

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

*МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ*

до виконання розрахунково-графічної роботи  
з дисципліни

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

*(для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання  
освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»  
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, спеціалізації  
(освітньої програми) «Раціональне використання і охорона водних ресурсів»)*

**Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2016**

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Підвищення екологічної безпеки систем питного водопостачання» (для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, спеціалізації (освітньої програми) «Раціональне використання і охорона водних ресурсів») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : С. С. Душкін, О. П. Галкіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 28 с.

Укладачі: д-р техн. наук С. С. Душкін,  
О. П. Галкіна

Рецензент: канд. техн. наук, доц. В. О. Ткачов

*Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод, протокол № 1 від 30 серпня 2016 р.*

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 СТРУКТУРА І ОФОРМЛЕННЯ РГР .....	5
2 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РГР НА ТЕМУ «ОСОБЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПИТНОЇ ВОДИ».....	6
2.1 Теоретична частина .....	6
2.2 Розрахунково-графічна частина .....	7
3 ВКАЗІВКИ ДО ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПИТНОЇ ВОДИ І РОЗРАХУНКУ ПОТРЕБИ ВОДИ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ .....	7
3.1 Кластерна структура води .....	9
3.2 Фізіологічна норма споживання води .....	13
3.3 Ознаки питної води .....	15
3.3.1 Окисно-відновний потенціал води .....	16
3.3.2 Методи зниження та методика визначення ОВП питної води .....	18
ДОДАТОК А.....	26
СПИСОК ДЖЕРЕЛ .....	27

## ВСТУП

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.

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 нестатком або надлишком в ній окремих хімічних елементів і сполук, таких як йод, фтор, марганець, магній. Вміст мікроелементів, який обмежений у продуктах харчування, та їхню нестачу в організмі людини можна частково заповнити питною водою.

Метою виконання розрахунково-графічної роботи далі – РГР з дисципліни «Підвищення екологічної безпеки систем питного водопостачання» 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 СТРУКТУРА І ОФОРМЛЕННЯ РГР

Розрахунково-графічна робота включає теоретичну й розрахункову частини. Завданням для виконання теоретичної частини є розкриття теоретичного питання за завданням викладача (детальніше п. 2.1), 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 (детальніше п. 2.2). Розрахунково-практична частина роботи 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 лист (додаток А);
  - 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 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РГР НА ТЕМУ «ОСОБЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПИТНОЇ ВОДИ»**

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

### **2.1 Теоретична частина**

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. Хімічне 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.

## **2.2 Розрахунково-графічна частина**

Виконання розрахунково-графічної роботи передбачає два етапи:

Перший етап – визначити окисно-відновний потенціал для питної води, яку Ви вживаєте регулярно. Навести дані технологічного аналізу води (ОВП, рН, TDS та ін.).

Другий етап – 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.

Третій етап – зробити висновок щодо якості даної води й надати рекомендації відносно її покращення до стану екологічної безпеки для фізіологічної повноцінності функціонування організму людини, визначити кількість води за умови її вживання щоденно.

## **3 ВКАЗІВКИ ДО 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. 3.1).



Рисунок 3.1 – 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 недостатком 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.

### 3.1 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. 3.2, 3.3). 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.

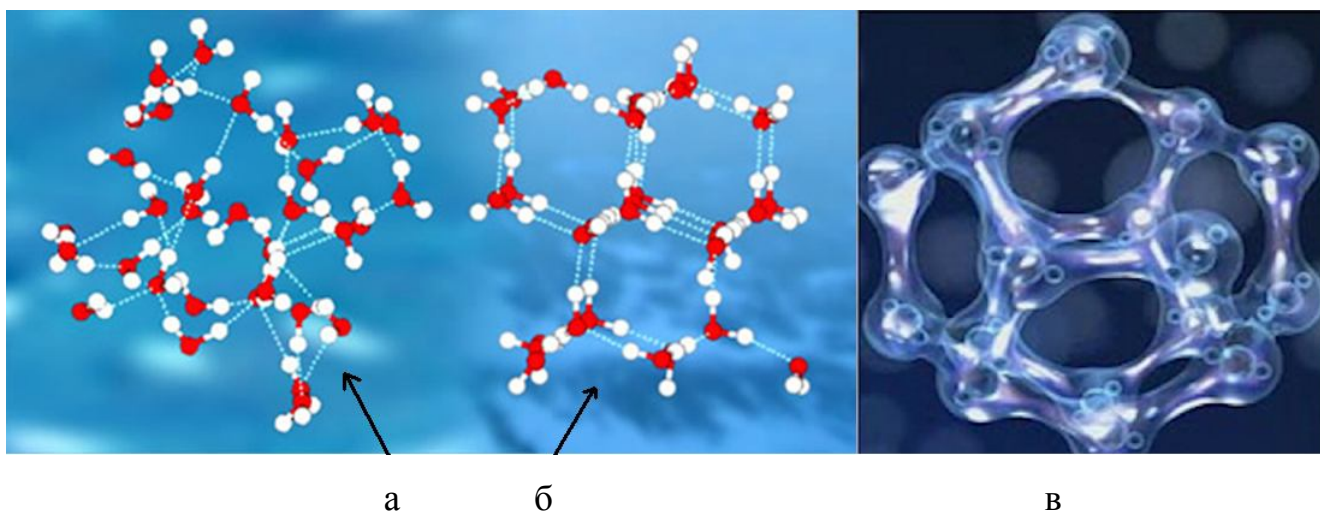


Рисунок 3.2 – Кластерна модель води: а – структурні моделі води; б – структурні моделі льоду; в – кластерна модель структурованої води



Рисунок 3.3 – 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 флуктуючою 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 водневi 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.

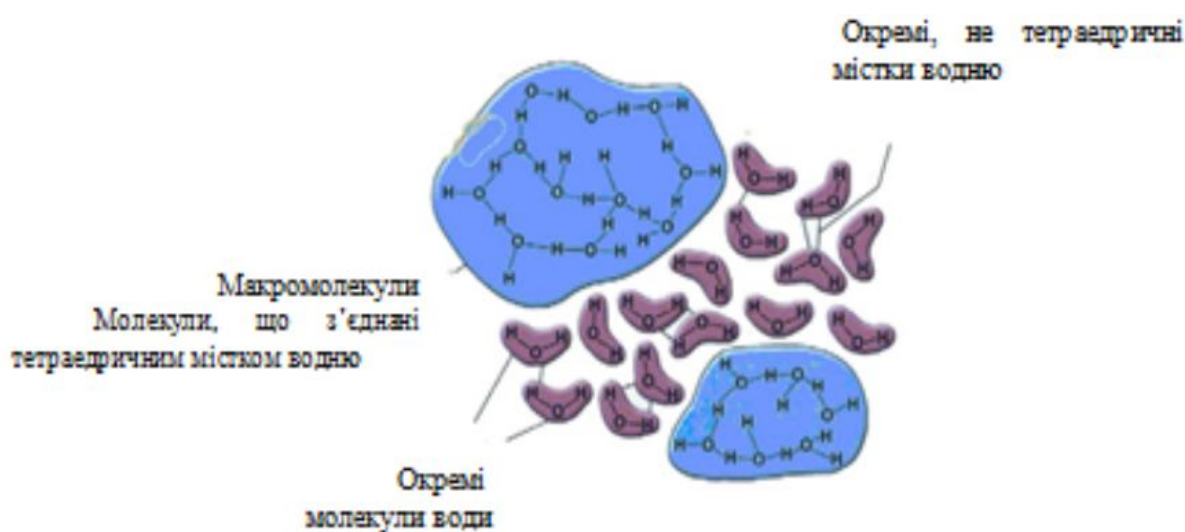


Рисунок 3.4 – Модель мерехтливих кластерів води

На рисунку 3.4 представлені як окремі кластерно-асоціативні структури молекул води, так і окремі молекули води, не пов'язані водневими зв'язками.

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. Групуєчись, 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).

### 3.2 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 3.5. Як зневоднення призводить до виникнення серйозних захворювань, так і регулярне, правильно розраховане вживання води допоможе запобігти розвитку хвороб.



Рисунок 3.5 – 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 3.1, 3.2. Ознаки, які вказують на нестачу води в організмі наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.1 – 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

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

Таблиця 3.2 – Мінімальна потреба організму людини у воді залежно від температури повітря

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

Таблиця 3.3 – 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

### 3.3 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.

В 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 і т. д. *Активація* – 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.

### **3.3.1 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 контролю 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].

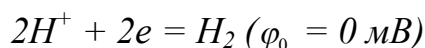
Розрізняють декілька головних типів геохімічних обстановок у природних водах:

- **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 и  $10^{-28}$  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.

### 3.3.2 Методи зниження та методика визначення ОВП питної води

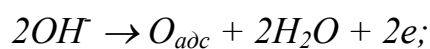
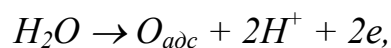
Існують різні методи і способи зниження ОВП води, такі як електрохімічна активація води (електроліз), метод безконтактної активації рідин, підготовка (тала, відстояна), гальванокоагуляція, обробка води антиоксидантами (кварц, кремній, шунгіт, срібло, магнієвий стрижень – активований водневий стрижень,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

Визначення ОВП питної води проводять потенціометричним методом та за допомогою різних приладів – ОВП-метри, які вимірюють значення окисно-відновного потенціалу рідин. На рисунку 3.6 наведені деякі із них.

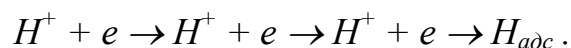


Рисунок 3.6 – Портативні (мобільні) ОВП-метри деяких фірм

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 внаслідок 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).

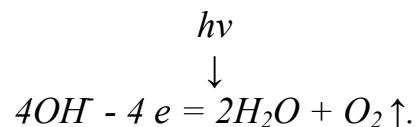
Метод безконтактної активації рідин, використаний у таких пристроях, як «Водний доктор», «Аквадиск-2000», «Влада», «Смарагд» всіх модифікацій, а

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 фотоефекту 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.

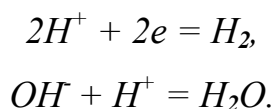
Для активації води можна використовувати водний генератор, який дозволяє отримувати протоновану або гідроксильну воду. У медицині можна лікувати різні захворювання, накладаючи позитивні або негативні електроди на різні органи, активуючи в них воду шляхом її гідроксилування або протонування.

**Бомбардування води електронами.** Проводиться за допомогою електронно-променевої трубки. При цьому протони відновлюються до водню-газу, який випаровується внаслідок помішування. Вода гідроксилується, 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 активованої 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 гідроксилується, 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.

**Зразок оформлення титульного аркуша РГР**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

Кафедра водопостачання, водовідведення і очищення вод

**РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА**

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

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

студента 5 курсу гр. М РВВР 2015-1  
**спеціальності 192** – Будівництво та  
цивільна інженерія  
Петрова А.Т.

Керівник: ас. О. П. Галкіна

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени комісії \_\_\_\_\_

**Харків  
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова  
2016**

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. 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>.
2. 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>.
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.-Петербург. 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 ; Мин-во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». – М. : МГСУ, 2011. – 154 с.
5. Аристова Н. А. Физико-химические методы получения экологически чистой активированной питьевой воды / Н. А. Аристова, И. М. Пискарев //
6. 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.
7. 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.

Навчальне видання

Методичні вказівки

до виконання розрахунково-графічної роботи  
з дисципліни

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

*(для студентів 5 курсу спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія  
спеціалізації (фахового спрямування) «Раціональне використання і охорона  
водних ресурсів»)*

Укладачі: **ДУШКІН** Станіслав Станіславович  
**ГАЛКІНА** Олена Павлівна

Відповідальний за випуск *К. Б. Сорокіна*

Редактор *В. І. Шалда*

Комп'ютерне верстання *О. П. Галкіна*

План 2016, поз. 137 М

---

Підп. до друку 07.10.2016  
Друк на різнографі  
Зам. №

Формат 60x84/16  
Ум. друк. арк. 1,0  
Тираж 50 пр.

---

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.