки країни. Екологічної безпеки систем господарсько-питного водопостачання міст властива недостатня вивченість і відсутність стрункої єдиної основи з системним урахуванням різноманітних факторів небезпеки. Для її успішного розв'язання необхідно шукати нові теоретичні та методологічні підходи.

Мета викладання навчальної дисципліни – забезпечення майбутніх фахівців знаннями та уміннями сучасних засобів та методів досягнення екологічно безпечної питної води з урахуванням негативного впливу на довкілля та здоров'я людини.

Повний обсяг методичного забезпечення курсу знаходиться на платформі дистанційного навчання Moodle НУЦЗУ <http://moodle.nuczu.edu.ua>.

Для полегшення використання дистанційного курсу рекомендується застосовувати мобільні додатки

Google Play



App Store



# ТЕМА 1 САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

Специфіка питного водопостачання України здебільшого базується на поверхневих джерелах.

В залежності від якості води виділяють п'ять класів води, характеристика яких наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Клас води залежно від якості води

Клас води	I клас	II клас	III клас	IV клас	V клас
Якість води	дуже чиста	чиста	забруднена	брудна	дуже брудна

## 1.1 Оцінка якості води з точки зору екологічної безпеки

Водні об'єкти вважаються придатними для господарсько-питного водопостачання з точки зору екологічної безпеки, якщо:

- не порушуються загальні вимоги до складу і властивостей води для питного водопостачання;
- виконуються наступні умови:

$$C \leq ПДК, \quad (1.1)$$

де  $C$  – вміст домішок у водному об'єкті, г/м<sup>3</sup>

та

$$\sum \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \quad (1.2)$$

де  $C_i$  і  $ПДК_i$  – відповідна концентрація лімітуючих домішок.

Гігієнічні вимоги до якості питної води визначають придатність води для питних цілей та включають:

- безпеку в епідеміологічному відношенні;
- нешкідливість хімічного складу;
- сприятливі органолептичні властивості;
- радіаційну безпеку.

Якість питної води залежить від її складу і властивостей. Її визначають:

- у водному джерелі;
- при вступі у водопровідну мережу;
- у точці водозбору.

Відповідно ДСанПіНу 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» виділяють індекс токсичності як

одну з вимог до якості питної води. Індекс токсичності води визначають за наступною формулою:

$$T = \frac{I_k - I_0}{I_k} \quad (1.3)$$

де  $T$  – індекс токсичної проби досліджуваної води;

$I_k$  – величина тест-реакції у контрольній пробі;

$I_0$  – величина тест-реакції у досліджуваній пробі.

Індекс токсичності проби води не повинен перевищувати 50 % (наприклад, дафнії, інфузорії та ін.)

## **1.2 Заходи, що поліпшують екологічний стан поверхневих джерел водопостачання**

До основних заходів, які поліпшують екологічний стан поверхневих джерел водопостачання, можна віднести наступні:

- очищення води, яка утворюється поверхневим стоком з селетєбних територій, будівництво систем водовідведення в містах і сільських населених пунктах;

- поліпшення стану зон санітарної охорони;

- благоустрій водоохоронних та прибережних захисних смуг водних об'єктів;

- захист питних водозаборів від шкідливого впливу тваринницьких, птахівничих підприємств та інших сільськогосподарських об'єктів, які є потенційним джерелом забруднення води;

- розчищення русел і укріплення берегів річок і дна водосховищ;

- державний моніторинг стану водних об'єктів, які використовуються як джерела водопостачання.

Вода, що пройшла очищення за традиційною схемою, містить близько 70 % органічних речовин.

### ***Контрольні питання***

1. Оцініть якість води з точки зору екологічної безпеки.
2. Які гігієнічні вимоги до якості питної води пропонуються?
3. Які пропонуються вимоги ДСанПіНу до якості питної води?
4. Якою є фізична повноцінність мінерального складу питної води?
5. Як визначаються індекс токсичності води?
6. У чому полягає специфіка питного водопостачання України?
7. Які заходи вдосконалюють екологічний стан поверхневих джерел водопостачання?

## ТЕМА 2 ВІДБІР, КОНСЕРВУВАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ ПРОБ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ ВОДИ

### 2.1 Вимоги до відбору проб води

До відбору проб води висувають відповідні вимоги, згідно з якими:

- проба води, взята для аналізу, повинна відображати умови й місце її взяття;

- відбір проби, її зберігання, транспортування та поводження з нею повинні проводитися так, щоб не відбулися зміни у змісті визначених компонентів або у властивостях води;

- об'єм проби має бути достатнім і повинен відповідати методиці аналізу, що була застосована.

Залежно від мети аналізу виділяють різні види відбору проб. Наприклад, застосовуються разовий або серійний відбір проб.

У випадку *разового* відбору пробу беруть один раз у певному місці й розглядають результат одного аналізу. Цей спосіб застосовується в рідкісних випадках, коли результатів одного аналізу достатньо для судження щодо якості досліджуваної води.

*Просту* пробу отримують шляхом відбору усієї необхідної кількості за один раз.

*Змішану* пробу отримують, зливаючи однакові за обсягом прості проби, взяті з одного і того ж місця декілька разів поспіль через певні проміжки часу або відібрані одночасно з різних місць обстежуваного об'єкта.

*Середню* пробу готують звичайно змішуючи рівні частини проб, відібраних через рівні проміжки часу.

### 2.2 Консервування проб води

*Метою* консервування проб води є збереження компонентів, що визначаються у воді, та її властивостей у тому стані, в якому вони перебували в ній у момент взяття проби. При цьому необхідно відповідати умовам, які висуваються щодо їхнього консервування (табл. 2.1).



Таблиця 2.1 – Умови консервування проб води

<b>Компонент</b>	<b>Умови консервування проби</b>
Алюміній	Проби беруть у бутлі промиті кислотою. Визначення проводять за можливістю не пізніше ніж через 2 год після відбору проби; додають 5 мл <i>HCl</i> на 1 л проби (якщо є потреба).
БПК	Не можна консервувати, пробу зберігають при температурі 3-4 °С; обробляють не пізніше ніж через одну добу.
Завислі речовини	Проби не консервують; визначення слід проводити не пізніше ніж через одну добу. Зберігання при температурі 3-4 °С.
Смак та присмак	Зразки проб не можна консервувати; не можна брати проби у поліетиленові пляшки. Визначення треба проводити не пізніше ніж через дві години після взяття проби.
Гумінові речовини	Проби не можна консервувати; їх слід обробляти не пізніше ніж через три доби після взяття проби.
Залізо	Загальний вміст заліза: додають 25 мл розчину $HNO_3$ на 1 л води.
Запах	Проби не можна консервувати; визначення проводять не пізніше ніж через дві години після взяття проби, але не пізніше кінця дня відбору.
Нітрати	Визначення проводять у день взяття проби або додають 1 мл $H_2SO_4$ на 1 л проби. Пробу охолоджують до 3-4 °С або додають 2-4 мл $CHCl_3$ на 1 л проби.
Хлор	Проби не можна консервувати, їх збирають у утлі з темного скла, оберігаючи від дії сонячних променів і від струсів. Визначення треба робити відразу після відбору проби.
Лужність	Проби не можна консервувати. Визначення проводять відразу на місці відбору проб. Бутель заповнюють пробою доверху й приступають до аналізу не пізніше ніж через 24 год.

Визначення необхідно здійснювати:

- відразу на місці відбору проби або в лабораторії, якщо вона знаходиться поблизу місця відбору проби;
- якомога раніше, не пізніше ніж через 2 год після взяття проби;
- в той же день; приступають до аналізу в день відбору проби, не пізніше за 12 год після її відбору.

## **2.3 Підготовка екологічно чистої питної води**

### **2.3.1 Методи доочищення питної води**

Здійснення доочищення питної води згідно з вимогами ДСанПіНа України (табл. 2.2) у питній воді можливо наступними шляхами:

- підвищенням технологічного рівня міських водопровідних очисних споруд і очищенням усього обсягу води, що надається;

- застосуванням установок для доочищення 5-10 % надається в місто вода на очисних спорудах міського водопроводу і розподілом доочищеної води шляхом розвезення автоцистернами або бутелювання;

- будівництвом локальних (мікрорайонних, квартальних, шкільних, заводських) установок для доочищення водопровідної води й розподілом доочищеної води серед населення шляхом розвезення автоцистернами або бутелюванням, а також відпусткою у тару споживача;

- застосування побутових (квартирних, будинкових) установок (фільтрів) для доочищення водопровідної води.

Таблиця 2.2 – Санітарно-екологічні показники якості води

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	ГОСТ 2874-82 «Вода питна»	ДСанПіН «Вода питна»	Екол. Норми
1	Забарвленість	град.	20,0	20,0	
2	Мутність	мг/дм <sup>3</sup>	1,5	0,78	
3	Запах, 20 °С	бал	2	2	
4	Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	1000	100-1000	150-600
5	рН	од. рН	6,0-9,0	6,5-8,5	7,0-8,0
6	Жорсткість заг.	ммоль/дм <sup>3</sup>	7	1,5-7,0	2,5-5,0
7	Лужність	ммоль/дм <sup>3</sup>	не норм.	0,5-6,5	1,5-6,0
8	Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	350	250	30
9	Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	500	250	40
10	Нітрати	мг/дм <sup>3</sup>	45,0	45	5,0
11	Залізо	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,3	0,1
12	Фтор	мг/дм <sup>3</sup>	1,2	0,7-1,5	0,9

### 2.3.2 Класифікація методів доочищення питної води

Виділяють наступну класифікацію методів доочищення питної води:

- з електрохімічним очищенням;
- з механічним очищенням;
- сорбційні;
- комбіновані з використанням сорбції та іонного обміну;
- мембранні.

*Фільтри з електрохімічним очищенням питної води дозволяють*

утримувати іони важких металів, за допомогою них руйнуються шкідливі органічні сполуки, знищуються мікроорганізми, знижується жорсткість води. Найвідомішими представниками цієї групи фільтрів є установки типу «Ізумруд» і «Каскад ». Вода в них проходить обробку електролізом.

Принцип роботи такого фільтру – вода проходить через декілька камер, де під дією електричного поля проходять окислювально-відновні реакції. При цьому повністю знищуються мікроорганізми, окислюються органічні речовини, руйнуються токсичні з'єднання, віддаляються в дренаж іони важких металів, нітрати, нітрит. Достоїнства: фільтр не вимагає зміни матеріалів, має перевагу в очищенні жорсткої води. Недоліки: вимагає електроживлення, воду не можна пити протягом декількох годин після очищення, оскільки збільшується її кислотність.

*Механічні фільтри* затримують тільки зважені у воді частинки завдяки фільтрації через матеріал з найдрібнішими порами або через металеві сітки, керамічні фільтри і т. д.

Механічні фільтри діляться на прості і фільтри зворотного осмосу. Прості відрізняються розмірами пір: мікрофільтри (не пропускають крупні нерозчинні частки: пісок, іржу і тому подібне) ультрафільтри (затримують дрібні частки). Не дуже дорогі, але мають малу ефективність очищення за відсутності бактерицидної обробки. Фільтри зворотного осмосу очищають воду на основі напівпроникних тонкоплівкових, або целюлозних для ацетату мембран. Перевага перед іншими способами – в очищенні від пестицидів, в знесолюванні води. Але при цьому дорогі, позбавляють воду необхідних мікроелементів, значно підвищуючи її кислотність, не виробляють бактерицидну обробку, маючи невелику продуктивність.

*Сорбційні фільтри* містять завантаження з активованого вугілля або синтетичних сорбентів. Затримуються органічні речовини, хлор, галометани, хлорфеноли, мікроорганізми, знижуються запахи й присмаки. Іноді активоване вугілля буває оброблене азотнокислим сріблом, що дозволяє підсилити бактерицидну дію фільтра. До сорбційних фільтрів належать більшість існуючих у продажу побутових установок доочищення води. Нажаль фільтр неефективний відносно солей важких металів, жорсткості води, радіоактивних елементів. Вимагає попереднього механічного очищення.

*Комбіновані фільтри* завантажують активованим вугіллям й іонообмінними смолами, іноді використовуються природні іонообмінники (цеоліт, клиноптилоліт). Моделі цього виду доступні і конструктивно дуже прості. Робочим елементом фільтру є гранули адсорбентів різного складу з

добавкою або без добавки срібла, що слугують для знищення мікроорганізмів. Протікаючи через ці гранули, поміщені в так званий картридж (змінний елемент), вода очищається і незаражується.

### ***Контрольні питання***

1. Які вимоги ставляться до відбору проб води, види відбору проб води?
2. Що таке консервування проб води та які існують їх умови консервування?
3. Наведіть класифікацію методів доочищення питної води?
4. Інструкція з відбирання, підготовки проб води для хімічного та гідробіологічного аналізу.
5. Загальні правила роботи і техніка безпеки для працюючих у хімічній лабораторії. Хімічний посуд.
6. Відбір, зберігання і транспортування проб води.
7. Визначення органолептичних показників якості води (запах, смак, кольоровість, каламутність).
8. Визначення рН води потенціометричним методом.
9. Метод нейтралізації. Приготування і стандартизація робочих розчинів.
10. Визначення кислотності та лужності води.
11. Визначення форм карбонатної кислоти та карбонатної твердості води.
12. Визначення загальної твердості води, вмісту іонів кальцію і магнію.
13. Визначення вмісту сульфат-іонів у воді.
14. Визначення вмісту хлорид-іонів у воді методом Мора.
15. Кондуктометричний метод визначення солевмісту води.
16. Визначення вмісту загального заліза.
17. Визначення вмісту мінеральних азотовміщуючих речовин у воді.
18. Визначення вмісту іонів натрію потенціометричним методом.
19. Визначення перманганатної окисності води методом Кубеля.
20. Визначення вмісту розчиненого у воді кисню методом Вінклера.

## **ТЕМА 3 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ**

### **3.1 Основні елементи лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах**

Лабораторно-виробничий контроль ділиться на декілька елементів:

- контроль якості води, що знаходиться на очисних спорудах;
- контроль якості води на всіх стадіях її очищення, включаючи воду, що подається споживачам;
- контроль якості реагентів, які надходять на станцію;
- контроль технологічних параметрів завантажувальних матеріалів;
- контроль якості замішування, розчинення й дозування реагентів.

### **3.2 Основні точки технологічного ланцюга для відбору проб для аналізів**

Відбір проб для аналізів на станціях, що мають повний комплекс водоочисних споруд, обирають в таких точках:

- перед змішувачем або в місцях водозабору (вихідна вода, не оброблена реагентами);
- в кінці змішувача (вода, оброблена хлором, коагулянтами, вапном та іншими реагентами);
- в кінці камер реакції (вода, що містить коагулюванні пластівці суспензії);
- після кожного відстійника або освітлювача (прояснена вода);
- перед фільтрами й контактними освітлювачами;
- після кожного фільтра або контактного освітлювача (профільтрована вода);
- в резервуарах чистої води (очищена вода, що пройшла вторинне хлорування, амонізацію та інші види оброблення);
- у водоводах, за якими очищена вода подається споживачам.

### **3.3 Види санітарно-екологічного аналізу води**

Санітарно-екологічний аналіз води може бути як повним, так і коротким. До короткого аналізу належить визначення наступних показників: температури, запаху і присмаку, кольоровості, прозорості (мутності), окиснення аміачного, нітритного і нітратного азоту, загального заліза, лужності, рН, хлоридів, залишкового хлору (хлорована вода), загального числа бактерій і колі-титра. При повному санітарному аналізі, проведеному один раз на місяць, крім показників короткого аналізу, визначають вміст у

вихідній і очищеній воді сульфатів, окису кальцію й магнію, жорсткість води й цілий ряд інших параметрів.

### **3.4 Система лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах**

Система лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах складається з груп:

- відбору проб; визначення фізичних показників і фізико-хімічних властивостей рідини; визначення вмісту азоту в різних формах (загальний, нітрити, нітрати і т. д.), фосфатів, сульфідів і хлоридів;

- лабораторії аналізу осадів стічних вод, що складається з груп: відбору проб; кількісного аналізу зважених речовин і активного мулу; аналізу хімічного складу осаду, активного мулу, піску, відходів;

- лабораторії санітарно-гігієнічної оцінки, що складається з груп: бактеріологічної; гельмінтологічної; гідробіологічної;

- групи технологічної оцінки роботи певної споруди очищення.

#### **3.4.1 Номенклатура аналізів, виконаних в лабораторіях очисних споруд**

Номенклатура аналізів, виконаних в лабораторіях очисних споруд, зводиться до наступного:

Перша лабораторія повинна виконувати всі фізико-хімічні аналізи, які дають уявлення про концентрацію й добову кількість забруднень, що надходять на очищення, оцінювати ступінь придатності стічних вод для біологічного очищення. Крім того, перша лабораторія підготовляє дані про ефективність очищення на окремих спорудах та станції в цілому, про характеристику очищеної води.

Друга лабораторія аналізує кількість і якість відходів, піску, сирого осаду з первинних відстійників, осаду, зброджуваного в метантенках і підсушують на мулових майданчиках, і активного мулу.

Третя лабораторія виконує бактеріологічні, гельмінтологічні й гідробіологічні дослідження проб, які надходять зі стічною водою, з осадом, зброджуваним в метантенках і підсушувальних на мулових майданчиках, з активним мулом (в аеротенках) або плівки (в біофільтрах); очищеної стічної рідини і водойми в місці випуску очищеної води.

Група технологічної оцінки концентрує всі результати аналізів, надані аналітичними лабораторіями, обробляє їх; виміряє або контролює експлуатаційні виміри витрат стічних вод, осаду, активного мулу, пару, стисненого повітря та електроенергії; розраховує питомі характеристики основних параметрів (інтенсивність аерації, питомі витрати електроенергії,

повітря, пару і т. д.), робочі навантаження за обсягом, поверхні на мул і т. д.

### **3.4.2 Матеріально-технічне забезпечення лабораторно-виробничого контролю**

Необхідні такі мінімальні розміри приміщення лабораторії: хімічна кімната 20 м<sup>2</sup>, вагова 6 м<sup>2</sup>, бактеріологічна кімната 20 м<sup>2</sup> зі средоварної і мийної 10 м<sup>2</sup>, комора 6-10 м<sup>2</sup>, кабінет завідувача 8-10 м<sup>2</sup>, бажано мати гардеробну.

Лабораторії повинні бути оснащені:

- системами водопостачання і каналізації;
- електроенергією;
- системами опалення та вентиляції;
- лабораторними меблями та обладнанням;
- реагентами (склад);
- аптечкою.

У лабораторії бажано мати підсобний столик з набором слюсарних інструментів: плоскогубцями, кусачками, лещатами, рашпілем, напилками, свердлами, паяльною лампою, ножними хутрами.

Бажано мати великі нагрівальні прилади: термостат, сушильну шафу й автоклав. Ці прилади мають знаходитися біля входу.

#### ***Контрольні питання***

1. Якими є головні елементи лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах?
2. Які існують основні точки технологічного ланцюга щодо відбору проб аналізів?
3. Якими є види санітарно-екологічного аналізу води?
4. Який графік лабораторно-виробничого контролю застосовується на очисних спорудах?
5. Якою є система лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах?
6. Якою є номенклатура аналізів застосовується в лабораторіях очисних споруд?
7. Яким є матеріально-технічне забезпечення є для лабораторно-виробничого контролю?
8. Оцінка ресурсів річкового стоку, зарегульованих вод, експлуатаційних запасів підземних вод.
9. Підтвердити твердження «Місто – центр споживання води».
10. Потреба та водозабезпеченість міст у воді.

## ТЕМА 4 ДЕЯКІ АСПЕКТИ, ПОВ'ЯЗАНІ З БЕЗПЕКОЮ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Міжнародне співтовариство, розуміючи небезпеку і реальність погіршення систем водопостачання, приділяє серйозну увагу створенню системи надійного опору терористичним загрозам.

### 4.1 Деякі аспекти «Плану безпеки водопостачання»

Дослідники водного тероризму, систематизуючи наявну інформацію, виділяють два основних напрямки деструктивного використання води: вода як зброя; вода як мета.

Основні напрямки деструктивного використання води більш детально наведені на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Основні напрямки деструктивного використання води



У першому випадку мова йде, насамперед, про використання руйнівної сили великих мас води. Цього можна досягти, наприклад, при руйнуванні греблі, що призводить до непоправних втрат національного масштабу.

Потенційна загроза, на кшталт, від греблі Київської ГЕС є унікальною, оскільки Київське водосховище крім величезної маси води (близько 4 млрд т), містить ще 90 тис. т радіоактивних мулів, що утворилися після аварії на ЧАЕС у 1986 р.

Озброєний «військовий» аспект – високотоксичні реагенти, що застосовуються для очищення води: рідкий хлор та ін.

Виведення з ладу споруд очищення стічних вод населених пунктів, особливо великих міст. Приклад аварії на насосній станції Диканівських очисних спорудах м. Харкова в 1995 р. показує, наскільки це небезпечно в екологічному й санітарному аспектах. Неочищені стоки є потенційною хімічною та біологічною загрозою для джерел питного призначення.

#### **4.2 План безпеки водопостачання**

До плану безпеки водопостачання входять:

1. Достатність, надійність й ефективність системи фізичного захисту об'єктів водопостачання.

2. Наявність спецтехніки та матеріально-технічного резерву (матеріалів та обладнання) для відновлення пошкодженого.

3.1 Водозабірні споруди на поверхневих джерелах є маловірогідними цілями для терактів через великі розміри й масивність.

3.2 Водозабірні споруди на свердловинах є надто уразливими в силу їхньої компактності і, зазвичай просторового поєднання з насосною станцією першого підйому.

3.3 Магістральні трубопроводи є досить уразливими в силу їхньої великої протяжності (що ускладнює їхній фізичний захист) і наявності великих наземних ділянок.

#### **4.3 Рішення проблеми якості води**

Може бути виконано за таких умов:

1. Постійний безперервний контроль ймовірних місць можливого внесення отруйної речовини, біологічно патогенного агента або радіоактивного.

2. Оперативне визначення у водопровідній воді при виникненні підозр про їхнє застосування з одночасним попереджувальним інформуванням

населення.

3. Здійснювати щоденний оперативний контроль якості природної, питної та стічної води у всіх населених пунктах України, в тому числі в умовах надзвичайних ситуацій, можна за допомогою мобільного хіміко-бактеріологічної лабораторій на базі фотометра та бактеріологічного обладнання.

Глобальна світова проблема «Вода і тероризм», з якою на сьогодні Україна зіткнулася безпосередньо, вимагає невідкладних рішень з протидії поточним загрозам руйнування і знищення складної і дорогої системи централізованого водопостачання та водовідведення.

Необхідно доповнити Загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2022-2026 роки (проект від 02.07.2021, розглянуто 15.02.2022) завданням «Захист від тероризму і диверсій», в рамках якої, зокрема, передбачити негайне оснащення підприємств ВКГ системами захисту об'єктів і системами оперативного моніторингу якості води, у тому числі систем on-line моніторингу.

### ***Контрольні питання***

1. Якими є головні аспекти «Плану безпеки водопостачання»?
2. Якими є основні напрямки деструктивного використання води?
3. Як ви знаєте основні складові «Плану безпеки водопостачання»?
4. Яка класифікація груп терактів з проблеми «Вода як мета»?
5. Якою є ступінь уразливості і відновлення об'єктів системи водопостачання?
6. Які існують рішення проблеми якості води?
7. Якими є основні світові проблеми поняття «Вода і тероризм»?
8. Основні напрямки та перспективи підвищення екологічної безпеки водокористування.
9. Еколого-правова відповідальність за порушення водогосподарського законодавства.
10. Удосконалення структури управління водним господарством
11. Концептуальні напрямки еколого-економічної оптимізації водокористування.
12. Сучасні тенденції та проблеми забезпечення населення питною водою.
13. Санітарно-епідеміологічні аспекти водозабезпечення населення.
14. Екологічна безпека водокористування

## ТЕМА 5 ФІЗИКО-ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ БЕЗПЕКИ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

### 5.1 Аналіз показників якості води на екологічну безпеку систем водопостачання

Аналіз показників якості води на екологічну безпеку систем водопостачання здійснюють за наступними параметрами:

- температура води – 7-11 °С;
- мутність – за нормами ДСанПіН України повинна бути не вище 1,5 мг/дм<sup>3</sup>;
- кольоровість (забарвленість) – за нормами ДСанПіН України не повинна бути вище 20 град. (в особливих випадках не вище 35 град.);
- запахи й присмаки води, що визначаються при 20 °С – а нормами ДСанПіН України не повинні перевищувати 2 балів;
- вміст розчинених речовин (сухий залишок) – за нормами ДСанПіН України сухий залишок повинен бути не більше 1000 мг/дм<sup>3</sup>;
- активна реакція води – за нормами ДСанПіН України рН питної води повинен бути в межах 6,0 ... 9,0, після обробки вод реагентами значення рН може істотно змінитися;
- загальна жорсткість – за нормами ДСанПіН України повинна бути не вище 7 (10) мг-екв/дм<sup>3</sup> (або не більше 350 мг/дм<sup>3</sup>). За жорсткістю воду характеризують:
  - дуже м'яка вода – до 1,5 мг-екв/дм<sup>3</sup>;
  - м'яка вода – від 1,5 до 4 мг-екв/дм<sup>3</sup>;
  - вода середньої жорсткості – від 4 до 8 мг-екв/дм<sup>3</sup>;
  - лужність води – ГДК по лужності становить 0,5-6,5 ммоль/дм<sup>3</sup>;
  - хлориди – ГДК хлоридів у воді питної якості – 300 ... 350 мг/дм<sup>3</sup> (залежно від стандарту);
  - сульфати – ГДК сульфатів у воді питної якості становить 500 мг/дм<sup>3</sup>;
  - фториди – вміст фтору в питній воді має підтримуватися в межах 0,7-1,5 мг/дм<sup>3</sup> (залежно від кліматичних умов);
  - окиснюваність обумовлена вмістом у воді органічних речовин і частково може служити індикатором забрудненості джерела стічними водами. Якщо менше 5 мг-екв/дм<sup>3</sup> вода вважається чистою, більше 5 – брудною;
  - вміст сполук заліза – за нормами ДСанПіН України допускається не більше 0,3 мг/дм<sup>3</sup>;
  - алюміній потрапляє у воду в першу чергу в процесі водопідготовки

– у складі коагулянтів і при скиданні стічних вод переробки бокситів. ГДК у воді солей алюмінію складає 0,5 мг/дм<sup>3</sup>;

- хлор з'являється в питній воді в результаті її знезараження. За нормами ДСанПіН України вміст залишкового хлору у водопровідній воді повинно бути не менше 0,3 мг/дм<sup>3</sup> і не більше 0,5 мг/дм<sup>3</sup>. При хлоруванні є ймовірність утворення надзвичайно токсичних сполук, теж містять хлор, - діоксинів (діоксин в 68 тис. разів отруйніше ціаністого калію).

Порівняльна характеристика якості питної води в м. Харкові у порівнянні з нормами в Україні та інших країнах світу наведена у таблиці 5.1.

## 5.2 Ступінь екологічної безпеки джерел водопостачання

Ступінь екологічної безпеки водних об'єктів  $P_{еб}$  може бути виражена формулою:

$$P_{еб} = \frac{\sum^n P_{ф}}{\sum^n P_{н}} \leq 1, \quad (5.1)$$

де  $P_{ф}$  – фактичне значення показників якості води;

$P_{н}$  – нормоване значення показників якості води.

Значення граничнодопустимого скиду (далі ГДС) визначається для всіх категорій водокористування за основними шкідливим речовинам за формулами:

$$ГДС_i = V_{заг} \cdot C_{см.i}; \quad (5.2)$$

$$V_{заг} = (V_{пр} + V_{г/н}) - V_{бн}, \quad (5.3)$$

де  $V_{пр}$  – об'єм водокористування для виробничих потреб;

$V_{г/н}$  – обсяг водокористування для господарсько-побутових потреб;

$V_{бн}$  – обсяг безповоротного споживання води;

$C_{см.i}$  – концентрація і-ої речовини в стоці.

Кількість опадів з території об'єкта водопостачання визначають за формулою:

$$V_{лс} = V_{yo} \cdot F \cdot t \quad (5.4)$$

де  $V_{yo}$  – питома кількість опадів на одиницю площі території підприємства за одиницю часу;

$F$  – площа підприємства;

$t$  – час осадження опадів.

Таблиця 5.1 – Порівняльна характеристика якості питної води в м. Харкові з нормами в Україні та інших країнах світу

№ п/п	Параметр якості	Одиниці вимірів	ДСанПІН України	Екол. норми	Норми ВООЗ	Норми США	Норми Франції	Норми Германії	Факт у Харкові
1.	Алюміній	мг/дм <sup>3</sup>	0,2 (0,5)	-	0,2	1	0,2	-	0,1-0,57
2.	Мутність	мг/дм <sup>3</sup>	0,29	0,5	2,9	0,58	1,16	-	0,3-2,2
3.	Окислюваність	мг/дм <sup>3</sup>	4	-	нет	-	5	-	2,5-7,8
4.	Жорсткість	мг/дм <sup>3</sup>	7 (10)	1,5-1,7	нет	-	-	-	4,3-9,0
5.	Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	250	40	250	250	250	240	420-490
6.	Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	250	30	250	400	200	250	35-96
7.	Хлороформ	мг/дм <sup>3</sup>	60	-	200	100	-	-	60-100
8.	Пестициди (сума)	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	-	2	0,2	0,1	-	0
9.	Миш'як	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	-	0,01	0,05	0,1	0,01	0,03
10.	Свинець	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,015	0,05	0,04	0,003
11.	рН	од.	6,5-8,5	7,0-8,0	6,5-8,5	6,5-8,5	6-9	6,5-9,5	-
12.	Марганець	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,008
13.	Залізо	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,26
14.	Аніонні ПАР	мг/дм <sup>3</sup>	відсутність	-	не норм.	0,5	-	-	-
15.	Нафтопродукти	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	-	не норм.	-	-	-	0,01
16.	Феноли	мг/дм <sup>3</sup>	0,001(фенол)	-	не норм.	-	0,0005 (фенол)	-	0
17.	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	1	0,1	3	2	5	-	0,01
18.	Ртуть	мг/дм <sup>3</sup>	0,0005	-	0,001	0,002	0,001	0,001	0
19.	Галій	мг/дм <sup>3</sup>	0,0001	-	ні	0,001	-	-	0
20.	Кадмій	мг/дм <sup>3</sup>	0,001	0,0005	0,003	0,005	0,005	0,005	0
21.	Нітрити	мг/дм <sup>3</sup>	3,3	0,01	33	3,3	-	0,1	0,002-0,003
22.	Цианіди	мг/дм <sup>3</sup>	0,035	-	0,07	0,2	0,05	0,05	0
23.	Хром (+ б)	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,008
24.	1,1-дихлоретилен	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	-	30	7	-	-	не зн.
25.	1,2-дихлоретан	мг/дм <sup>3</sup>	не норм.	-	30	5	-	-	не зн.
26.	Бензопірен	мг/дм <sup>3</sup>	0,005	-	0,7	0,2	-	-	не зн.

### 5.3 Еколого-технічні особливості експлуатації очисних споруд водопостачання

Основні методи, що застосовуються при очищенні природної води до питної якості можна звести до класифікації, наведеної на рисунку 5.1.

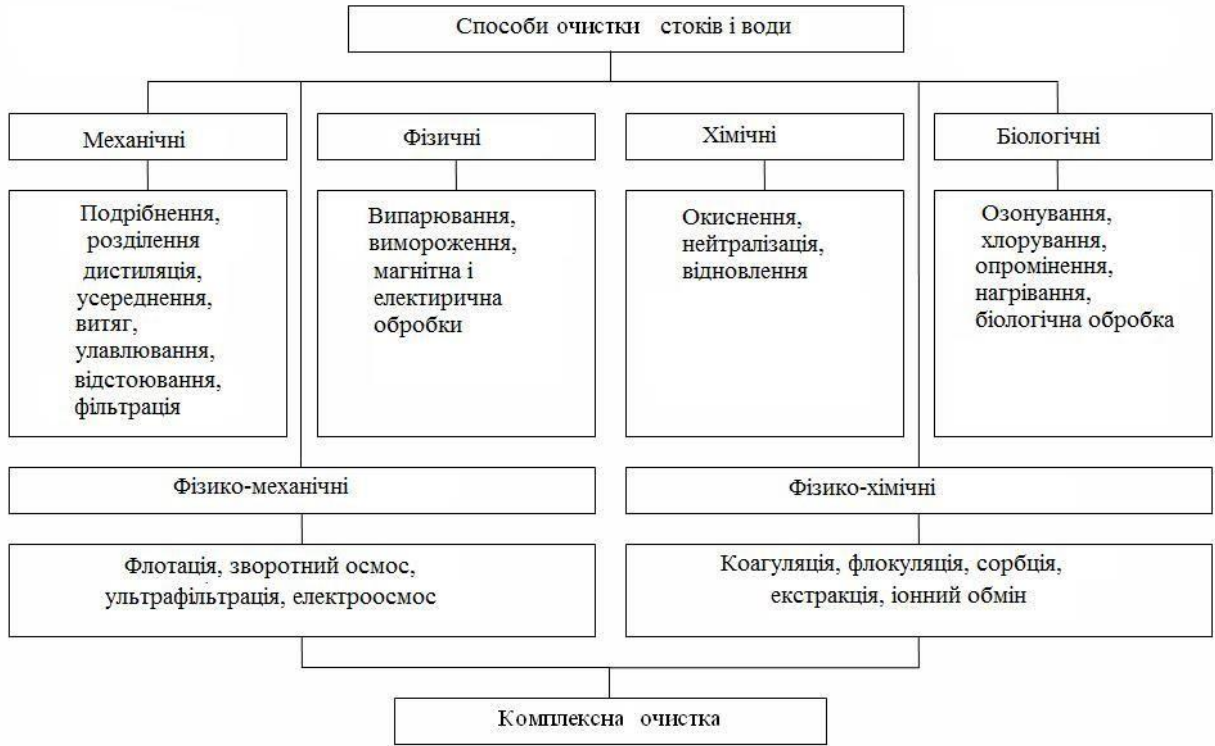


Рисунок 5.1 – Класифікація способів очищення води

Технологічна безпека роботи очисних споруд водопостачання передбачає ряд заходів. У складі персоналу, що обслуговує станції підготовки природних вод, повинні бути:

- начальник водопровідної станції, особа яка відповідальна за загальний стан і роботу водопровідної станції;

- технолог водопровідної станції, особа яка безпосередньо відповідальна за відповідність якості води встановленому стандарту, своєчасний контроль технологічного і санітарного режимів підготовки води на всіх стадіях, дотримання заданих технологічних параметрів, дози реагентів, що вводяться в підготовлену воду, організацію змінного чергування, своєчасний ремонт технологічного устаткування тощо;

- завідувач лабораторією, особа яка відповідальна за організацію і ведення лабораторних робіт, своєчасний контроль якості очищення води, встановлення необхідних доз реагентів, своєчасне замовлення і контроль якості вступників на станцію реагентів;

- оператори споруд водопідготовки та хлораторних установок, коагулянтники, пробовідбирачі, лаборанти-хіміки, вантажники, особи які

здійснюють позмінно всі необхідні технологічні операції в цехах та контрольні функції в лабораторії.

*Облік роботи очисних споруд фіксується в наступних журналах:*

- технічної експлуатації (щодня реєструють обсяг обробленої води й води,
  - витраченої на власні потреби, витрата реагентів та їхні дози, найменування споруд й агрегатів, які перебували в роботі, очищенні, на ремонті, промиванні і т.д.);
  - аналізів (щодня вносять результати аналізів вихідної води, якості води на окремих стадіях її обробки, очищеної води й т. д.);
  - складському (записують обсяг реагентів, що надійшли, були витрачені й зберігаються на складі водопровідної станції).

#### **5.4 Екологічна безпека експлуатації реагентного господарства очисних споруд водопроводу**

Екологічна безпека експлуатації реагентного господарства включає контроль:

- маси або об'єму завантаженого реагенту – при кожному зачиненні;
- періодичності й тривалості завантаження – позмінно;
- тривалості та інтенсивності перемішування, тривалості відстоювання розчину – у міру розчинення;
  - концентрації розчинів у реагентних баках – у міру розчинення реагенту або розбавлення розчинів;
  - точності дозування розчинів – щогодини й частіше, у міру зміни режиму подачі води й концентрації розчину реагенту;
  - стану дозуючих пристроїв – щокварталу чи не рідше двох разів на рік.

Відстійники й освітлювачі із завислим осадом повинні забезпечувати необхідний ступінь освітлення води. Прозорість її повинна бути не менше 25 см за шрифтом або 80–90 см – за хрестом, каламутність – 8–15 мг/л, вміст залишкового алюмінію – не більше 35 % дози коагулянту (сульфату алюмінію), кольоровість – не більше 20 град.

Фільтрувальні споруди повинні забезпечувати доведення якості обробленої води за органолептичними показниками згідно вимогами ДСанПіНу.

#### **5.5 Можливі несправності в роботі споруд підготовки води і способи їх усунення**

Основні несправності, які можуть виникати при роботі споруд

підготовки води й способи їх усунення представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Основні несправності в роботі споруд підготовки води

Несправності	Причина виникнення	Спосіб усунення
<b>Фільтри</b>		
Періодичне підвищення мутності фільтрату	Різкі коливання гідравлічного навантаження	Відрегулювати й стабілізувати швидкість фільтрації
Неперервне підвищення мутності фільтрату	Тривалість фільтроциклу вище оптимальної	Промити завантаження, зменшити тривалість фільтроциклу
	Підвищене гідравлічне навантаження на фільтр	Знизити швидкість фільтрації
	Недостатня грязеємність фільтруючого шару	Навантажити фільтруючий матеріал, збільшивши висоту фільтруючого шару
Утворення воронки на поверхні фільтруючого шару	Руйнування дренажу	Розгрузити фільтр, відновити дренаж або замінити дренажні труби
	Недостатня товщина підтримуючих шарів гравію або неправильно підібрана їхня крупність	Розвантажити фільтр і збільшити гравійну підстилку
	Нерівномірний розподіл промивної води по площі фільтру	Відрегулювати розподіл (перевірити і забезпечити горизонтальність переливних жолобів)
Обволікання й обростання піщинок органічними або мінеральними відкладеннями	Низька інтенсивність промивки й недостатнє перетирання частинок піску	Збільшити інтенсивність і рівномірність промивки
Виніс піску з фільтрату	Висока інтенсивність промивки	Зменшити швидкість промивки
	Зменшення об'ємної ваги піщинок у результаті обволікання їх органікою	Збільшити тривалість промивки чи обробити завантаження 5 % розчином хлорної води



Освітлювачі із завислим осадом		
Періодичний вихід мутної води	Різкі коливання гідравлічної	Відрегулювати й стабілізувати
	Порушення дозування реагентів у змішувач	Перевірити і наладити дозування
	Зміна концентрації реагентів	Строго дотримуватися заданої
	Різка зміна висоти завислого осаду	Скинути шлам через оптимальний проміжок часу
Непереривний вихід мутної води	Збільшення висоти стояння завислого осаду проти оптимальної	Скинути частину шламу в каналізацію, встановивши оптимальну висоту шару осаду
	Невірно розраховані дози реагентів	Подати реагенти в змішувач в оптимальній дозі
	Завищене гідравлічне навантаження на освітлювач	Зменшити навантаження до нормативного

У виробничих умовах часто доводиться використовувати комплексні методи очищення, які базуються на механічних, хімічних, фізико-хімічних, біологічних способах і пристроях для вилучення забруднень.

### ***Контрольні питання***

1. Наведіть аналіз показників якості води на екологічну безпеку систем водопостачання.
2. Що таке ступінь екологічної безпеки джерел водопостачання?
3. Яку ви знаєте класифікацію способів очищення води?
4. Наведіть характеристику механічних способів очищення води.
5. Наведіть характеристику фізико-механічних способів очищення води.
6. Наведіть характеристику хімічних способів очищення води.
7. Наведіть характеристику фізико-хімічних способів очищення води.
8. Наведіть характеристику іонного обміну та знезараження питної води
9. Оцінка ресурсів річкового стоку, зарегульованих вод, експлуатаційних запасів підземних вод.
10. Регіональні проблеми розподілу стоку.
11. Характерні правовий статус та розподіл повноважень органів управління і контролю у сфері водного господарства на сучасного етапу використання водних ресурсів.

12. Поняття про водогосподарські комплекси.
13. Сучасні уявлення про організацію водного господарства.
14. Сучасні тенденції водокористування у сільському господарстві.
15. Гідрологічні особливості міських територій.
16. Джерела економії води у містах.
17. Обсяги водозабору з поверхневих вод.
18. Методика розрахунку зменшення об'єму річкового стоку внаслідок водокористування за І.А. Шикломановим.
19. Вплив водокористування на виснаження поверхневих вод.
20. Санітарно-епідеміологічні аспекти водозабезпечення населення.
21. Аналіз водоспоживання і відведення стічних вод міста.
22. Вплив водокористування на кількісний і якісний стан поверхневих і підземних вод та інші елементи міського ландшафту.
23. Правовий статус та розподіл повноважень органів управління і контролю у сфері водного господарства.

## ТЕМА 6 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Стан річкової води в Україні оцінюється за гідрохімічними показниками від слабо забрудненої до сильно забрудненої. До найнебезпечніших забруднень, що надходять у воду водотоків, належать: іони металів, токсичні й біологічно активні речовини, нафтопродукти, феноли, пестициди, хлорорганічні сполуки.

У зв'язку з дефіцитом води, основним джерелом централізованого водопостачання все частіше стають водосховища, канали й прісноводні моря, що утворилися в результаті штучного перекриття водних магістралей.

Використання традиційних технологій дозволяє видаляти з води лише ті види хімічних забруднень, які знаходяться у вигляді суспензії, емульсій, колоїдів, або які здатні швидше переходити в нерозчинну форму під час обробки води реагентами, або сорбуватися на пластівчатому осаді, що утворюється під час коагуляції.

Знаходять застосування біологічні методи видалення органічних речовин з природних вод. Встановлена висока ефективність біологічного окиснення галогенорганічних сполук, у першу чергу, трихлоретилен видаляється з води практично повністю, хлороформ, чотирихлористий вуглець і тетрахлоретилен на 89-91 %, бромдихлорметану на 76 %.

Для очищення води від нітратів використовуються фізико-хімічні методи (іонний обмін, зворотній осмос).

Підвищений вміст заліза у воді становить особливу небезпеку для здоров'я людей. Надлишок заліза накопичується в печінці людей у колоїдній формі (оксиду заліза) і викликає незворотні зміни в організмі. За наявності феромагнітних домішок для очищення природних вод використовують магнітні й біологічні методи.

Застосування зворотньоосмотичного методу обробки дозволяє видаляти з води не тільки солі, але й цілий ряд органічних забруднень, що знаходяться в молекулярно-розчиненому стані.

При зворотному осмосі необхідно не допускати забруднення мембрани, тобто завислі речовини мають відводитися від мембрани й не сорбуватися ні на її поверхні, ні в її обсязі.

Хлор є досить ефективним дезінфікуючим агентом, при цьому він відносно дешевий і досить стійкий, щоб перебувати в системах водопостачання достатній час. Однак на початку 70-х років виявили, що хлорування питної води призводить до утворення небажаних хлорорганічних

та інших сполук, що є хімічними забруднювачами води. Хлорування є причиною утворення мутагенних хімічних речовин у питній воді.

Під час обробки води активним хлором утворюються особливо небезпечні речовини:

- хлороформ канцерогенно активний;
- діхлорбромметан, хлорідбромметан, трібромметан, що володіють канцерогенними властивостями та ін.

Встановлено, що навіть при оптимальних умовах проведення коагуляційних процесів із води вдається видалити не більше 40 % біорозкладаних органічних речовин, а асимільований органічний вуглець взагалі не видаляється при коагуляції, бо для зниження його концентрації потрібні великі дози коагулянтів.

Діоксид хлору усуває присмаки й запахи, зумовлені життєдіяльністю водоростей. Використання діоксиду хлору є ефективним для обробки води, що містить продукти життєдіяльності й відмирання зелених, діатомових, синьо-зелених та інших водоростей.

Існують реагенти з подібною до хлору дезінфікуючою здатністю, але які є менш активними хлоруючими агентами. Використання гіпохлориту натрію дозволяє зменшити концентрацію хлорорганічних сполук у воді на 30 %.

Сьогодні водне господарство стоїть перед альтернативою: якщо не вдасться запобігти подальшому погіршенню якості води в вододжерелах, виникає невідворотна ситуація, коли ціна питної води зросте настільки, що її використання для побутових потреб, окрім пиття, виявиться економічно не вигідним.

Це неминуче призведе до необхідності докорінної *структурної реорганізації системи централізованого водопостачання* шляхом введення локальних установок доочищення, поділу мереж для технічних і питних потреб і зрідка навіть шляхом відмови від централізованого розподілу питної води через мережу й перехід до автономних систем водопостачання окремих об'єктів.

Однією з ознак масового розвитку в обростаннях водопровідних споруд мікроорганізмами є наявність у воді летких речовин, які можна визначати за їхнім запахом. Іншим можливим показником зростання бактерій є присмаки, які часто пов'язані з застоєм води в окремих ділянках мережі.

З мікроорганізмів, здатних викликати обростання трубопроводів, що

транспортують питну воду, найчастіше зустрічаються інфузорії, жгутикові, коловертки, молюски та ін.

Під час транспортування води в магістральних трубопроводах відбувається реакція між водою й матеріалом трубопроводу – з підвищенням температури води посилюються хімічні й біологічні процеси у воді і чим довше вода знаходиться в трубопровідній системі, тим сильніше змінюється якість води.

Хлорування й ультрафіолетова обробка істотно впливають на акумуляцію й загибель патогенних мікроорганізмів.

Знезараження води сполуками хлору забезпечує збереження якості води в розподільних мережах за мікробіологічними показниками. Проте присутність залишкового хлору може призвести до додаткового утворення побічних хлорорганічних продуктів, основну частину яких складають тригалогенметани.

### ***Контрольні питання***

1. Яким є стан води у джерелах водопостачання, що використовуються для питного водопостачання?
2. Якими способами видаляють нітрати й залізо в процесі підготовки питної води?
3. Якими є особливості знезараження води хлором і діоксидом хлору?
4. Чому відбувається погіршення якості питної води при її транспортуванні?
5. Структура, об'єм і місце водних ресурсів у сумарному природно-ресурсному потенціалі території України.

## **ТЕМА 7 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ**

З метою забезпечення охорони водних об'єктів у районах забору води для централізованого водопостачання населення, лікувальних та оздоровчих потреб встановлюються зони санітарної охорони (ЗСО).

Правовий режим в межах ЗСО визначається постановою Кабінету міністрів України №2024 від 11.12.98 р. відповідно до статті 93 Водного кодексу України № 214/95-ВР від 06.06.95.

Межі ЗСО водних об'єктів встановлюються органами місцевого самоврядування на їх території за погодженням з державними органами земельних ресурсів, санітарно-епідеміологічного нагляду, охорони навколишнього природного середовища, водного господарства та геології. У разі розташування ЗСО на територіях двох і більше областей їх межі встановлюються Кабінетом Міністрів України за поданням Мінрегіону та за погодженням МОЗ, Мінекоенерго, Держгеокадастром, Держводагентством, Держгеонадрами та відповідними органами місцевого самоврядування. Усі водозабори повинні мати обладнання для систематичного контролю відповідності об'єму фактичної подачі води проектній потужності водозабору та дозволу на спеціальне водокористування.

Основна мета зон санітарної охорони – охорона джерела водопостачання від забруднення. Вони організуються в складі 3 поясів:

- перший пояс (пояс суворого режиму), який включає територію розташування водозабірних споруд, майданчиків всіх водопровідних споруд і водопідвідного каналу;

- другий і третій пояси (пояси обмежень і спостережень), які включають територію, яка призначається для охорони джерел водопостачання від забруднення, зокрема II пояс – зона обмежень, що охоплює територію, в межах якої може здійснюватись бактеріальне забруднення підземних вод, III пояс – зона спостережень на території, в межах якої може статись хімічне забруднення підземних вод.

Для водопровідних споруд, розташованих поза другим поясом ЗСО джерела водопостачання, а також для санітарної охорони водоводів передбачають санітарно-захисні смуги.

У кожному з трьох поясів ЗСО, а також у межах санітарно-захисної смуги, відповідно до їх призначення, слід встановлювати спеціальний режим та визначати комплекс заходів, спрямованих на недопущення погіршення якості води.

Розробка проекту зон санітарної охорони проводиться на основі діючих Державних будівельних норм України (ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди.).

Проект зон санітарної охорони передбачає комплекс заходів, спрямованих для захисту від забруднення всієї області живлення водоносного горизонту. Однак, першочерговий і найсуворіший комплекс охоронних заходів необхідний безпосередньо на ділянках використання підземних вод для господарсько-питного водопостачання, оскільки забруднення поблизу водозабору може швидко вплинути на якість води, яка відбирається, порушити умови водозабезпечення і викликати інші небажані наслідки. Через це навколо водозабору створюється зона санітарної охорони, в якій здійснюються спеціальні заходи, що виключають можливість надходження забруднення у водозабір і водоносний горизонт в районі водозабору.

Згідно ДБН В.2.5-74:2013, межі першого поясу ЗСО підземних джерел водопостачання слід встановлювати від одиночної водозабірної споруди (свердловина, шахтний колодезь, каптаж тощо), або від крайніх водозабірних споруд, розташованих у групі, на відстані:

- для захищених водоносних горизонтів – 30 м;
- для недостатньо захищених – 50 м.

Для водозабірних споруд, розташованих на території об'єкта, на якому неможливе забруднення ґрунту та підземних вод, а також для водозабірних споруд, розташованих у сприятливих санітарних, топографічних та гідрогеологічних умовах, розмір першого поясу ЗСО допускається зменшувати, але вони повинні становити не менше ніж 15 м та 25 м відповідно.

До захищених підземних вод відносяться води з напірних і безнапірних водоносних шарів, що мають у межах всіх поясів зони суцільну водонепроникну покрівлю, яка виключає можливість місцевого живлення з розміщених вище недостатньо захищених водоносних шарів.

Межа другого поясу ЗСО підземного джерела водопостачання повинна визначатись гідродинамічними розрахунками з урахуванням часу просування мікробного забруднення.

Межа третього поясу ЗСО підземного джерела водопостачання визначається розрахунком, коли враховується час проходження хімічного забруднення води до водозабірної споруди, який повинен бути більше прийнятого терміну експлуатації водозабірної споруди, але не менше ніж 25 років.

## 7.1 Розрахунок зон санітарної охорони водозабору питних вод

*Мета роботи:* вивчити методику розрахунку зон санітарної охорони водозабору питних вод.

*Завдання:* розрахувати за вихідними даними зону санітарної охорони водозабору питних вод.

### *Хід роботи*

Визначення розмірів зон санітарної охорони (ЗСО) має велике практичне та господарське значення, оскільки поряд з іншими заходами є методом екологічного захисту підземних вод, що використовуються для водопостачання.

Розраховуючи ЗСО, необхідно послуговуватися нормативним документом «Рекомендації з гідрогеологічних розрахунків визначення меж зон санітарної охорони підземних джерел господарсько-питного водопостачання», постановою Кабінету Міністрів України № 2024 від 18.12.1998 р. і будівельними нормами.

Відповідно до цих документів ЗСО має три пояси, в межах яких здійснюють спеціальні заходи, що унеможливають потрапляння забруднюючих речовин у водоносний горизонт в пункті водозабору. Перший пояс є зоною *суворого* режиму. Другий і третій пояси є зонами *обмежень*.

Контур другого поясу ЗСО визначають, вдаючись до гідродинамічних розрахунків, маючи на увазі, що забруднення, яке потрапляє у водоносний горизонт за контурами ЗСО через зону аерації (збагачення на кисень) або безпосередньо, не досягне водозабору.

Геометричні параметри СЗЗ (Санітарно-захисної зони – місцевості певної площі, в межах якої не допускається ведення господарських робіт, здатних погіршити якість води у підземному джерелі) залежать від гідродинамічних характеристик у водоносному горизонті за встановленого режиму водозабору, геологічних і гідрогеологічних умов території та ін.

Ширину області захоплення водозабірної споруди визначають величиною  $2d$ .

$$d = \frac{2TQ}{m_b n(R+r)} \quad (7.1)$$

де  $d$  - півширина області захоплення, м;  $Q$  - добова продуктивність водозабірних споруд, м<sup>3</sup>/добу;  $n$  - активна ґрунту, що складає водоносний шар;  $m_b$  - потужність водоносного пласта;  $T$  - розрахунковий час просування осередку забруднення до водозабірної споруди, діб;  $R$  - величина основного захоплення (в напрямку руху води), м;  $r$  - протяжність ЗСО вниз по потоку;  $q$  - одинична витрата потоку;  $N$  - водороздільна точка;  $L$  - довжина СЗЗ (рис. 7.1).



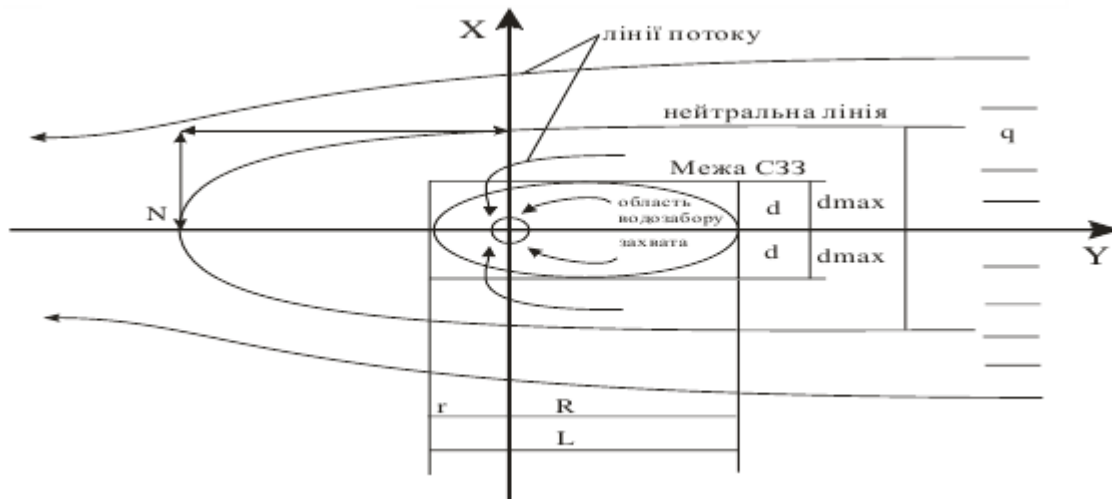


Рисунок 7.1 – Основні параметри розрахунку ЗСО  
(лініями на рисунку показано основні маршрути надходження води при водозаборі)

Одиничну витрату на 1 м ширини потоку підземних вод у місці розташування водозабору в природних умовах визначають за формулою:

$$q = K_{\phi} \cdot m_b \cdot i, \quad (7.2)$$

де  $i$  - величина нахилу водної поверхні;  $K_{\phi}$  - коефіцієнт фільтрації.

Віддаль від водозабору до вододільної точки становить:

$$X_p = \frac{Q}{2\pi q} \dots \quad (7.3)$$

Величину основного захоплення емпірично описують рівнянням:

$$R = \frac{qT}{m_b \cdot n} + 3X_p \quad (7.4)$$

Величина другорядного захоплення дорівнює:

$$r \approx X_p \quad (7.5)$$

Загальна протяжність СЗЗ в довжину становить:

$$L = R + r. \quad (7.6)$$

Виконання практичної роботи дасть змогу переконатися у тому, що обчислені параметри СЗЗ забезпечать довготривале використання підземних вод для питного водопостачання без проникнення вірогідного забруднювача.

Варіанти завдань для виконання практичної роботи наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Варіанти	Вихідні параметри					
	$Q$	$K_\phi$	$m_b$	$n$	$i$	$T_l$
1	860	5,2	36	0,21	0,002	200
2	790	4,1	29	0,19	0,001	200
3	770	3,0	25	0,20	0,001	200
4	500	4,5	20	0,14	0,003	200
5	810	5,7	33	0,17	0,002	200
6	690	3,6	30	0,18	0,004	200
7	720	4,2	37	0,16	0,001	200
8	770	4,9	40	0,20	0,001	200
9	800	5,4	42	0,22	0,001	200
10	840	5,9	38	0,16	0,002	200
11	880	4,7	35	0,19	0,002	200
12	910	4,2	33	0,17	0,002	200
13	920	4,4	30	0,20	0,003	200
14	890	5,1	40	0,21	0,003	200
15	860	3,8	48	0,19	0,003	200
16	830	4,1	46	0,18	0,001	200
17	810	4,3	42	0,16	0,002	200
18	770	4,7	44	0,17	0,003	200
19	805	5,0	25	0,20	0,002	200
20	820	5,2	26	0,20	0,001	200
21	850	4,9	29	0,21	0,003	200
22	880	4,4	33	0,19	0,001	200
23	905	4,6	35	0,18	0,001	200
24	930	5,0	40	0,20	0,001	200
25	950	4,9	22	0,22	0,002	200

## 7.2 Приклад виконання контрольної задачі

Розрахувати СЗЗ для проектного водозабору, продуктивність якого дорівнюватиме 1,0 тис. м<sup>3</sup>/добу. Потужність водоносного горизонту - 37 м, коефіцієнт фільтрації 9,5 м/добу, активна пористість порід - 0,2, нахил водного дзеркала - 0,002; час міграції вірогідних забруднень - 200 діб. Розрахунковий період експлуатації водозабору - 25 років.

### Розв'язання

1. За формулою 7.2 одинична витрата становить:

$$q = 40 - 28 \cdot 0,002 = 2,24 \text{ м}^3/\text{добу}$$

2. За формулою 7.3 віддаль від водозабору до вододільної точки:

$$X_p = 1175 (2 \cdot 3,14 \cdot 2,24) = 83,51 \text{ м}$$

2. За формулою 7.2 віддаль від водозабору до вододільної точки:

$$R = (2,24 \cdot 200) / (28 \cdot 0,14) + 3 \cdot 83,51 = 364,82 \text{ м}$$

3. За формулою 7.4 віддаль від водозабору до вододільної точки:

$$r \approx 83,51 \text{ м}$$

4. За формулою 7.5 віддаль від водозабору до вододільної точки:

$$L = 364,82 + 83,51 = 448,33 \text{ м}$$

5. За формулою 7.1 віддаль від водозабору до вододільної точки:

$$2d = (4 \cdot 200 \cdot 1175) / (28 \cdot 0,19 \cdot 448,33 \text{ м})$$

Відповідь: для належного захисту водозабору необхідно спроектувати СЗЗ шириною 394,13 м і загальною довжиною 448,33 м (364,82 м проти і 83,51 м в напрямку потоку).

## ЗАВДАННЯ НА МОДУЛЬНУ КОНТРОЛЬНУ РОБОТУ

Модульна контрольна робота (МКР), виконується за варіантом (згідно номеру за списком групи). МКР складається з титульного аркушу, змісту, вступу, відповідей на питання за варіантом, розв'язання задачі та списку використаних джерел.

Титульний аркуш **ОБОВ'ЯЗКОВО** оформлюється за прикладом. Якщо робота виконується у рукописному вигляді то рамка обов'язкова. Поля: зліва – 20 мм, зверху, знизу та справа по 5 мм. На титулі стор. «1» не ставиться.

Зміст складається з наступних розділів: ВСТУП, питання 1, питання 2, питання 3, задача, СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ. У кожному розділі змісту ставиться відповідна сторінка. Кожен новий розділ МКР починається з нової сторінки.

Після заголовка «Питання 1..3» пишеться питання згідно свого варіанта. Відповідь на питання складає 3-5 сторінок. Для відповіді на запитання потрібно використовувати **НЕ МЕНШЕ** 3х джерел, посилання на які будуть відображені у списку використаних джерел.

Всі посилання у списку використаних джерел нумеруються та оформлюються згідно ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання»

### **ЗАВДАННЯ НА МКР**

Завдання на МКР, оформлені у таблиці у вигляді **4 Т1-1 Т3-4 Т5-2 4**, це означає Варіант 4, питання 1 дивись контрольне питання 1 у темі 1; питання 2 дивись контрольне питання 4 у темі 3; питання 3 дивись контрольне питання 2 у темі 5; № задачі відповідає номеру варіанта тобто 4.

Варіант	Питання 1	Питання 2	Питання 3	Задача
1	T1-1	T2-1	T3-1	1
2	T1-2	T2-2	T3-2	2
3	T1-3	T2-3	T1-3	3
4	T1-4	T3-4	T5-4	4
5	T1-5	T3-5	T5-5	5
6	T1-6	T3-6	T4-6	6
7	T1-7	T3-7	T4-7	7
8	T5-1	T6-2	T5-3	8
9	T5-2	T6-1	T5-4	9
10	T5-5	T6-3	T5-6	10

11	T5-7	T6-4	T5-8	11
12	T2-4	T3-8	T4-8	12
13	T2-5	T3-9	T4-9	13
14	T2-6	T3-10	T4-10	14
15	T2-7	T5-9	T4-11	15
16	T2-8	T5-10	T4-12	16
17	T2-9	T5-11	T4-13	17
18	T2-10	T5-12	T4-14	18
19	T2-11	T5-13	T2-18	19
20	T2-12	T5-14	T2-19	20
21	T2-13	T5-15	T2-20	21
22	T2-14	T5-16	T5-20	22
23	T2-15	T5-17	T5-21	23
24	T2-16	T5-18	T5-22	24
25	T2-17	T5-19	T5-23	25

Вихідні дані для розв'язання задачі знаходяться в таблиці 7.1 Варіанти завдань для виконання практичної роботи.

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Водний кодекс України. URL:  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text>
2. Зеркалов Д.В. Екологічна безпека та охорона довкілля. Монографія. К.: Основа, 2012. 514 с.
3. Хилько М.І. Екологічна безпека України: Навчальний посібник. К., 2017. 268 с.
4. Державні санітарні правила і норми “Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання”. № 383 від 23.12.96
5. ДСТУ 3041-95 “Гідросфера. Використання і охорона вод. Терміни і визначення”. К.: Видавництво стандартів, 1995. 52 с.
6. Основні показники використання вод і експлуатації водогосподарських об’єктів за 1990-2020 роки. К.: Держводгосп України, 2020. 295 с.
7. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: Навч. посіб. Львів: Новий світ-2000, 2003. 248 с.
8. Василенко С.Л. Экологическая безопасность водоснабжения. – Харьков. Райдер, 2006. 320 с.
9. Вода питна. Нормативні документи: Законодавство. Стандартизація. Класифікація. Львів. ЛЕОНОРМ, 2001. 260 с.
10. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості.
11. Конспект лекцій з дисципліни «Підвищення екологічної безпеки систем питного водопостачання» (для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, спеціалізації (освітньої програми) «Раціональне використання і охорона водних ресурсів») / С. С. Душкін, О. П. Галкіна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 74 с.
12. Конспект лекцій з дисципліни «Ресурсозберігаючі технології водопровідно-каналізаційного господарства» (для студентів денної та заочної форм навчання освітніх рівнів «спеціаліст», «магістр» спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія спеціалізації (освітньої програми) «Раціональне використання та охорона водних ресурсів») / С. С. Душкін; Харків. нац. ун-т. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 92 с.

13. Інтенсифікація функціонування споруд та обладнання систем водопостачання та водовідведення: конспект лекцій для аспірантів усіх форм навчання освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітньої програми «Раціональне використання та охорона водних ресурсів» / С. С. Душкін, С. С. Душкін; Харків. нац. ун-т. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 77 с.

14. Методичні рекомендації для організації самостійної роботи та проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Інтенсифікація функціонування споруд та обладнання систем водопостачання та водовідведення» (для аспірантів усіх форм навчання освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітньої програми «Раціональне використання та охорона водних ресурсів») / Харків. нац. ун-т гір. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : С. С. Душкін, С. С. Душкін. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 55 с.

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Кафедра «Технологій захисту навколишнього середовища»

**МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА**  
**з навчальної дисципліни:**  
**«Забезпечення екологічної безпеки систем питного водопостачання»**

Виконав:  
студент групи (група)  
Ім'я ПРИЗВИЩЕ  
№ заліковки

Перевірив:  
доцент кафедри ПМтаТЗНС  
канд. техн. наук, доцент  
Станіслав ДУШКІН

Харків – 202\_