

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

*МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ*

до виконання практичних,  
розрахунково-графічного завдань та самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ  
ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ»**

*(для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання  
спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво,  
водна інженерія та водні технології)*

**Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2020**

Методичні рекомендації до виконання практичних, розрахунково-графічного завдань та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Підвищення екологічної безпеки систем питного водопостачання» (для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. О. П. Галкіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 58 с.

Укладач канд. техн. наук О. П. Галкіна

Рецензент

**С. С. Душкін**, доктор технічних наук, професор кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод, протокол № 1 від 29 серпня 2019 р.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ.....	5
ЗМ 1 ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ.....	5
Практичне заняття № 1 Поняття екологічної безпеки, правові аспекти екологічної безпеки систем питного водопостачання .....	5
Практичне заняття № 2 Нормування вмісту забруднюючих речовин в оточуючому середовищі.....	7
Практичне заняття № 3 Окисно-відновний потенціал як показник екологічної безпеки якості води.....	15
Практичне заняття №4 Визначення меж I, II, III поясів зон санітарної охорони (ЗСО) поверхневих джерел водопостачання.....	18
Практичне заняття № 5 Визначення санітарних умов скиду стічних вод у водойму.....	21
Практичне заняття № 6 Визначення екологічної безпеки очисних споруд для водного об'єкту.....	25
ЗМ 2 ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ.....	26
Практичні заняття № 7, 8 Визначення меж I, II, III поясів ЗСО підземних джерел водопостачання.....	26
Практичні заняття № 9, 10 Визначення меж I, II, III поясів ЗСО джерельних вод.....	27
Практичне заняття № 11 Утворення канцерогенних сполук при хлоруванні, вилучення попадання канцерогенів у питну воду.....	28
Практичне заняття № 12 Екологічні аспекти використання діоксиду хлора у водопідготовці.....	29
2. РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ .....	31
2.1 Структура і оформлення РГЗ .....	31
2.2 Покращення екологічної безпеки питної води і розрахунку потреби води для здорового функціонування організму людини .....	32
2.2.1 Кластерна структура води .....	34
2.2.2 Фізіологічна норма споживання води .....	37
2.3 Ознаки питної води .....	39
2.3.1 Окисно-відновний потенціал води .....	40
2.3.2 Методи зниження та методика визначення ОВП питної води .....	42
3 САМОСТІЙНА РОБОТА.....	48
СПИСОК ДЖЕРЕЛ .....	54
ДОДАТКИ .....	56

## ВСТУП

У сучасному світі спостерігається тенденція до погіршення якості питної води, що зводить проблему забезпечення населення якісною питною водою актуальною. Вода має життєве значення, тому є об'єктом екологічної безпеки. Відомо, що водопровідна вода централізованої системи водопостачання потребує доочищення і активації до фізіологічної повноцінності.

Якість питної води з децентралізованих джерел (шахтних колодязів, індивідуальних свердловин тощо), якими користуються близько 30 % населення України, має тенденцію до постійного погіршення. Серед інших проблем систем питного водопостачання виділяють також застарілі водоочисні технології, критичний стан основних фондів тощо, що підтверджується статистичними даними (за 25 років кількість аварійних водопровідних мереж в Україні збільшилася в 15 разів). У свою чергу значні втрати води призводять до підняття рівня ґрунтових вод, підтоплення міських територій, руйнування дорожніх покриттів і підземних забудов тощо.

Незадовільне питне водопостачання становить реальну загрозу для генофонду нації і безпеки країни. Екологічній безпеці систем господарсько-питного водопостачання властива недостатня вивченість і відсутність стрункої єдиної основи з системним урахуванням різноманітних факторів небезпеки. Для її успішного рішення необхідно шукати нові теоретичні та практичні підходи.

Для забезпечення життєдіяльності фізіологічного забезпечення людського організму необхідно близько 2 л води на добу. Вживання неякісної води (наприклад, для пиття чи приготування їжі) може мати негативний вплив на здоров'я людини. Природна вода може стати причиною ряду захворювань, що викликаються недовідком або надлишком в ній окремих хімічних елементів і сполук, таких як йод, фтор, марганець, магній тощо.

Мета викладання навчальної дисципліни «Підвищення екологічної безпеки систем питного водопостачання» – забезпечення майбутніх фахівців знаннями та вміннями з сучасних засобів та методів досягнення екологічно безпечної питної води з урахуванням негативного впливу на довкілля та здоров'я людини.

Метою виконання розрахунково-графічного завдання далі – РГЗ на тему: «Особливості підвищення екологічної безпеки питної води» є закріплення знань і пояснення поняття «екологічна безпека» систем питного водопостачання, а також формування і закріплення навичок методики визначення окисно-відновного потенціалу долі – ОВП питної води; формування навичок оцінювати, аналізувати й давати рекомендації щодо екологічної безпеки якості питної води та її покращення згідно з отриманими результатами.

## 1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

### ЗМ 1 ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ

#### Практичне заняття № 1

#### Поняття екологічної безпеки, правові аспекти екологічної безпеки систем питного водопостачання

*Мета заняття:* закріплення теоретичних знань щодо визначення поняття екологічної безпеки систем питного водопостачання та його правові аспекти.

*Ключові терміни:*

- екологічна безпека;
- екологічна ситуація питної води в Україні;
- стан якісної питної води в Україні;
- екологічні нормативи;
- правові аспекти систем питного водопостачання.

*Питання для обговорення на практичному занятті*

1. Поняття екологічної безпеки та область його застосування.
2. Екологічна ситуація та стан якісної питної води в Україні та закордоном.
3. Екологічні нормативи та порядок їхнього встановлення.
4. Правові аспекти систем питного водопостачання.
5. Закон «Про охорону навколишнього природного середовища» та основні принципи охорони навколишнього природного середовища.
6. Водний кодекс та основні його принципи.

#### *Практична частина заняття*

**Завдання 1.** Проаналізувати картину, що відображає рівень екологічної безпеки в залежності від інтенсивності дії того чи іншого екологічного чинника (рис. 1.1) а також виділіть перехідні бар'єри. Під екологічним фактором мається на увазі елемент довкілля, здатний впливати на людину і живі організми, наприклад, це світло, температура, вміст хімічних елементів і сполук, рівень кислотності тощо.

**Завдання 2.** Охарактеризуйте екологічну ситуацію і стан якості питної води в Україні для наступних водних басейнів та оцініть їхній стан:

- а) басейнів річок і водойм України взагалі;
- б) басейнів Дніпра, Сіверського Дінця, річках Приазов'я, окремих притоків Дністра та Західного Бугу;
- в) басейнів річок Сіверський Донець, Дністер, Дунай, Дніпро, Тисмениця;
- г) питної води в розподільчих мережах.

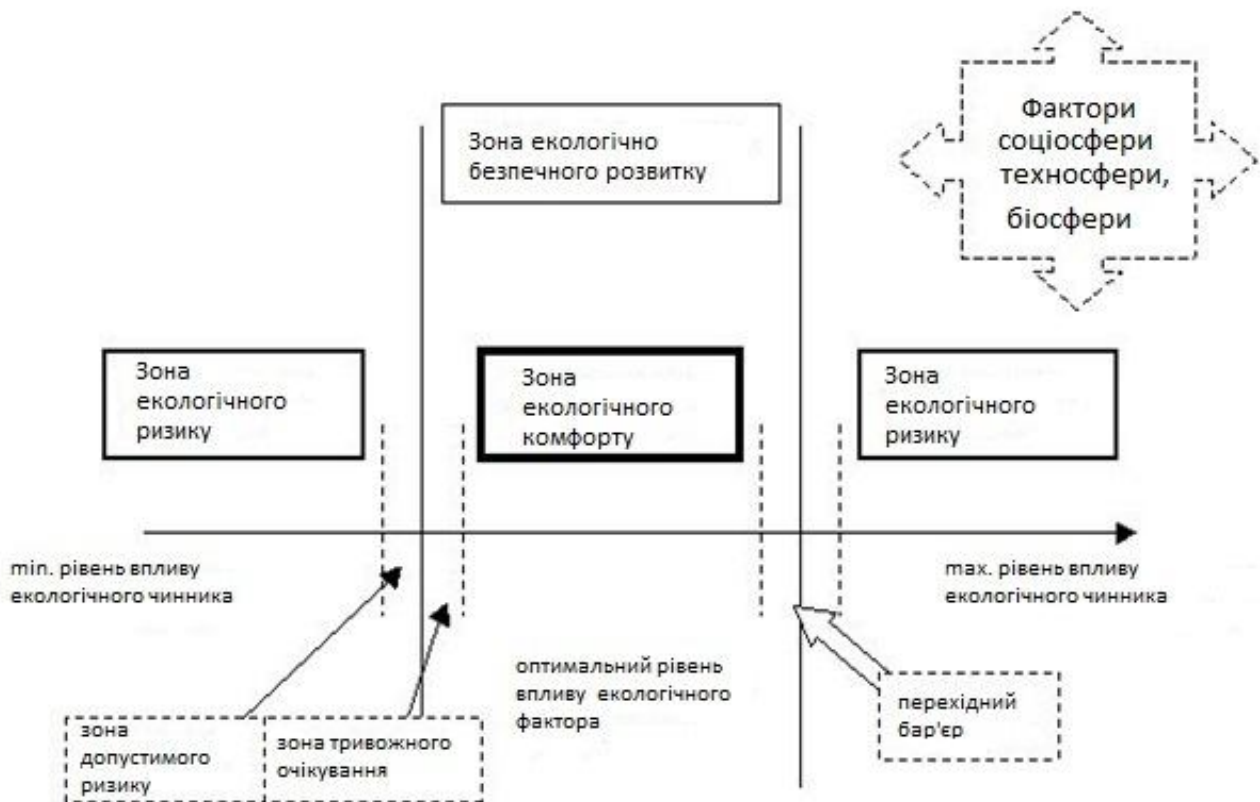


Рисунок 1.1 – Діаграма стану екологічно безпечного розвитку (зони екологічного комфорту) від стану екологічного ризику

**Завдання 3.** Наведіть аналіз критеріїв, закріплених системою екологічних нормативів, якості навколишнього природного середовища (поняття екологічної безпеки) і правові рамки, якими вони обумовлені. А також охарактеризуйте екологічні нормативи.

**Завдання 4.** Наведіть аналіз встановлених законом (кодексом, нормативними актами) принципів навколишнього природного середовища та їхню роль у правовій базі систем питного водопостачання.

**Завдання 5.** Наведіть ефективні шляхи реалізації та заходи можливої політики раціонального використання і відновлення водних ресурсів та екосистем на найближчі роки для досягнення екологічної безпеки в Україні, які не потребують значних капітальних витрат згідно з правовими нормами.

*Рекомендовані джерела*

1. Джигирей В. С. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища / В. С. Джигирей, В. М. Сторожук, Р. А. Яцюк. – Львів : Афіша, 2001. – 272 с.
2. Про охорону навколишнього природного середовища : Постанова ВРУ № 1268-ХІІ (1268-12) від 26.06.91. – ВВР, 1991. – № 41. – С. 547.
3. Водний кодекс України 1995 р.; зі змінами, від 02.12.2010.

4. Правила охорони вод поверхневих водойм від забруднення зворотними водами : Постанова Кабінету Міністрів України від 25.03.1999 р. № 465.

5. Загальнодержавна цільова програма розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» : затверджена Законом України від 24 травня 2012 року № 4836-VI.

## **Практичне заняття № 2**

### **Нормування вмісту забруднюючих речовин в оточуючому середовищі**

*Мета заняття:* навчитися визначати й оцінювати нормування вмісту забруднюючих речовин в оточуючому середовищі.

*Ключові терміни:*

- забруднення;
- токсичність;
- гранично допустима концентрація (ГДК);
- господарчо-питне водокористування;
- культурно-побутове водокористування;
- рибогосподарське водокористування;
- порогова концентрація;
- лімітуючий показник шкідливості (ЛПШ);
- водний об'єкт підконтрольний.

*Питання для обговорення на практичному занятті*

1. Нормування забруднюючих речовин водних об'єктів.
2. Облік ефекту сумачії при нормуванні забруднень.
3. Порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС). Основні терміни, їх визначення та тлумачення.
4. Контроль за дотриманням встановлених обмежень на скид зворотних вод. Система екологічного контролю.
5. Розрахунок нормативів допустимих скидів.

### ***Теоретична частина заняття***

*Забруднення* – це привнесення у середовище чи виникнення в ній нових фізичних, хімічних, інформаційних або біологічних агентів, які їй не притаманні, або перевищення у часі, що розглядається природного середньо багаторічного рівня концентрації агентів, що перелічені, яка приводить до негативних наслідків.

*ГДК* – це кількість шкідливої речовин у тому чи іншій природному середовищі (воді, повітрі ґрунті та ін), яка віднесена до маси або об'єму його кон-

кретного компоненті, яке при постійному контакті або впливі її визначає за інтервал часу практично не справте впливу на здоров'я людини і не чинить негативних наслідків у його нащадків (Реймерс, 1990).

*Пороговою* називається така концентрація токсичних речовин у воді, при якій можливі лише мінімальні, практично не встановимі зміни якості води. Оскільки цей показник шкідливості визначає характер найбільш вірогідного негативного впливу найменших концентрацій даної речовини, він одержав назву *лімітуючого показника шкідливості* (далі – ЛПШ).

*Водний об'єкт підконтрольний* – (далі – *водний об'єкт*) зосередження природних вод на поверхні суші, яке внесене до кадастру, має характерні форми поширення і риси гідрологічного режиму та належить до природних панок круговороту води: поверхневі води суші, річка, озеро, водосховище, болото, ставок, внутрішнє море.

*Контрольний створ або пункт* ті місця, де мають втримуватись встановлені норми якості води.

*Лімітуючий контрольний створ* – створ для дотримання норм якості, в якому необхідне встановлення найсуворіших обмежень на скид речовин.

*Фоновий створ* – створ, розташований на водному об'єкті безпосередньо до місця впливу скиду з урахуванням напрямку течії.

*Розрахунковий створ* – створ, для якого визначають розрахункові характеристики водного об'єкта.

*Фонова якість* (далі – *ФЯ*) *води* – якість води водного об'єкта, що сформована під впливом природних процесів і усіх джерел надходження домішок, за винятком впливу розглядуваного джерела домішок.

*Асимілююча спроможність* (далі – *АС*) *водного об'єкта* – спроможність водного об'єкта приймати певну масу речовини за одиницю часу без порушення норм якості води у контрольних створах водокористування. АС визначається з урахуванням процесів змішування, розведення і самоочищення домішок у водному об'єкті.

*Витрата води* – кількість води, що протікає через живий переріз за одиницю часу.

*Фактична концентрація речовини* – середньоарифметичне значення даних ряду спостережень за попередні 3 роки за виключенням найменшого і найбільшого чисел ряду.

*Гранично допустимий скид* (далі – *ГДС*) *речовини* – максимально допустима в одиницю часу кількість маси речовини, що відводиться із зворотними водами у поверхневі води, який з урахуванням встановлених обмежень на скид цієї речовини від інших джерел забруднення гарантує дотримання норм її вмісту в заданих контрольних створах водного об'єкта.



*Тимчасово погоджений скид* (далі – *ТПС*) *речовини* – максимально допустима в одиницю часу кількість (маси) речовини, що відводиться із зворотними водами у водний об'єкт, що встановлюється після кожного етапу реалізації Плану заходів щодо досягнення ГДС речовин.

*План заходів щодо досягнення ГДС речовин* – сукупність технічних та вартісних характеристик заходів та споруд, ув'язаних за строками реалізації та спрямованих на Поетапне досягнення величини ТПС та ГДС речовин.

*Вода зворотна* – вода, яка повертається за допомогою технічних споруд та засобів з господарської ланки круговороту води до його природних ланок (річкової, озерної, підземної) у вигляді стічної, скидної або дренажної води.

*Вода стічна* – вода, що утворюється в процесі господарсько-побутової та виробничої діяльності, а також при відведенні з забудованої території стоку атмосферних опадів.

*Вода скидна* – вода, що відводиться від зрошувальних сільськогосподарських угідь, забудованих територій, які поливають.

*Вода дренажна* – вода, що профільтруується у дренаж з тіла гідротехнічної споруди або фундаменту, а також з очисних споруд фільтруючого типу, підтоплюваної території підприємства, осушувального (зрошувального) земельного масиву.

***Система екологічного контролю, екологічна експертиза.*** Теоретично регулювання економічних і екологічних показників управління якістю навколишнього середовища можливе у трьох варіантах.

1. Під пріоритетом екологічних інтересів шляхом істотного обмеження, заморожування і стабілізації розвитку продуктивних сил суспільства з метою скорочення до мінімуму господарського навантаження на природне середовище. Але такий шлях вступає в суперечність із законами суспільного розвитку. Він веде до деградації суспільства як соціального організму.

2. Під пріоритетом економічних інтересів шляхом активного перетворення природи згідно потребам матеріального виробництва. Цей шлях суперечить законам розвитку природи, веде до деградації природного середовища і, отже, загрожує існуванню людського суспільства.

3. Забезпечення якості навколишнього середовища на основі науково обгрунтованого і раціонального регулювання співвідношення економічних і екологічних інтересів з метою збереження оптимального, тобто найсприятливішого для життя людини і його природного оточення процесу обміну речовини і енергії.

Такий метод регулювання взаємодії суспільства і природи отримав назву управління якістю навколишнього середовища. планування охорони природного середовища. Його задача – забезпечення оптимального співвідно-

шення екологічних і економічних, інтересів на відповідному етапі розвитку науково-технічного процесу (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Схема управління якістю довкілля

Оцінка природного середовища	Контроль
Планування	Стандарти
Матеріальне забезпечення	Наукові дослідження
Законодавство	Підготовка кадрів
Органи управління	Екологічна освіта

Організація виконання заходів, що плануються і еколого-правових розпоряджень законодавства здійснюється за допомогою екологічного контролю.

*Перелік джерел і матеріалів, якими слід керуватися при проведенні експертизи стандартів та інших нормативних документів:*

1. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України.
2. Про державний догляд за додержанням стандартів, норм і правил та відповідальність за їх порушення : Декрет КМ України.
3. Про стандартизацію і сертифікації : Декрет КМ України.
4. ДСТУ 1.0-93 Державна система стандартизації України. Основні положення.
5. Положення про Технічний комітет і стандарт і МНП ТК82 «Охорона навколишнього природного середовища і раціональне використання ресурсів України».
6. Інструкція про здійснення державної екологічної експертизи : затверджено наказом Мінекобезпеки України від червня 1995 р. № 55.

### ***Практична частина заняття***

*Облік ефекту сумачії при нормуванні забруднень.* Сумарна присутність у повітрі або воді різних забруднень викликає в ряді випадків ефект посилення дії через схожість токсичної дії ряду речовин і через взаємне посилення (синергичний ефект) дії різних речовин. При надходженні у водний об'єкт зі стічними водами кількох забруднюючих речовин з однаковим ЛПШ, в річці має дотримуватися наступне співвідношення:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_3}{ПДК_3} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1. \quad (1.1)$$

де  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – концентрації забруднюючих речовин у річці, відносяться до однієї групи;

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$  – гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин даної категорії водокористування, відносяться до однієї групи лімітуючи показників шкідливості.

Кратність загального (сумарного) розведення ( $n$ ) розраховується за наступною формулою:

$$n = n_H \cdot n_O, \quad (1.2)$$

де  $n_H$  – кратність початкового розбавлення;

$n_O$  – кратність основного розбавлення.

Кратність основного розбавлення визначається за методом Фролова-Родзиллер:

$$n_O = \frac{q_{CM} + \gamma Q_{ПНР}}{q_{CM}}, \quad (1.3)$$

де  $Q_{ПНР}$  – витрата водотоку, що бере участь в основному розведенні на ділянці від створу початкового розведення до контрольного створу  $m^3/c$ :

$$Q_{ПНР} = Q + q - q_{CM}, \quad (1.4)$$

$\gamma$  – коефіцієнт змішування, що показує, яка частина річкового витрати змішується зі стічними водами в максимально забрудненої струмені розрахункового створу:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q} \cdot \beta}, \quad (1.5)$$

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}, \quad (1.6)$$

Тоді коефіцієнт змішування дорівнює:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}}, \quad (1.7)$$

де  $l$  – відстань від випуску до розрахункового створу з урахуванням протяжності зони початкового розведення, м:

$L_\phi$  – відстань від випуску стічних вод до контрольного створу по фарватеру, м;

$\alpha$  – коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови в річці:

$$\alpha = \varphi \zeta \sqrt[3]{\frac{D}{q}}, \quad (1.8)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт звивистості

$$\varphi = \frac{L_{\phi}}{L_{\text{ПР}}}, \quad (1.9)$$

де  $L_{\text{ПР}}$  – відстань від випуску стічних вод до контрольного створу по прямій, м;

$\zeta$  – коефіцієнт, що залежить від місця випуску стічних вод (при випуску біля берега  $\zeta = 1$ , при випуску у стрижень річки  $\zeta = 1,5$ ;

$D$  – коефіцієнт турбулентної дифузії.

Для літнього часу:

$$D = \frac{g v_p H}{37 n C^2}, \quad (1.10)$$

де  $v_p$  – середня швидкість течії води в водотоке, м/с;

$H$  – глибина водотоку, м;

$n$  – коефіцієнт шорсткості ложа річки, визначається за таблицею 3.1;

$C$  – коефіцієнт Шезі, м<sup>0,5</sup>/с:

$$C = \frac{R^y}{n}, \quad (1.11)$$

де  $R$  – гідравлічний радіус потоку, м ( $R = H$ );

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1). \quad (1.12)$$

Для зимового часу (період льодоставу):

$$D = \frac{g v_p R_{\text{ПР}}}{37 n_{\text{ПР}} C_{\text{ПР}}^2}, \quad (1.13)$$

де  $R_{\text{ПР}}$ ,  $n_{\text{ПР}}$ ,  $C_{\text{ПР}}$  – наведені значення, відповідно, гідравлічного радіуса, коефіцієнта шорсткості і коефіцієнта Шезі.

$$R_{\text{ПР}} \approx 0,5H, \quad (1.14)$$

$$n_{\text{ПР}} = n \left[ 1 + \left( \frac{n_{\text{Л}}}{n} \right)^{1,5} \right]^{0,67}, \quad (1.15)$$

де  $n_{\text{Л}}$  – коефіцієнта шорсткості нижньої поверхні льоду.

$$C_{\text{ПР}} = R_{\text{ПР}} \frac{y_{\text{ПР}}}{n}, \quad (1.16)$$

$$y_{\text{ПР}} = 2,5\sqrt{n_{\text{ПР}}} - 0,13 - 0,75\sqrt{R_{\text{ПР}}}(\sqrt{n_{\text{ПР}}} - 0,1). \quad (1.17)$$

При наявності у водоймах стійких вітрових течій для розрахунку кратності загального (сумарного) розбавлення може бути використаний метод М.А. Руффеля. У розрахунках за цим методом розглядаються два випадки:

– випуск в мілководну частину або у верхню третину глибини водойми, забруднена струмисько поширюється вздовж берега під впливом прямого поверхневого течії, що має однакове з вітром напрямком;

– випуск в нижню третину глибини водойми, забруднена струмисько поширюється до берегової смуги проти випуску під впливом донного компенсаційного течії, що має напрямком, зворотне напрямку вітру.

Метод М. А. Руффеля має наступні обмеження: глибина зони змішання не перевищує 10 м, відстань від випуску до контрольного створу вздовж берега в першому випадку не перевищує 20 км, відстань від виходу стічних вод до берега проти випускного оголовка в другому випадку не перевищує 0,5 км.

Кратність загального (сумарного) розбавлення визначається за формулою (1.2), що вірно і для водотоків.

Кратність *початкового розведення* обчислюється таким чином:

○ при випуску в мілководді або в верхню третину глибини:

$$n_n = \frac{q + 0,0021 \cdot v \cdot H_{\text{cp}}^2}{q + 0,00021 \cdot v \cdot H_{\text{cp}}^2}, \quad (1.18)$$

де  $q$  – витрата стічних вод випуску, м<sup>3</sup>/с;

$v$  – швидкість вітру над водою в місці випуску стічних вод, м/с;

$H_{\text{cp}}$  – середня глибина водойми на ділянці скидання і поширення стічних вод, м. Значення  $H_{\text{cp}}$  визначається залежно від середньої глибини водойми відповідно до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Протяжність ділянки для визначення глибини водойми

Середня глибина водойми, м	Протяжність ділянки, що примикає до випуску стічних вод, на якому визначається глибина, м
3-4	100
5-6	150
7-8	200
9-10	250

○ при випуску в нижню третину глибини:

$$n_H = \frac{q + 0,00158 \cdot v \cdot H_{cp}^2}{q + 0,00079 \cdot v \cdot H_{cp}^2} \quad (1.19)$$

Кратність основного розбавлення обчислюється таким чином:

○ при випуску в мілководді або в верхню третину глибини:

$$n_O = 1 + 0,412 \left( \frac{l}{6,53 H_{CP}^{1,17}} \right)^{0,627 + \frac{0,0002l}{6,53 H_{CP}^{1,17}}} \quad (1.20)$$

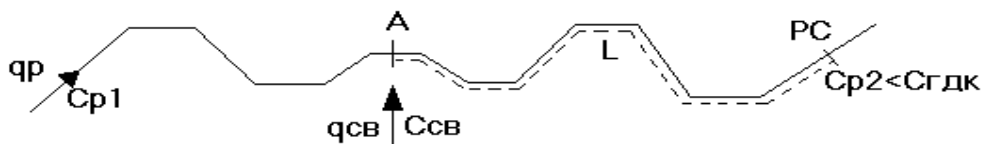
де  $l$  – відстань від місця випуску до контрольного створу, м;

○ при випуску в нижню третину глибини:

$$n_O = 1,85 + 2,32 \left( \frac{l}{4,41 H_{CP}^{1,17}} \right)^{0,41 + \frac{0,0064l}{4,41 H_{CP}^{1,17}}} \quad (1.21)$$

**Завдання 1.** Розрахувати загальну (сумарну) кратність розведення при випуску стічних вод у мілководну частину чи верхню третину глибини водоймища, а також при випуску у нижню третину глибини водоймища. Якщо витрата стічних вод  $0,09 \text{ м}^3/\text{с}$ , довжина ділянки, яка примикає до випуска стічних вод, на відстані якого визначається глибина, становить  $100 \text{ м}$ , швидкість повітря над водою у місці випуска стічних вод  $6 \text{ м/с}$ .

**Завдання 2.** У річку, розрахункова витрата якої  $\text{м}^3/\text{с}$ , скидають (див. схему) в створі «А» стічні води, витрата яких  $\text{м}^3/\text{с}$ , що містять 3 забруднюючі речовини, які стосуються 3 різним групам лімітуючої ознаки шкідливості (ЛПШ, табл. 1.3).



Концентрації забруднюючих речовин: у річковій воді до створу «А» -  $C_{p1}$  (мг/дм<sup>3</sup>); гранично допустимі в річковій воді даної категорії водокористування -  $C_{гдк}$  ( мг/дм<sup>3</sup>); в стічній воді -  $C_{св}$  ( мг/дм<sup>3</sup>); в розрахунковому створі (РС) -  $C_{p2}$  ( мг/дм<sup>3</sup>).  $L$  - відстань по фарватеру (м) до створу «А» до розрахункового створу.

Додаткова інформація: балансове умова для РС:

$$C_{p2}(\gamma q_p + q_{св}) \leq C_{p1}\gamma q_p + C_{св}q_{св},$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт змішання річкової води зі стічними водами, який визначають за формулою Родзіллера (1.7).

Визначити на якому мінімальному відстані  $L$ , м балансове умова для «РС» буде виконуватися для всіх 3-х забруднюючих речовин, якщо  $\gamma = 0,22$ .

Таблиця 1.3 – Умови до завдання 3

Забруднення	Групи ЛПШ	Концентрація забруднень, мг/дм <sup>3</sup>		
		$C_{p1}$	$C_{ГДК}$	$C_{св}$
Цинк	Загально санітарний	0,2	1,0	3,0
Нікель	Санітарно-токсикологічний	0,03	0,1	0,25
Нафтопродукти	Органолептичний	0,1	0,3	1,0

### Практичне заняття № 3 Окисно-відновний потенціал як показник екологічної безпеки якості води

*Мета заняття:* сформувати навички визначення окисно-відновного потенціалу (ОВП) та навчитися оцінювати і давати рекомендації щодо екологічної безпеки якості питної води згідно значень ОВП.

*Ключові терміни:*

- якісна питна вода;
- фізіологічна норма споживання води;
- ознаки питної води;
- окисно-відновний потенціал (ОВП);
- ОВП внутрішнього середовища людини;
- ОВП питної води;
- геохімічна обстановка природних вод;
- методи зниження ОВП.

### *Питання для обговорення на практичному занятті*

1. Роль якісної питної води для забезпечення життєдіяльності організму людини.
2. Вживання неякісної води та негативний вплив на організм людини.
3. Сучасна природна вода, її склад згідно даним ВООЗ та у чому полягає унікальність структури води.
4. Фізіологічна норма споживання води організму людини залежно від фізичної активності, ваги, середньої температури повітря.
5. Наведіть аналіз ознак, які вказують на нестачу води в організмі людини.
6. Наведіть ознаки питної води.
7. Охарактеризуйте модифікації активованої води та що таке активація?
8. Дайте аналіз поняттю окисно-відновний потенціал як міра хімічної активності елементів або їхніх сполук в оборотних хімічних процесах.
9. Охарактеризуйте за європейськими стандартами та стандартами ВООЗ питну воду по ОВП та порівняйте з показниками ОВП внутрішнього середовища людини.
10. Наведіть аналіз типів геохімічних обстановок у природних водах.
11. Наведіть аналіз методам зниження ОВП питної води.

### ***Практична частина заняття***

***Приклад.*** Лікар Батманхелідж, проживає в США біженець з Ірану, вважає, що більшість хвороб породжуються небажанням людей пити воду. Найрізноманітніші хвороби такі, як гіпертонія, виразка шлунка, мігрень, астма, артрит, спинні болі, стрес, коліт, ожиріння і діабет, за його твердженням, відбуваються через зневоднення і його наслідків.

***Обґрунтування.*** При відчутті спраги клітини не можуть функціонувати на повну силу, наслідком чого стають різні розлади організму. Разом з тим доктор впевнений в тому, що люди часто плутають нервові сигнали про спрагу з голодом і замість склянки води віддають перевагу бутерброду. Прокинувшись вранці, потрібно випити щонайменше дві склянки води, щоб компенсувати втрати рідини під час сну. Оптимальний час прийому води – склянка за півгодини до їжі і склянку через 2,5 години після їжі – це мінімум води, необхідний організму. Після трапези і перед сном рекомендується випивати ще по склянці води. Людина в добу повинна випивати до 2 л чистої питної води.

**Завдання 1.** Визначити кількість чистої води, яку необхідно випити вам залежно від ваги, температури повітря та фізіологічної активності вашого організму, користуючись таблицями 1.4-1.6. Привести режим оптимального вжи-



вання фізіологічно повноцінної води, а також навести наслідки зневоднення для організму та надати заходи щодо їхнього усунення.

Таблиця 1.4 – Добова потреба організму людини у воді залежно від ваги

Вага тіла, кг	Добова потреба у воді*, л		
	При низькій фізичній активності	При помірній фізичній активності	При високій фізичній активності
50	1,55	2,00	2,30
60	1,85	2,30	2,65
70	2,20	2,55	3,00
80	2,50	2,95	3,30
90	2,80	3,30	3,60
100	3,10	3,60	3,90

\* Згідно з даним IBWA (Міжнародної асоціації бутильованої води).

Таблиця 1.5 – Мінімальна потреба організму людини у воді залежно від температури повітря

Середня температура повітря, °C	32	26	21	15	10	4
Мінімальна потреба у воді, л	3	1,9	1,5	1,4	1,3	1,2

Таблиця 1.6 – Ознаки, які вказують на нестачу води в організмі людини

Зневоднення, %	Симптоми
1	Відчуття спраги
2	Відчуття тривоги, втрата апетиту і біля 20 % працездатності. У роті сухо, дихання набуває неприємного запаху, важко рухати язиком
4	Відчуття тошноти, запаморечення, емоційна нестабільність, сильна втома (відчуття спраги може бути відсутнє)
6	Різко змінюється колір обличчя, покачує, погано координуються рухи, агресивність, незв'язність мови
10	Крім усіх вище перерахованих симптомів порушується терморегуляція, починають вмирати клітини
11	Недостатньо напиться води, хімічний баланс організму потерпів серйозні зміни, щоб відновити його, необхідна професійна медична допомога
20	Критична ситуація

**Завдання 2.** Дати оцінку якості питної води та різних напоїв, створених на основі вод (соки, мінеральна вода, чай, кава, пиво, енергонасичені води та ін.) та обґрунтувати, які з них не рекомендується вживати і чим це обумовлено.

**Завдання 3.** Визначити окисно-відновний потенціал для питної води, яку Ви вживаєте регулярно. Навести данні технологічного аналізу води (ОВП, рН, TDS тощо). Побудувати графіки протягом часу та проаналізувати результати досліджень при застосуванні одного із методів зниження ОВП таких як: електроліз, замороження, відстоювання, обробка води антиоксидантами: шунгіт, кварц, кремній, срібло, магнієвий стержень, мікрогідрин, Coral-Mine та ін.

#### *Рекомендовані джерела*

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://filtr-vody.blogspot.com/2010/09/gsanpin-224-171-10-sanitarnye-normy-i.html>

2. Пискарев И. М. Окислительно-восстановительный потенциал воды, насыщенной водородом / И. М. Пискарев, В. А. Ушканов, П. П. Лихачев, Т. С. Мысливец // Электронный журнал «Исследовано в России». – 2007. – 023. – С. 230–239. – Режим доступа : <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2007/023.pdf>.

3. Скоробогатов Г. А. Осторожно! Водопроводная вода! (Ее химические загрязнения и способы доочистки в домашних условиях) / Г. А. Скоробогатов, А. И. Калинин. – СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2003. – 156 с.

4. Исаев В. Н. Социальные аспекты водопользования : учеб. пособие / В. Н. Исаев, Е. А. Пугачев ; под ред. В. Н. Исаева. – М. : МГСУ, 2011. – 154 с.

### **Практичне заняття № 4**

#### **Визначення меж I, II, III поясів зон санітарної охорони (ЗСО) поверхневих джерел водопостачання**

*Мета заняття:* навчитися визначати меж I, II, III поясів зон санітарної охорони (далі ЗСО) поверхневих джерел водопостачання.

#### *Ключові терміни*

- межі ЗСО;
- I пояс ЗСО поверхневого джерела водопостачання;
- II пояс ЗСО поверхневого джерела водопостачання;
- III пояс ЗСО поверхневого джерела водопостачання;
- нижня, верхня і бічна межі.

#### *Питання для обговорення на практичному занятті*

1. Визначення віддаленості нижньої межі I пояса від створу водозабору.
2. Визначення межі I поясу ЗСО відкритих джерел.
3. Визначення межі II поясу ЗСО відкритих джерел.

4. Визначення віддаленості верхньої межі.
5. Визначення віддаленості нижньої межі.

### ***Теоретична частина заняття***

На всіх джерелах водопостачання та водопровідних спорудах господарсько-питного призначення для забезпечення санітарно-епідеміологічної надійності систем централізованого і місцевого водопостачання населених пунктів встановлюють зони санітарної охорони відповідно до вимог.

Зона санітарної охорони поверхневих джерел водопостачання в точці забору води складається з трьох поясів. Перший пояс – зона строгого режиму. До нього входять джерело водопостачання і водопровідні споруди для забору, очищення і зберігання води.

Територію *першого* поясу зони санітарної охорони джерела водопостачання, ділянок водопровідних споруд огорожують, упорядковують і озеленюють. Планування території першого поясу має забезпечити відведення поверхневого стоку за межі зони. Ця територія повинна охоронятися від доступу сторонніх осіб.

*Другий і третій* пояси санітарної охорони – зона обмеження. На території другого поясу не допускається випускати стоки і виконувати роботи, які можуть привести до зменшення кількості або погіршення якості води у джерелі водопостачання. Розміри 2-го поясу встановлюють з розрахунку, щоб дотікання води від межі до водозабору було не раніше, ніж за 5 діб при середньомісячних витратах води 95%-ної забезпеченості. Вниз за течією води повинно бути не менше 250 м. Третій пояс має ті ж розміри, що і другий.

### ***Практична частина заняття***

**Завдання 1.** Межі водної частини I поясу ЗСО відкритих джерел, наведіть розміри верхньої, нижньої і бічної меж.

**Приклад 1.** Визначте значення віддаленості водних кордонів для великих річок і водойм сповільненого водообміну довжина розрахункової хвилі, яка близька до 50 м.

*Рішення.* Віддаленість водних кордонів для великих річок і водойм сповільненого водообміну досягає:

$$\text{віддаленість нижньої межі: } l_n = 2 \cdot 2L = 2 \cdot 50 = 100 \text{ м,}$$

$$\text{віддаленість верхньої межі: } l_{ex} = 2l_n = 2 \cdot 100 = 200 \text{ м.}$$

Віддаленість бічної межі може коливатися в межах від 50 до 100 м.

**Завдання 2.** Наведіть розрахунок розмірів кордонів I поясу ЗСО (верхньої, нижньої і бічної меж) для великих річок і водойм сповільненого водообміну, що включає струмок або яр (рис. 1.2).

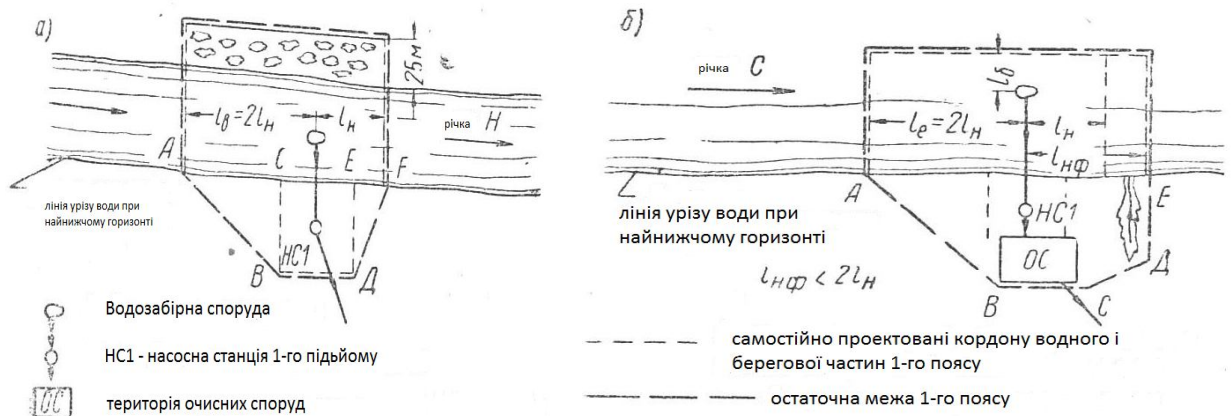


Рисунок 1.2 – Межі I поясу ЗСО великих річок і водойм сповільненого водообміну, що включає струмка або яри

**Завдання 3.** Наведіть розрахунок розмірів кордонів I поясу ЗСО (верхній, нижній і бічний кордонів) для широких водойм сповільненого водообміну, розташованих не ближче 1 км від найближчої точки на лінії урізку води при н.н.г. на березі, протилежному тому, на якому знаходиться НСІ.

**Приклад 2.** Наведіть значення віддаленості водних меж I поясу при значеннях довжини розрахункової хвилі, близьких до 50 м.

*Рішення.* При значеннях довжини розрахункової хвилі, близьких до 50 м, віддаленість водних кордонів досягає:

- верхньої межі:  $l_{вх} = 1,5l_n = 1,5 \cdot 100 = 150 \text{ м}$ ;
- нижньої межі:  $l_n = 2 \cdot 2L = 2 \cdot 50 = 100 \text{ м}$ ;
- бічної межі:  $l_{\phi} = l_n = 100 \text{ м}$ .

У світлі наведених розрахунків і міркувань відоме вказівка про те, що територія I поясу «за відсутності особливих показань не повинна виходити за межі 100–200 м навколо споруди», стає математично обґрунтованим і набуває санітарний і гідравлічний сенс.

**Приклад 3.** Визначити віддаленість верхньої межі II поясу ЗСО від створу водозабору, проєктованого в руслі річки М. якщо найменший середньомісячний секундний витрата припадає на березень, а весняного льодоходу – квітень. Витрати, що приймається за розрахунковий (відповідний гідрологічному році 95 % забезпеченості) припадає на зимовий період – 625 м<sup>3</sup>/с. Для такої величини витрати показана швидкість течії (в районі створу водозабору) 0,22 м/с. Згідно абл.6 цієї швидкості течії і добовому пробігу води відповідає відстань 19 км. Отже, верхня межа II поясу ЗСО повинна відстояти від створу водозабору на 19 км, якщо немає підстав збільшити цю відстань в межах не більше 2-3 км.

**Завдання 4.** Наведіть розрахунок віддаленості верхньої межі II поясу ЗСО від створу водозабору, проєктованого в руслі річки, якщо відомо, що розрахункова витрата відповідає витраті 95 % забезпеченості 675 м<sup>3</sup>/с, при цьому швидкість течії 0,24 м/с. Які фактори необхідно враховувати при визначенні нижніх меж.

**Завдання 5.** Наведіть розрахунок віддаленості бічної межі II поясу ЗСО від лінії урізку води на берегах джерела водопостачання і його приток, якщо відомо: тривалість добігання 30 хв, гідравлічний радіус для неглибоких і широких видачків  $R=0,021$  м, коефіцієнт Шезі  $C = \frac{\sqrt[n]{R}}{n}$ , врахувати, що середня величина ухилу на довжині шляху добігання в 1,4 рази менше,  $1 \div n = 10$ , гідравлічний ухил  $i = 0,02$ .

#### *Рекомендовані джерела*

1. Тугай А. М. Водопостачання. Джерела та водозабірні споруди : посібник / А. М. Тугай, Я. А. Тугай. – [2-е вид. Оновл. і лоп.]. – Київ : вид-во Європ. ун-ту, 2015. – 232 с.

2. Тугай А. М. Водопостачання : підручник / А. М. Тугай, В. О. Орлов. – Київ : «Знання». – 2009. – 735 с.

3. Орлов В. О. Водопостачання та водовідведення: навч. посібник / В. О. Орлов, В. О. Шадура, С. Б. Проценко, А. М. Орлова. – Рівне : НУВГП. – 2011. – 223 с.

4. Салтыков Е.В. Проектирование зон санитарной охраны источников водоснабжения. 1 часть. – М. : Изд-во МКХ., 1959. – 130 с.

### **Практичне заняття № 5**

#### **Визначення санітарних умов скиду стічних вод у водойму**

*Мета заняття:* сформувати навички визначення санітарних умов скиду стічних вод у водойму.

*Ключові терміни:*

- скид стічних вод;
- санітарні умови;
- розведення стічних вод;
- кратність розведення.

*Питання для обговорення на практичному занятті*

1. Санітарні умови скиду стічних вод у водойму.
2. Визначення кратності початкового розведення.
3. Визначення кратності основного розведення.

4. Розрахунок допустимої концентрації забруднюючих речовин у випуску стічних вод.

### **Практична частина заняття**

Санітарна характеристика водойми у зв'язку зі спуском стічних вод визначається згідно блок-схеми (рис. 1.3).

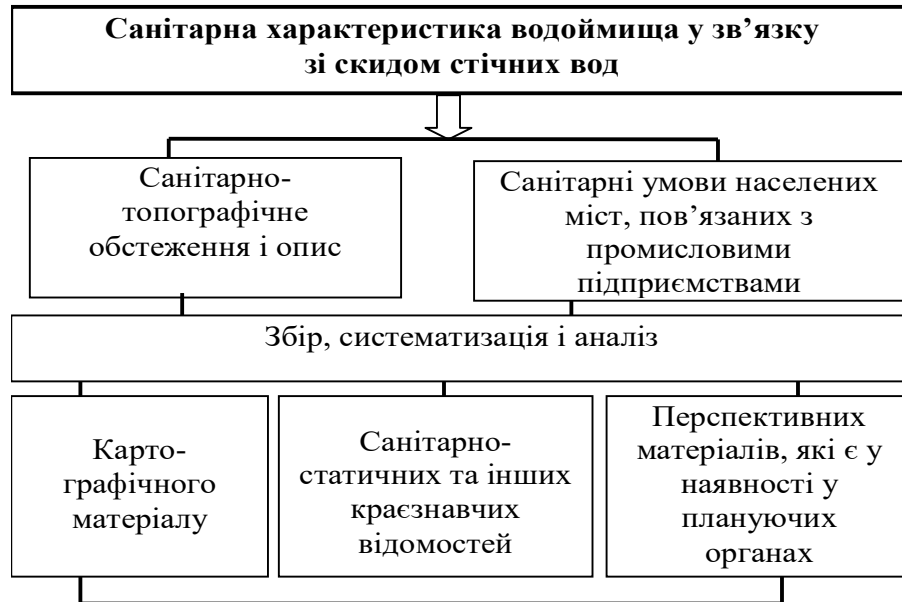


Рисунок 1.3 – Схема визначення характеристики водойми у зв'язку зі спуском стічних вод

Показником безпечної величини стоків, що скидаються є нормативно допустимий скид.

Розрахунок нормативів допустимих скидів (НДС, г/с) визначають за формулою:

$$НДС = C_{НДС} q , \quad (1.22)$$

де  $C_{НДС}$  – допустима концентрація забруднюючих речовин, мг/л;

$q$  – витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/с.

Розрахунок суми річного скидання плати за забруднення води об'єктів в результаті скидання стічних вод у річці. Розрахунок виконує з урахуванням нормативів скидання на всі види забруднень і регіональних коригованих коефіцієнтів.

$$\Phi = K_T \cdot \sum_{i=1}^m m_i \cdot H_i , \text{ грн.} \quad (1.23)$$

де  $K_T$  – коефіцієнт за скид в басейн річки;

$H_i$  – базовий норматив плати;

$m$  – маса річкового викиду.

**Завдання 1.** Визначити плату промислового підприємства за скидання стічних вод за рік. Для підприємства не встановлені тимчасові умови прийому стічних вод. Річний ліміт скиду встановлений у об'ємі  $8 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>. Відомо, що промислове підприємство скидає у систему комунальної каналізації стічні води, які містять у своєму складі завислі речовини – 250 мг/дм<sup>3</sup>, нафтопродукти – 1 мг/дм<sup>3</sup>. Витрата води становить 100 м<sup>3</sup>/год, рН стічних вод 8,2 од.

**Завдання 2.** Промислове підприємство скидає у систему комунальної каналізації стічні води, які містять залізо, кадмій та завислі речовини. За період контролю протягом 10 днів у вересні було зафіксовано перевищення концентрації за кадмієм – 0,02 мг/дм<sup>3</sup>. Визначити плату промислового підприємства за перевищення, якщо витрата стічних вод 100 м<sup>3</sup>/год.

**Завдання 3.** Визначити розмір загальної плати за скидання забруднюючих стічних вод пром підприємств у Дніпропетровській області. Коефіцієнт кратності плати за надлімітне скидання  $K = 5$ . Вихідні дані наведені в таблиці 1.7.

Для вирішення завдань слід користуватися даними таблиці 1.8-1.9.

Таблиця 1.7 – Умови до завдання 3

№ з/п	Назва забруднюючої речовини	Маса річкового викиду в межах ліміту, т	Маса надлімітного скидання, т
1	Залізо загальне	30,0	15,0
2	Завислі речовини	700,0	400,0
3	Нафтопродукти	60,0	20,0
4	Феноли	0,8	0,7
5	Цинк	6,0	4,0

Таблиця 1.8 – Ставки податку за скиди окремих забруднюючих речовин у водні об'єкти (2012 р.)\*

№	Назва забруднюючої речовини	Проіндексований норматив збору, грн/т
1	2	3
1	Азот амонійний	1 293,10
2	Органічні речовини (за показниками біохімічного споживання кисню (БСК <sub>5</sub> ))	517,57
3	Завислі речовини	37,09
4	Нафтопродукти	7 606,99
5	Нітрати	111,26
6	Нітрити	6 350,98
7	Сульфати	37,09
8	Фосфати	1 033,52

Продовження таблиці 1.8

1	2	3
9	Хлориди	37,09
Для забруднюючих речовин, що не відносяться до основних* залежно від їх концентрації (мг/дм <sup>3</sup> ):		
10	до 0,001 (включно)	135 489,06
11	понад 0,001–0,1 (включно)	98 236,15
12	понад 0,1–1 (включно)	16 935,94
13	понад 1–10 (включно)	1 723,59
14	понад 10	345,04

\*За скиди забруднюючих речовин, на які не встановлено гранично допустиму концентрацію або орієнтовно-безпечний рівень впливу, за гранично допустиму концентрацію береться найменша величина гранично допустимої концентрації. У разі скидання забруднюючих речовин в озера ставки нормативу збору, який справляється за скид забруднюючих речовин у ці водні об'єкти, збільшується у 1,5 раза.

\*{Пункт 245.1 статті 245 в редакції Законів № 4235-VI від 22.12.2011, № 5503-VI від 20.11.2012, 1166-VII від 27.03.2014, № 909-VIII від 24.12.2015}.

Таблиця 1.9 – Значення коефіцієнта для басейнів деяких річок

№	Басейни річок	Кт
1	Дунай	1,8
2	Тиса	1,9
3	Прут	2,1
4	Дністр	2,1
5	Дніпро (границя України – м. Київ	1,8
6	Дніпро (м. Київ – Каховський г/в)	2,2
7	Дніпро (Каховський г/в – Чорне море)	2,5
8	Прип'ять	1,4
9	Західний Буг та ріки басейна Вісли	1,4
10	Десна	1,5
11	Південний Буг і Інгул	2,3
12	Ріки Кримського полуострова	2,8
13	Сіверський Донець	2,8
14	Міус	2,8
15	Кальміус	4,0



**Практичне заняття № 6**  
**Визначення екологічної безпеки очисних споруд**  
**для водного об'єкту**

*Мета заняття:* сформувані навички визначення екологічної безпеки очисних споруд для водного об'єкту.

*Ключові терміни*

- скид стічних вод;
- екологічна безпека;
- очисні споруди;
- водний об'єкт.

*Питання для обговорення на практичному занятті*

1. Визначення екологічної безпеки очисних споруд для водного об'єкту.
2. Критерії оцінки екологічної безпеки очисних споруд водного об'єкту.

***Практична частина заняття***

**Завдання 1.** У річку господарсько-питного водокористування скидають неочищені стічні води підприємств з витратою  $Q = 200 \text{ м}^3/\text{рік}$ , які містять 3 контрольні забруднюючі речовини: цинк у кількості  $1,05 \text{ мг/дм}^3$  (СДОЗВ =  $1,0 \text{ мг/дм}^3$ ), свинець у кількості  $0,03 \text{ мг/дм}^3$  (СДОЗВ =  $0,03 \text{ мг/дм}^3$ ), мідь у кількості  $0,55 \text{ мг/дм}^3$  (СДОЗВ =  $1,0 \text{ мг/дм}^3$ ). За яких умов можна отримати дозвіл на скидання таких вод у водойму і яке буде їхня загальна кількість?

**Завдання 2.** Чи забезпечать екологічну безпеку водного об'єкта очисні споруди міста, якщо на очищення надходить стік, що містить фенол з максимальною концентрацією  $6 \text{ мг/дм}^3$ . При цьому відомо, що кратність розведення стічних вод водами дорівнює 11, фонові концентрація –  $0,0003 \text{ мг/дм}^3$ , ПДКфенола –  $0,001 \text{ мг/дм}^3$ . Ефективність видалення на спорудах біологічної очистки населеного пункту фенолу 95 %.

**Завдання 3.** Чи можна використовувати для рекреаційних цілей ділянку річки, якщо відомі наступні показники в контрольному створі: кратність розведення 5; витрата стічних вод  $0,6 \text{ м}^3/\text{с}$ ; витрата річки  $12 \text{ м}^3/\text{с}$ .

**Завдання 4.** На березі озера, що має велике народногосподарське значення, знаходиться селище міського типу з витратою  $2000 \text{ м}^3/\text{добу}$ . Чи можна скидати стічні води в це озеро? Відповідь обґрунтувати.

# ЗМ 2 ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ

## Практичне заняття № 7, 8 Визначення меж I, II, III поясів ЗСО підземних джерел водопостачання

*Мета заняття:* навчитися визначати межі I, II, III поясів ЗСО підземних джерел водопостачання.

*Ключові терміни:*

- I, II, III пояси зони підземного джерела;
- повна довжина шляху фільтрації;
- швидкість фільтрації;
- тривалість фільтрації.

*Питання для обговорення на практичному занятті*

1. Визначення меж I, II, III поясів ЗСО підземних джерел водопостачання.
2. Віддаленість верхньої межі II поясу ЗСО підземних джерел водопостачання.
3. Віддаленість нижньої межі II поясу ЗСО підземних джерел водопостачання.

### *Теоретична частина заняття*

Межі **I поясу** зони підземного джерела водопостачання мають встановлюватися від одиночного водозабору або від крайніх водозабірних споруд групового водозабору на відстанях 30 м при використанні захищених підземних вод і 50 м при використанні недостатньо захищених підземних вод.

При використанні підземних джерел території I поясу зазвичай займає тільки «берегову частину» території I поясу підземних джерел, включаючи віддаленість «інших» (крім водозабірних) водопровідних споруд на 10 м від меж території. Отже, 10-метрова віддаленість від кордонів I поясу «інших» водопровідних споруд (насосних станцій, резервуарів тощо) достатня у всіх випадках.

Межі **II поясу** зони підземного джерела водопостачання встановлюються розрахунком, що враховує час просування мікробного забруднення води до водозабору, який приймається в залежності від кліматичних районів і захищеності підземних вод від 100 до 400 діб.

Межа **III поясу** зони підземного джерела водопостачання визначається розрахунком, який враховує час просування хімічного забруднення води до водозабору, який має бути більше ніж прийнята тривалість експлуатації водозабору, але не менше 25 років.

### **Практична частина заняття**

**Завдання 1.** Наведіть розрахунок віддаленості бічної межі II поясу ЗСО підземного джерела, якщо вся товща гірських порід, що тягнуться вище початку фільтра свердловини має однакову або мало відрізняється (не більше 50%) числову величину коефіцієнта фільтрації  $k = 20 \text{ м/добу}$  всіх пластів, що утворюють товщу гірських порід  $l_g = 25 \text{ м}$ ,  $H = 12 \text{ м}$ .

**Завдання 2.** Визначте необхідність організації II поясу ЗСО віддаленість з санітарних міркувань, якщо вся товща гірських порід підземного джерела водопостачання має різну структуру. Розрахунковий напір Геологічна будова товщі, через яку може протікати вертикальна фільтрація (зверху вниз):  $h_1 = 24 \text{ м}$ , для якого величина коефіцієнта фільтрації  $k_1 = 15 \text{ м/добу}$ ;  $h_2 = 4 \text{ м}$ , для якого  $k_2 = 0,05 \text{ м/добу}$ ;  $h_3 = h_0 = 1 \text{ м}$ , для якого  $k_3 = k_0 = 23 \text{ м/добу}$ .

**Завдання 3.** Визначте необхідність організації II поясу ЗСО підземного джерела водопостачання віддаленість з санітарних міркувань і в разі необхідності  $l_z$ , якщо найменша віддаленість кордонів I поясу дорівнює 30 м. Відомо, що вся товща гірських порід має різну структуру. Розрахунковий напір,  $l_g = 55 \text{ м}$ ,  $k_0 = 25 \text{ м/добу}$ , в результаті іншого геологічної будови вище розміщених товщі, вийшло  $l_{en} = 500 \text{ м}$ .

**Завдання 4.** Визначте віддаленість нижніх і верхніх меж II поясу ЗСО підземного джерела водопостачання при харчуванні під руслових вод річкою, для якої  $T = 1$  добу і швидкість течії  $v = 0,24 \text{ м/с}$ ,  $i = 0,003$ , віддаленість бічної межі II поясу 0,44 км; вода проходить через очисні споруди. Розрахунковий напір  $H = 8 \text{ м}$ ,  $l_z = 19 \text{ м}$ ,  $k_0 = 20 \text{ м/добу}$ .

### **Практичне заняття № 9,10**

#### **Визначення меж I, II, III поясів ЗСО**

##### **джерельних вод**

*Мета заняття:* навчитися визначати межі I, II, III поясів ЗСО джерельних вод й оцінювати заходи для санації джерельних вод.

*Ключові терміни:*

- I, II, III пояси зони підземного джерела;
- інтенсивність інфільтрації;
- час проникнення розчинених забруднюючих речовин у водоносні горизонти;
- площа області харчування джерела;
- величина інфільтраційного живлення.

### *Питання для обговорення на практичному занятті*

1. Залежності, які використовують при розрахунку розмірів зон санітарної охорони свердловинних водозаборів підземних вод.
2. Метод розрахунку зон санітарної охорони джерел.
3. Розміри першого, другого та третього поясу ЗСО джерельних вод.

### ***Практична частина заняття***

**Завдання 1.** Проаналізуйте та наведіть схему для розрахунку меж поясів зони санітарної охорони джерела.

**Завдання 2.** Проаналізуйте та наведіть відмінні ознаки методу розрахунку ЗСО для джерел відрізняється від існуючого для свердловинних водозаборів.

**Завдання 3.** Визначте ЗСО джерела, якщо його дебіт  $Q = 0,6$  л/с, абсолютна відмітка виходу джерела 131 м,  $We = 0,029$  м/рік,  $Wt = 0,18$  м/рік, ширина області захоплення III поясу ЗСО  $b = 90$  м, коефіцієнт фільтрації водовмісних порід  $k = 25$  м/добу, активна пористість  $n = 0,1$ , гідравлічний ухил  $i = 0,01$ , час виживання мікробних забруднень для ґрунтових вод 200 діб.

### **Практичне заняття № 11**

#### **Утворення канцерогенних сполук при хлоруванні, вилучення попадання канцерогенів у питну воду**

*Мета заняття:* закріплення теоретичних знань щодо визначення канцерогенних сполук при хлоруванні.

#### *Ключові терміни*

- мутагенність води;
- канцерогенність води;
- канцерогени;
- нешкідливість хімічного складу питної води.

### *Питання для обговорення на практичному занятті*

1. Нормування канцерогенних та мутагенних речовин якості питної воді в Україні та закордоном, нормативна база.
2. Запобігання попадання канцерогенних хлорпохідних в питну воду.
3. Токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу питної води.

### ***Практична частина заняття***

**Завдання.** Наведіть можливі способи та технічні рішення для запобігання утворенню шкідливих речовин (канцерогенів та мутагенів) при хлоруванні, води, та проаналізуйте умови їхнього застосування. Наведіть інші методи знезараження води.

### *Рекомендовані джерела*

1. ДержСанПіН «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання». – Міністерство охорони здоров'я України, 1996. – 15 с.
2. Кульський Л. А. Основы химии и технологии воды / Л. А. Кульський. – Київ : Наукова думка, 1991. – 658 с.
3. Хлорирование природных вод с аммонизацией солями аммония // Экспресс-информация. Серия «Водоснабжение и канализация», 1991. – Вып. 6 (18). – с. 13–15.
4. Фишеров В. И. Образование и контроль содержания тригалогенметанов в питьевой воде г. Симферополя / В. И. Фишеров // Водопостачання та водовідведення. – 2010. – № 2. – с. 32–35.
5. Крамаренко Л. В. Курс лекцій з дисципліни «Спецкурс по очищенню природних вод» (для студ. 5 курсу ден. форми навч. / Л. В. Крамаренко; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 122 с.

### **Практичне заняття № 12**

#### **Екологічні аспекти використання діоксиду хлора у водопідготовці**

*Мета заняття:* закріплення теоретичних знань щодо визначення екологічних аспектів щодо використання діоксиду хлора у водопідготовці.

*Ключові терміни:*

- діоксид хлору;
- хлорвмісні сполуки;
- ефект післядії.

*Питання для обговорення на практичному занятті*

1. Аналіз сучасного стану водогосподарської сфери в Україні.
2. Порівняльна дія окисників на речовини, розчинених у воді.
3. Застосування діоксиду хлору в різних галузях промисловості.
4. Переваги діоксиду хлору в порівнянні з хлором.
5. Переваги діоксиду хлору в порівнянні з озоном.
6. Екологічні переваги застосування діоксиду хлору у водопідготовці.

#### ***Теоретична частина заняття***

Аналіз сучасного стану водогосподарської сфери в Україні свідчить про те, що водно-екологічні проблеми зберігають масштабний характер і гостроту, що є недостатнім для забезпечення населення епідемічно-безпечної питної води. Дослідження з обґрунтування застосування діоксиду хлору встановили взаємозв'язок хлорування води з утворенням хлорорганічних сполук, які володіють рядом віддалених наслідків для здоров'я людини.

### *Практична частина заняття*

**Завдання.** Проаналізуйте світовий досвід використання діоксиду хлору, його переваги, екологічної безпеки, рівня токсичності діоксиду хлору і його побічних продуктів (хлоритів і хлоратов) для водної біоти.

#### *Рекомендовані джерела*

1. Войтенко А. М. Обработка блоков водоочистных устройств диоксидом хлора / А. М. Войтенко, Н. Ф. Петренко, Е. К. Созинова и др. // Вода и здоровье-2000. – Сб. научн.ст. – Одесса : ОЦНТЭИ, 2000. – С. 42–44.

2. Drinking water regulations and health advisories. – Office of Water USEPA. – Washington. – 1993.

## 2 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Завдання на виконання теоретичної і розрахункової частини видається викладачем або вибирається за його вказівками відповідно до номера залікової книжки.

### 2.1 Структура і оформлення розрахунково-графічного завдання

Розрахунково-графічне завдання на тему: «Особливості підвищення екологічної безпеки питної води» включає теоретичну й розрахункову частини.

Завданням для виконання теоретичної частини є розкриття теоретичного питання за завданням викладача (дод. А), а завданням для виконання розрахунково-графічної частини – дані щодо активації питної води з метою зниження її ОВП, які проводяться на практичних заняттях або видається викладачем індивідуально. Таким чином, виконання розрахунково-графічної частини роботи передбачає два етапи:

Перший етап – визначення окисно-відновного потенціалу (далі ОВП) питної води, яка вживається Вами регулярно. Необхідно навести дані технологічного аналізу води (ОВП,  $pH$ ,  $TDS$  тощо).

Другий етап – побудова графіків протягом часу та аналіз отриманих результатів досліджень при застосуванні одного із методів зниження ОВП, таких як: електроліз, замороження, відстоювання, обробка води антиоксидантами: шунгіт, кварц, кремній, срібло, магнієвий стержень, мікрогідрин, Coral-Mine тощо.

Третій етап – висновок щодо якості досліджуваної води й надання відповідних рекомендацій щодо її покращення з точки зору стану екологічної безпеки для фізіологічної повноцінності функціонування організму людини, визначити кількість води за умови її вживання щоденно.

Розрахунково-практична частина завдання містить наступні обов'язкові складові:

- визначення окисно-відновного потенціалу питної води протягом часу;
- визначення добової і мінімальної потреби організму людини у воді (студент розраховує індивідуально для себе).
- Структура РГР «Особливості підвищення екологічної безпеки питної води» повинна містити наступні частини:
  - титульний аркуш (дод. Б);

– зміст. Зміст має виглядати так:

ВСТУП .....	
1 НАЗВА ТЕОРЕТИЧНОЇ ЧАСТИНИ (згідно свого варіанту) .....	
2 ОСОБЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПИТНОЇ ВОДИ .....	
2.1 Визначення окисно-відновного потенціалу питної води протягом часу .....	
2.2 Визначення добової і мінімальної потреби організму людини у воді .....	
3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РЕЖИМУ ОПТИМАЛЬНОГО ВЖИВАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ЗГІДНО ЇЇ СКОРЕГОВАНОЇ ВЕЛИЧИНИ ОВП .....	
ВИСНОВКИ .....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	

## **2.2 Покращення екологічної безпеки питної води і розрахунку потреби води для здорового функціонування організму людини**

Вода займає особливе місце серед природних багатств Землі – вона є незамінною. Відомо, що для забезпечення життєдіяльності фізіологічного забезпечення людського організму необхідно близько 2 л води на добу. Організм людини на 70-80 % складається з води. Дослідження показали, що найменше її міститься в кісткових і жирових тканинах – близько 30 %, найбільше – в речовині мозку. Вміст води в органах людини (їх клітинах): серце - 75 %, мозок – до 90 %, кров - 90 %, очі – 95 %, м'язи – 75 %, легені – 86 %, нирки – 83 %, шлунковий сік – 99 %, кістки – 22 % і т. д. (рис. 2.1).





Рисунок 2.1 – Вміст води в організмі людини

Крім того, вода транспортує в клітинах поживні речовини та кисень, виводить з клітин токсини, регулює температуру тіла, не дає клітинам злипатися, слугує мастилом, а також амортизаційною подушкою для суглобів і кісток, захищає внутрішні органи від ударів, пов'язує вільні радикали, сприяє відновленню і зціленню клітин й органів, виводить продукти життєдіяльності, через це якість вживаної води відіграє величезну роль у здоров'ї людини.

Вживання неякісної води, наприклад, для пиття чи приготування їжі, може негативно впливати на здоров'я людини. Природна вода може стати причиною ряду захворювань, що викликаються недовліком або надлишком в ній окремих хімічних елементів і сполук, таких як йод, фтор, марганець і магній. Вміст мікроелементів, який обмежений у продуктах харчування, та їхню нестачу в організмі людини можна частково заповнити питною водою.

Сучасна природна вода містить багато хімічних речовин, біологічних забруднень, що шкідливо впливають на здоров'я. Всесвітня організація охорони здоров'я (далі – ВООЗ) попереджає, що 80 % захворювань на планеті спричинені споживанням неякісної питної води. За даними ВООЗ, у світовій практиці використовується приблизно 500 тис. хімічних сполук, з яких 40 тис. – шкідливі для організму, а 12 тис. – отруйні. Величезні викиди і скиди шкідливих речовин у разі недостатньої реалізації природоохоронних заходів призвели до порушення (включаючи виснаження) рівноваги, забруднення природних ресурсів, водних об'єктів, і суспільство опинилося перед загрозою екологічної катастрофи.

### 2.2.1 Кластерна структура води

Унікальність структури води полягає в тому, що вона складається з так званих кластерів – осередків, кожна з яких представляє собою міні-комп'ютер, тільки значно досконаліший (рис. 2.2, 2.3). У кожній комірці пам'яті води, розмір якої не більше мікрона, міститься 44 тис. інформаційних панелей, кожна з яких відповідає за свій різновид взаємодії з навколишнім середовищем. Учені вважають, що в кожній комірці пам'яті води вже закладена інформація.

Унікальні властивості води обумовлені квантовими особливостями будови її молекул, здатністю бути як донорами, так і акцепторами водневих атомів. Відносно велика, в порівнянні з ван-дер-ваальсовою, енергія і спрямований характер водневих зв'язків відрізняють лід і воду від багатьох інших речовин. До того ж буде помилкою вважати, що вона – рідина, однорідна в структурному відношенні аж до молекулярних масштабів.

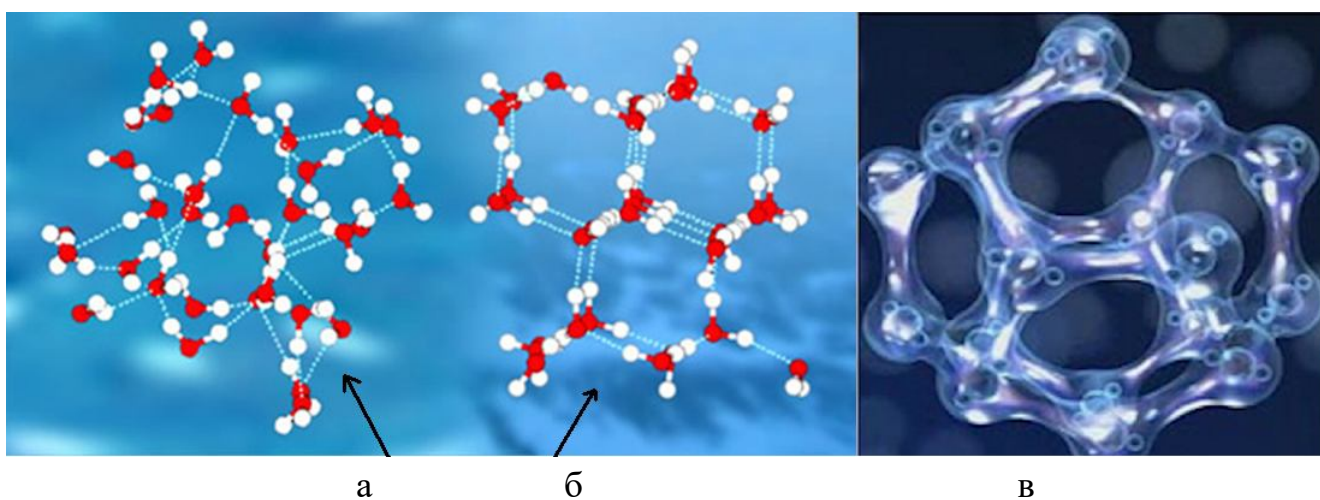


Рисунок 2.2 – Кластерна модель води: а – структурні моделі води; б – структурні моделі льоду; в – кластерна модель структурованої води



Рисунок 2.3 – Кластери води: 1 – кристал дистильованої води; 2 – джерельна вода; 3 – антарктичний лід

Структура води неоднорідна: число водневих зв'язків, утворених її типовою молекулою, значно менше, ніж раніше передбачалося, але вони сильніші і мають бімодальний розподіл [5]. У надмолекулярному аспекті вода є флюктууючою сумішшю кластерів (1-2 нм) двох типів, в одному з яких молекули пов'язані одна з одною як у льоді, а в другому зв'язки порушені, унаслідок чого кластери стають щільнішими [6].

На відміну від льоду, в рідкій воді водневі зв'язки легко руйнуються й швидко відновлюються, що робить структуру води винятково мінливою. Саме завдяки цим зв'язкам в окремих мікрооб'ємах води безперервно виникають своєрідні асоціати води – її структурні елементи. Все це призводить до неоднорідності в структурі води.

Першим ідею про те, що вода неоднорідна за своєю структурою, висловив Уайтінг у 1884 р., на якого посилається Е. Ф. Фріцман у монографії «Природа води. Важка вода» (1935 р.). У наступних роботах воду розглядали як суміш асоціатів різного складу («гідроля»).

У другій половині ХХ століття як заперечення «континуальних» моделей (модель Попла) виникли дві групи «змішаних» моделей – кластерні й клатратні. У першій групі вода становила кластери з молекул, пов'язаних водневими зв'язками, які плавали в морі молекул, не беручи участі в таких зв'язках. У моделях другої групи вода розглядалася як безперервна сітка водневих зв'язків - каркас, який містить порожнечі; у них розміщувалися молекули, що не утворювали зв'язків з молекулами каркаса.

Г. Неметі та Х. Шерагі запропонували ілюстрації, що зображують кластери зв'язаних молекул, які плавають у морі незв'язаних молекул.

Модель води (1957 р.), згідно з Фреком і Уеном, – це модель мерехтливих кластерів. Така модель дуже близька до сучасних уявлень про структуру води. У цій моделі водневі зв'язки у воді безперервно утворюються й рвуться. Ці процеси протікають кооперативно в межах короткоживучих груп молекул води, які були названі мерехтливими кластерами. Час їхнього існування оцінюється в діапазоні від  $10^{-10}$  до  $10^{-11}$  с. Таке уявлення пояснює високий ступінь рухливості рідкої води та її незначну в'язкість. Вважається, що внаслідок саме таких властивостей вода вважається одним з найуніверсальніших розчинників.

На рисунку 2.4 представлені як окремі кластерно-асоціативні структури молекул води, так і окремі молекули води, не пов'язані водневими зв'язками.

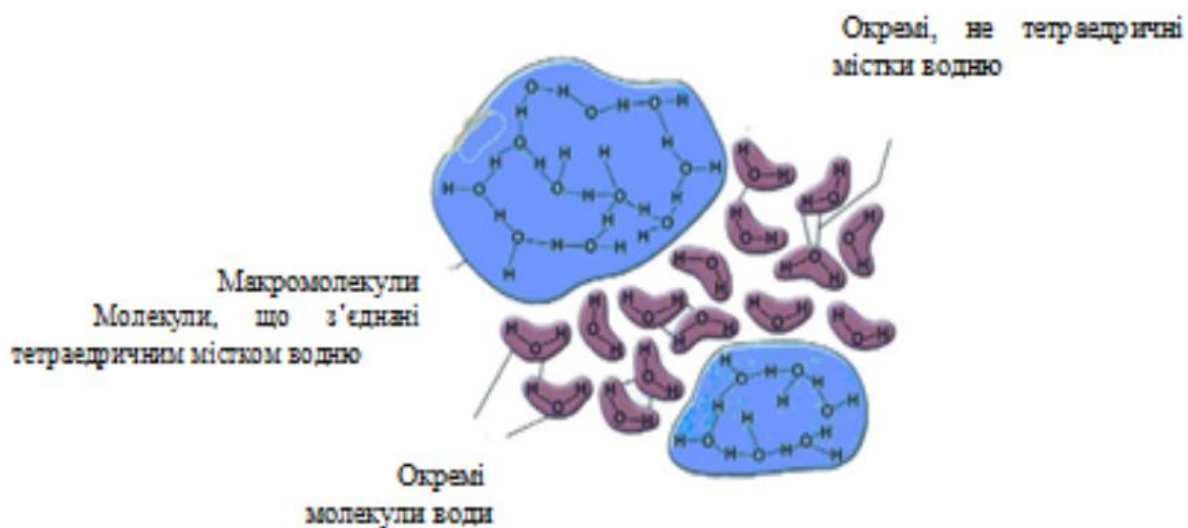


Рисунок 2.4 – Модель мерехтливих кластерів води

У 1999 р. Е. Д. Ісаакс було експериментально доведено, що водневий зв'язок між молекулами води у льоді має частково (на 10 %) ковалентний характер. Навіть частково ковалентний характер водневого зв'язку дозволяє, щонайменше 10 % молекул води об'єднуватися в полімерні стійкі асоціати.

У 1993 р. американський хімік Кен Джордан запропонував свої варіанти кластерів – стійких асоціатів води, які складаються з шести її молекул. Ці кластери можуть об'єднуватися один з одним і з вільними молекулами води внаслідок експонованих на їхній поверхні водневих зв'язків. Особливістю цієї моделі є те, що за допомогою неї можна дійти висновку, що вільно ростуть кристали води - добре відомі нам сніжинки, і вони повинні мати шестипроменеву симетрію.

У 2002 р. групі доктора Хед-Гордона методом рентгеноструктурного аналізу за допомогою надпотужного рентгенівського джерела (Advanced Light Source) вдалося показати, що молекули води здатні за рахунок водневих зв'язків утворювати структури – «справжні цеглинки» води, що становлять собою топологічні ланцюжки та каблучки з безлічі молекул води. Інтерпретуючи отримані експериментальні дані, дослідники вважають їх довго живучими елементами структури. Здебільшого вода – це сукупність безладних полімерів і гіпотетичних «водяних кристалів» (які, як передбачаються, існують в талій воді), де кількість зв'язаних в водневій зв'язки молекул може досягати сотень і навіть тисяч одиниць.

«Водяні кристали» можуть мати різну форму, як просторову, так і двомірну (у вигляді кільцевих структур). В основі всього лежить тетраедр. Саме таку форму має молекула води. Групуючись, тетраедри молекул води утворюють різноманітні просторові і площинні структури. З усього різноманіття структур у природі базовою є гексагональна (шестигранна) структура, коли шість молекул

води (тетраедрів) об'єднуються в кільце. Такий тип структури характерний для льоду, снігу й талої води.

Лише в 1993 р. група дослідників з Каліфорнійського університету (м. Берклі, США) під керівництвом доктора Р. Дж. Сайкалі розшифрувала будову тримера води, в 1996 р. – тетраметр і пентамер, а потім і гексамерів води. До цього часу вже було встановлено, що рідка вода складається з полімерних асоціатів (кластерів), що містять від трьох до шести молекул води.

У 1999 р. С. Зенін провів спільно з Б. Полануером (зараз у США) дослідження води в ДНДІ генетики, запропонував, що вода є ієрархією правильних об'ємних структур - асоціатів (*clathrates*), які базуються на кристалоподібних квантах води, що складаються з 57 її молекул, які взаємодіють одна з одною внаслідок вільних водневих зв'язків. До того ж 57 молекул води (квантів) утворюють структуру, що нагадує тетраедр. Тетраедр в свою чергу складається з 4 додекаедрів (правильних 12-гранників). 16 квантів утворюють структурний елемент, що складається з 912 молекул води. Вода на 80 % складається з таких елементів, 15 % - кванти-тетраедри і 3 % - класичні молекули  $H_2O$ . Отже, структура води пов'язана з так званими платоновими тілами (тетраедр, додекаедр), форма яких пов'язана із золотою пропорцією. Ядро кисню також має форму платонового тіла (тетраедра).

Елементарною клітинкою води є тетраедри, які містять пов'язані між собою водневими зв'язками чотири (простий тетраедр) або п'ять молекул  $H_2O$  (об'ємно-центрований тетраедр).

### **2.2.2 Фізіологічна норма споживання води**

Фізіологічна норма споживання води – це 30-40 г на кожен кілограм ваги тіла людини щодня. На прикладі деяких країн Європи наведено реальне споживання води людиною на рисунку 2.5. Як зневоднення призводить до виникнення серйозних захворювань, так і регулярне, правильно розраховане вживання води допоможе запобігти розвитку хвороб.





Рисунок 2.5 – Споживання води у країнах Європи в день

Добову потребу води, залежно від ваги тіла людини, та її мінімальну потребу, залежно від температурного режиму, можна розрахувати за таблицею 2.1, 2.2. Ознаки, які вказують на нестачу води в організмі наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.1 – Добова потреба організму людини у воді залежно від ваги

Вага тіла, кг	Добова потреба у воді*, л		
	У разі низької фізичної активності	У разі помірної фізичної активності	У разі високої фізичної активності
50	1,55	2,00	2,30
60	1,85	2,30	2,65
70	2,20	2,55	3,00
80	2,50	2,95	3,30
90	2,80	3,30	3,60
100	3,10	3,60	3,90

\* Згідно даним IBWA (Міжнародної асоціації бутильованої води).

Таблиця 2.2 – Мінімальна потреба організму людини у воді залежно від температури повітря

Середня температура повітря, °C	32	26	21	15	10	4
Мінімальна потреба у воді, л	3	1,9	1,5	1,4	1,3	1,2

Таблиця 2.3 – Ознаки, які вказують на нестачу води в організмі людини

Зневоднення, %	Симптоми
1	Відчуття спраги
2	Відчуття тривоги, втрата апетиту і приблизно 20 % працездатності. У роті сухо, подих набуває неприємного запаху, важко рухати язиком
4	Відчуття нудоти, запаморочення, емоційна нестабільність, сильна втома (відчуття спраги може бути відсутнє)
6	Різко змінюється колір обличчя, покачує, погано координуються рухи, агресивність, незв'язність мови
10	Крім усіх вище перерахованих симптомів порушується терморегуляція, починають вмирати клітини
11	Недостатньо напиться води, хімічний баланс організму зазнав серйозних змін, для його відновлення, необхідна професійна медична допомога
20	Критична ситуація

### 2.3 Ознаки питної води

Якість води визначає характер і рівень інфекційних та неінфекційних захворювань, генетичних хвороб, особливості розвитку організму людини. Органолептичні властивості води – запах, смак, кольоровість і прозорість, тобто ті властивості, які можуть бути визначені органами сприйняття людини. Каламутна вода, забарвлена в який-небудь колір або така, що має неприємний запах і смак, неповноцінна щодо санітарно-гігієнічних вимог навіть у тому разі, якщо вона нешкідлива для організму людини. Це обумовлено тим, що до каламутної, забарвленої води, яка має неприємний запах, людина відчуває відразу. Погіршення властивостей води негативно позначається на водно-питному режимі, рефлекторно впливає на багато фізіологічних функцій, зокрема на секретну діяльність шлунка.

У організмі розрізняють вільну і зв'язану, структуровану воду. Вільна вода визначає інтенсивність фізіологічних процесів, а зв'язана – стійкість організму при дії несприятливих чинників. Вважають, що вода має структуру, яка змінюється під дією фізичних факторів: температури, тиску, звуку й ультразвуку, електричного струму, магнітного поля, лазерного випромінювання тощо. *Активация* – це повідомлення воді особливих властивостей, які можуть в ній зберігатися певний час. Відомі різні модифікації активованої води, наприклад, жива й мертва вода, воднева та киснева вода, насичена воднем чи киснем та ін.

За європейськими стандартами та стандартами ВООЗ, вода вважається питною при показнику окисно-відновного потенціалу не більше ніж +20 мВ. В

Україні даний показник не нормується. При цьому ОВП сучасної питної води практично завжди більше нуля і звичайно знаходиться в межах від +150 мВ до +400 мВ. Відомо, що ОВП внутрішнього середовища людини має негативні значення (від -100 мВ до -200 мВ). При попаданні звичайної питної води у тканини людського організму вода забирає електрони від клітин, унаслідок чого біологічні структури організму зазнають окислювального руйнування.

Отже, організм зношується і старіє. Ці дані негативні процеси можуть бути сповільнені, якщо в організм з питтям і їжею буде надходити вода, яка володіє захисними і відновними властивостями внутрішнього середовища людини. Вказані відмінності ОВП внутрішнього середовища організму людини та ОВП питної води означають, що активність електронів у внутрішньому середовищі організму людини набагато вище, ніж активність електронів в питній воді.

За даними фахівців-медиків, вода з негативним ОВП, в організмі людини сприяє регулюванню всіх біохімічних процесів в клітинах, прискорює клітинний обмін, сприяє біокорекції метаболічних порушень, забезпечує потрапляння поживних речовин безпосередньо в клітини, сприяє виведенню токсинів з організму, відновлює ослаблений імунітет, поліпшує функціонування печінки, нирок, щитовидної залози, нормалізує роботу шлунка, а також стимулює організм до омолодження.

### 2.3.1 Окисно-відновний потенціал води

Останнім часом велика увага приділяється активованій питній воді, яка володіє підвищеною біологічною активністю. Вода, насичена киснем, має позитивний окисно-відновний потенціал, а вода з негативним ОВП – насичена воднем. Ці сорти води по-різному впливають на організм, але і та й інша вода має цілющу дію. Цілюща дія особливо помітна, якщо за певними правилами вживати обидва сорти води. Рекомендації щодо використання різних сортів води повинен давати фахівець, який добре знає як воду, так і пацієнта.

Вода з негативним ОВП та її властивостями визнаються всіма спеціалістами. Однак вона вживається в лікувальних цілях, тому її прийом повинен бути обмежений. Величина ОВП також повинна бути обмеженою. Кисневу воду можна пити в необмеженій кількості.

*Окисно-відновний потенціал* є мірою хімічної активності елементів або їхніх сполук в оборотних хімічних процесах, пов'язаних зі зміною заряду іонів у розчинах, характеризує ступінь активності електронів в окисно-відновних реакціях, тобто реакціях, зв'язаних з приєднанням або передачею електронів.

У деяких випадках (наприклад, при обробці води для басейнів, в акваріумному й рибницькому господарстві) ОВП є одним з головних *параметрів кон-*



тролю якості води, оскільки дозволяє оцінити, умови розвитку тієї чи іншої флори і фауни, ефективність знезараження води.

Окисно-відновні процеси можуть протікати мимовільно в природних водних системах або використовуватися для очищення вторинних промислових вод. Найбільш доцільно цей метод застосовується в тому разі, коли в результаті здійснення реакції відбувається руйнування домішок з утворенням нетоксичних або малотоксичних речовин.

Метод окиснення використовується для знешкодження стічних вод, що містять токсичні домішки, а також для вилучення із стічних вод речовин, які не можна або недоцільно витягати іншими способами.

Кисень повітря застосовують для окислення органічних речовин у розчинах тільки в поєднанні з біологічними компонентами, наприклад у процесах ферментативного окислення – активним мулом.

У природній воді значення ОВП (Eh) коливається від -500 мВ до +700 мВ. Величина цих меж пов'язана зі стійкістю води як хімічної сполуки і залежить здебільшого від їхнього газового складу. Поверхневі і ґрунтові води, що містять вільний кисень, характеризуються величиною Eh, що змінюється від 100 до 500 мВ. Підземні води, пов'язані з бітумінозних породами або нафтовими покладами, мають величину Eh значно нижче нуля, місцями до -500 мВ [3].

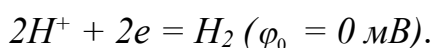
Розрізняють декілька головних типів геохімічних обстановок у природних водах:

– **окисний** – характеризується значеннями ОВП  $Eh > + (100-150)$  мВ, присутністю у воді вільного кисню, а також цілого ряду елементів у вищій формі своєї валентності ( $Fe^{3+}$ ,  $Mo^{6+}$ ,  $As^{5-}$ ,  $V^{5+}$ ,  $U^{6+}$ ,  $Sr^{4+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ). Цю ситуацію, найчастіше спостерігаються в поверхневих водах;

– **перехідно окисно-відновний** – визначається значеннями  $Eh^+$  (+100-0) мВ, хитливим геохімічним режимом і перемінним вмістом сірководню і кисню. У цих умовах протікає як слабе окислювання, так і слабе відновлення цілого ряду металів;

– **відновний** – характеризується негативними значеннями  $Eh < 0$ , що типово для підземних вод, де присутні метали низьких ступенів валентності ( $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mo^{4+}$ ,  $V^{4+}$ ,  $U^{4+}$ ), а також сірководень.

У воді завжди є окисники й відновники. Окисно-відновний потенціал чистої води визначають рівноваги:



З цих рівноваг випливає, що вода завжди буде мимовільно розкладатися з утворенням водню і кисню, хоча рівноважний тиск цих газів дуже малий. Він складає для водню  $2 \cdot 10^{-28}$  атм і  $10^{-28}$  атм для кисню.

Отже, у чистій воді окисником є іон водню  $H^+$ , який може прийняти електрон, а відновником – іон гідроксилу  $OH^-$ , який може віддати електрон. При рівновазі в нейтральному розчині  $pH = 7$ , коли  $[H^+] = [OH^-]$ , *ОВП* води, що не містить розчинені газу, дорівнює нулю.

### 2.3.2 Методи зниження та методика визначення *ОВП* питної води

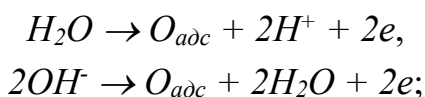
Існують різні методи і способи зниження *ОВП* води, такі як електрохімічна активація води (електроліз), метод безконтактної активації рідин, підготовка (тала, відстояна), гальванокоагуляція, обробка води антиоксидантами (кварц, кремній, шунгіт, срібло, магнієвий стрижень – активований водневий стержень, Coral-Mine, мікрогідрин та ін.) у воду тощо.

Визначення *ОВП* питної води проводять потенціометричним методом та за допомогою різних приладів – *ОВП*-метри, які вимірюють значення окисно-відновного потенціалу рідин. На рисунку 2.6 наведені деякі із них.

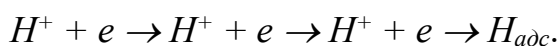


Рисунок 2.6 – Портативні (мобільні) *ОВП*-метри деяких фірм

Методика визначення ОВП води ґрунтується на потенціометричному методі. При вимірюванні ОВП як індикаторний електрод використовується платиновий, а як допоміжний – хлорсрібний. Процес вимірювання потенціалу полягає в тому, що індикаторний платиновий електрод набуває певний заряд за рахунок окислювачів або відновників розчину. Залежно від  $E_h$  середовища електрод заряджається позитивно або негативно, тобто приймає позитивний або негативний потенціал. При цьому відбувається адсорбція деякої кількості атомарного кисню або водню, які утворюються на електроді при електрохімічному розряді води або іонів гідроксилу й водню. При позитивному заряді електродів (на аноді):



при негативному (на катоді):



Отже, спостерігається залежність між потенціалом електрода і адсорбцією на ньому атомарних частинок  $O$  і  $H$ .

Перевірка платинових електродів виконується наступним чином: проточну комірку наповнюють стандартним розчином для перевірки платинових електродів і поміщають в термостат ( $25\text{ }^\circ\text{C}$ ). Як стандартні використовуються такі розчини:  $K_3[Fe(CN)_6]$  0,003 моль/л;  $K_4[Fe(CN)_6]$  0,003 моль/л;  $KCl$  0,1 моль/л. Електроди, які придатні для вимірювань дають стабільні показники щодо потенціалу хлорсрібного електрода порівняння в межах  $233 \pm 5$  мВ.

Основним способом отримання води з низьким ОВП є електрохімічна активація, що з'явилася ще у 1974 р. [2, 3]. Встановлено, що на аноді утворюється вода, насичена киснем, на катоді – воднем. Воднева вода має великий негативний окисно-відновний потенціал. У такій воді стимулюються хімічні процеси відновлення і зростання живих організмів.

Відомо, що електроліз був одним з перших промислових методів отримання активованої води, яка має цілющі властивості. Обставинами, що обмежують можливості застосування активованої електролізом води, є зміна величини рН. При електролізі на аноді рН сильно зменшується (6,5 і менше), а на катоді – сильно збільшується (більше дев'яти). Для питної води існують санітарні норми, величина рН повинна знаходитися в межах 6,5 – 9 од.

Існують різні види пристроїв для електрохімічної обробки води, різної конструкції, що знижують ОВП [2, 4]. Останнім часом вивчається пристрій для отримання рідкого середовища з негативним окисно-відновним потенціалом шляхом насичення її воднем [3]. У роботі [5] розглядалася активація води вна-

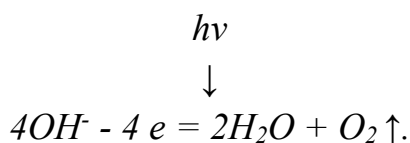
слідок введення в неї молекулярного водню. Виявлено досягнення низьких значень ОВП, близьких до значень, досяжним при електролізі, проте на встановлення потенціалу потрібен час (доба і більше).

Метод безконтактної активації рідин, використаний у таких пристроях, як «Водний доктор», «Аквадиск-2000», «Влада», «Смарагд» всіх модифікацій, а також японські й корейські іонізатори води або електрохімічні активатори здатні значно знизити ОВП води.

Існує також метод зміни ОВП шляхом додавання антиоксидантів у воду. Усі відомі антиоксиданти (вітаміни С, Е, селен,  $\beta$ -каротин, мікрогідрин, ОПЦ – олігомерні проатоціанідіни та ін.) можуть при певних умовах перетворюватися в антиоксиданти, тобто можуть посилювати дію окислювальних процесів, як при надлишку, так і при їх нестачі в організмі окремо взятої людини в даний конкретний період її життя.

Розглянемо деякі методи активації води, які сьогодні застосовуються в ряді напрямків науки.

**Опромінення води УФ-світлом.** Внаслідок фотоэффекту з поверхні води вибиваються електрони.



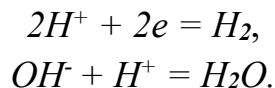
Газ  $O_2$  видаляється,  $H_2O$  розкладається з утворенням гідроксилів, які перетворюють реакцію на лужну. Це ефективний метод активування води.

Для активації води можна використовувати водний генератор, який дозволяє отримувати протоновану або гідроксильну воду. У медицині можна лікувати різні захворювання, накладаючи позитивні або негативні електроди на різні органи, активуючи в них воду шляхом її гідроксилування або протонування.

**Бомбардування води електронами.** Проводиться за допомогою електронно-променевої трубки. При цьому протони відновлюються до водню-газу, який випаровується внаслідок помішування. Вода гідроксильується, заряджається біологічно активною енергією. Для електронного бомбардування можна використовувати також лампи для отримання катодних променів.

**Кавітація води.** Проф. А. Ф. Немчин і його співробітники в НАН України активують воду за допомогою її ультразвукової обробки. Ультразвук руйнує водневі зв'язки у воді, викликає утворення дрібних бульбашок (кавітацію), світіння води, її стерилізацію. Лабораторія А. Ф. Немчина побудувала суперкавітаційний випарник води, який дозволяє отримувати різні зразки біологічно активної води, в тому числі і зі зниженим вмістом дейтерію і тритію.

**Електроліз води** – малоефективний метод підвищення енергетики води. Існує багато типів електроактиватора води. Катодна або анодна вода широко застосовується в біології та медицині. Є література про позитивні ефекти електролізної води. При звичайних енергіях струму позитивні і негативні заряди швидко взаємозношуються:



Механізм дії лужної води (католіта), пояснюється тим, що, як показали Клотц, Алексеев та ін., у цих умовах білки набувають негативний заряд і утворюють міцніші та стабільніші водневі зв'язки. Усе це підсилює синтетичні процеси в клітинах і організмах.

**Метод електроімпульсної активації** дає «живу» воду Б. М. Рогачевского. Проводиться електроімпульсна обробка води. Потім вода використовується для пиття й у вигляді примочок. Активація проводиться так. Через воду в камері пропускають один або декілька електричних розрядів. Утворений під час електророзряду плазмовий шнур має температуру до 2000 °К, що обумовлює його жорстке ультрафіолетове випромінювання. Оброблювана рідина піддається також потужному звуковому, механічному й електромагнітному впливам.

Методами електроімпульсної технології знезаражують різні середовища. Важливу роль у поразці бактеріальних клітин відіграє перекисне окиснення ліпідів мембран бактерій. При цьому в їхніх клітинах різко зростає концентрація ОН-радикалів, утворюється потужна окисна система, яка пошкоджує і вбиває бактерії. Така активована «жива» вода застосовується в медицині і дається по 0,1 л в день протягом 8–10 діб і зберігає лікувальні властивості протягом декількох днів після обробки електроімпульсним розрядом.

**Метод дегазації води.** Відфільтровану воду піддають дегазації. Біологічна активність її висока, проте відкрита рідина насичується атмосферним киснем і втрачає цілющі властивості.

Брати В. Д. Зелепухін і І. Д. Зелепухін видали книгу про методи активування води, у якій викладено результати своїх досліджень підвищення енергетики води за допомогою дегазації. У разі дегазації води підвищується її структурування, вода гідроксильється, збільшується її рН (у важкій воді D<sub>2</sub>O рН навпаки зменшується).

З точки зору термодинаміки, дегазована вода постійно прагне до рівноваги, тобто до попереднього стану. У ній, як у розтягнутій пружині, зберігається енергія, яка визначає її біостимульовані властивості.

Методика дегазації наступна. Дегазація – це видалення непотрібних «мертвих» газів. У такій воді вміст кисню стільки, скільки розчинено в нашій крові; в цьому і полягає одна з причин ефективності дегазованої води.

У медицині дегазована вода застосовується при профілактиці і лікуванні застуди (ангіни, грипу), захворювань зубів і порожнини рота (полоскання), шкіри (обробка вражених місць при ударах, опіках, ранах), гіпертонії (воду п'ють кожен день три рази по 1/4 склянки), хворобах нирок і печінки.

**Мінералізована вода.** Мінерали або мікроелементи мають свої енергетичні та інформаційні поля, які можуть впливати на воду. Тому ще одним потужним методом активації води є підвищення її енергетики, тобто взаємодія води з мінералами. Не всі мінерали активують воду, а ті, які змінюють вміст у воді іонів  $H^+$  або  $OH^-$  або безпосередньо взаємодіють з молекулами води, хоча б трохи розчиняючись в ній. До теперішнього моменту залишаються дискусійними й не дослідженими ряд кардинальних властивостей води, в значній мірі обумовлюють її вплив на здоров'я людини.

Наприклад, такими проблемами є мінеральний склад питної води, ступінь її структурування, енергетична зарядженість та ізотопні характеристики, зв'язок з органічними молекулами, що допомагає організму засвоїти мікроелементи.

У лікувальних цілях використовуються різні властивості мінералів, розчинених у воді:

- їхня бактерицидність (реальгар, шунгіт, арсенопірит);
- здатність до стабілізації кровоносної і нервової системи (мирабилит, гіпс, слюда, метацінобарит, мілонов, сидерит);
- здатність зняти втому, м'язових напруг (пірит, малахіт, азурит, магнетит);
- лікування опіків (самородне золото).

Отже, йод володіє такими універсальними властивостями: властивість швидко проникати в клітину, виводити з крові антитіла, які сприяють знищенню червоних клітин в крові, а також виводити токсини з організму. Функція йоду (його гормонів) складається в збільшенні споживання кисню в процесі штатних окислювальних процесів. Йод нормалізує захисні реакції не тільки щодо інфікування, а й практично щодо всіх стресів.

Зіставлення складу мікроелементів організму людини, землі і морської води показує на їхню практично повну ідентичність, відмінності полягають лише в концентраціях. Ця обставина послужила основною причиною створення особливого напрямку в медицині – лікувального застосування мікроелементів в якості біотиків. За даними Н. М. Великого, сірий камінь сілекс має здатність активувати воду. Сілекс – це вуглецевмісний мінерал, продукт життєдіяльності

морських організмів, що виділяють кремнезем. За твердженням Н. М. Великого, сілекс очищає воду від багатьох домішок, робить її корисною для здоров'я і підвищує імунітет, омолоджує людину.

**Біорезонансний метод активації води.** Настоювання мінералів у воді призводить до її активації, енергізації і структурування. Біорезонансні методи активації води базуються на досвіді медицини Індії, Китаю, В'єтнаму. За допомогою мінеральних фільтрів з використанням доломіту, цеоліту, шунгіту, пісковика, граніту, кремнію та інших компонентів можливо готувати індивідуальну біологічно активну воду, яка буде заряджати кожну людину енергією, омолоджувати її, зміцнювати її здоров'я.

**Активація питної води власною енергією.** Слід заряджати талу воду для пиття хворим людям. Активовану питну воду в природі шукають у засніжених високих горах. Водою цих джерел (аршанів, як їх називають в гірському Алтаї) лікують найрізноманітніші хвороби, виводять каміння і пісок із нирок, омолоджуються. Якутія, де п'ють талу воду, відома довголіттям своїх мешканців.

Вище наведені деякі методи знезараження, активації і енергетизації води. Наведені методи підвищення біологічної активності води – як природні, так і штучні, техногенні та експериментальні. Теоретичний аналіз і технологічна розробка цих методів має велике практичне значення для медицини та інших галузей.

### 3 САМОСТІЙНА РОБОТА

#### ЗМ 1 ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ

##### 1 Санітарно-екологічні вимоги якості питної води

Основні елементи лабораторного контролю екологічних об'єктів. Точки, які використовують для відбору проб. Види санітарно-екологічного аналізу води та вимог до її якості.

##### *Контрольні запитання*

1. Які основні елементи лабораторно-виробничого контролю існують на очисних спорудах?
2. Які основні точки технологічного ланцюга використовують для відбору проб для аналізів?
3. У чому полягає санітарно-екологічний аналіз води та які існують його види?
4. Як складається графік лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах?
5. Що означає система лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах?
6. Яка існує номенклатура аналізів, виконаних у лабораторії?
7. Яке є матеріально-технічне забезпечення лабораторно-виробничого контролю?
8. Які вимоги ставляться до відбору проб води?
9. Які ви знаєте види відбору проб води?
10. У чому полягає суть консервування проб води?
11. Які є умови для консервування проб?
12. Як відбувається підготовка екологічно чистої питної води за допомогою метода направленої кристалізації?
13. Який показник можна використовувати для визначення екологічної безпеки питної води?

##### 2 Організація контролю якості і властивостей води

Плата за скид стічних вод в систему комунальної каналізації міста. Порядок стягнення плати. Охорона водного об'єкта від забруднення стічними водами. Оцінка ліквідації екологічного збитку водним об'єктам. Полігони для твердих відходів, їхня транспортування, зберігання і нейтралізація токсичних промислових відходів, переробка твердих відходів, рециклізація, обробка осадів стічних вод, відходи як джерело енергії.



### ***Контрольні запитання***

1. У яких випадках відбувається стягнення плати за стічних вод в систему комунальної каналізації міст?
2. Наведіть порядок стягнення плати.
3. У чому полягає оцінка ліквідації екологічного збитку водним об'єктам?
4. Назвіть існуючі методики оцінки запобіганню шкоди природним ресурсам.
5. Що представляє собою плата за негативний вплив на водні об'єкти?
6. Які існують методи запобігання внесення плати за розміщення відходів?

### **3 Деякі аспекти, пов'язані з безпекою водопостачання**

Трубопровідні системи питного водопостачання. Причини незадовільного стану трубопровідних систем водопостачання. Екологічно безпечний конструкційний матеріал труб. Заходи створення екологічної безпеки трубопровідних систем питного водопостачання.

### ***Контрольні запитання***

1. Які існують основні причини незадовільного стану трубопровідних систем водопостачання?
2. Який конструкційний матеріал труб можна використовувати як екологічно безпечний?
3. Які можна застосовувати заходи для створення екологічної безпеки трубопровідних систем питного водопостачання?

### **4 Фізико-екологічні показники безпеки джерел водопостачання**

Основні проблеми існуючих мереж і систем водопостачання. Застаріла водоочисні споруди, критичний стан основних фондів та екологічні проблеми, які вони створюють. Забезпечення екологічної безпеки комунального водопостачання та створення ефективних методів та технічних засобів.

### ***Контрольні запитання***

1. Які є основні причини і наслідки погіршення екологічного стану природних вод?
2. Який вплив скидання стічних вод на екологічний стан водних об'єктів?
3. У чому полягає вплив вживання неякісної питної води на організм людини?
4. Які сучасні форми управління, математичні моделі, інформаційні технології, технічні рішення, направлені на покращення умов життєдіяльності людини і стан природного середовища ви знаєте?

## **5 Екологічна безпека поверхневих джерел водопостачання**

Основні джерела води і види прісної води. Очистка питної води у домашніх умовах, класифікація побутових фільтрів. Ефективність фільтрів, рекомендації щодо їхнього використання. Прості способи очищення води (злив застоюної води, відстоювання, кип'ятіння). Методи очищення води за допомогою спеціальних матеріалів та пристроїв (механічний спосіб фільтрації, мембранний – зворотній осмос, нанофільтрація, ультрафільтрація, мікрофільтрація; сорбційна фільтрація; іонообмінний метод фільтрації).

### ***Контрольні запитання***

1. Які є види прісної води?
2. Чим загрожує зараження питної води?
3. Назвіть та охарактеризуйте прості способи очищення води, які ви знаєте.
4. Дайте характеристику способам очищення питної води в домашніх умовах?
5. У чому полягає класифікація побутових фільтрів?
6. У чому полягає механічний спосіб фільтрації?
7. Дайте характеристику мембранним методам очищення води (зворотній осмос, нанофільтрація, ультрафільтрація, мікрофільтрація).
8. У чому полягає метод сорбційної фільтрації?
9. У чому полягає іонообмінний метод фільтрації?

## **6 Підвищення екологічної безпеки питної води за рахунок використання активованих розчинів реагентів. Структурування питної води**

Структурована вода та її властивості. Методи структурування і активації води. Методи виміру окисно-відновного потенціалу. Поняття «живої» і «мертвої» води. Тала вода. Шунгітна вода. Срібна вода.

### ***Контрольні запитання***

1. Що таке питна вода і для чого вона потрібна?
2. Що таке активована чи структурована вода?
3. Методи контролю при структуруванні води?
4. Що розуміють під поняттям «живої» і «мертвої» води?
5. Що таке тала вода та як її отримують?
6. Що таке шунгітна вода та які її властивості?
7. Як отримують срібну воду та назвіть її властивості та вплив на організм людини?

## ЗМ 2 ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ

### 7 Підвищення екологічної безпеки питної води в процесі очищення

Причини забезпечення якості питної води на стадіях водопідготовки. Вимоги ДержСанПіНу до питної води. Основні методи доочистки, кондиціонування і регулювання якості питної води. Електрохімічний вплив на воду з використанням компактних високопродуктивних модульних реакторів – проточних діафрагменних електрохімічних модульних елементів. Суть методу. Основні установки електрохімічних реакторів. Фізико-хімічні процеси очистки води в електрохімічному реакторі, технічні системи для їхньої реалізації, короткі характеристики процесів. Форм сполук заліза у воді. Особливості знезалізнення питної води. Вплив важких металів на людину.

Суть методу сорбції на активованому вугіллі. Селективні сорбенти. Модифікація відомих сорбентів. Контактно-сорбційна коагуляція.

Характеристика відомих методів очистки стічних вод від біогенних елементів. Перспективні технології і схеми біологічної нітриденитрифікації. Іонний обмін. Основні особливості іонітів.

#### *Контрольні запитання*

1. Які є причини забезпечення якості питної води на стадіях водопідготовки? Які вимоги ДержСанПіНу висувають до питної води?
2. Які є основні методи доочистки, кондиціонування і регулювання якості питної води?
3. Які фізико-хімічні процеси очищення води відбуваються в електрохімічному реакторі та технічні системи для їхньої реалізації, короткі характеристики процесів?
4. Які ви знаєте основні установки електрохімічних реакторів?
5. Які форми сполук заліза існують у воді?
6. У чому полягають особливості знезаражування питної води?
7. Як впливають важкі метали на людину?
8. У чому полягає суть методу сорбції на активованому вугіллі?
9. Які основні переваги використання сорбції на активованому вугіллі?
10. Які ви знаєте види сорбентів?
11. У чому полягає суть контактної сорбційної коагуляції?
12. Які методи біологічного вилучення фосфору ви знаєте?
13. У чому полягає суть методу біологічного вилучення фосфору Pherodox?
14. У чому суть комбінованого методу очищення побутових стічних вод від азоту?
15. Які є технології біологічної нітриденитрифікації?
16. У чому полягає суть іонного обміну? Особливості іонітів.

## **8 Еколого-технічні особливості експлуатації очисних споруд водопостачання**

Характеристика споруд для підготовки природних вод. Облік роботи на очисних спорудах водопроводу. Обов'язки персоналу водопровідної станції. Перелік заходів при пуску очисних споруд водопроводу. Обов'язки персоналу реагентних цехів. Екологічна безпека експлуатації реагентного господарства очисних споруд водопроводу. Особливості експлуатації відстійників і освітлювачів, фільтрувальних споруд водопроводу. Можливі несправності в роботі фільтрів, освітлювачів із завислим осадом, їх усунення. Охоронні заходи джерельних вод питного водопостачання в зонах харчування джерел. Санація джерельних вод питного водопостачання в зонах харчування джерел. Рекомендації щодо екологічно безпечного використання джерельних вод України.

### ***Контрольні запитання***

1. Які охоронні заходи джерельних вод питного водопостачання в зонах харчування джерел необхідно проводити?
2. У чому полягає санація джерельних вод питного водопостачання в зонах харчування джерел?
3. Які ви можете навести рекомендації щодо екологічно безпечного використання джерельних вод України?

## **9 Правила користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення в населених пунктах України**

Загальні положення правил користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення в населених пунктах України. Договірні відносини щодо користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення. Система обліку водопостачання та водовідведення. Дворові системи водовідведення. Профілактика мереж водовідведення. Права та обов'язки КП «Харківводоканал» і споживачів КП «Харківводоканал». Умови приймання стічних вод споживачів у каналізаційну мережу. Правила скидання стічних вод в міську каналізаційну мережу м. Харкова. Величина плати за скидання стічних вод у міську каналізаційну мережу. Облік коефіцієнту кратності при скиданні стічних вод в каналізаційну мережу м. Харкова.

### ***Контрольні запитання***

1. Які є загальні положення правил користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення в Україні?
2. У чому полягає система обліку водопостачання та водовідведення?
3. Які правила скидання стічних вод встановлені для міської каналізаційної мережі м. Харкова?

4. Яким чином ведеться облік коефіцієнту кратності при скиданні стічних вод в каналізаційну мережу м. Харкова?

### **10 Втрати води в системах міського водопостачання**

Класифікація витоків. Боротьба з витоками і втратами води. Безводомірний облік води. Заходи боротьби з витоками на водопровідній мережі. Підготовка водопровідної мережі до зими. Заходи боротьби з розкраданнями води. Заходи зменшення неврахованих витрат води. Гідравлічні випробування водопровідних мереж.

#### ***Контрольні запитання***

1. Які витоки ви знаєте?
2. У чому полягає суть боротьби з витоками і втратами води?
3. Які є заходи боротьби з витоками на водопровідній мережі?
4. Які є заходи з розкраданнями води?
5. Які заходи застосовують для зменшення неврахованих витрат води?

### **11 Підвищення екологічної безпеки очистки природних і стічних вод за допомогою біоплато**

Загальна характеристика біоплато. Класифікація біоплато. Призначення і принцип роботи біоплато. Схема комплексу очищення стічних вод біоплато. Характеристика інфільтраційного біоплато. Характеристика поверхневого біоплато. Контроль за роботою біоплато, ефективність очищення стічних вод на біоплато. Нанотехнології в процесах очищення води. Реагентне очищення води та технології, що поліпшують методи та роботу споруд для очищення води. Напрямки розвитку нанотехнологій.

#### ***Контрольні запитання***

1. У чому полягає суть роботи біоплато, умови застосування?
2. У чому полягає суть нанотехнології в процесах очищення води?
3. Які напрямки розвитку нанотехнологій існують?

### **12 Мембранні технології в процесах очистки води**

Сутність мембранної технології в процесі очищення води. Мембрани. Ефективність мембранного очищення води. Характеристика мембранних процесів очищення води. Основні групи мембран, їх характеристика.

#### ***Контрольні запитання***

1. Які мембранні методи можуть використовуватися для очищення стічних вод?
2. Які типи мембран використовують при мембранному очищенні води?
3. Яка ефективність мембранного методу очищення води?
4. Приведіть класифікацію мембранних методів.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Насонкина Н. Г. Повышение экологической безопасности систем питьевого водоснабжения / Н. Г. Насонкина. – Макеевка : ДонНАСА, 2005. – 181 с.
2. Джигирей В. С. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища / В. С. Джигирей, В. М. Сторожук, Р. А. Яцюк. – Львів : Афіша, 2001. – 272 с.
3. Скоробогатов Г. А. Осторожно! Водопроводная вода! (Ее химические загрязнения и способы доочистки в домашних условиях.) / Г. А. Скоробогатов, А. И. Калинин. – Санкт-Петербург : Изд-во Санкт.-Петербур. ун-та, 2003. – 156 с.
4. Экология города : учебник / Под общ. ред. Ф. В. Стольберга. – Киев : Либра, 2000. – 464 с.
5. Петросов В. А. Управление региональными системами водоснабжения / В. А. Петросов. – Харьков : Основа, 1999. – 320 с.
6. Корінько І. В. Контроль якості води / І. В. Корінько, В. Я. Кобилянський, Ю. О. Панасенко. – Харьков : ХНАМГ, 2013. – 288 с.
7. Водоснабжение / [А. Я. Найманов и др.]. – Донецк : Норд-Прес, 2004. – 650 с.
8. Реконструкция и интенсификация сооружений водоснабжения и водоотведения : учеб. пособие / А. А. Василенко, П. А. Грабовський, Г. М. Ларкина, А. В. Полищук, В. И. Прогульный. – Киев – Одесса : КНУСА, ОГАСА. – 2007. – 307 с.
9. Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод : монография / С. С. Душкин, А. Н. Коваленко, М. В. Дегтярь, Т. А. Шевченко; Харьков. нац. акад. городского хоз-ва. – Харьков : ХНАГХ, 2011. – 146 с.
10. Свитцов А. А. Введение в мембранную технологию / А. А. Свитцов. – М. : ДеЛипринт, 2007. – 208с.
11. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною [Електронний ресурс] : ДСанПіН 2.2.4-171-10. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: <http://filtry-vody.blogspot.com/2010/09/gsanpin-224-171-10-sanitarnye-normy-i.html>. – 20.02.2020. – Назва з екрана.
12. Окислительно-восстановительный потенциал воды, насыщенной водородом [Электронный ресурс] / И. М. Пискарев, В. А. Ушканов, П. П. Лихачев, Т. С. Мысливец // Исследовано в России : Электронный журнал. – 2007. – С. 230–239. – Режим доступа : <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2007/023.pdf>. – 20.02.2020. – Назва з екрана.

13. Исаев В. Н. Социальные аспекты водопользования : учеб. пособие / В. Н. Исаев, Е. А. Пугачев ; под ред. В. Н. Исаева ; Мин-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». – М. : МГСУ, 2011. – 154 с.
14. The structure of the first coordination shell in liquid water / Ph. Wernet, D. Nordlund, U. Bergmann, M. Cavalleri, M. Odellius, H. Ogasawara, L.Å. Naslund, T. K. Hirsch, L. Ojamae, P. Glatze, L. G. M. Pettersson, A. Nilsson // Science, 304. - 2004. – p. 995–999.
15. The inhomogeneous structure of water at ambient conditions / C. Huang, K. T. Wikfeldt, T. Tokushima, D. Nordlund, Y. Harada, U. Bergmann, M. Niebuhr, T. M. Weiss, Y. Horikawa, M. Leetmaa, M. P. Ljungberg, O. Takahashi, A. Lenz, L. Ojamae, A. P. Lyubartsev, S. Shin, L. G. M. Pettersson, A. Nilsson // PNAS. – 2009. – 106. – p. 15214–15218.
16. Душкін С. С. Методичні вказівки до проведення практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Підвищення екологічної безпеки систем питного водопостачання» (для студ. 5 курсу денної форми навч. спец. 8.06010302 – Раціональне використання і охорона водних ресурсів) / С. С. Душкін, О. П. Смілка. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 40 с.
17. Душкін С. С. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Підвищення екологічної безпеки систем питного водопостачання» (для студ. 5 курсу денної і заочної форм навч. освітньо-кваліфікац. рівня «магістр» спец-сті 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. – 28 с.
18. Душкін С. С. Конспект лекцій з дисципліни «Підвищення екологічної безпеки систем питного водопостачання» (для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» спец. 192 – Будівництво та цивільна інженерія, спеціалізації (освітньої програми) «Раціональне використання і охорона водних ресурсів») / С. С. Душкін, О. П. Галкіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 74 с.

## ДОДАТКИ

### ДОДАТОК А

#### Завдання для виконання Теоретичної частини

#### розрахунково-графічного завдання

#### на тему:

#### «Особливості підвищення екологічної безпеки питної води»

1. Сучасні методи та засоби лабораторного контролю екологічних об'єктів.
2. Плата за негативний вплив на довкілля, неорганізований скид забруднюючих речовин у водні об'єкти.
3. Способи зниження (або відсутність) внесення плати за розміщення відходів.
4. Екологічна безпека трубопровідних систем питного водопостачання.
5. Проблеми забезпечення екологічної безпеки мереж водопостачання.
6. Хімічні забруднення питної води та способи її доочищення в домашніх умовах.
7. Структурування питної води, поняття та методи її досягнення.
8. Методи вивчення структури води.
9. Кластер води, поняття, класифікація, методика визначення.
10. Методи кондиціонування води систем питного водопостачання.
11. Очищення питної води в домашніх умовах.
12. Побутові фільтри, їхня класифікація та ефективність.
13. Вплив забруднень питної води на здоров'я людини.
14. Оцінка запобігання (ліквідованого) екологічного збитку водним об'єктом.
15. Охоронні заходи і санація джерельних вод питного водопостачання в зонах харчування джерел.
16. Зворотній осмос та його установки.
17. Сорбція на активованому вугіллі.
18. Іонний обмін.
19. Мембранні технології в процесі очищення води.
20. Радіаційне очищення води.



ДОДАТОК Б  
Зразок оформлення титульного аркуша РГЗ

---

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Кафедра водопостачання, водовідведення і очищення вод

**РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

**з дисципліни «Підвищення екологічної безпеки систем  
питного водопостачання»**

**на тему «Особливості підвищення екологічної безпеки питної води»**

студента \_\_ курсу гр. \_\_\_\_\_  
спеціальності 192 – Будівництво та  
цивільна інженерія

---

Керівник: канд. техн. наук, доц. Галкіна О. П.  
Національна шкала \_\_\_\_\_  
Кількість балів: \_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_  
Члени комісії \_\_\_\_\_

**Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 202\_\_\_\_\_**

*Виробниче-практичне видання*

Методичні рекомендації

до виконання практичних,  
розрахунково-графічного завдань та самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ  
ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ»**

*(для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання  
спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво,  
водна інженерія та водні технології)*

Укладач **ГАЛКІНА** Олена Павлівна

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *О. П. Галкіна*

План 2020, поз. 81М.

---

Підп. до друку 24.02.2020. Формат 60 × 84/16.  
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 3,4.  
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.