

Міністерство освіти і науки України  
Інженерний навчальн-науковий інститут ім. Ю. М. Потєбні  
Запорізького національного університету

О.Г. Добровольська

## РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Методичні вказівки до практичних занять  
для здобувачів ступеня вищої освіти магістра  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньо-  
професійною)програмою  
«Водопостачання та водовідведення»

Запоріжжя

2024

УДК 628.1/.2(075)

Д 560

Добровольська О.Г. Раціональне використання водних ресурсів

. Методичні вказівки до практичних занять для здобувачів ступеня вищої освіти вищої освіти магістра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньо-професійною програмою «Водопостачання та водовідведення». Запоріжжя : ЗНУ, 2024.37 с.

В методичних вказівках подано в систематизованому вигляді стислий виклад практичних занять з дисципліни «Раціональне використання водних ресурсів», санітарні показники якості водних ресурсів, вимоги до якості очистки стічних вод, розрахунки воднобалансових схем, водогосподарські розрахунки. Містить ілюстративний (рисунок, схеми) і табличний матеріали.

Для здобувачів ступеня вищої освіти вищої освіти магістра

спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньою (освітньо-професійною) програмою «Водопостачання та водовідведення»

Рецензенти :

В. А. Банах, доктор технічних наук, професор кафедри промислового та цивільного будівництва Запорізького національного університету

Відповідальний за випуск :

А. В. Банах, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри міського будівництва та господарства.

## Практичне заняття. Оцінка якості природних вод

**Мета заняття:-** набуття навичок з розробки санітарно-гігієнічних висновків про якість питної води та джерел господарсько-питного водопостачання за результатами аналізів води та даними санітарно-топографічної характеристики водного джерела, опанування навичками розробляти стосовно поліпшення якості води.

**Завдання.** Вирішити ситуативні завдання:

а) за оцінкою джерел централізованого і нецентралізованого господарсько-питного водопостачання;

б) за оцінкою якості питної води.

При вирішенні завдань визначити необхідні заходи щодо поліпшення якості води та її знезараження.

### Навчальний матеріал для виконання завдання

ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, що призначена для споживання людиною" регламентує *показники, що характеризують безпеку хімічного складу води* за:

1) вмістом шкідливих хімічних речовин, що найчастіше зустрічаються в природних водах на території України, а також речовин антропогенного походження, що набули глобального поширення;

2) вмістом шкідливих хімічних речовин, що поступили та утворилися в воді в процесі її обробки в системі водопостачання;

3) вмістом шкідливих хімічних речовин, що поступили в джерела водопостачання внаслідок господарської діяльності людини.

Перші дві групи охоплюють токсичні речовини, що чинять безпосередній вплив на організм людини. Показники хімічного складу дані тільки для речовин, що зустрічаються в природних водах або додаються до води в процесі її обробки. Концентрація хімічних речовин не повинна перевищувати

Таблиця 1.2 – Фізико-хімічні показники безпеки і якості питної води

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1	2	3	4	5	6
<b>а) неорганічні компоненти</b>					
1.	Водневий показник	одиниці рН	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5 ( $\geq 4,5$ ) <sup>5</sup>
2.	Діоксид вуглецю	%	не визнач.	не визнач.	0,2 - 0,3 - для слабогазованої, 0,31 - 0,4 - для середньогазованої, 0,41 - 0,6 - для сильногаз.
3.	Залізо загальне	мг/дм <sup>3</sup>	$\leq 0,2$ (1,0) <sup>1</sup>	$\leq 1,0$	$\leq 0,2$
4.	Загальна жорсткість	ммоль/дм <sup>3</sup>	$\leq 7,0$ (10,0) <sup>1</sup>	$\leq 10,0$	$\leq 7,0$
5.	Загальна лужність	ммоль/дм <sup>3</sup>	не визнач.	не визнач.	$\leq 6,5$
6.	Йод	мкг/дм <sup>3</sup>	не визнач.	не визнач.	$\leq 50$
7.	Кальцій	мг/дм <sup>3</sup>	не визнач.	не визнач.	$\leq 130$
8.	Магній	мг/дм <sup>3</sup>	не визнач.	не визнач.	$\leq 80$
9.	Марганець	мг/дм <sup>3</sup>	$\leq 0,05$ (0,5) <sup>1</sup>	$\leq 0,5$	$\leq 0,05$
10.	Мідь	мг/дм <sup>3</sup>	$\leq 1,0$	не визнач.	$\leq 1,0$
11.	Поліфосфати (за PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	$\leq 3,5$	не визнач.	$\leq 0,6$ (3,5) <sup>4</sup>
12.	Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	$\leq 250$ (500) <sup>1</sup>	$\leq 500$	$\leq 250$

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5	6
13.	Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	$\leq 1000$ (1500) <sup>1</sup>	$\leq 1500$	$\leq 1000$
14.	Хлор залишковий вільний	мг/дм <sup>3</sup>	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$< 0,05$
15.	Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	$\leq 250$ (350) <sup>1</sup>	$\leq 350$	$\leq 250$
16.	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	$\leq 1,0$	не визнач.	$\leq 1,0$
<b>б) органічні компоненти</b>					
17.	Хлор залишковий зв'язаний	мг/дм <sup>3</sup>	$\leq 1,2$	$\leq 1,2$	$< 0,05$

Таблиця 1.3 – Санітарно-токсикологічні показники безпеки та якості питної води

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1	2	3	4	5	6
<b>а) неорганічні компоненти</b>					
1.	Алюміній**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,20 (0,50) <sup>2</sup>	не визнач.	≤ 0,1
2.	Амоній	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,5 (2,6) <sup>1</sup>	≤ 2,6	≤ 0,1 (0,5) <sup>4</sup>
3.	Діоксид хлору	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,1	не визнач.	не визнач.
4.	Кадмій**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,001	не визнач.	≤ 0,001
5.	Кремній**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 10	не визнач.	≤ 10
6.	Миш'як**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,01	не визнач.	≤ 0,01
7.	Молібден**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,07	не визнач.	≤ 0,07
8.	Натрій**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 200	не визнач.	≤ 200
9.	Нітрати (по NO <sub>3</sub> )	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 50,0	≤ 50,0	≤ 10 (50) <sup>4</sup>
10.	Нітриди**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,5 (0,1) <sup>3</sup>	≤ 3,3	≤ 0,5 (0,1) <sup>7</sup>
11.	Озон залишковий	мг/дм <sup>3</sup>	0,1 - 0,3	не визнач.	не визнач.
12.	Ртуть*	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,0005	не визнач.	≤ 0,0005
13.	Свинець**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,010	не визнач.	≤ 0,010
14.	Срібло**	мг/дм <sup>3</sup>	не визнач.	не визнач.	≤ 0,025
15.	Фториди**	мг/дм <sup>3</sup>	для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5	≤ 1,5	для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5

1	2	3	4	5	6
16.	Хлорити	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,2	не визнач.	не визнач.
<b>б) органічні компоненти</b>					
17.	Поліакриламід **	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 2,0	не визнач.	< 0,2
	залишковий				
18.	Формальдегід **	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,05	не визнач.	≤ 0,05
19.	Хлороформ**	мкг/дм <sup>3</sup>	≤ 60	не визнач.	≤ 6
<b>в) інтегральний показник</b>					
20.	Перманганатна окиснюваність	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 5,0	≤ 5,0	≤ 2,0 (5,0) <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Норматив, зазначений у дужках, установлюється в окремих випадках за погодженням з головним державним санітарним лікарем відповідної адміністративної території.

<sup>2</sup> Норматив, зазначений у дужках, установлюється для питної води, обробленої реагентами, що містять алюміній.

<sup>3</sup> Норматив, зазначений у дужках, установлюється для обробленої питної води.

<sup>4</sup> Норматив, зазначений у дужках, установлюється для питної води фасованої газованої, питної води з пунктів розливу та бюветів.

<sup>5</sup> рН для газованої питної води.

<sup>6</sup> Норматив встановлюється виключно для питної води фасованої. Для питної води з пунктів розливу та бюветів норматив встановлюється за кліматичними зонами.

<sup>7</sup> Норматив, зазначений у дужках, установлюється для негазованої питної води.

\* Речовини I класу небезпеки.

\*\* Речовини II класу небезпеки.

**Примітки:**

1. У водопровідній питній воді визначаються:

- хлороформ – якщо питна вода з поверхневих вододжерел;
- хлор залишковий вільний та зв'язаний, озон, поліакриламід – у разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів;
- формальдегід - у разі озонування води в процесі водопідготовки;
- діоксид хлору та хлорити – у разі обробки води діоксидом хлору в процесі водопідготовки.

2. У питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів визначаються:

- хлороформ – якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода;
- формальдегід – у разі озонування води в процесі водопідготовки або якщо використовується озонована вихідна вода;
- срібло та діоксид вуглецю – у разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів чи речовин;
- поліакриламід – у разі використання в процесі водопідготовки водопровідної питної води з поверхневого джерела питного водопостачання.

Таблиця 1.4 – Санітарно-хімічні показники безпеки та якості питної води

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1	2	3	4	5	6
<b>1. Фізико-хімічні показники</b>					
<b>органічні компоненти</b>					
1.	Нафто-продукти	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,1	не визнач.	< 0,01
2.	ПАР аніонні	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,5	не визнач.	< 0,05
3.	Феноли леткі	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,001	не визнач.	< 0,0005
4.	Хлорфеноли	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,0003	не визнач.	≤ 0,0003
<b>2. Санітарно-токсикологічні показники</b>					
<b>а) неорганічні компоненти</b>					
5.	Кобальт**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,1	не визнач.	≤ 0,1
6.	Нікель	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,02	не визнач.	≤ 0,02
7.	Селен**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,01	не визнач.	≤ 0,01
8.	Хром загальний	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,05	не визнач.	≤ 0,05
9.	Берилій*	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,0002	не визнач.	≤ 0,0002
10.	Бор**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,5	не визнач.	≤ 0,5
11.	Стронцій**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 7,0	не визнач.	≤ 7,0
12.	Сурма**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,005	не визнач.	≤ 0,005
13.	Ціаніди**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,050	не визнач.	≤ 0,050
<b>б) органічні компоненти</b>					
14.	Бенз(а)пірен*	мкг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,005	не визнач.	< 0,002
15.	Дибромхлорметан**	мкг/дм <sup>3</sup>	≤ 10	не визнач.	≤ 1
16.	Пестициди <sup>1,2</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,0001	не визнач.	≤ 0,0001
17.	Пестициди <sup>1,3</sup> (сума)	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,0005	не визнач.	≤ 0,0005
18.	Тригалогенметани <sup>4</sup> (сума)	мкг/дм <sup>3</sup>	≤ 100	не визнач.	≤ 10 <sup>2</sup>
19.	Бензол**	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,001	не визнач.	≤ 0,001
20.	1,2-дихлоретан**	мкг/дм <sup>3</sup>	≤ 3	не визнач.	≤ 0,3
21.	Тетрахлорвуглець**	мкг/дм <sup>3</sup>	≤ 2	не визнач.	≤ 0,2
22.	Трихлоретилен** та тетрахлоретилен** (сума)	мкг/дм <sup>3</sup>	≤ 10	не визнач.	≤ 1



1	2	3	4	5	6
<b>в) інтегральний показник</b>					
	Загальний органічний вуглець	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 8,0***	не визнач.	≤ 3,0

<sup>1</sup> Пестициди включають органічні інсектициди, органічні гербіциди, органічні фунгіциди, органічні нематоциди, органічні акарициди, органічні альгіциди, органічні родентициди, органічні слімициди, споріднені продукти (серед них регулятори росту) та їх метаболіти, продукти реакції та розпаду. Перелік пестицидів, що визначаються у питній воді, встановлюється в кожному конкретному випадку та повинен включати тільки ті пестициди, що можуть знаходитись в джерелі питного водопостачання.

<sup>2</sup> Норматив для кожного окремого пестициду. У разі наявності в джерелі питного водопостачання алдрину, діелдрину, гептахлориду та гептахлорепоксиду їх вміст у питній воді повинен становити не більше ніж 0,03 мкг/дм<sup>3</sup> для кожної з цих речовин.

<sup>3</sup> Сума пестицидів визначається як сума концентрацій кожного окремого пестициду.

<sup>4</sup> Сума тригалогенметанів визначається як сума концентрацій хлороформу, бромоформу, дибромхлорметану та бромдихлорметану.

\* Речовини I класу небезпеки.

\*\* Речовини II класу небезпеки.

\*\*\* Не визначається на підприємствах питного водопостачання з об'ємом виробництва питної води менше 10000 м<sup>3</sup> на добу.

*Примітки:*

1. Тригалогенметани та дибромхлорметан визначаються у водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел, а також у питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів – у разі якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода.

2. 1,2 - дихлоретан, тетрахлорвуглець, трихлоретилен та тетрахлоретилен (сума) визначаються у водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел, а також у питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів – у разі якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода.

3. Загальний органічний вуглець може визначатись замість перманганатної окиснюваності.

При виявленні в питній воді декількох хімічних речовин, що відносяться до 1-го і 2-го класів небезпеки і нормованих за санітарно-токсикологічній ознаці шкідливості, сума відношень виявлених концентрацій кожного з них у воді до величини його ГДК не має бути більше 1. Розрахунок ведеться за формулою:

$$\frac{C_{\text{факт.}}^1}{C_{\text{доп.}}^1} + \frac{C_{\text{факт.}}^2}{C_{\text{доп.}}^2} + \dots + \frac{C_{\text{факт.}}^n}{C_{\text{доп.}}^n} < 1,$$

де  $C^1, C^2, C^n$  – концентрації індивідуальних хімічних речовин 1-го і 2-го класів небезпеки;

*факт.* – фактична; *доп.* – допустима.



*Показники безпеки води в епідеміологічному відношенні*

Безпека питної води в епідеміологічному відношенні визначається її відповідністю нормативам за мікробіологічними і паразитологіям показниками, представленими в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Мікробіологічні і паразитологічні показники безпеки води в епідеміологічному відношенні

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1	2	3	4	5	6
<b>1. Мікробіологічні показники</b>					
1.	Загальне мікробне число при t 37°C – 24 год*	КУО/см <sup>3</sup>	≤ 100 (≤ 50)**	не визнач.	≤ 20*****
2.	Загальне мікробне число при t 22°C – 72 год	КУО/см <sup>3</sup>	не визнач.	не визнач.	≤ 100*****
3.	Загальні коліформи***	КУО/100 см <sup>3</sup>	відсутність	≤ 1	відсутність
4.	E.coli***	КУО/100 см <sup>3</sup>	відсутність	відсутність	відсутність
5.	Ентерококи***	КУО/100 см <sup>3</sup>	відсутність	не визнач.	відсутність
6.	Синьогнійна паличка (Pseudomonas aeruginosa)	КУО/100 см <sup>3</sup>	не визнач.	не визнач.	відсутність
7.	Патогенні ентеробактерії	наявність в 1 дм <sup>3</sup>	відсутність	відсутність	відсутність
8.	Коліфаги****	БУО/дм <sup>3</sup>	відсутність	відсутність	відсутність
9.	Ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші	наявність в 10 дм <sup>3</sup>	відсутність	відсутність	відсутність

1	2	3	4	5	6
10.	Патогенні кишкові найпростіші: ооцисти криптоспоридій, ізоспор, цисти лямблій, дизентерійних амеб, балантидія кишкового та інші	клітини, цисти в 50 дм <sup>3</sup>	відсутність	відсутність	відсутність
<b>2. Паразитологічні показники</b>					
11.	Кишкові гельмінти	клітини, яйця, личинки в 50 дм <sup>3</sup>	відсутність	відсутність	відсутність

\* Для 95 % проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року.

\*\* Через 10 років з часу набрання чинності Санітарними нормами.

\*\*\* Для 98 % проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року.

\*\*\*\* Визначають додатково у питній воді з поверхневих вододжерел у місцях її надходження з очисних споруд в розподільну мережу, а також в ґрунтових водах.

\*\*\*\*\* Визначають під час виробничого контролю перед розливом питної води у тару.

#### *Примітка:*

Дослідження питної води з поверхневих вододжерел чи ґрунтової води за показниками, передбаченими пунктами 7 та 9, проводяться у разі виявлення в двох послідовно відібраних пробах води загальних коліформ, *E.coli*, ентерококів чи коліфагів (тп. 3, 4, 5 та 8), а дослідження питної води з підземних артезіанських і міжшарових безнапірних водоносних шарів за показниками, передбаченими тп. 7, 8 та 9, проводяться у разі виявлення в двох послідовно відібраних пробах води загальних коліформ, *E.coli* чи ентерококів (тп. 3, 4, 5). При цьому дослідження води на вміст збудників інфекційних хвороб вірусної етіології проводяться у разі виявлення в її пробах коліфагів, а на вміст збудників бактеріальної етіології - у разі виявлення в її пробах загальних коліформ, *E.coli* чи ентерококів.

При дослідженні мікробіологічних показників якості питної води в кожній пробі проводиться визначення термотолерантних коліформних бактерій, загальних коліформних бактерій, загального мікробного числа і коліфагів.

При виявленні в пробі питної води термотолерантних коліформних бактерій і коліфагів проводиться їх визначення в повторно узятих в екстреному порядку пробах води. У таких випадках для виявлення причин забруднення

одночасно проводиться визначення хлоридів, азоту амонійного, нітратів і нітриту.

Визначення патогенних бактерій кишкової групи і ентеровірусів проводиться також у разі виявлення в повторно взятих пробах води загальних колиформних бактерій в кількості більше 2 в 100 мл або термотолерантних бактерій і колифагів. Дане дослідження може проводитися і за епідеміологічними свідченнями.

*Вміст E.coli* або термотолерантних колиформних організмів не повинно бути в пробах (об'ємом 100 мл) води, призначеної для питних цілей. Цей критерій легко забезпечується при сучасних способах очищення води.

*Загальне мікробне число* (тобто кількість сапрофітів в 1 мл води) є непрямим показником, оскільки характеризує загальний вміст мікробів у воді без їх якісної характеристики. Загальне мікробне число зазвичай збільшується під час попадання до води поверхневих, зливових стоків, побутових стічних вод, тому воно може побічно свідчити про забруднення води.

*Група мікроорганізмів кишкової палички* в даний час розглядається як санітарний показник, що вказує на забруднення води фекаліями, що вже само по собі є небезпечним. Джерелом появи цієї групи мікроорганізмів можуть бути бактеріоносії, хворі з різними інфекційними захворюваннями (черевного тифу, дизентерії та ін.). Потрапляючи у воду, патогенні мікроорганізми важче піддаються виявленню: їх менше, ніж сапрофітних мікробів, вони менш стійкі в навколишньому середовищі, швидше гинуть. Негативний результат, отриманий при лабораторному аналізі води, не дає гарантії, що їх там дійсно немає, оскільки методи прямого виявлення патогенних бактерій кишкової групи недостатньо досконалі. Тому виявлення у воді колиформних бактерій, термотолерантних бактерій, коли-фага в 100 мл повинно розглядуватися як забруднення води, небезпечне в епідеміологічному відношенні, незалежно від того, чи сталося воно унаслідок недостатності обробки води джерела на головних спорудах водопроводу або забруднення обробленої води в розподільній мережі.

*Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води* представлені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води
1.	Загальна жорсткість	ммоль/дм <sup>3</sup>	1,5 – 7,0
2.	Загальна лужність	ммоль/дм <sup>3</sup>	0,5 – 6,5
3.	Йод	мкг/дм <sup>3</sup>	20 – 30
4.	Калій	мг/дм <sup>3</sup>	2 – 20
5.	Кальцій	мг/дм <sup>3</sup>	25 – 75
6.	Магній	мг/дм <sup>3</sup>	10 – 50
7.	Натрій	мг/дм <sup>3</sup>	2 – 20
8.	Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	200 – 500
9.	Фториди	мг/дм <sup>3</sup>	0,7 – 1,2

**Завдання 1.** Для постачання аптеки селища Заріччя, розташованого в кліматичному районі IV, передбачається підключення до існуючого водопроводу. Вода забирається з озера і на очисних спорудах піддається коагуляції, відстоюванню, фільтрації, хлоруванню. Результати відібраних з колонки проб води представлені в таблиці 1.8.

**Таблиця – Аналіз водопровідної води**

Показник	Дата аналіза	
	4 березня	26 березня
Запах, бали	1	1
Привкус, бали	Відсутній	Відсутній
Каламутність, мг/дм <sup>3</sup>	Більше 25	Більше 25
Кольоровість, градуси	14	22
Жорсткість загальна, мг-екв/дм <sup>3</sup>	6,3	6,9
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	345,0	196,0
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	180,0	95,0
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	136,0	140,0
Фтор, мг/дм <sup>3</sup>	1,2	1,4
Загальна кількість мікроорганізмів в 1 мм <sup>3</sup>	40	45
Колі-титр, см <sup>3</sup>	300	350
Залишковий хлор, мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,35
Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	0,2	0,2
Мідь, мг/дм	0,01	0,01

Дати висновок про якість води і у разі потреби запропонувати заходи щодо її поліпшення.

*Рішення.*

Вода відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 за органолептичними показниками, загальним вмістом розчинених солей і солей жорсткості. Сума

сульфатів і хлоридів, виражена в долях від максимально допустимих концентрацій кожної речовини, не перевищує  $1 \left( \frac{180}{500} + \frac{140}{350} \right)$ .

Оскільки колі-титр води рівний 300 і 350, а спільна кількість мікроорганізмів в 1 мм<sup>3</sup> не більше 100, воду слід вважати за безпечну в епідеміологічному відношенні. Знезараження здійснюється надійно, оскільки залишковий вміст хлора складає не менше 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Звертає на себе увагу високе для кліматичного району IV вміст у воді фтору. З метою поліпшення якості необхідно воду піддати знефторюванню, щоб вміст фтору не перевищував 0,7 мг/дм<sup>3</sup>.

### **Питання для самоконтролю**

1. За якими показниками встановлюється гранично допустима концентрація речовини у воді для водойм господарсько-питного і культурно-побутового водокористування?

2. За якими показниками встановлюється гранично допустима концентрація речовини у воді для водойм рибогосподарського водокористування?
3. Що означає загальносанітарний показник шкідливості?
4. Що означає органолептичний показник шкідливості?

### **Література**

1. Василенко О.А. Рациональне використання та охорона водних ресурсів : навчальний посібник. Рівне :НУВПГ. 2006.246 с.
2. Хільчевський В.К. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник. Київ : ВПЦ "Київський університет", 2015. 172 с.
3. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: підручник. Київ, 2008. 735 с.
4. Хільчевський В. К. Основи гідрохімії : підручник. Київ : Ніка-Центр, 2012. 312 с.
5. Яцик А. В. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління : підручник. Київ. : Генеза, 2007. 360 с.

## Практичне заняття. Аналіз забезпеченості поверхневого водотоку

**Мета заняття:** набуття навичок обґрунтувати необхідність та достатність сезонного регулювання стоку, опанувати навичками застосування результатів оцінювання сезонного регулювання для функціонування водопровідної мережі та забезпечення оптимальних режимів транспортування води.

**Завдання.** Для заданого водотоку визначити мінімальні витрати води за відсутності даних гідрометричних спостережень.

Вихідні дані приведені в додатках В, Г.

### Інформація до розв'язання:

#### Водоспоживання об'єкта (району)

Загальне водоспоживання об'єкта (району) приймається згідно із завданням. Інші можливі споживачі враховуються коефіцієнтом 1.1 – 1.2. Обчислене водоспоживання об'єкта (району)  $Q_u$  узгоджується зі схемою комплексного водокористування та охорони водних ресурсів регіону і визначається за формулою:

$$Q_u = (1.1 - 1.2) q_U, \quad (1)$$

де  $q_U$  – водоспоживання об'єкта, за завданням.

#### Нормативні положення

У залежності від заданої категорії надійності подачі води (додатки В, Г) відповідно [4] приймається забезпеченість  $p\%$  витрат води розрахункового маловодного року, таблиця 3.3:

Таблиця 1

Категорія надійності подачі води	I	II	III
Забезпеченість витрати води маловодного року, %	95	90	85

#### Прийняття джерела водопостачання

Здійснюється перевірка, чи може ріка бути прийнята джерелом водопостачання, для чого визначаються розрахункові витрати маловодного року. Середньобогаторічна витрата визначається за формулою, м<sup>3</sup>/с:

$$\bar{Q} = 0.001 \bar{q} A, \quad (2)$$

де  $\bar{q}$  - середнє багаторічне значення модуля стоку для водозбору, л/(с • км<sup>2</sup>), приводиться у завданні (додатки В, Г);  $A$  – площа водозбору річки до розрахункового створу, км<sup>2</sup>.

Якщо  $\bar{Q} \gg Q_u$ , то робимо висновок, що річка може бути прийнята як джерело водопостачання. Середньорічна витрата маловодного року прийнятої розрахункової забезпеченості  $Q_{p\%}$  визначається за формулою:

$$Q_{p\%} = K_{p\%} \bar{Q} , \quad (3)$$

де  $K_{p\%}$  - ордината кривої гамма-розподілу (додаток А), приймається в залежності від відсотка забезпеченості  $p\%$  та коефіцієнта варіації (мінливості) стоку за рік.

Коефіцієнт варіації визначається за формулою:

$$C_v = \frac{\alpha}{q^{-0.4} \cdot (A+1000)^{0.1}} , \quad (4)$$

де  $\alpha$  - параметр, що визначається за даними річок-аналогів (додаток Г).

У розрахунково-графічній роботі приймається, що для всіх річок співвідношення коефіцієнтів асиметрії та варіації одне й те ж:

$$C_s = 2 C_v. \quad (5)$$

Якщо  $Q_{p\%} > Q_u$ , підтверджуємо висновок, що річка може бути прийнята як джерело водопостачання. Далі визначаються мінімальні літні  $Q_{s,p\%}$  та зимові  $Q_{w,p\%}$  середньомісячні витрати року розрахункової забезпеченості:

$$Q_{s,p\%} = K_{s,p\%} \overline{Q_{p\%}} \quad (6)$$

$$Q_{w,p\%} = K_{w,p\%} \overline{Q_{p\%}} , \quad (7)$$

де  $K_{s,p\%}$  та  $K_{w,p\%}$  - модульні коефіцієнти літнього та зимового мінімумів (додаток Д). Переконавшись, що розрахунковий водовідбір  $Q_u$  перевищує значення мінімальних літніх  $Q_{s,p\%}$  та зимових  $Q_{w,p\%}$  середньомісячних витрат розрахункової забезпеченості, приймають рішення про регулювання стоку: упевнившись, що  $Q_{p\%} > Q_u$ , роблять висновок, що досить сезонного



регулювання стоку з будівництвом гідровузла з водоскидними спорудами та глухою греблею із місцевих ґрунтових матеріалів. Результати вище проведених розрахунків наводяться у вигляді діаграми (рис. 1):

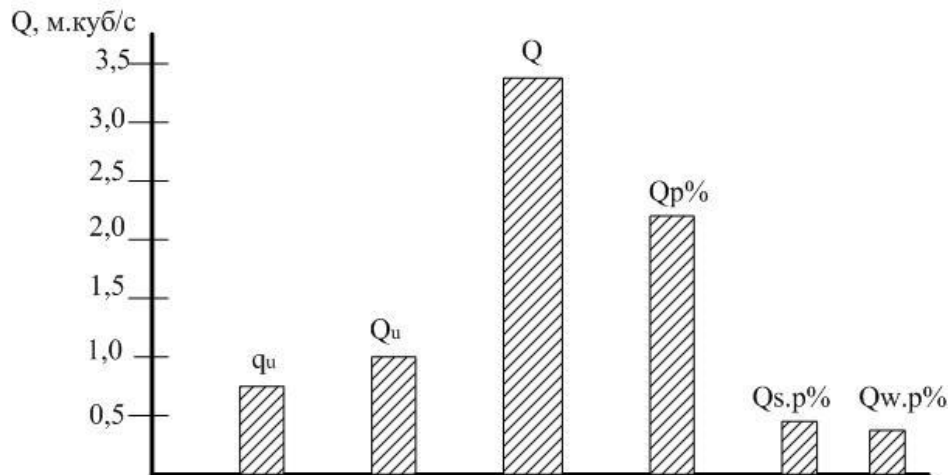


Рисунок 1 – Діаграма. Обґрунтування необхідності та достатності сезонного регулювання стоку

### Питання для самоконтролю

1. Які заходи впроваджені в Україні в процесі проведення еколого-економічних реформ?
2. Що являє собою комплексний гідровузол, яке його призначення?
3. Наведіть приклади комплексних гідровузлів на річках України.
4. Чому токсичні забруднення знижують самоочищення водних об'єктів?
5. Яка схема промислового водопостачання забезпечує найбільшу економію свіжої води?

### Література

1. Василенко О.А. Литвиненко Л.Л. Раціональне використання та охорона водних ресурсів: навч. посібник. Рівне: НУВПГ. 2006. 247 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/1894/1/004%20zah.pdf>.
2. Монастирський В.Р. Природні ресурси і рекреаційні комплекси світу : навч. посібник. Львів : ННБК «АТБ», 2022. 200 с. URL: <https://tinyurl.com/2nczr3xm>.
3. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води: навч. посібник. К.: ДІА, 2022. 240 с. URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/KhilchevskiyV.K.WaterobjectsofUkraine3.08.22..pdf>.

## Додатки

Додаток А

Ординати  $K_p\%$  кривої  $\gamma$  - розподілу для  $C_s = 2C_v$

P%	$C_v$									
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
0.01	2.52	3.20	3.98	4.85	5.81	6.85	7.98	9.21	10.5	11.8
0.1	2.19	2.70	3.24	3.87	4.56	5.30	6.08	6.91	7.75	8.66
0.5	1.94	2.32	2.74	3.20	3.68	4.19	4.74	5.30	5.90	6.50
1.0	1.82	2.16	2.51	2.89	3.29	3.71	4.15	4.69	5.05	5.53
10	1.40	1.54	1.67	1.89	1.94	2.06	2.19	2.30	2.40	2.50
85	0.69	0.59	0.50	0.42	0.34	0.28	0.19	0.16	0.12	0.09
90	0.64	0.53	0.44	0.35	0.27	0.21	0.15	0.10	0.07	0.05
95	0.56	0.45	0.34	0.26	0.18	0.12	0.08	0.05	0.03	0.02
97	0.52	0.39	0.29	0.20	0.14	0.09	0.05	0.03	0.02	0.01

Додаток Б

### Середньорічні витрати води

Варіант 1

Таблиця Б.1 – Середньорічні витрати води р. Тиса – м. Рахів

$$F = 1070 \text{ км}^2$$

роки	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	20.0	24.6	29.6	21.8	19.7	20.8	26.0	19.9	14.9	35.9	24.4	28.2	30.4
роки	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	20.6	24.3	12.6	28.5	16.8	24.9	26.5	27.9	23.6	27.8	24.9	39.0	22.6

Додаток В

### Умовні позначки вихідних даних

1	<i>Категорія надійності подачі води</i>	$K_B/\text{с}$
2	Водоспоживання об'єкту	$q_U, \text{ м}^3/\text{с}$
3	Площа водозбору	$A, \text{ км}^2$
4	Середньобагаторічний модуль стоку	$\bar{q}, \text{ л/с км}^2$

5	Параметр $\alpha$ в формулі (2)	$\alpha$
6	Тип внутрішньорічного розподілу стоку	$T_c$
7	Середньобагаторічна каламутність	$\rho$ , г/м <sup>3</sup>

Додаток Г

Дані для проектування по варіантах

Позначки даних	Варіант											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$K_{B/C}$	III	II	III	III	II	III	I	II	III	I	II	III
$q_U$	0.15	0.19	0.73	0.18	0.7	0.74	0.60	0.80	0.9	0.62	0.22	0.32
$A$	330	300	960	240	940	920	900	890	880	870	215	280
$\bar{q}$	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1
$\alpha$	1,43	1.3	1.5	1.46	1.47	1.48	1.52	1.49	1.51	1.52	1.3	1.35
$T_c$	III	II	IV	II	IV	IV	II	IV	I	IV	I	I
$\rho$	100	120	140	160	180	200	180	160	140	120	100	80

продовження додатку Г

Позначки даних	Варіант											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$K_{B/C}$	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
$q_U$	0.71	0.91	0.35	0.77	0.95	1.1	0.83	0.25	1.2	0.80	1.1	1.1
$A$	820	800	260	760	740	730	720	180	700	695	690	685
$\bar{q}$	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3
$\alpha$	1.54	1.55	1.33	1.47	1.51	1.5	1.45	1.35	1.4	1.56	1.58	1.6
$T_c$	III	II	I	III	IV	I	II	I	I	IV	I	II
$\rho$	100	120	140	160	180	200	180	160	140	120	100	80

Модульні коефіцієнти  $K$ 

$T_c$	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

## Чорноморське узбережжя

I	0,7	0,3	0,95	3,0	1,0	0,6	0,3	0,65	0,8	1,1	1,7	0,9
---	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----

## Ліві притоки середнього Дніпра

II	0,4	0,4	2,3	4,5	1,3	0,7	0,4	0,2	0,3	0,4	0,6	0,5
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

## Південний Буг

III	0,2	0,25	0,25	3,0	4,9	0,9	0,4	0,3	0,25	0,4	0,55	0,6
-----	-----	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	------	-----

## Сіверський Донець

IV	0,1	0,1	0,1	0,9	5,5	1,4	0,6	0,6	0,8	1,0	0,7	0,2
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Питання для самоконтролю**

1. Яким чином зазвичай проявляється обмеженість водних ресурсів?
2. Через які ознаки можна оцінити соціальне та еколого-економічне значення водних ресурсів?
3. Назвіть основними передумовами виникнення сучасних еколого-економічних проблем у сфері водокористування.
4. Які аварійні антропогенні впливи на водні екосистеми є особливо небезпечні?
5. За яких умов виникає проблема вторинного хімічного та мікробіологічного забруднення води?

## Практичне заняття. Водогосподарські розрахунки по водосховищу

**Мета заняття:** набути навички аналізувати можливості використання водного об'єкта для розв'язання питань з водопостачання будівель.

**Завдання.** За даними додатків В, Г визначити достатність водосховища для водопостачання; розрахувати об'єми сезонного регулювання стоку.

### Інформація до розв'язання

Сумарна водовіддача із водосховища  $Q_{br}$  у загальному вигляді буде мати такий вигляд:

$$Q_{br} = (1.1 - 1.2) Q_u, \quad (1)$$

де 1.1 - 1.2 - коефіцієнт, що враховує втрати на випаровування, фільтрацію, льодоутворення.

Порівнюються  $Q_{br}$  з  $Q_{p\%}$  та  $\bar{Q}$ , після чого з'ясовується достатність водотоку для забезпечення водопостачання. Якщо  $Q_{br} \leq 0.8Q_{p\%}$ , досить сезонного регулювання стоку, якщо  $Q_{p\%} < Q_{br} < 0.8\bar{Q}$ , необхідне багаторічне регулювання стоку, якщо  $Q_{br} > 0.8\bar{Q}$ , або  $Q_{br} > \bar{Q}$ , необхідне також багаторічне регулювання, але сток може бути зарегульованим тільки на 80%. У цьому випадку  $Q_{br} = 0.8\bar{Q}$ . Коефіцієнт 0.8 приймається для забезпечення в нижньому б'єфі за греблею в маловодний період витрат, достатніх для задовільного біологічного та санітарного стану річки.

### **Розрахунки об'єму водосховища сезонного (впродовж року) регулювання стоку**

Покриття водоспоживання забезпечується за рахунок стоку маловодного року розрахункової забезпеченості  $p\%$ , а об'єм водосховища розраховується за допомогою інтегральної кривої стоку.

Середньомісячні витрати  $Q_{m.m}$  визначаються для маловодного року за модульним коефіцієнтом  $K$  (додаток Д):

$$Q_{m.m} = K Q_{p\%}. \quad (2)$$

Потім визначаються ординати інтегральної кривої стоку, що виражають залежність між об'ємом стоку  $V$  та часом  $T$ , за який цей об'єм пройшов через намічений створ річки.

Таблиця 1 - Обчислення ординат гідрографа та інтегральної кривої стоку

Місяць	Модульний коефіцієнт $K$	Середньомісячна витрата $Q_{m.m}, \text{м}^3/\text{с}$	Об'єм стоку $V$ , млн.м <sup>3</sup>	
			Місячний	Зростаючим підсумком
I	0.2	0.3	0.789	0.789
II	0.25	0.375	0.986	1.775
III	0.25	0.375	0.986	2.761

IV	3.0	4.5	11.835	14.596
V	4.9	7.35	19.33	33.926
VI	0.9	1.35	3.55	37.476
VII	0.4	0.6	1.578	39.054
VIII	0.3	0.45	1.183	40.237
IX	0.25	0.375	0.986	41.223
X	0.4	0.6	1.578	42.801
XI	0.55	0.825	2.169	44.97
XII	0.6	0.9	2.367	47.337
XIII	0.2	0.3	0.789	48.126
XIV	0.25	0.375	0.986	49.112
XV	0.25	0.375	0.986	50.098
XVI	3.0	4.5	11.835	61.933
XVII	4.9	7.35	19.33	81.263

Примітка. Дані в таблиці наведені для  $Q_{p\%} = 1.5 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Об'єм стоку, млн.м<sup>3</sup>, за кожен місяць визначається за формулою:

$$\Delta V = Q_{m.m} \cdot \Delta T = 2,6298 Q_{m.m} , \quad (3)$$

де 2,6298 - кількість мільйонів секунд у місяці.

Об'єм стоку за певний проміжок часу  $T$ :

$$V_T = \sum_{t_0}^t \Delta V , \quad (4)$$

де  $t_0$  та  $t$  - відповідно початковий та кінцевий моменти часу.

Всі розрахунки зводяться в табл. 3.10. Перевірка:

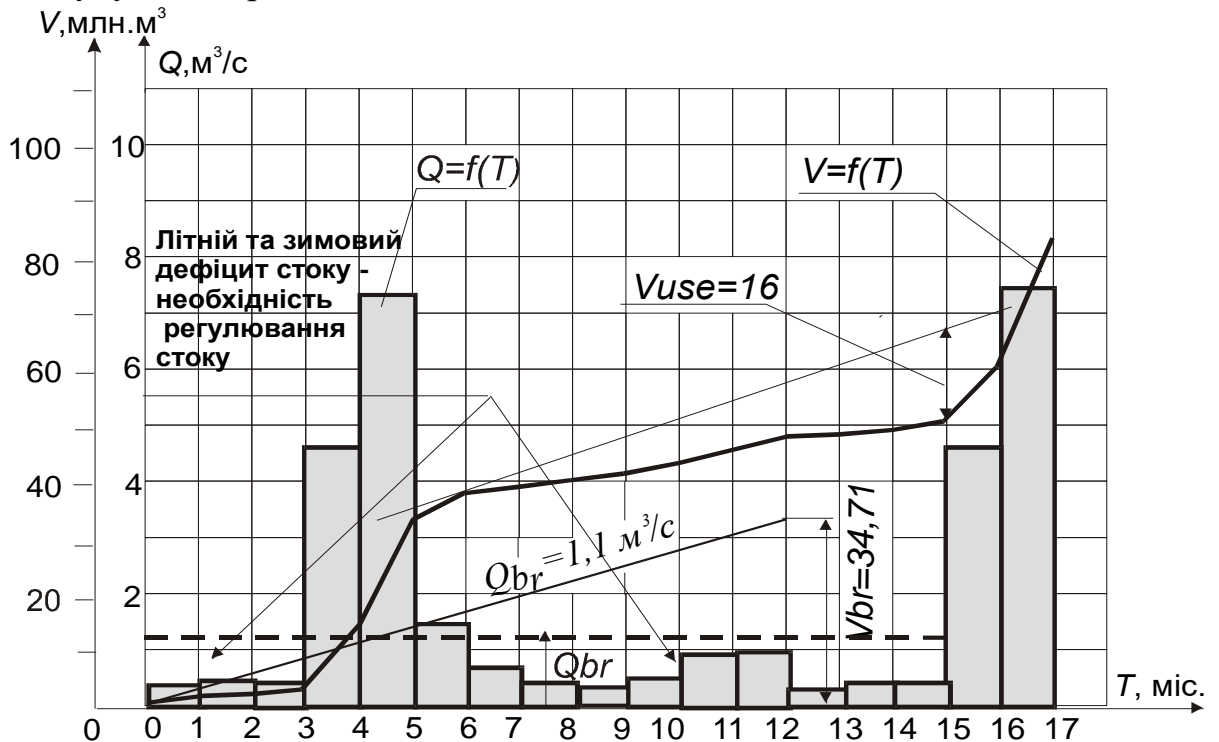
$$V_{1-12} = 31,5576 Q_{p\%} , \quad (5)$$

До 12 місяців року, що розглядається, «добудовують» 4 - 5 місяців наступного року таким чином, щоб охопити кінець наступної повені.

За даними табл. 3.10 будують графіки гідрографа та інтегральної кривої стоку (рис. 1).

Рисунок 1 - Графіки гідрографа та інтегральної кривої стоку

Будується променевий масштаб, для чого визначається  $V_{br}$  в точці, що



відповідає 12-и місяцям:

$$V_{br} = 31,5576Q_{br}, \quad (6)$$

В точці перегину інтегральної кривої проводиться дотична, паралельна лінії променевого масштабу  $Q_{br}$ . Праворуч від точки дотику сумарна лінія водоспоживання проходить вище сумарної лінії стоку. Найбільше розходження між ними по вертикалі становить в масштабі осі ординат річний корисний об'єм водосховища  $V_{USE}$  (див. рис.3.3).

Мертвий об'єм  $V_{DZL}$ , призначений для осідання наносів, млн.м<sup>3</sup>:

$$V_{DZL} = 10^{-6} \frac{\rho}{\rho_{sed}} \bar{V} T, \quad (7)$$

де  $\rho$  - середньобогаторічна каламутність, г/м<sup>3</sup> (див.завдання);

$\rho_{sed}$  - густина наносів,  $\rho_{sed} = 1.1 - 1.2$  т/м<sup>3</sup>;  $\bar{V}$  - середньобогаторічний річковий сток, млн.м<sup>3</sup>;  $T$  - період експлуатації водосховища - 50, 100, 200 років, для IV, III, II класу капітальності

$$\bar{V} = 31.5576 \bar{Q} \quad (8)$$

Повний об'єм водосховища  $V_{full}$ :

$$V_{full} = V_{UZE} + V_{DZL}, \quad (8)$$



$V_{DZL}$  - звичайно в декілька разів менше  $V_{UZE}$ .

Додаток В

Умовні позначки вихідних даних

1	<i>Категорія надійності подачі води</i>	$K_{B/C}$
2	Водоспоживання об'єкту	$q_U, \text{м}^3/\text{с}$
3	Площа водозбору	$A, \text{км}^2$
4	Середньобагаторічний модуль стоку	$\bar{q}, \text{л/с км}^2$
5	Параметр $\alpha$ в формулі (2)	$\alpha$
6	Тип внутрішньорічного розподілу стоку	$T_c$
7	Середньобагаторічна каламутність	$\rho, \text{г/м}^3$

Додаток Г

Дані для проєктування по варіантах

Позначки даних	Варіант											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$K_{B/C}$	III	II	III	III	II	III	I	II	III	I	II	III
$q_U$	0.15	0.19	0.73	0.18	0.7	0.74	0.60	0.80	0.9	0.62	0.22	0.32
$A$	330	300	960	240	940	920	900	890	880	870	215	280
$\bar{q}$	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1
$\alpha$	1,43	1.3	1.5	1.46	1.47	1.48	1.52	1.49	1.51	1.52	1.3	1.35
$T_c$	III	II	IV	II	IV	IV	II	IV	I	IV	I	I
$\rho$	100	120	140	160	180	200	180	160	140	120	100	80

продовження додатку Г

Позначки даних	Варіант											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$K_{B/C}$	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
$q_U$	0.71	0.91	0.35	0.77	0.95	1.1	0.83	0.25	1.2	0.80	1.1	1.1
$A$	820	800	260	760	740	730	720	180	700	695	690	685
$\bar{q}$	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3
$\alpha$	1.54	1.55	1.33	1.47	1.51	1.5	1.45	1.35	1.4	1.56	1.58	1.6
$T_c$	III	II	I	III	IV	I	II	I	I	IV	I	II
$\rho$	100	120	140	160	180	200	180	160	140	120	100	80

Додаток Д

Модульні коефіцієнти  $K$

$T_c$	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Західні регіони												
I	0,7	0,3	0,95	3,0	1,0	0,6	0,3	0,65	0,8	1,1	1,7	0,9
Ліві притоки середнього Дніпра												
II	0,4	0,4	2,3	4,5	1,3	0,7	0,4	0,2	0,3	0,4	0,6	0,5
Південні регіони												
III	0,2	0,25	0,25	3,0	4,9	0,9	0,4	0,3	0,25	0,4	0,55	0,6
Центральні регіони												
IV	0,1	0,1	0,1	0,9	5,5	1,4	0,6	0,6	0,8	1,0	0,7	0,2

### **Питання для самоконтролю**

1. Що являє собою комплексний гідровузол, яке його призначення?
2. Наведіть приклади комплексних гідровузлів на річках України.
3. Яке значення водосховищ у комплексному використанні водних ресурсів?
4. Яке значення мало Каховське водосховище для економіки України?

## Практичне заняття. Визначення та оцінка впливу водовідбору промвузла на режим використання водного джерела

**Мета заняття:** набути навички оцінювання достатності витрат річки для забезпечення потреб промислових будівельних об'єктів, опанувати навички аналізувати умови спуску стічних вод у водійму.

### *Визначення достатності витрат річки для забезпечення потреб промвузла*

Річка може бути джерелом водопостачання, якщо її видатковий режим після забору води на потреби промвузла буде гарантовано розрахунковою санітарною витратою нижче водозабору. Розрахунок виконують шляхом зіставлення загального водовідбору на 1-му етапі реконструкції (див. **Форму 6, табл.Ф. 6.4, гр.1**) із середнім багаторічним  $Q_{сбр}$  за рівнянням

$$Q_{в/з} < (0,7...0,8)Q_{сбр}. \quad (1)$$

Якщо  $Q_{в/з} > Q_{з}$ , то можливі такі рішення:

- а) використання декількох джерел (групова чи районна схеми водопостачання);
- б) оцінити можливість використання на наступних етапах реконструкції;
- в) зменшити продуктивність водоемких підприємств промвузла;
- г) переглянути склад промвузла;
- д) передбачити регулювання стоку.

Значення величин  $Q_{см.}$ ,  $Q_{ор.}$ ,  $Q_{сбр.}$  студенти обирають за власним варіантом згідно журналу викладача за **Додатком 3**.

Необхідність і вид регулювання стоку (сезонний, багаторічний), достатність витрат нижче водозабірних споруд промвузла уточнюють шляхом зіставлення значень  $Q_{в/з}$  із середньомісячним  $Q_{ср.міс.95\%}$  за рівнянням

$$Q_{сан} = Q_{ср.міс.95\%} - Q_{в/з} > K \cdot Q_{ср.міс.95\%} = Q_{сан.мін}. \quad (2)$$

де  $Q_{сан}$  - фактична витрата нижче водозабору,  $m^3/c$ ;

$K$  - коефіцієнт, рівний 0,3 при  $Q_{ср.міс.95\%} = 0,5-10 m^3/c$ .

Якщо нерівність (3.2) виконується, то річку можна використовувати як джерело водопостачання без регулювання стоку; якщо  $Q_{сан} < Q_{сан.мін.}$  чи  $Q_{сан} < 0$  - потрібне регулювання стоку.

### *3.3. Розрахунок і оцінка умов спуску стічних вод у річку*

Розрахунки дозволяють оцінити санітарно-екологічну обстановку при скиданні стічних вод у річку, визначити основні напрямки інженерно-технічних заходів, що забезпечують екологічну безпеку району розвитку водогосподарського комплексу.

Для виконання розрахунків треба визначитися з басейном річки і якістю річкової води в рекомендованих межах **Додатку 4**.

У таблиці якості річкової води необхідно визначити перелік токсичних речовин, що містяться в стічних водах підприємств промвузла з концентрацією близькою до ГДК. Потім виконують оцінку якості річкової води (за даними **Додатку 4**) шляхом порівняння визначених показників з нормативними відповідно до діючих класифікацій за завислими речовинами, загальним

солевмістом, бактеріальним забрудненням, специфічним забрудненням та ін., що вивчають в теоретичному курсі дисципліни.

Стосовно витрат річки необхідно визначитися з характеристикою русла за коефіцієнтами звивистості, шерохватості, намітити контрольні створи залежно від виду водокористування (Додаток 5).

### *Розрахунок кратності розбавлення стічних вод водами річки*

Випуск стічних вод у річку треба здійснювати з урахуванням забезпечення найбільш повного змішування і розведення водами річки у місці їх скиду.

Самоочищення природних вод відбувається при багаторазовому (1:7-1:10) розведенні чистою водою. Величиною, що показує у скільки разів знизилася концентрація забруднюючої речовини в стічних водах на розглянутій ділянці річки, є значення кратності розведення

Реальну кратність розведення  $n$  визначають за формулою

$$n = \frac{\gamma \cdot Q + q_{\bar{n}\bar{e}}}{q_{\bar{n}\bar{e}}}, \quad (3)$$

де  $\gamma$  - коефіцієнт, який враховує ступінь повноти змішування і розведення стічних вод у водному об'єкті:

$Q$  – середньомісячна витрата річки 95% забезпеченості, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{\text{ск.}}$  - витрата стічних вод, що надходить у річку від МОС, м<sup>3</sup>/с (розраховується за балансовою схемою промвузла, **Форма 4**).

Коефіцієнт  $\gamma$  знаходять за формулою

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q_{\bar{n}k}} \cdot \beta}, \quad (4)$$

$$\text{де } \beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} = \frac{1}{2,72 \alpha \sqrt[3]{L}}.$$

де  $e$  – основа натурального логарифма;

( $\beta$  - коефіцієнт, що враховує гідравлічні фактори змішування;

$L$  – відстань від місця випуску до контрольного створу за фарватером річки, м.

Коефіцієнт  $\alpha$  знаходять за формулою

$$\alpha = \varphi \zeta \cdot \sqrt[3]{\frac{\dot{A}}{q_{\bar{n}k}}} \quad (5)$$

Для розрахунків слід прийняти  $\varphi = 1,1 \div 1,7$ ,

Коефіцієнт  $\zeta$  треба прийняти при випуску стічних вод біля берега  $\zeta = 1$ , при випуску в стрижні річки -  $\zeta = 1,5$ .

$D$  – коефіцієнт турбулентної дифузії.

Коефіцієнт  $D$  залежно від характеристики річки визначають за формулами:

а) для рівнинних річок за формулою М.В.Потапова:

$$D = \frac{V_{\bar{n}\bar{d}} \cdot \dot{I}_{\bar{n}\bar{d}}}{200} \quad (6)$$

### Додаток 5.

Таблиця Д.5 - Коефіцієнти шерохватості для відкритих русел

Характеристика русла	n	$\frac{1}{n}$
Природні русла у дуже сприятливих умовах (чисте , пряме, незасмічене)	0,025	40
Русла постійних водотоків рівнинного типу великих і середніх річок у сприятливих умовах стану ложа і швидкості води	0,03	33,8
Порівняно чисті русла постійних рівнинних водотоків, у тому числі звивисті	0,04	25
Русла великих і середніх річок значно засмічені, звивисті й частково засмічені, кам'янисті з неспокійним плином	0,05	20
Русла зі слабким плином і заплави значно зарослі з великими глибокими вимоїнами. гірського типу	0,08	12,5
Русла болотного типу ( зарості, на багатьох місцях майже стояча вода)	0,133	7,5

### Питання для самоконтролю

1. Які умови необхідні для живлення підземних вод атмосферними опадами?
2. Які компоненти складають рівняння водного балансу?
3. Яким чином отримують кількісну оцінку складових компонентів водного балансу?
4. Назвіть техногенні фактори інфільтраційного живлення підземних вод.
5. Які заходи необхідні для інженерного захисту від підтоплення міських територій?

## Рекомендована література

### Основна:

1. Даус М. Є., Отченаш Н. Д. Гідроекологічні основи водного господарства, раціональне використання та охорона водних ресурсів : конспект лекцій. Одеса : Одеський державний екологічний університет. 2018. 193 с. URL: <https://tinyurl.com/4hzwfky5>
2. Корвер Арно, Еверс Лоренц, Ф'юстер Ерік, Галбрейт Деклан : Посібник з технологій водопостачання в умовах надзвичайних ситуацій. Берлін : Buch- und Offsetdruckerei. 2020. 227 с. URL: <https://tinyurl.com/yck2f2y4>
3. Монастирський В.Р. Природні ресурси і рекреаційні комплекси світу : навч. посібник. Львів : ННБК «АТБ», 2022. 200 с. URL: <https://tinyurl.com/2nczr3xm>
5. Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Водні об'єкти України та рекреаційне оцінювання якості води: навч. посібник. К.: ДІА, 2022. 240 с. URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/KhilchevskiyV.K.WaterobjectsofUkraine3.08.22..pdf>

### Додаткова:

1. Василенко О.А. Литвиненко Л.Л. Раціональне використання та охорона водних ресурсів: навч. посібник. Рівне: НУВІП. 2006. 247 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/1894/1/004%20zah.pdf>
2. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навч. посіб. з дисциплін "Водопостачання промислових підприємств", "Системи водовідведення промислових підприємств" для студентів ЗДІА спец. 192 "Буд-во та цивільна інженерія" Д. В. Прутцьков, В. І. Сокольник, О. Г. Добровольська [та ін.] / ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 194 с. URL: <http://ebooks.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/2018/f359207.pdf>
3. Раціональне використання водних ресурсів як фактор забезпечення національної безпеки України : матеріали VII Пленуму Спілки економістів України та Всеукраїнської науково-практичної конференції). Київ. 2012. 299 с. URL: <http://seu.org.ua/wp-content/uploads/2013/12/voda.pdf>
4. Munné A., Solà C. (2023). Indirect potable water reuse to face drought events in Barcelona city. Setting a monitoring procedure to protect aquatic ecosystems and to ensure a safe drinking water supply Science of the Total Environment.866.161339. URL: <https://tinyurl.com/3d5ky73e>.
5. Stef H.A.(2022). Integrated water resources management in cities in the world: Global solutions. Sustainable Cities and Society.86.104137, URL: <https://tinyurl.com/mus5u7xf>
6. Томільцева А.І., Яцик А.В., Мокін В.Б. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с. URL: <https://iem.org.ua/images/librery/4.pdf>
7. Фещенко В.П. Раціональне використання та відновлення водних ресурсів : монографія. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2016. 250 с.

URL: <https://docplayer.net/71694284-Racionalne-vikoristannya-ta-vidnovlennya-vodnih-resursiv.html>

8. Хвесик М. А. Водні ресурси у промисловому комплексі України. К. : РВПС України НАН України, 2004. 56 с.

9. Хвесик М. А. Продуктивність водоресурсних джерел України: теорія і практика. Київ, 2007. 412 с.

10. Хвесик М. А. Основні тенденції та закономірності використання водних ресурсів у системі суспільного відтворення. URL:<https://tinyurl.com/nhchbjr6>

11. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р., Кравчинський Р. Л., Чунарьов О. В. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник. К. : ВПЦ «Київський університет», 2015. 172 с.

12. Щербак В.І. Інтегроване управління водними ресурсами : наук. збірник / відп. редактор В.І. Щербак. 2014. 379 с.

### **Інформаційні ресурси:**

1. Водний кодекс України. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>

2. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с. URL: [https://polyplastic.ua/files/DSTU/dbn\\_v.2.5\\_74\\_2013.pdf](https://polyplastic.ua/files/DSTU/dbn_v.2.5_74_2013.pdf)

3. ДСТУ 7525:2014 Національний стандарт України. Вода питна. Вимоги та контролювання якості . [Чинний від 2015-02-01] Вид. офіц. Київ: Міністерство економічного розвитку України, 2014. 26 с. URL: [http://iccwc.org.ua/docs/dstu\\_7525\\_2014.pdf](http://iccwc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf) (дата звернення: 28.09. 2019).

4. ДБН В.2.5 – 75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди: Основні положення проектування. . [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 219 с. <https://armis.com.ua/docs/dbn/102.1.-DBN-V.2.5-75-2013-Kanalizatsiya-Zovnishni-merezhi.pdf>. (дата звернення: 15.09. 2019).

ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». [Чинний від 2010-05-12]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 35 с.