

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

## **ХІМІЯ ВОДИ ТА МІКРОБІОЛОГІЯ**

Методичні вказівки до виконання контрольної роботи

для бакалаврів водного господарства з узагальненим об'єктом діяльності  
"Водопостачання та водовідведення" 6.0926.00,  
та бакалаврів-будівельників з узагальненим об'єктом діяльності  
"Споруди та обладнання водопостачання і водовідведення" 6.0921.00  
заочної форми навчання

Київ 2006

УДК 628.1

ББК 38.761+51.21

X46

Укладачі: Т.В. Аргатенко, канд. техн. наук, доцент,  
О.М. Матвієнко, канд. техн. наук, асистент

Рецензент Юрков Є.В, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск А.М.Тугай, канд. техн. наук, професор

Затверджено на засіданні кафедри водопостачання, протокол №2 від  
19.09.2006р.

Хімія води і мікробіологія:

X46      Методичні вказівки до виконання контрольної роботи / Уклад.:  
Т.В.Аргатенко, О.М. Матвієнко. – К.: КНУБА, 2006. – 20 с.

Подано програму вивчення дисципліни, контрольні питання, задачі, що  
входять до контрольної роботи з курсу, необхідна для їх розв'язання  
інформація, приклади виконання деяких завдань.

Призначено для бакалаврів водного господарства з узагальненим  
об'єктом діяльності "Водопостачання та водовідведення" 6.0926.00 і  
бакалаврів-будівельників з узагальненим об'єктом діяльності "Споруди та  
обладнання водопостачання і водовідведення" 6.0921.00 заочної форми  
навчання.

## **ЗМІСТ**

Загальні положення	3
Розділ 1. Зміст курсу “Хімія води і мікробіологія”	4
Розділ 2. Завдання для контрольної роботи	6
А. Теоретичні питання	6
Б. Задачі	8
Розділ 3. Методичні вказівки до розв’язання задач	15
А. Контроль результатів хімічного аналізу води	15
Б. Контроль якості води	16
В. Контроль процесів очищення води	17
Розділ 4. Приклади розв’язання задач	18
Список літератури	20

## **ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Студенти, що набувають спеціальностей “Водопостачання та водовідведення” та “Споруди та обладнання водопостачання і водовідведення”, поряд з іншими дисциплінами вивчають питання очищення природних та стічних вод. Теоретичною основою цих дисциплін є курс «Хімія води і мікробіологія», який знайомить студентів із властивостями води, розкриває фізико-хімічну і біологічну сутність процесів, що відбуваються в спорудах очищення й підготовки природної води та у спорудах, де проходить очищення стічної води.

В процесі вивчення курсу «Хімія води та мікробіологія» студентами заочної форми навчання виконується письмова контрольна робота. Цьому повинно передувати ознайомлення зі змістом усіх тем курсу та докладне вивчення за підручниками тих розділів, до яких відносяться завдання контрольної роботи.

Після кожної теми курсу наводиться посилання на літературні джерела, перелік якої подано в “Списку літератури”.

В контрольній роботі необхідно представити повні, логічні та аргументовані відповіді на завдання. В кінці роботи студент зобов’язаний навести список використаної літератури. Оскільки для розв’язання деяких задач необхідні відомості, які відсутні у рекомендованій літературі, тому ця методична розробка містить інформацію, необхідну для вирішення таких задач контрольної роботи.

## **РОЗДІЛ 1. ЗМІСТ КУРСУ «ХІМІЯ ВОДИ І МІКРОБІОЛОГІЯ»**

### **ТЕМА 1. Вода і біосфера. Особливості води як речовини**

Проблема «чистої води» як один з аспектів охорони навколишнього середовища. Вода і біосфера. Вода як речовина. Аномальні властивості води, їх значення в житті біосфери. [1] с.10...13; [2] с. 8...13; [3] с. 37...39; [4] с. 7...13.

### **ТЕМА 2. Поняття про системи, фази, компоненти**

Гомогенні та гетерогенні системи. Прості та змішані фази. Компонент. Водні дисперсні системи. Дисперсійне середовище і дисперсна фаза. Зависі: суспензії та емульсії. Колоїдні розчини. Істинні розчини. [1] с.13...22; 212...214; [2] с. 39...42; 183...185; [3] с. 116...120; 213...215; [4] с. 13...15; 53...63; 71...72; 161...167.

### **ТЕМА 3. Природні та стічні води, їх характеристика. Класифікація домішок води за їх фазово-дисперсним станом**

Коротка класифікація природних вод. Основні домішки природних вод. Принцип класифікації домішок води за їх фазово-дисперсним станом. Групи домішок, їх характеристика. характерні представники. Вибір методу очищення води на основі фазово-дисперсного стану домішки. Класифікація стічних вод. [1] с.13...22; 212...214.

### **ТЕМА 4. Якість води. Показники якості води**

Якість води та методи її оцінення. Групи показників якості води. Фізичні, хімічні і бактеріологічні показники якості води. Вимоги до якості води різних споживачів. Основні нормативи для води питної якості. [1] с. 79...95; 98...108; [2] с. 44...65; 71...80; [3] с. 121...141; [4] с.64...72; [6].

### **ТЕМА 5. Обробка води коагулянтами**

Призначення обробки води коагулянтами. Стадії процесу коагулювання води. Характеристика солей-коагулянтів. Гідроліз коагулянту. Роль лужного резерву води. Підлогування води. Утворення колоїдних частинок гідроксидів алюмінію та заліза, їх взаємодія з колоїдами та зависями води. Коагуляція гідроксидів алюмінію та заліза з утворенням надміцелярних структур. Утворення пластівців та їх осадження.

Причини погіршення структури утворених пластівців, технологічні наслідки. Методи покращення структури пластівців, інтенсифікація процесів освітлення та знебарвлення води. Застосування флокулянтів. Види флокулянтів та механізми їх дії. [1] с.109...141; [2] с.80...111; [3] с.142...150; [4] с.124...137.

### **ТЕМА 6. Обробка води окисниками**

Знезараження води. Реагентні методи. Хлорування води. Хлоровмісні реагенти. Хлоропоглинання води. Методи хлорування води та їх призначення. Озонування води. Знезараження води іонами срібла. Безреагентні методи знезараження. Дія ультразвуку та ультрафіолетових променів.

Дезодорація води. Профілактика появи запахів та присмаків води, методи дезодорації: аерування, застосування окисників, адсорбентів. [1] с. 142...157; [2] с.156...177; [3] с.151...167; [4] с.149...161

#### **ТЕМА 7. Пом'якшення та знесолення води**

Жорсткість природних вод. Види жорсткості. Реагентні методи пом'якшення: вапновий, вапново-содовий, содово-натровий, барієвий, фосфатний. Термічний метод. Катіонування води. Імпфірування води. Магнітна обробка.

Класифікація природних вод за вмістом у них розчинених мінеральних солей. Опріснення та знесолення води. Основні методи та їх застосування: дистиляція, виморожування, іонний обмін, електрохімічне знесолення, зворотній осмос. [1] с.171...193; [2] с.117...137; [3] с.185...203; [4] с.73...97.

#### **ТЕМА 8. Стабілізація та дегазація води**

Вугільна кислота в природних водах. Стабільність води, способи її оцінення. методи вилучення вуглекислотної агресивності води. Методи запобігання утворенню накипу.

Розчинені у воді гази. Фізичні та хімічні методи видалення газів із води. Особливості вилучення кисню, сірководню. [1] с.72...75, 163...170; [2] с.138...142; [3] с.167...180; [4] с.98...109.

#### **ТЕМА 9. Коригування вмісту у воді сполук заліза, фтору**

Форми заліза у природних водах. Особливості вилучення сполук заліза із води підземних джерел. Знезалізнення поверхневих вод.

Фтор у природних водах. Вплив на здоров'я людини. Методи фторування та знефторення води. [1] с.168...171, 194...205; [2] с.143...155; [3] с.180...183, 204...210; [4] с.137...146.

#### **ТЕМА 10. Морфологія і систематика мікроорганізмів**

Мікроорганізми і навколишнє середовище. Поширення мікроорганізмів у природі та роль їх в кругообігу речовин. Мікрофлора: бактерії, гриби, водорості. Мікрофауна: саркодові, джгутикові, інфузорії. Інші водні організми. Типи дихання й живлення мікроорганізмів. Вплив фізичних, хімічних і біологічних факторів на розвиток мікроорганізмів. Використання факторів зовнішнього середовища для регулювання їх життєвих процесів. [2] с. 209...220; [3] с.239, 242...285; [4] с.198, 200...227; [5] с. 5, 7...27.

#### **ТЕМА 11. Екологічні системи природних водойм**

Екологічна система: біоценоз і біотоп. Характер взаємостосунків організмів: метабіоз, симбіоз, антибіоз, паразитизм. Біоценози природних водойм. Санітарно-бактеріологічна оцінка якості води. Санітарно-показові організми води. Система сапробності і її використання для оцінки ступеня забруднення водойм.

Характер і джерела забруднення водойм. Процеси самоочищення і роль різних груп організмів у самоочищенні водойм. Фактори, що впливають на

самоочищення від патогенної мікрофлори. [2] с.227...246; [3] с.288...296; [4] с.230...249; [5] с.28...34, 36...48.

## **ТЕМА 12. Роль мікроорганізмів у системах водопостачання і каналізації**

Біологічні перешкоди у водопостачанні. Методи боротьби з ними.

Біологічні процеси на різних стадіях очистки стічних вод. Очищення стічних вод у природних умовах. Екосистема аеротенків. Екосистема біофільтрів. Окиснення органічних речовин в анаеробних умовах. [2] с.247...249; [3] с.298...317; [4] с.249...276; [5] с.48...52, 55...57, 59, 61, 63...65.

## **РОЗДІЛ 2. ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ**

### **А. Теоретичні питання**

1. Вода і біосфера.
2. Вода як речовина. Аномальні властивості води.
3. Поняття про системи, фази, компоненти.
4. Водні дисперсні системи. Принцип класифікації домішок води за їх фазово-дисперсним станом.
5. Розчини. Розчинність в воді твердих, рідких, газоподібних речовин.
6. Основні властивості розчинів.
7. Прямий та зворотній осмос. Використання в технології водопідготовки.
8. Пониження температури замерзання розчинів. Використання в технології водообробки.
9. Кінетика хімічних реакцій. Швидкість хімічної реакції. Фактори впливу.
10. Рівновага в розведених розчинах. Зсув хімічної рівноваги. Принцип Ле Шательє.
11. Електролітична дисоціація. Сильні та слабкі електроліти. Константа дисоціації. Ступінь дисоціації.
12. Активна реакція водних розчинів. Водневий показник рН.
13. Гідроліз солей. Ступінь гідролізу.
14. Колоїдні розчини. Адсорбція, її види. Адсорбційна рівновага.
15. Іонний обмін. Характерні реакції. Використання для очистки води.
16. Іонно-електростатичний фактор стійкості колоїдних систем. Дзета-потенціал.
17. Коагуляція колоїдних систем. Коагуляція під дією електролітів.
18. Будова міцели. Дзета-потенціал. Ізоелектричний стан колоїдної системи.
19. Природні води та їх характеристика. Запаси води на Землі. Основні домішки природних вод.
20. Класифікація стічних вод. Види забруднень.
21. Фізичні показники якості води. Вміст завислих речовин, колірність води.
22. Фізичні показники якості води. Температура, запах, присмаки води.
23. Активна реакція води. Окиснюваність води. Види, методи визначення.

24. Перманганатна та дихроматна окиснюваність. Застосування БСК.
25. Щільний залишок та втрата при прожарюванні.
26. Лужність води. Роль лужності води в процесі обробки води коагулянтами.
27. Жорсткість води. Вимоги до жорсткості води господарсько-питного та технічного призначення.
28. Розчинені у воді гази: кисень, вуглекислий газ, сірководень.
29. Вміст і форми сполук заліза в природних водах.
30. Азотовмісні речовини в природних водах.
31. Бактеріологічні показники якості води: загальне мікробне число, індекс БГКП (*Coli* -індекс).
32. Аналіз води, його значенні та способи вираження результатів.
33. Характеристика домішок I групи класифікації за їх фазово-дисперсним станом. Методи їх вилучення із води.
34. Характеристика домішок II групи класифікації за їх фазово-дисперсним станом. Методи їх вилучення із води.
35. Характеристика домішок III групи класифікації за їх фазово-дисперсним станом. Методи їх вилучення із води.
36. Характеристика домішок IV групи класифікації за їх фазово-дисперсним станом. Методи їх вилучення із води.
37. Обробка води коагулянтами. Призначення. Види коагулянтів, їх характеристика.
38. Основні стадії процесу обробки води коагулянтами. Гідроліз солей-коагулянтів. Роль лужності води.
39. Взаємодія гідроксидів алюмінію та заліза з колоїдами і зависями води. Утворення пластівців.
40. Методи інтенсифікації процесів освітлення та знебарвлення води. Флокулянти, види, механізми дії.
41. Знезараження води. Призначення і методи. Реагенти, що застосовуються.
42. Хлорування води. Механізм. Хлоровмісні реагенти. «Активний» хлор. Хлоропоглинання води.
43. Методи хлорування. Призначення та характеристика.
44. Реагентні методи знезараження. Озонування. Обробка води іонами срібла.
45. Безреагентні методи знезараження води.
46. Причини та профілактика появи запахів і присмаків води.
47. Методи дезодорації води.
48. Види жорсткості води. Вибір методу пом'якшення. Термічний метод.
49. Реагентні методи пом'якшення води.
50. Катіонітовий метод пом'якшення води.
51. Класифікація вод за вмістом в них розчинених солей. Методи опріснення та знесолення.
52. Знесолення води іонним обміном.

53. Знесолення води дистиляцією та виморожуванням.
54. Вилучення солей із води Газогідратним методом. Електродіаліз.
55. Знесолення води зворотнім осмосом.
56. Вилучення солей із води екстрагуванням.
57. Розчинені у воді гази. Фізичні методи вилучення.
58. Розчинені у воді гази. Хімічні методи вилучення.
59. Стабільність води. Методи оцінення. Вуглекислотна динамічна рівновага.
60. Методи вилучення вуглекислотної агресивності води.
61. Методи запобігання утворенню накипу.
62. Фтор в природних водах. Фторування води.
63. Знефторення води.
64. Систематика мікроорганізмів. Мікрофлора.
65. Систематика мікроорганізмів. Мікрофауна.
66. Метаболізм мікроорганізмів. Типи харчування мікроорганізмів.
67. Фізичні, хімічні і біологічні фактори навколишнього середовища, що впливають на розвиток мікроорганізмів.
68. Екологічна система: складові частини, розмір, трофічні рівні.
69. Біотоп і біоценоз. Характерні біотопи і біоценози водойм.
70. Система сапробності. Основні показники ступеня забрудненості водойми.
71. Роль мікроорганізмів у житті водойм.
72. Види взаємостосунків організмів. Приклади.
73. Роль мікроорганізмів в системах водопостачання.
74. Біологічні перешкоди у водопостачанні.
75. Алохтонні й автохтонні організми. Вплив на роботу систем водопостачання.
76. Методи боротьби з біологічними перешкодами у водопостачанні.
77. Біологічні процеси на каналізаційних очисних спорудах.
78. Екосистема аеротенка.
79. Екосистема біофільтра.
80. Ґрунтові методи очищення стічних вод.
81. Екосистема біоставків.
82. Руйнування органічних забруднень в анаеробних умовах.

## **Б. Задачі**

1. Визначити концентрацію (моль/дм<sup>3</sup>) іонів Н<sup>+</sup> та ОН<sup>-</sup> у розчині, рН якого:
 

<b>1.1.</b> – 1,5 <b>1.2.</b> – 2,5 <b>1.3.</b> – 3,5 <b>1.4.</b> – 4,5 <b>1.5.</b> – 5,5	<b>1.6.</b> – 6,5 <b>1.7.</b> – 7,5 <b>1.8.</b> – 8,5 <b>1.9.</b> – 9,5 <b>1.10.</b> – 10,5	<b>1.11.</b> – 11,5 <b>1.12.</b> – 12,5 <b>1.13.</b> – 10,2 <b>1.14.</b> – 8,3 <b>1.15.</b> – 7,4
---	---	---

2. Визначити рН розчину, якщо концентрація іонів  $\text{OH}^-$  становить, моль/дм<sup>3</sup>:

- |                          |                            |                            |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 2.1. – $2 \cdot 10^{-2}$ | 2.6. – $4 \cdot 10^{-7}$   | 2.11. – $3 \cdot 10^{-12}$ |
| 2.2. – $3 \cdot 10^{-3}$ | 2.7. – $2 \cdot 10^{-8}$   | 2.12. – $4 \cdot 10^{-13}$ |
| 2.3. – $4 \cdot 10^{-4}$ | 2.8. – $3 \cdot 10^{-9}$   | 2.13. – $2 \cdot 10^{-4}$  |
| 2.4. – $2 \cdot 10^{-5}$ | 2.9. – $4 \cdot 10^{-10}$  | 2.14. – $4 \cdot 10^{-2}$  |
| 2.5. – $3 \cdot 10^{-6}$ | 2.10. – $2 \cdot 10^{-11}$ | 2.15. – $3 \cdot 10^{-8}$  |

3. За діаграмою гіпотетичного складу солей у воді (рис.1) визначити: склад і концентрацію солей, загальну, карбонатну, некарбонатну, кальцієву і магнієву жорсткість. Написати, якими солями зумовлений кожний вид жорсткості.

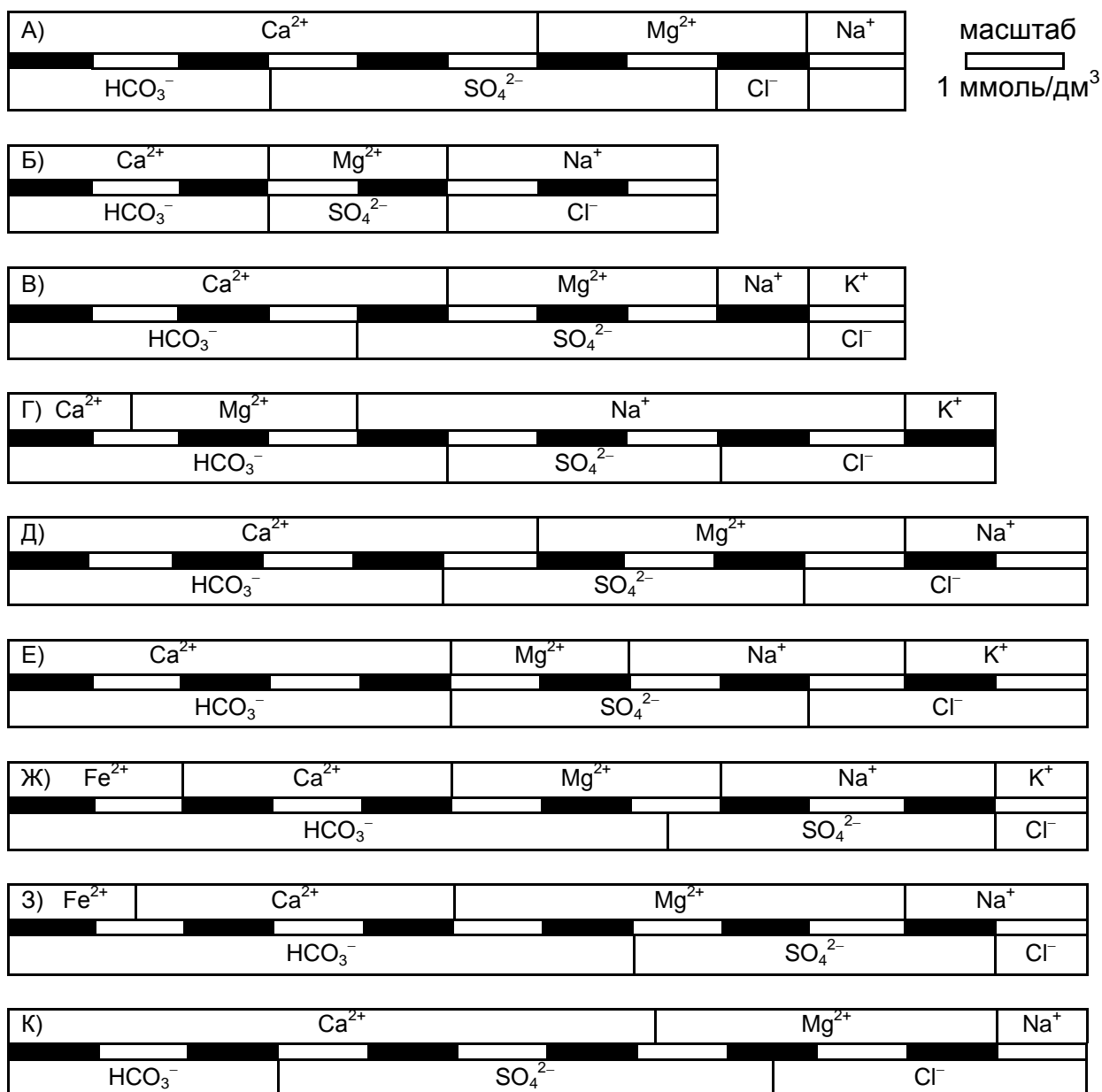


Рис. 1. Діаграми гіпотетичного складу солей у воді

4. Перевірити розрахунком правильність аналітичного визначення загальної жорсткості за даними табл.1.

5. Встановити можливість контролю визначення рН обрахунком його за вмістом гідрокарбонат-іона і діоксиду вуглецю (IV) за даними табл.1, користуючись номограмою (див. рис.1) та формулою (1).

6. За результатами аналізів води, наведеними в табл.1, визначити її придатність для пиття (не наведені в табл.1 показники якості води відповідають вимогам ДержСанПіН України).

7. За результатами аналізу, наведеними в табл.2, встановити можливість використання води для питних цілей, а також достатність обсягу аналізу для позитивної відповіді на це питання.

8. Досліджувана вода придатна для пиття за органолептичними і бактеріологічними показниками. Визначити її доброякісність, аналізуючи токсикологічні показники, наведені у табл.3.

9. Порівняти якість води двох джерел за наведеними результатами аналізів (табл.4). Обґрунтувати вибір джерела водопостачання.

1 – I, II	6 – X, XI	11 – V, VIII
2 – II, III	7 – I, XI	12 – VI, VII
3 – IV, V	8 – II, XI	13 – I, VI
4 – VI, VII	9 – III, X	14 – II, IV
5 – VIII, IX	10 – IV, IX	15 – III, V

10. Визначити оптимальну дозу хлору для знезараження води, крива хлоропоглинання якої подана на рис.2

11. Знезараження води здійснено хлоруванням. При проведенні бактеріологічного аналізу через мембранні фільтри було профільтровано А см<sup>3</sup> води із джерела водопостачання і Б см<sup>3</sup> після обробки її хлором. На мембранному фільтрі при фільтруванні затримуються всі бактерії, що присутні у воді. При наступному посіві на живильному середовищі з одної бактерії виростає специфічна колонія.

Визначити індекс БГКП води до і після хлорування (за даними табл.5), а також ефективність знезараження, якщо при вирощуванні на живильному середовищі в першому випадку на фільтрі виявлено Х специфічних колоній, в другому – У специфічних колоній. Оцінити придатність хлорованої води для пиття.

12. . На станції очищення води була визначена лужність вихідної води Л<sub>0</sub> і лужність води після обробки її коагулянтном Л<sub>к</sub> (дивись табл.6). Визначити дозу коагулянту Д<sub>к</sub> (мг/дм<sup>3</sup>), яка була використана для очищення води.

Таблиця 1

Домішки води	Концентрації домішок, мг/дм <sup>3</sup>											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Na <sup>+</sup>	18,4	20,7	34,5	16,1	25,3	4,6	23,7	36,6	17,5	77,1	19,1	21,2
K <sup>+</sup>	16,1	17,6	29,3	21,5	21,1	6,3	25,4	35,2	19,6	14,4	22,8	15,3
Ca <sup>2+</sup>	90,3	90,4	47,1	54,9	53,1	58,9	43,3	32,3	56,9	233,0	125,0	95,8
Mg <sup>2+</sup>	22,6	22,6	14,2	13,1	13,0	13,7	13,2	15,4	23,8	32,4	26,2	18,1
Fe <sup>2+</sup>	1,8	1,9	1,4	1,5	1,4	1,8	1,8	2,2	1,5	–	2,2	1,1
Fe <sup>3+</sup>	0,2	0,12	0,12	0,14	0,24	0,08	–	–	0,72	–	0,11	1,12
Mn <sup>2+</sup>	0,13	0,12	0,07	0,1	0,08	0,09	0,07	0,08	0,08	–	0,05	0,09
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9	1,8	2,3	1,1	1,2	1,1	1,4	1,5	1,5	–	1,15	2,1
Cl <sup>–</sup>	2,2	2,5	3,6	3,0	3,6	2,0	2,8	14,2	6,7	66,8	11,5	98,1
SO <sub>4</sub> <sup>2–</sup>	36,0	36,5	23,5	10,0	15,5	–	–	5,2	13,0	420,2	50,1	49,5
HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	408,8	414,9	311,2	280,7	292,9	256,3	292,8	311,2	335,6	386,1	450,6	205,6
SiO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	20,7	20,4	20,0	22,6	20,6	23,4	21,4	21,4	21,4	–	20,1	13,8
NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	104,5	–	17,8
Щільний залишок	426,6	432,8	363,9	322,5	328,9	262,7	316,7	356,3	347,7	1218,3	515,1	480,4
pH	7,3	7,3	7,4	7,3	7,3	7,2	7,5	7,4	7,2	–	7,6	7,0
CO <sub>2</sub>	46,0	44,0	29,0	40,0	38,0	39,0	24,0	25,0	42,0	–	27,0	45,0
Окиснюваність, мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,2	1,7	1,7	2,7	1,9	2,1	1,6	1,6	1,5	1,8	1,5	1,2
Жорсткість заг., моль/дм <sup>3</sup>	6,4	6,4	3,5	3,8	3,7	4,1	3,3	3,2	4,8	14,3	8,4	6,3

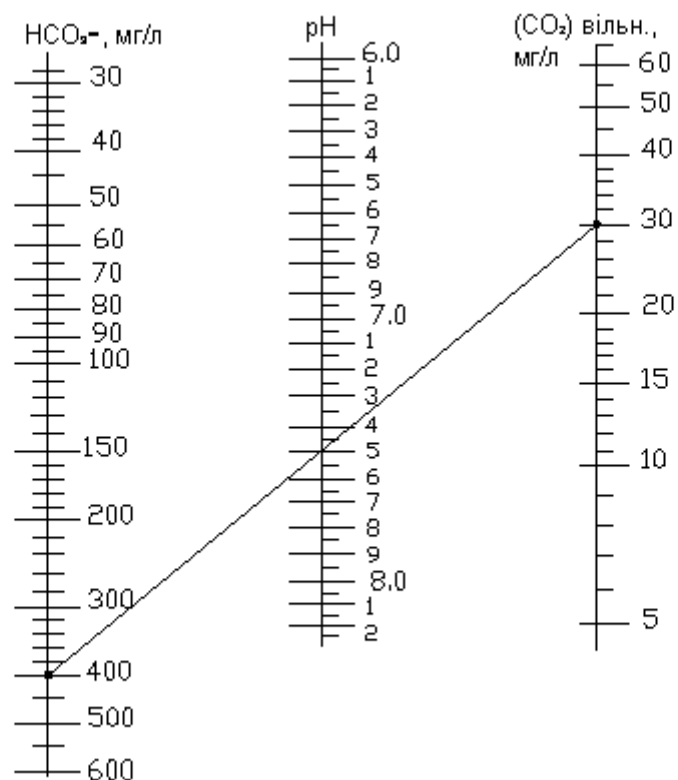


Рис.1. Номограма для визначення рН

Таблица 2

Варіант	Запах, ПР	Каламутн., мг/дм <sup>3</sup>	Колірн., градус	рН	Ж <sub>ЗАГ</sub> , мг-екв/дм <sup>3</sup>	Са <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Мg <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Fe <sub>заг</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Щ.зал., мг/дм <sup>3</sup>
1	2	3,3	12	7,5	3,25	32,3	15,4	1,81	14,0	5,0	356
2	1	2,0	39	7,4	3,3	46,8	12,2	0,17	42,5	52,0	220
3	1	1,2	8	7,6	3,4	36,8	19,8	0,22	7,0	30,0	140
4	3	4,0	35	7,3	3,85	55,0	13,1	1,95	8,5	–	325
5	2	22,3	28	7,7	6,4	90,4	22,5	0,26	2,3	36,0	425
6	1	5,0	10	6,9	7,1	72,1	42,9	0,22	30,0	25,3	585
7	2	1,7	15	7,2	6,5	77,5	31,5	0,15	58,1	17,1	280
8	2	0,5	17	7,5	3,1	46,2	9,5	1,11	8,9	16,1	459
9	3	0,9	21	6,9	3,3	10,8	15,1	0,27	30,1	150	1009
10	2	1,2	19	6,5	5,1	51,8	30,1	0,31	16,5	25,6	153
11	2	1,1	36	7,1	4,2	52,7	18,8	0,29	35,7	18,5	340
12	1	28,3	16	8,9	6,9	78,5	35,7	0,11	10,1	90,7	360
13	1	13,5	10	9,2	5,4	36,8	43,3	1,2	15,1	8,6	115
14	3	1,0	18	8,0	2,1	21,8	12,1	0,15	9,6	5,0	93
15	3	1,1	36	7,2	4,1	75,0	4,2	0,2	150	–	370

Таблиця 3

№ варіанта	Концентрація токсичних елементів, мг/дм <sup>3</sup>				
	марганець	молібден	свинець	селен	мідь
1	–	0,05	0,005	–	1,5
2	0,15	0,012	0,01	–	–
3	–	0,006	–	0,0001	1,8
4	0,52	0,001	0,002	0,0003	–
5	–	0,04	–	0,0015	–
6	1,5	0,03	0,01	–	–
7	–	0,22	0,009	–	1,2
8	0,25	–	0,018	0,0005	0,5
9	0,53	0,03	0,0001	–	0,3
10	–	0,06	–	0,0008	0,6
11	0,05	0,001	0,003	–	–
12	0,75	0,12	–	0,002	–
13	1	–	0,005	0,0001	–
14	–	0,025	0,009	0,01	0,5
15	0,25	–	0,01	0,008	0,01

Таблиця 4

Показник якості води	Джерело										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Na <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	21,1	35,2	21,6	391	22,3	181	82,1	252	35,7	420	38,7
Ca <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	90,4	47,0	148	22,3	36,2	82,5	113	48,5	52,1	39,2	68,8
Mg <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	22,6	14,2	52,6	20,4	23,8	38,1	63,6	65,7	37,6	22,1	88,5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	408	415	302	178	182	226	250	183	125	218	198
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	36,5	23,5	142	347	13,6	163	420	300	330	480	410
Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	2,5	3,6	160	350	10,4	55,4	290	150	172	290	159
Fe <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	1,98	0,2	0,2	5,5	0,5	0,18	1,22	2,3	0,7	8,5	1,1
F <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	1,82	0,3	0,5	1,7	0,9	0,2	0,7	0,35	1,8	2,1	0,6
Щільн. зал., мг/дм <sup>3</sup>	433	364	835	1230	292	513	1300	950	890	1015	110
Ж <sub>ЗАГ</sub> , мг-екв/дм <sup>3</sup>	6,35	3,5	11,6	2,94	3,8	7,3	10,9	7,9	5,8	3,8	10,9
Індекс БГКП, од./дм <sup>3</sup>	1,1х 10 <sup>3</sup>	100	2,5х 10 <sup>3</sup>	0	400	170	280	115	1500	2	450

Таблиця 5

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
А, см <sup>3</sup>	20	20	10	50	20	10	25	40	30	45	100	20	50	60	150
Б, см <sup>3</sup>	500	990	500	200	400	300	500	250	700	600	450	150	100	350	450
Х, од.	25	13	28	12	19	9	21	15	52	17	82	12	10	32	75
У, од.	1	2	3	2	4	1	3	4	1	2	2	–	1	2	2

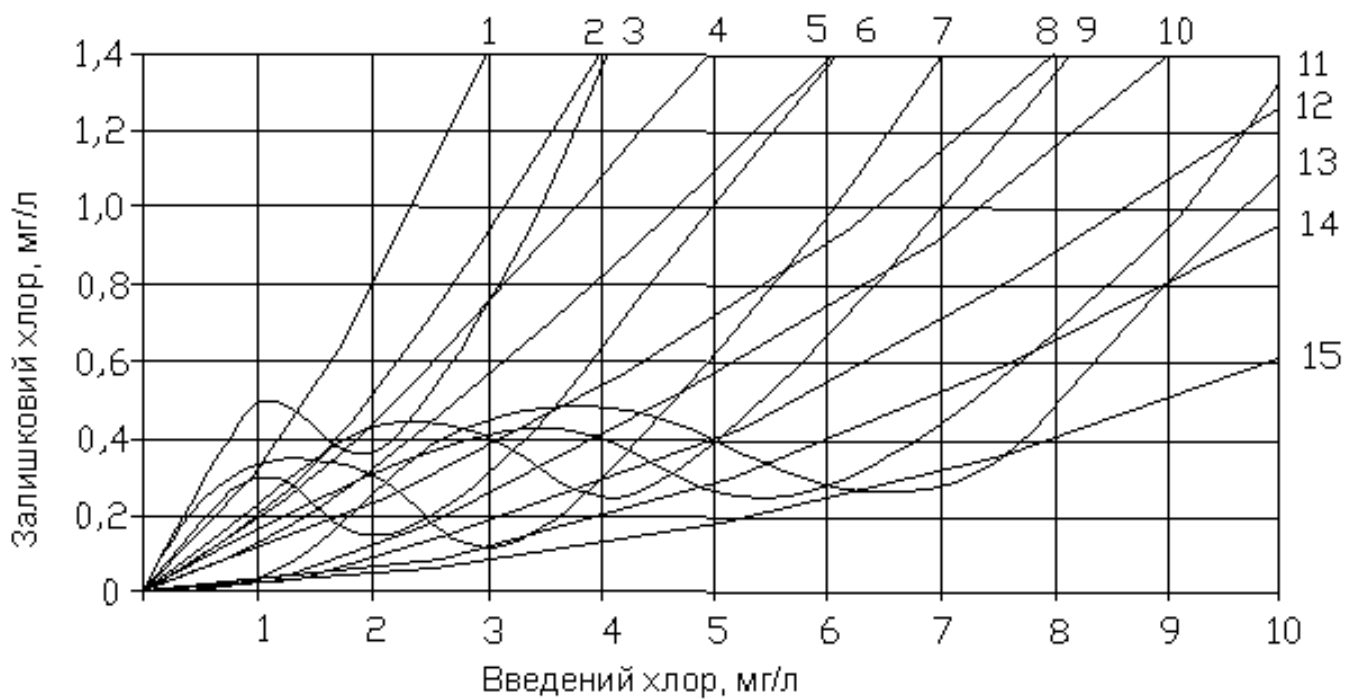


Рис. 2. Криві хлоропоглинання води

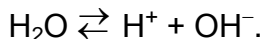
Таблиця 6

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$L_0$ , мг-екв/дм <sup>3</sup>	5,1	2,8	4,0	2,5	3,8	4,6	3,3	4,9	5,7	6,1	2,8	5,2	4,6	3,2	3,7
$L_k$ , мг-екв/дм <sup>3</sup>	3,7	2,2	3,3	1,7	1,5	2,8	2,4	2,2	4,2	3,7	1,1	3,2	2,1	2,8	1,2
Вид коагулянту	$Al_2(SO_4)_3$	$Al_2(SO_4)_3$	$FeCl_3$	$FeCl_3$	$Fe_2(SO_4)_3$	$Fe_2(SO_4)_3$	$FeSO_4$	$FeSO_4$	$Al_2(SO_4)_3$	$Al_2(SO_4)_3$	$FeCl_3$	$FeCl_3$	$Fe_2(SO_4)_3$	$Fe_2(SO_4)_3$	$FeSO_4$

## РОЗДІЛ 3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

### А. Контроль результатів хімічного аналізу води

Активна реакція води визначає її кислотність або лужність. Вода, як і кислоти, солі та луги, частково дисоціює на іони:



У хімічно чистій воді концентрація іонів водню дорівнює концентрації гідроксид-іона:  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$  моль/дм<sup>3</sup>.

Добуток концентрації цих іонів:  $k_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] \approx 10^{-14} = \text{const}$  за сталої температури. Це означає, що досить визначити концентрацію одного з іонів ( $\text{H}^+$  або  $\text{OH}^-$ ), щоб вирахувати кількість іншого. На практиці знаходять концентрацію іонів водню і позначають її з допомогою *водневого показника рН*, який являє собою від'ємний десятковий логарифм концентрації іонів водню:  $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$ .

Величина рН характеризує стан водного середовища:

- в нейтральному середовищі  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$  моль/дм<sup>3</sup>, тож  $\text{pH} = 7$ ;
- якщо  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ ,  $\text{pH} < 7$  – середовище кисле;
- якщо  $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$ ,  $7 < \text{pH} < 14$  – середовище лужне.

Результат аналітичного визначення рН можна перевірити розрахунком, знаючи вміст гідрокарбонат-іона і діоксиду вуглецю (IV). Обрахунок допустимий за умови, що окиснюваність води нижча за 5...6 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, мінералізація не перевищує 25 ммоль/дм<sup>3</sup> (мг-екв/дм<sup>3</sup>) аніонів, вміст діоксиду вуглецю більший за 10 мг/дм<sup>3</sup>.

Обрахунок проводять за формулою:

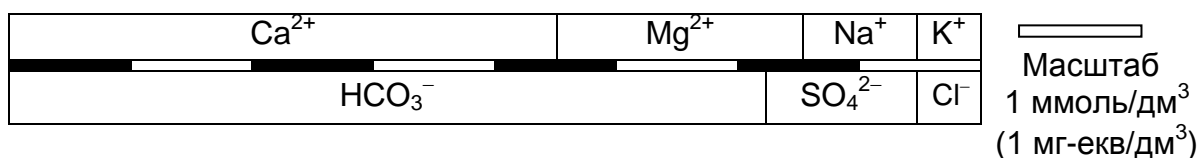
$$\text{pH} = 6,38 - \lg[\text{CO}_2] + \lg[\text{HCO}_3^-],$$

причому концентрації вуглекислого газу та гідрокарбонатів беруть у мг/дм<sup>3</sup>. Дуже часто для обрахунку рН використовують номограму (див. рис.2). На рисунку наведений приклад для визначення рН води, у якій вміст гідрокарбонат-іона становить 400 мг/дм<sup>3</sup>, а діоксиду вуглецю – 30 мг/дм<sup>3</sup>.

Природні і стічні води по суті є складними розчинами з широким діапазоном вмісту розчинених речовин як за складом, так і за концентрацією. За деякими даними, в природних водах міститься близько 50 тисяч різних речовин. Практично всі елементи таблиці Д.І.Менделєєва можна знайти в природних і промислових стічних водах. У той же час у значній кількості присутні лише деякі з них. Найбільш поширеними елементами є Na, Ca, Mg, Cl, S, N, O, H, Si. Вони зустрічаються в кількостях, вимірюваних міліграмами на 1 дм<sup>3</sup> води, а деякі навіть грамами.

Поряд з неорганічними у воді містяться розчинені органічні речовини. Всі вони є компонентами хімічного складу води.

Результати аналізів по визначенню іонного складу води зручно подати графічно – у вигляді *діаграми гіпотетичного складу солей у воді*, приклад якої подано на схемі.



Таким чином, у воді, за результатами аналізу якої складена діаграма, гіпотетично присутні Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> і KCl.

Вміст іонів у воді становить ммоль/дм<sup>3</sup> (мг-екв/дм<sup>3</sup>): [Ca<sup>2+</sup>] = 4,5; [Mg<sup>2+</sup>] = 2,0; [Na<sup>+</sup>] = 1,0; [K<sup>+</sup>] = 0,5; [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] = 6,25; [SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>] = 1,25; [Cl<sup>-</sup>] = 0,5.

Відповідно концентрація солей, ммоль/дм<sup>3</sup> (мг-екв/дм<sup>3</sup>): [Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] = 4,5; [Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] = 1,75; [MgSO<sub>4</sub>] = 0,25; [Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] = 1,0; [KCl] = 0,5.

**Жорсткість** природної води зумовлена наявністю в ній іонів кальцію та магнію. Карбонатна жорсткість зумовлена наявністю у воді гідрокарбонатів кальцію та магнію Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> і Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, а некарбонатна – кальцієвих та магнієвих солей сильних кислот (CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub> та ін.). Наявність солей кальцію зумовлює кальцієву жорсткість, а наявність солей магнію – магнієву. Загальна жорсткість – це сума кальцієвої і магнієвої жорсткості або карбонатної і некарбонатної.

Для наведеного прикладу Ж<sub>заг</sub> = 6,5 ммоль/дм<sup>3</sup>; Ж<sub>Ca</sub> = 4,5 ммоль/дм<sup>3</sup>; Ж<sub>Mg</sub> = 2,0 ммоль/дм<sup>3</sup>; Ж<sub>к</sub> = 6,25 ммоль/дм<sup>3</sup>; Ж<sub>нк</sub> = 0,25 ммоль/дм<sup>3</sup>.

Визначена експериментально загальна жорсткість Ж<sub>заг</sub> повинна дорівнювати сумі вмісту кальцію Ж<sub>Ca</sub> і магнію Ж<sub>Mg</sub>, ммоль/дм<sup>3</sup> (мг-екв/дм<sup>3</sup>):

$$Ж_{заг} = Ж_{Ca} + Ж_{Mg}.$$

## Б. Контроль якості води

Якість води визначається складом, концентрацією і властивостями домішок, які в ній містяться. Вимоги до якості води залежать від її призначення: питна вода, вода для промислового чи сільськогосподарського виробництва та ін.

Якість питної води в Україні регламентується Державними санітарними правилами і нормами "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання" (ДержСанПіН), які затверджені 1996 року. ДержСанПіН встановлюють такі вимоги до питної води, які гарантують її безпеку для здоров'я людини і сприятливі органолептичні властивості.

Якщо у воді знайдено хімічні речовини, які не вказані у ДержСанПіНі, їх концентрації не повинні перевищувати *граничні допустимі концентрації* (ГДК), затверджені спеціальними нормативами для води водойм господарсько-питного і культурно-побутового призначення.

Якість води оцінюється порівнянням показників її якості з вимогами до них споживача. У висновках необхідно вказувати невідповідність нормативам яких показників призводить до непридатності води даної якості до використання для питних чи інших цілей.

## В. Контроль процесів очищення води

Необхідність обробки води виникає у випадку, коли якість води природного джерела не відповідає вимогам споживачів. Характер та ступінь невідповідності визначають вибір методів водопідготовки. Фізичні, хімічні і фізико-хімічні процеси, що використовуються для обробки природних вод, можна розділити на два класи:

- процеси, що забезпечують знезараження води, тобто звільнення її від хвороботворних мікроорганізмів;
- процеси, пов'язані з коригуванням фізичних і хімічних властивостей води.

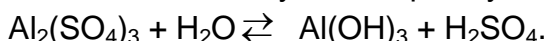
Видалення із води домішок біологічного походження здійснюється реагентними та безреагентними методами. Серед реагентних методів знезараження найбільш розповсюдженою є обробка води хлором та хлоровмісними реагентами. Бактерицидний ефект хлору залежить від його початкової дози та тривалості контакту з водою. Оптимальну дозу встановлюється шляхом проведення пробного хлорування, в результаті якого будується крива хлоропоглинання води за 30 хв. *Оптимальною* вважається така доза хлору, яка після 30-хвилинного контакту з водою забезпечує вміст залишкового хлору у воді в межах 0,3...0,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Ефект знезараження визначається за формулою:

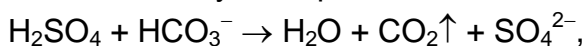
$$E = \frac{I_{\text{БГКП } 0} - I_{\text{БГКП ж}}}{I_{\text{БГКП } 0}} \cdot 100, \%,$$

де  $I_{\text{БГКП } 0}$  і  $I_{\text{БГКП ж}}$  – індекс бактерій групи кишкової палички, відповідно, до та після обробки води хлором, од./дм<sup>3</sup>.

Позбавлення води від домішок, що надають їй каламутності та забарвлення здійснюється обробкою коагулянтами. Коагулянти являють собою солі слабких лугів та сильних кислот. Найчастіше використовуються сульфати та хлориди алюмінію або заліза, які у воді гідролізуються:



За наявності у воді гідрокарбонатів, які зумовлюють її лужність, утворена при гідролізі кислота вступає в реакцію:



що перешкоджає перебігу зворотної реакції між кислотою та гідроксидом алюмінію.

Таким чином, при коагулюванні змінюється початковий хімічний склад води, зокрема, зменшується лужність. Причому, зменшення лужності еквівалентно введеній у воду дозі коагулянту:

$$\Delta\text{Л} = \frac{D_{\text{к}}}{e_{\text{к}}}, \text{ мг-екв/дм}^3,$$

де  $\Delta\text{Л}$  – зменшення лужності води в результаті коагулювання, мг-екв/дм<sup>3</sup>;  $D_{\text{к}}$  – доза введенного коагулянту, мг/дм<sup>3</sup>;  $e_{\text{к}}$  – еквівалент коагулянту, мг/мг-екв.

## РОЗДІЛ 4. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

1. Дано:  $\text{pH} = 5,3$ .

Знайти:  $[\text{H}^+]$ ,  $[\text{OH}^-]$ .

Розв'язання:  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-5,3} = 5,01 \cdot 10^{-6} \text{ моль/дм}^3$ ;

$$k_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-14} / [\text{H}^+] = 10^{-14} / 10^{-5,3} = 10^{-8,7};$$

$$[\text{OH}^-] = 1,995 \cdot 10^{-9} \text{ моль/дм}^3.$$

2. Дано:  $[\text{OH}^-] = 3 \cdot 10^{-5}$ .

Знайти:  $\text{pH}$ .

Розв'язання:  $k_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-14} / [\text{OH}^-] = 10^{-14} / (3 \cdot 10^{-5})$ ;

$$[\text{H}^+] = 3,3 \cdot 10^{-10};$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] \Rightarrow \text{pH} = -\lg(3,3 \cdot 10^{-10}) = 9,48.$$

4. Дано:  $[\text{Ca}^{2+}] = 48,4 \text{ мг/дм}^3$ ;  $[\text{Mg}^{2+}] = 26,3 \text{ мг/дм}^3$ ;  $\text{Ж}_{\text{заг}} = 5 \text{ мг-екв/дм}^3$ .

Перевірити правильність визначення загальної жорсткості.

Розв'язання:  $\text{Ж}_{\text{заг}} = \text{Ж}_{\text{Ca}} + \text{Ж}_{\text{Mg}}$ .

$$\text{Ж}_{\text{Ca}} = \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{e_{\text{Ca}^{2+}}} = \frac{48,4}{20} = 2,42 \text{ ммоль/дм}^3;$$

$$\text{Ж}_{\text{Mg}} = \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{e_{\text{Mg}^{2+}}} = \frac{26,3}{12} = 2,19 \text{ ммоль/дм}^3;$$

$$\text{Ж}_{\text{заг}} = 2,42 + 2,19 = 4,61 \text{ ммоль/дм}^3.$$

Похибка визначення жорсткості:

$$x = \frac{\text{Ж}_{\text{табл}} - \text{Ж}_{\text{розр}}}{\text{Ж}_{\text{табл}}} \cdot 100 = \frac{4,7 - 4,61}{4,7} \cdot 100 = -1,91\% \leq 5\%.$$

Висновок: визначення загальної жорсткості виконано в межах припустимої похибки.

7.

Показник	Запах, ПР	Капамутн., мг/дм <sup>3</sup>	Колірн., градус	pH	Ж <sub>заг</sub> , мг-екв/дм <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Fe <sub>заг</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Щ.зал., мг/дм <sup>3</sup>
Значення	1	3,5	18	7,8	3,85	38,3	18,4	1,88	14,0	5,0	856
Норма	2	1,5	20(35)	6,5...8,5	7	—	10...80	0,3	250	250	1000
Висновок	+	—	+	+	+		+	—	+	+	+

$$\frac{[\text{SO}_4^{2-}]}{\text{ГДК}_{\text{SO}_4^{2-}}} + \frac{[\text{Cl}^-]}{\text{ГДК}_{\text{Cl}^-}} = \frac{5}{250} + \frac{14}{250} = 0,076 \leq 1.$$

Висновок: вода не придатна до пиття за каламутністю, вмістом заліза; для остаточного висновку необхідно також проаналізувати токсикологічні, бактеріологічні, паразитологічні та радіологічні показники.

8.

	марганець	молібден	Свинець	селен	мідь
C, мг/дм <sup>3</sup>	–	0,07	0,008	–	1,1
ГДК, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,07	0,01	0,01	2
Висновок	+	+	+	+	+

$$\sum \frac{C_i}{ГДК_i} = \frac{0}{0,5} + \frac{0,07}{0,07} + \frac{0,008}{0,01} + \frac{0}{0,01} + \frac{1,1}{2} = 2,35 \geq 1.$$

Висновок: вода не придатна до пиття за токсикологічними показниками.

9.

Показник якості води	Джерело		Норми	Висновок	
	А	Б		А	Б
Na <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	211	35,0	200	–	+
Ca <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	95,4	49,9	–		
Mg <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	25,5	11,2	10...80	+	+
HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	208	415	30,5...396,5	+	–
SO <sub>4</sub> <sup>2–</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	30,1	23,5	250	+	+
Cl <sup>–</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	42,5	3,7	250	+	+
Fe <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,08	0,2			
F <sup>–</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,82	0,3	0,3	–	–
Щільн. зал., мг/дм <sup>3</sup>	430	364	1000	+	+
Ж <sub>ЗАГ</sub> , мг-екв/дм <sup>3</sup>	8,35	3,5	7	–	+
Індекс БГКП, од./дм <sup>3</sup>	1,1х 10 <sup>3</sup>	100	3	–	–

Висновок: віддаємо перевагу джерелу Б, оскільки коригування якості води в цьому випадку є менш затратним – необхідним є знезалізнення з одночасним зниженням лужності та знезараження, коли вода джерела А потребує також знесолення і пом'якшення.

11. Дано: A = 25 см<sup>3</sup>; B = 400 см<sup>3</sup>; X = 15 од.; Y = 2 од.

Знайти: ефект знезараження, придатність до пиття.

$$\text{Розв'язання: } I_{\text{БГКП}0} = \frac{X}{A} \cdot 1000 = \frac{15}{25} \cdot 1000 = 600 \text{ од./дм}^3;$$

$$I_{\text{БГКП}0} = \frac{Y}{B} \cdot 1000 = \frac{2}{800} \cdot 1000 = 2,5 \approx 3 \text{ од./дм}^3;$$

$$E = \frac{I_{\text{БГКП}0} - I_{\text{БГКП}ж}}{I_{\text{БГКП}0}} \cdot 100 = \frac{600 - 3}{600} \cdot 100 = 99,5\%.$$

Висновок: ефект знезараження становить 99,5%, вода після хлорування придатна до пиття за показником БГКП.

12. Дано:  $L_0 = 7,2$  мг-екв/дм<sup>3</sup>;  $L_k = 4,1$  мг-екв/дм<sup>3</sup>;  $AlCl_3$

Розв'язання:  $e_{AlCl_3} = (27+35,5 \cdot 3)/3 = 44,5$  мг/мг-екв;

$$\Delta L = \frac{D_k}{e_k} \Rightarrow D_k = \Delta L \cdot e_k = (7,2 - 4,1) \cdot 44,5 = 138 \text{ мг/дм}^3.$$

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Накорчевська В.Ф.* Хімія води. – К.: УСДО, 1993. – 107 с.
2. *Кульский Л.А., Накорчевская В.Ф.* Химия воды. – К.: Вища шк., 1983. – 239 с.
3. *Таубе П.Р., Баранова А.Г.* Химия и микробиология воды. – М.: Высш. Шк., 1983. – 280 с.
4. *Возная Н.Ф.* Химия воды и микробиология. – М.: Высш. Шк., 1979. – 341 с.
5. *В.Ф. Накорчевська* “Микробиологія. Конспект лекцій” К., КНУБА, 1998. – 66 с.
6. *Державні санітарні правила і норми «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання».* – К.: ІЖКГ Держбуду України, 1999. – 55 с.

*Навчально-методичне видання*

## ХІМІЯ ВОДИ ТА МІКРОБІОЛОГІЯ

Методичні вказівки до виконання контрольної роботи  
для бакалаврів водного господарства з узагальненим об'єктом діяльності  
“Водопостачання та водовідведення” 6.0926.00, та бакалаврів-будівельників з  
узагальненим об'єктом діяльності “Споруди та обладнання водопостачання і  
водовідведення” 6.0921.00 заочної форми навчання

Укладачі: Аргатенко Тетяна Вікторівна,  
Матвієнко Ольга Миколаївна

Редактор: