

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО СРС ТА ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ  
ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІНИ  
«ОСНОВИ ГІДРОХІМІЇ ТА ХІМІЯ ОКЕАНУ»**

Для студентів IV курсу  
Напрямок підготовки – 6.040105 «Гідрометеорологія»,  
спеціальність – океанологія,  
освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

**Одеса – 2013**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО СРС ТА ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ  
ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІНИ  
«ОСНОВИ ГІДРОХІМІЇ ТА ХІМІЯ ОКЕАНУ»**

Для студентів IV курсу  
Напрямок підготовки – 6.040105 «Гідрометеорологія»,  
спеціальність – океанологія,  
освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

«Затверджено»  
методичною комісією ГМІ  
протокол № 8 від «17» червня 2013р.

**Одеса – 2013**

Методичні вказівки до СРС та проведення практичних занять з дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану» для студентів IV курсу. Напрямок підготовки – 6.040105 «Гідрометеорологія», спеціальність – океанологія, освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр.

Укладачі: Горліченко М.Г., к.п.н., доц., Шевченко С.В., ст. викл –  
Одеса: ОДЕКУ, 2013 – 72 с.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	с. 4
I ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	5
1.1 Мета і завдання дисципліни.....	5
1.2 Перелік тем лекцій та семінарів.....	6
1.2.1 <i>Теми лекційного курсу</i> .....	6
1.2.2 <i>Перелік тем практичного курсу</i> .....	8
1.3 Перелік навчальної літератури та навчально-методичного матеріалу, що забезпечує вивчення дисципліни.....	9
1.4 Перелік і графік контрольних заходів поточного контролю знань та вмінь студентів.....	9
2 Організація практичної і самостійної роботи з виконання завдань до практичних занять і СРС.....	11
2.1 Розділ 1 Теоретичні основи гідрохімії.....	11
2.2 Розділ 2 Хімічний склад вод океану.....	17
2.3 Розділ 3 Систематизація та інтерпретація даних гідрохімічного аналізу про склад вод океану.....	18
2.4 Розділ 4 Хімія океану.....	20
2.5 Розділ 5 Гідрохімічні дослідження водних екосистем.....	21
3 Методичні рекомендації щодо послідовності вивчення теоретичного матеріалу.....	24
3.1 Питання до самоконтролю студентів після вивчення тем теоретичного матеріалу.....	27
3.2 Приклади розв'язання задач до практичних занять.....	30
3.3 Приклади завдань для самостійного розв'язування до практичних модулів ЗМ-П1, ЗМ-П2.....	44
3.4 Приклади завдань практичного модуля.....	50
4 Організація поточного, семестрового та підсумкового контролю рівня знань.....	58
5 Наукова робота студентів.....	62
Теми рефератів.....	63
Додатки.....	64

## ВСТУП

Навчальна дисципліна «Основи гідрохімії та хімія океану» є вибірковою навчальною дисципліною та служить базою для подальшого більш поглибленого вивчення інших фахових дисциплін.

Читання даної дисципліни базується на попередньому вивченні студентами «Загальної та колоїдної хімії», «Фізики», «Вищої математики», «Гідрології», «Спеціальні розділи фізичної океанології», «Біології морів».

Отримані знання та вміння надалі будуть використовуватися при вивченні наступних навчальних дисциплін: «Морські гідрологічні прогнози», «Екологія та охорона вод морів», «Взаємодія океану з атмосферою», «Регіональна океанологія».

На IV курсі підготовки студентів з напрямку підготовки гідрометеорологів студенти опановують знання й навички необхідні для їх майбутньої спеціалізації – океанології: якщо на I курсі вони вивчали загальну та колоїдну хімію, то в VII семестрі вивчають безпосередньо гідрохімію і хімію океану, яка формує професійний світогляд майбутнього океанолога.

Представлені методичні вказівки розроблені відповідно до «Вимог з розробки методичних вказівок для студентів по вивченню навчальних дисциплін» і згідно «Положення про організацію контролю самостійної роботи студентів» від 28.01.2001 р. з метою підготовки студента до вивчення і виконання завдань теоретичного курсу, практичних робіт і модульних контрольних робіт на завершальному етапі вивчення дисципліни «Основи гідрохімії та хімії океану».

Хімія океану – це наука, що вивчає хімічний склад води в океанах, морях і донних відкладеннях, а також їх походження, режим, розподіл в залежності від хімічних, фізичних, біологічних процесів в океані та зміни, що відбуваються в ньому під впливом різних факторів.

Вивчення студентами гідрометеорологами основ гідрохімії та хімії океану сприяє формуванню в них наукового світогляду про гідрохімічні природні процеси, природознавчого уявлення про єдність живої матерії та форми руху її у природі.

До методичних вказівок увійшов узагальнений матеріал, який розглядає теоретичні основи гідрохімії, вплив різноманітних хімічних речовин на стан природних вод океану, а також причини, характер, наслідки хімічних процесів.

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану» розроблені з метою полегшення ознайомлення й вивчення інформації студентами, яка зібрана із багатьох наукових джерел, підручників, посібників з даної тематики.

# I ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Мета і завдання дисципліни

Метою вивчення дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану» є формування у студентів повного уявлення про теоретичні основи гідрохімії, про хімічний склад природних вод та закономірності його зміни під впливом природних та антропогенних факторів, про шляхи вирішення актуальних проблем регіональної та прикладної гідрохімії, а головне – формування бази знань сучасного стану гідрохімічних проблем та творчого відношення до їхнього вирішення.

### Основні завдання дисципліни:

- дати студентам сучасні уявлення про фізико-хімічні процеси, що протікають між різними речовинами, які містяться у морських водах;
- ознайомити зі впливом природних та антропогенних факторів на хімічний склад та властивості вод океанів і морів;
- ознайомити з принципами гідрохімічних досліджень водних екосистем;
- навчити студентів застосовувати результати гідрохімічних досліджень для оцінки якості води;
- розширити природно-науковий та створити сучасний професійний світогляд.

### Після вивчення дисципліни студент **повинен знати:**

- теоретичні основи гідрохімії – фізичні та хімічні властивості води, енергетику процесів розчинності, властивості розчинів неелектролітів, електролітів, колоїдних розчинів, електрохімічні процеси у водних розчинах, гідроліз у водних розчинах солей.
- умови формування хімічного складу морських вод;
- поняття про гідрохімічний режим водної екосистеми;
- особливості хімічного складу морської та океанічної води;
- основи прикладної гідрохімії та методів гідрохімічних досліджень водних екосистем;
- правила техніки безпеки при виконанні гідрохімічних дослідів.

### **Основні вміння**, які отримує студент:

- вираження результатів хімічного аналізу води (складу іонів, розчинених газів, біогенних елементів, органічних речовин, мікроелементів, радіоактивних речовин у природних водах);
- розв'язувати розрахункові завдання гідрохімії;
- визначення водневого показника при гідролізі водних розчинів солей;
- визначення різних видів солоності морської води та методів їх усунення;
- визначення напрямку та можливості перебігу окисно-відновних реакцій у водних розчинах;
- узагальнення матеріалів гідрохімічних досліджень;

- оцінки якості води для різноманітних цілей;
- застосувати теоретичні знання з гідрохімії для морських гідрологічних прогнозів та охорони вод морів, а також глибокого розуміння проблем гідрохімічних досліджень та творчого відношення до їхнього вирішення.

Засвоєння дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану» повинне сприяти розвитку у студентів широкого природно-наукового розуміння складних хімічних та біологічних процесів, які виникають у гідросфері під впливом природних та людських факторів, вмінню грамотно застосовувати знання про хімічний склад вод океанів і морів за оцінкою їх якості та за виконанням гідрохімічних дослідів.

Загальний обсяг навчального часу визначається освітньо-професійною програмою спеціаліста та складається з: 30 год. – лекції, 15 год. – практичні заняття, 60 год. – самостійна робота студентів (СРС), залік, усього – 105 год.

## **1.2 Перелік тем лекцій та практичних занять**

### ***1.2.1 Темы лекційного курсу***

#### **Розділ 1 Теоретичні основи гідрохімії.**

Вступ. Ціль та завдання гідрохімії, її задачі на сучасному етапі і подальші перспективи розвинення. Роль гідрохімії у господарському розвитку України.

**1.1** Вода як розчинник. Будова молекули води, її структура та ізотопний склад. Водневий зв'язок. Аномальні властивості води. Фізичні та хімічні властивості води. Міжмолекулярні взаємодії. Структура молекул води у різних агрегатних станах. Склад морської води.

**1.2** Енергетика процесів розчинності. Поняття про внутрішню енергію, ентальпію, ентропію та вільну енергію Гіббса. Кінетика та рівновага у водних розчинах.

**1.3** Загальна характеристика розчинів. Процес розчинності. Способи вираження концентрації розчинів. Розчинність твердих речовин, рідини та газів у воді. Закон Генрі. Закон Генрі-Дальтона. Теорія розбавлених розчинів. Осмос. Закон Вант-Гоффа. Фізико-хімічні властивості розбавлених розчинів неелектролітів. Закони Рауля.

**1.4** Особливості розчинів електролітів (солей, кислот, основ). Ізотонічний коефіцієнт. Електролітична дисоціація як хімічна рівновага розчинів. Сильні та слабкі електроліти. Ступінь дисоціації, константа дисоціації. Закон розбавлення Оствальда. Активність іонів у концентрованих розчинах сильних електролітів. Іонна сила розчину та фактор активності іонів. Добуток розчинності.

**1.5** Іонізація води. Водневий показник (рН). Індикатори. Гідроліз солей. Вплив солей, що гідролізуються, на рН розчинів. Буферні розчини.

**1.6** Дисперсні системи, істинні та колоїдні розчини.

**1.7** Окисно-відновні процеси у водних розчинах. Стандартні електродні потенціали. Формула Нернста. Окисно-відновний потенціал. Гальванічні елементи. Електрометричне визначення рН водних розчинів. Напрямок та можливість перебігу ОВР у водних розчинах.

## **Розділ 2 Хімічний склад вод океану.**

**2.1** Першоджерела складу вод океану. Генезис іонів. Умови формування хімічного складу води океану. Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори. Фізико-географічні фактори. Геологічні фактори. Фізико-хімічні фактори. Біологічні фактори. Антропологічні фактори.

**2.2** Вода океану – багатокомпонентний розчин. Розчинені гази. Концентрація водневих іонів та рН. Окисно-відновні умови та редокс-потенціал у природних водах. Головні іони. Карбонатна та сульфатна системи. Загальна, карбонатна та некарбонатна твердість води; методи визначення та способи усунення. Лужність води (вільна та загальна), методи її визначення. Біогенні речовини. Мікроелементи. Радіоактивність природних вод. Органічні речовини. Забруднювальні речовини. Мінералізація води. Умови формування хімічного складу вод океану та їх класифікація і фактори: геологічні фізико-хімічні, біологічні, антропологічні фактори.

## **Розділ 3 Систематизація та інтерпретація даних гідрохімічного аналізу про склад вод океану.**

**3.1** Головні компоненти і сталість складу вод океану (О.А. Альокін, Ю.І. Ляхін). Структура вод і водних розчинів. Солоність та її визначення. Закономірності розподілу солоності в океанах.

**3.2** Системи хімічної рівноваги в океані. Дисоціація води. Окислювально-відновний потенціал. Фосфатна, сульфідна і карбонатна системи в морській воді. Взаємодія йонів в морській воді.

## **Розділ 4 Хімія океану.**

**4.1** Хімічний обмін між океаном і атмосферою. Аерозолі. Мінералізація та головні іони, концентрація іонів водню. Газовий обмін. Сольовий обмін.

**4.2** Хімічний склад морських вод та умови його формування. Вміст газів, концентрація іонів водню, вміст головних іонів та неоднорідність складу вод океану. Гідрохімічна характеристика основних морів України (Чорного та Азовського).

**4.3** Еволюція хімічного складу вод океану.

Формування сольової маси океану. Сольовий баланс океану. Хімія океанів і морів світу.



## **Розділ 5 Гідрохімічні дослідження водних екосистем.**

**5.1** Контроль стану забруднення і охорона морів і океанів від різних видів забруднення.

**5.2** Джерела забруднення морських вод. Самоочищення природних вод. Екологічні наслідки забруднення морських вод. Моніторинг морського середовища.

**5.3** Охорона вод морів і океанів від забруднення.

**5.4** . Основні методи гідрохімічного аналізу.

**5.5** Корозія металів в морському середовищі. Методи опріснення морської води. Технічні засоби захисту морської води від різних видів забруднень.

### ***1.2.2 Перелік тем практичного курсу***

*Практичне заняття №1.* Методики і розрахунки концентрацій водних розчинів різними способами.

*Практичне заняття №2.* Закон еквівалентів. Розрахунки еквівалентів розчинених у морській воді речовин.

*Практичне заняття № 3.* Розрахунки за законами Вант-Гоффа та Рауля.

*Практичне заняття № 4..* Властивості розбавлених розчинів неелектролітів.

*Практичне заняття № 5.* Розрахунки концентрацій іонів гідрогену та водневого показника (рН) у водних розчинах.

*Практичне заняття № 6.* Розрахунок розчинності малорозчинної речовини та добутку розчинності у морській воді.

*Практичне заняття № 7.* Гідроліз солей. Розрахунок константи гідролізу, ступеню гідролізу та рН середовища у водах океану.

*Практичне заняття № 8.* Виконання практичного модуля (ЗМ-П1).

*Практичне заняття № 9.* Визначення можливості та напрямку перебігу окисно-відновних реакцій у водних розчинах.

*Практичне заняття № 10.* Розрахунки при визначенні загальної, постійної та тимчасової твердості води; а також при визначенні методів усунення цих видів твердості води.

*Практичне заняття № 11.* Класифікація природних вод за хімічним складом та мінералізацією.

*Практичне заняття №12.* Хімічний склад вод океану та особливості його визначення за вмістом солей, газів, мікроелементів, біогенних речовин.

*Практичне заняття №13.* Обробка результатів гідрохімічних досліджень. Розрахунки і оформлення результатів гідрохімічного аналізу стану морської води.

*Практичне заняття №14.* Джерела забруднення природних вод та процеси їх самоочищення. Комплексні критерії якості води.

*Практичне заняття № 15.* Виконання практичного модуля (ЗМ-П2).

*Практичне заняття №16.* Виконання семестрової контрольної роботи (КР-1).

Практичне заняття № 17. Захист рефератів з тем, які передбачені навчальною програмою дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану».

### **1.3 Перелік навчальної літератури та навчально-методичного матеріалу, що забезпечує вивчення дисципліни**

#### **ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Алекин О.А., Ляхин Ю.И. Химия океана. Л., Гидрометиздат, 1984.
2. Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія: Підручник. – К.: Либідь, 1997.
3. Горев Л.М. та інш. Гідрохімія України. – Київ.: Вища школа, 1995.
4. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л., 1970.
5. Глинка Н.Л. Общая химия. – Л.: Химия, 1985.
6. Никаноров А.М., Посохов Е.В. Гидрохимия. Л., Гидрометеиздат, 1985.
7. Ляхин Ю.И. Гидрохимия тропических районов мирового океана. М., 1990.

#### **Додаткова література**

8. Основы химии и технологи воды / Кульский Л.А., Отв. ред. Строкач П.П. – Киев : Наук. думка, 1991.
9. Пилипенко А.Т., Посохов Е.В. Гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.
10. Кульский Л.А., Накорчевская В.Ф. Химия воды. Физико-химические процессы обработки природных и сточных вод. – Киев.: Вища школа, 1983.
11. Пилипенко А.Т., Шевченко М.О. Развитие науки і техніки водоочистки в УРСР. – К.: Знання, 1981.
12. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды / Кульский Л.А. и др. – Киев: Наук. думка, 1980.
13. Унифицированные методы анализа вод. – М.: 1973.
14. Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: 1989.
15. Федорова Г.В. Гідрохімія і методи гідрохімічних досліджень. Конспект лекцій. Дніпропетровськ, 2006.

### **1.4 Перелік і графік контрольних заходів поточного контролю знань та вмінь студентів**

Контроль поточних знань здійснюється на основі усного опитування на практичних та лекційних заняттях (УО), виконанні двох теоретичних (ЗМЛ-1, ЗМЛ-2) та двох практичних модулів (ЗМП-1, ЗМП-2), підготовки реферату (як форми СРС), підготовки домашнього завдання, а також двох атестацій. У кінці 7 семестру – залік.

Окремою заліковою одиницею введений науковий модуль у відповідності до «Положення про врахування науково-дослідної роботи студента у кредитно-модульній системі організації навчального процесу в

ОДЕКУ», затвердженого 25.01.07. та «Інструкції щодо врахування результатів науково-дослідної роботи студентів та магістрів у кредитно-модульній системі організації навчального процесу ОДЕКУ», введений в дію наказом №139 від 28.10.2008р.

Організація контролю знань студентів:

- *Організація поточного контролю* побудована за накопичувально-модульним принципом згідно з «Положенням про організацію контролю самостійної роботи студентів в ОДЕКУ» від 29.03.2004р. (зі змінами та доповненнями, затвердженими 27.04.2006р.).

- *Організація підсумкового контролю* побудована згідно Положення «Про проведення підсумкового контролю знань студентів» від 25.05.2004р. зі змінами та доповненнями, затвердженими 25.05.2006р. – врахування накопичених студентом за навчальний семестр результатів поточного контролю. Підсумкова оцінка у шкалі ECTS виставляється за кожну залікову одиницю.

- *Форми підсумкового контролю:* семестровий залік (7 семестр).

- *Реєстрація та підсумковий контроль:* допуск до заліку здійснюється лектором згідно з результатами поточного контролю за навчальний семестр. До підсумкового контролю допускаються студенти, які отримали не менше 50% від максимально можливої суми балів з модуля практичної підготовки та 50% від теоретичної частини.

**Графік контрольних заходів з дисципліни  
«Основи гідрохімії та хімія океану»**

№ тижня	Контрольний показник та вигляд занять, на яких буде проведено контроль	
	Теоретична частина	Практична частина (практичні заняття)
1	УО	УО; РЗ; КЗ
2	УО	
3	УО	УО; РЗ; КЗ
4	УО	
5	УО	УО; РЗ; КЗ
6	УО	
7	Атестація I	УО; РЗ; КЗ
8	УО	
9	КР (ЗМ-Л1)	УО; РЗ; КЗ
10	УО	КР (ЗМ-П1)
11	УО	УО; РЗ; КЗ; ДЗ
12	УО	
13	КР (ЗМ-Л2)	УО; РЗ; КЗ
14	РФ; Атестація II	КР (ЗМ-П2)
15	УО	ЗАЛІК

### Умовні позначки:

- УО – усне опитування під час практичних або лекційних занять;
- РЗ – розв’язання задач під наглядом викладача в обчислювальному класі;
- КР – письмова контрольна робота;
- КЗ – виконання завдання біля дошки;
- РФ – захист реферату;
- ДЗ – контроль виконання домашнього завдання;
- ЗМ – змістовний модуль.

## **2 Організація практичної і самостійної роботи з виконання завдань до практичних занять і СРС**

### **2.1 Розділ 1 Теоретичні основи гідрохімії**

**Мета розділу:** розглянути основні поняття гідрохімії і хімії океану, ціль та завдання гідрохімії, її задачі на сучасному етапі і подальші перспективи розвинення та роль гідрохімії у господарському розвитку України.

**Головні запитання розділу 1, що вносяться до практичного модуля №1 (ЗМ-III).**

1. Структура молекул води у різних агрегатних станах. Склад морської води.
2. Енергетика процесів розчинності. Кінетика та рівновага у водних розчинах.
3. Загальна характеристика розчинів. Способи вираження концентрації розчинів.
4. Особливості розчинів електролітів (солей, кислот, основ). Сильні та слабкі електроліти. Ступінь дисоціації, константа дисоціації. Добуток розчинності.
5. Іонізація води. Водневий показник (рН). Індикатори. Гідроліз солей. Буферні розчини.
6. Дисперсні системи, істинні та колоїдні розчини.
7. Окисно-відновні процеси у водних розчинах. Стандартні електродні потенціали. Напрямок та можливість перебігу ОВР у водних розчинах.

*Хімія океану* - наука, яка вивчає хімічний склад води в океанах і морях і донних осадах, його походження, режим, розподіл в залежності від хімічних, фізичних і біологічних процесів та змін, що відбуваються в океані під впливом різних факторів. Зміни хімічного складу води в часі і просторі складають *гідрохімічний режим океанів і морів*, вивчення якого є однією з основних задач хімії океанів. Більша частина знань і понять хімії океану складає *гідрохімія* – наука, що вивчає хімію природних вод

(океанів, морів, рік, озер, підземних вод), тому ці науки тісно пов'язані між собою як і всі водні ресурси, що входять до складу гідросфери Землі.

Одночасно хімія океану тісно пов'язана з океанологією – комплексною наукою про моря, океани і є окремим розділом цієї науки. Також хімія океану тісно пов'язана з геохімією, яка вивчає хімію Землі як планети. Таким чином, ці науки знаходяться в тісному генетичному зв'язку і допомагають комплексно вивчати Світовий океан.

Необхідно пояснити студентам, що вивчення хімії океану почалося з робіт Е. Маріотта, Э. Галлея, Р. Бойля, М. Ломоносова, які встановили закономірності кругообігу води в природі.

Також слід ознайомити студентів з роботами Р. Бойля, який вивчав кількісні методи визначення концентрацій розчинених газів і солоності води, визначив різницю в хімічному складі вод океанів і мінеральних джерел.

А. Лавуазьє встановив форми існування води в трьох агрегатних станах й визначив природну воду як розчин солей.

Е. Ленц сконструював прилад для відбору проб води з різних глибин (прототип батометру) й на основі своїх досліджень довів наявність поверхневих максимумів солоності в тропічних областях и мінімуму біля екватора.

Сучасна хімія океану все більше набуває ознак хімічної океанології, яка вирішує ряд фундаментальних і прикладних задач:

- 1) дослідження механізмів і кінетики протікання хімічних, фізико-хімічних, біологічних процесів у воді;
- 2) дослідження гідрохімічних основ біологічного продукування органічних речовин в океанах і морях;
- 3) дослідження гідрохімічного режиму морів і океанів;
- 4) розробка гідрохімічного прогнозу водних об'єктів;
- 5) дослідження хімічного балансу Світового океану;
- 6) дослідження механізмів і швидкостей обміну хімічними речовинами на поверхні і в товщі океану, а також на межі розділу з атмосферою, літосферою і сушею;
- 7) вивчення стану і динаміки антропогенного забруднення морів і океанів та процесів самоочищення, розробка методів прогнозування стану води у Світовому океані.

Вивчення природних розчинів стало необхідним вже з перших кроків хімії. Розчинами є всі найважливіші фізіологічні рідини ( вода океанів і морів, кров, лімфа тощо). Процеси засвоєння їжі живими організмами (наземними і гідробіонтами) пов'язані з переведенням поживних речовин у розчин. Розчини використовуються майже в усіх виробництвах. *Розчинами* називаються гомогенні термодинамічно стійкі системи змінного складу з двох і більшої кількості компонентів. Розчини бувають газоподібними, рідкими і твердими. Найбільше практичне

значення мають рідкі розчини, оскільки в них відбувається більшість реакцій.

Розчин складається з розчинених речовин і розчинника, тобто середовища, в якому ці речовини рівномірно розподілені у вигляді молекул або йонів. Компонент, агрегатний стан якого не змінюється під час утворення розчину, вважають *розчинником*. Якщо ж розчини утворюються внаслідок змішування газу з газом, рідини з рідиною, твердої речовини з твердою, розчинником вважають компонент, кількість якого переважає.

Процес утворення розчину є проміжним між хімічним і фізичним процесами. Процес переходу речовини, яку розчиняють, в товщу розчинника називається *розчиненням*. Розчинення відбувається згідно з законами дифузії, але це не є результат простого механічного змішування. Розчинення речовин супроводжується виділенням або поглинанням теплоти та зміною об'єму.

Під час розчинення речовини відбуваються такі процеси: зв'язок між частинками (молекулами, атомами, йонами) руйнується, одночасно утворюються сольвати, далі відбувається розподіл сольватних частинок в розчиннику. Всі ці процеси супроводжуються тепловими ефектами. Загальний тепловий ефект процесу розчинення буде позитивним або негативним залежно від того що переважатиме: тепловий ефект сольватації частинок, чи сума теплових ефектів дифузії і руйнування зв'язків між частинками речовини, яка розчиняється.

Процес розчинення зворотній – одночасно відбувається кристалізація.

Тобто, процес розчинення відбувається доти, доки встановиться динамічна рівновага, за якою за одиницю часу розчиняється стільки молекул речовини, скільки їх кристалізується з розчину.

Розчин, що перебуває в стані рівноваги з надлишком речовини, яка розчиняється, називається *насиченим*. В практиці здебільшого використовують ненасичені розчини. До *ненасичених* розчинів належать такі, в яких розчинена речовина може ще розчинятися.

На розчинність речовин впливає температура. З підвищенням температури тверді речовини розчиняються краще, а гази, як правило – гірше. Рідини займають проміжне положення.

Такі кристалічні речовини, розчинність яких з підвищенням температури зменшується, зустрічаються рідко. Це стосується гіпсу, починаючи з 35°C, з підвищенням температури розчинність  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  у воді зменшується.

Розчинність більшості солей з підвищенням температури зростає. Розчинність хлориду натрію мало змінюється з температурою. Розчинність твердих речовин практично не залежить від тиску.

Основним параметром стану розчину крім температури і тиску є його склад. Склад розчину можна кількісно виразити кількома способами,

Згідно з рекомендацією IUPAC, концентрацією розчиненої речовини називають відношення кількості або маси розчиненої речовини до об'єму розчину, концентрацію виражають у моль на  $\text{дм}^3$  (л) або у грамах на  $\text{дм}^3$ .

Концентрація – це вміст речовини в одиниці маси або об'єму розчину. Склад розчину можна виразити як концентрацією, так і часткою розчиненої речовини.

Масова частка – це відношення маси розчиненої речовини до маси розчину. Масову частку виражають в частках одиниці або у відсотках (0,2 або 20%) і позначають літерою  $\omega$  (омега):

$$\omega = \frac{m_1}{m_2},$$

де  $m_1$  – маса розчиненої речовини, г;

$m_2$  – маса розчину, г.

Якщо є  $\omega$ ,  $m_2$ , завжди можна визначити  $m_1$ :

$$m_1 = \omega \cdot m_2, \quad m_1 = \omega (m_1 + m_3), \quad m_1 = \omega \cdot \rho \cdot V,$$

де  $m_3$  – маса розчинника г;  $\rho$  – густина,  $\text{г}/\text{см}^3$ ,  $V$  – об'єм,  $\text{см}^3$ .

Дуже часто склад розчину виражають через його густину  $\rho$  ( $\text{г}/\text{см}^3$ ). Для розчину кожної речовини, що має певну густину, характерний певний вміст цієї речовини. Густина розчину визначають спеціальним приладом – ареометром. Знаючи густину розчину, за спеціальними таблицями можна встановити масову частку розчиненої речовини у відсотках.

$$\rho = \frac{m_2}{V},$$

де  $m_2$  – маса розчину, г;  $V$  – об'єм розчину,  $\text{см}^3$ .

Звідки:  $m_2 = \rho \cdot V$ , г

Молярна концентрація – це відношення кількості розчиненої речовини до об'єму розчину.

Молярність виражають у моль на  $\text{дм}^3$ , чи моль на літр і позначають літерою  $M$ , а в формулах для обчислення  $C_M$ :

$$C_M = \frac{m_1}{M \cdot V},$$

де  $m_1$  – маса розчиненої речовини, г;

$M$  – молярна маса речовини,  $\text{г}/\text{моль}$ ,

$V$  – об'єм розчину,  $\text{дм}^3$  або (л).

Звідки:  $m_1 = C_M \cdot M \cdot V$

Молярна концентрація еквівалента (нормальна) – це відношення еквівалентної кількості розчиненої речовини до об'єму розчину. Молярну концентрацію еквівалента виражають у моль на дм<sup>3</sup>, чи моль на літр і позначають літерою «**n**», а в формулах для обчислення –  $C_{\text{Мекв}}$ :

$$C_{\text{Мекв}} = \frac{m_1}{M_{\text{екв}} \cdot V},$$

де  $m_1$  – маса розчиненої речовини, г,  
 $M_{\text{екв}}$  – молярна маса еквівалента, г/моль,  
 $V$  – об'єм розчину, дм<sup>3</sup>.

Звідки: 
$$m_1 = C_{\text{Мекв}} \cdot M_{\text{екв}} \cdot V.$$

Кількісний склад розчину можна виражати через молярність – число моль розчиненої речовини, що міститься в 1 кг розчинника (1000 г), позначають літерою «**m**», і в формулах для обчислення –  $C_m$ .

$$C_m = \frac{m_1}{M \cdot m_3},$$

де  $m_1$  – маса розчиненої речовини, г;  
 $m_3$  – маса розчинника 1 кг (1000 г);  
 $M$  – молярна маса речовини, г/моль.

Звідки: 
$$m_1 = C_m \cdot M \cdot m_3.$$

Склад розчину також виражають титром. Титром називають кількість грамів розчиненої речовини, що міститься в 1 см<sup>3</sup> (мл) розчину, позначають **T**. Для розрахунків використовують попередні поняття:

$$T = \frac{m_1}{V},$$

де  $m_1$  – маса розчиненої речовини, г;  
 $V$  – об'єм розчину, см<sup>3</sup> (мл).

$$T = \frac{C_m \cdot M}{1000} \quad \text{або} \quad T = \frac{C_{\text{Мекв}} \cdot M_{\text{екв}}}{1000},$$

де  $C_m$  – молярна концентрація, моль/дм<sup>3</sup>;  
 $M$  – молярна маса, г/моль;  
 $C_{\text{Мекв}}$  – молярна концентрація еквівалента, моль/дм<sup>3</sup>;  
 $M_{\text{екв}}$  – молярна маса еквівалента, г/моль.

Якщо реакції відбуваються між розчинами, їх склад зручно виражати через молярну концентрацію еквівалента. Основна перевага цих розчинів полягає в тому, що розчини однакової (нормальної) концентрації реагують



між собою в однакових об'ємних співвідношеннях, тобто виконується закон еквівалентів:

$$\frac{m_1}{M_{\text{екв1}}} = \frac{m_2}{M_{\text{екв2}}} \quad \frac{C_{M_{\text{екв1}}} \cdot M_{\text{екв1}} \cdot V_1}{M_{\text{екв1}}} = \frac{C_{M_{\text{екв2}}} \cdot M_{\text{екв2}} \cdot V_2}{M_{\text{екв2}}}$$

$$C_{M_{\text{екв1}}} \cdot V_1 = C_{M_{\text{екв2}}} \cdot V_2.$$

За цією залежністю можна не тільки обчислювати об'єми розчинів, потрібні для проведення реакцій, і за об'ємами, що беруть участь у реакції, знаходити їх концентрації.

Під час приготування розчинів слід звертати увагу на речовини, які використовуються для цього. Наприклад, 200 г розчину треба приготувати з солі кристалогідрату, скажемо  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Сіль містить, крім  $\text{CuSO}_4$  також і воду. Масу безводної солі визначають будь яким способом (масовою часткою чи якоюсь концентрацією, скажемо це 17,5 г), для визначення маси кристалогідрату складають пропорцію з урахуванням молярних мас:

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль}.$$

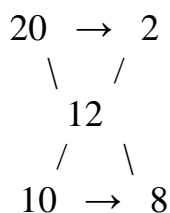
$$\begin{array}{ccc} 160 \text{ г } \text{CuSO}_4 & \text{відповідає} & 250 \text{ г } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \\ 17,5 \text{ г} & \text{—} & x \text{ г} \end{array}$$

Тоді,  $x = 17,5 \cdot 250 / 160 = 27,34 \text{ г}$  - це маса солі кристалогідрату  
 Маса води  $m_{2(\text{розч})} - m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г} - 27,34 \text{ г} = 172,66 \text{ г}$ .

Дуже важливим є спосіб приготування розчинів меншої концентрації з розчинів більшої концентрації. Цей спосіб має назву правила змішування або правила хреста. Для розбавлення використовують воду, або розчин цієї ж самої речовини, ще меншої, ніж той, що слід приготувати. Наприклад, є розчини з масовою часткою хлориду натрію 10 і 20%. Визначимо масу кожного з розчинів, які потрібно змішати, щоб приготувати 300 г розчину з масовою часткою 12 %.

Складаємо діаграму, у верхній частині якої запишемо значення масової частки найбільш концентрованого розчину, у середній – масову частку розчину, який слід приготувати, у нижній – масову частку розчину з найменшою концентрацією (для води це дорівнює 0).

Далі від значення найбільш концентрованого розчину віднімемо значення масової частки розчину, що треба приготувати, і одержану величину розмістимо у нижній частині по діагоналі. У верхній частині (по діагоналі) запишемо різницю між значенням розчину, який слід приготувати, та значенням масової частки розчину з найменшою концентрацією. Діаграма матиме вигляд:



З цієї діаграми випливає, що для приготування необхідного розчину слід взяти 2 частини (масові) 20 % та 8 частин 10 % розчинів. Розрахунок маси кожного з розчинів здійснюємо так:

$$m_{\text{розч.}} = 2 + 8 = 10 \text{ (масових часток 12\% розчину),}$$

за завданням треба 300 г 12% розчину, складаємо пропорцію:

$$\begin{array}{rcl}
 10 & - & 300 \text{ г} \\
 2 & - & x \text{ г} \\
 x = 2 \cdot 300 / 10 = 60 \text{ г (20\% розчину).} \\
 300 - 60 = 240 \text{ г (10\% розчину).}
 \end{array}$$

## 2.2 Розділ 2 Хімічний склад вод океану

**Мета розділу 2:** розглянути хімічний склад морської води, визначити квазіпостійні компоненти вод океану та вплив різних факторів на їх співвідношення.

**Головні запитання розділу2, що вносяться до практичного модуля №1(ЗМ-ПІ).**

1. Першоджерела складу вод океану. Генезис іонів. Умови формування хімічного складу води океану. Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори.
2. Розчинені гази. Концентрація водневих іонів та рН. Головні іони. Карбонатна та сульфатна системи. Загальна, карбонатна та некарбонатна твердість води; методи визначення та способи усунення.

Всі явища в літосфері, біосфері та атмосфері трапляються з участю води. За своїми фізичними, хімічними та біологічними властивостями вода займає виключне положення у природі. «Ми не знаємо в природі жодного твердого тіла, яке не включало би у своєму складі воду» – писав академік В.І. Вернадський. Він розглядав воду як природний мінерал, визначив її мінералогію та показав, що природні води нерозривно пов'язані з твердою речовиною земної кори, її газовим режимом і живими організмами, тому В.І. Вернадський приділяв особливу увагу гідрохімічним дослідженням.

Визначення гідрохімії як науки дав відомий гідрохімік О.О. Альокін та доповнив А.М. Ніканоров: *гідрохімія* – це наука, яка вивчає хімічний склад природних вод (гідросфери) та його зміну в часі та просторі у залежності від хімічних, фізичних, біологічних та антропогенних процесів.

Надзвичайна роль води пов'язана з її здатністю розчиняти, внаслідок чого утворюються складні розчини солей, газів, органічних речовин й колоїдів. Ця властивість води лежить в основі природного процесу хімічного вивітрювання корінних вивержених порід і формування осадових, які складають верхні шари літосфери, забезпечуючи родючість й різноманітність ґрунтів на поверхні та процеси життєдіяльності гідробіонтів у природних водах. Визначення походження іонного складу води є важливим теоретичним питанням, а її хімічний склад при водопостачанні, гідротехнічному будівництві, зрошенні, веденні рибного господарства – практичним.

### **2.3 Розділ 3 Систематизація та інтерпретація даних гідрохімічного аналізу про склад вод океану**

*Мета розділу 3:* розглянути солоність морської води, методи визначення компонентів вод океану та вплив різних факторів на їх рівновагу в природних водах.

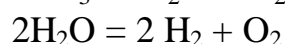
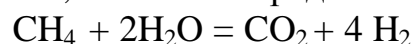
*Головні запитання розділу 3, що вносяться до практичного модуля №1(ЗМ-ПІ).*

1. Головні компоненти і сталість складу вод океану Структура вод і водних розчинів. Солоність та її визначення. Закономірності розподілу солоності в океанах.
2. Системи хімічної рівноваги в океані. Дисоціація води. Окислювально-відновний потенціал. Фосфатна, сульфідна і карбонатна системи в морській воді.

В Україні активне вивчення Чорного і Азовського морів почалося в 20-х роках ХХ століття інститутом біології південних морів НАН України, Севастопольською морською обсерваторією, Головним гідрофізичним управлінням, Азово-Чорноморським НІІ морського рибного господарства і океанографії, Одеським гідрометеорологічним інститутом та іншими закладами при участі вчених, які займалися гідрохімічними дослідженнями України: М.І. Андрусов, А.П. Цурикова, Е.П. Хлебніков, Е.Ф. Шульгіна, Л.М. Горев, В.І. Пелешенко, В.К. Хільчеський, В.Н. Іваненков, О.А. Альокін та інші.

Кількість солей, які розчиненні в океані, при об'ємі вод Світового океану  $1,37 \cdot 10^9$  км<sup>3</sup> оцінюється в  $47,8 \cdot 10^{15}$  тон. Хімічний склад води океану за своїм генезисом (проходженню) виявляється продуктом складних і тривалих процесів, які тісно пов'язані з історичним розвитком Землі.

У верхніх шарах первинної атмосфери всі зміни її хімічного складу відбувалися за рахунок фотохімічних реакцій під впливом жорсткого космічного випромінювання, які можна представити в такому вигляді:



На протязі архею і протерозію (3,4-0,56 млрд років тому) дія процесів формування атмосфери призвело до поступової зміни відновлювальних процесів і умов в океані і повітрі на окислювальні і утворення в океані хлоридно-карбонатної буферної системи. Потім відбувалися процеси формування озонового шару Землі і бурхливої фотогенетичної діяльності атмосфери, в наслідок яких відбувався синтез найпростіших органічних речовин – альдегідів, спиртів, кислот, амінокислот та ін. Таким чином були створені умови для виникнення простіших живих організмів.

Все життя на Землі зародилося в океані, він і зараз є основою життя для гідробіонтів. В океані також зароджується погода.

Світовий океан займає більшу частину земної поверхні: із загальної кількості природний вод 95 % складають води океанів і морів, тобто солоні або сильно мінералізовані води. Вода океану представляє собою складну багатокомпонентну динамічну хімічну систему. Вона містить в своєму складу в розчиненому і колоїдному стані хімічні речовини, зависі і живі організми, тому води морів і океанів мають особливі фізичні і хімічні властивості, які суттєво впливають на їх обмін, циркуляцію для створення особливих умов існування флори і фауни.

Діяльність живих організмів і процеси біохімічного окислення органічних речовин також впливають на сольовий і газовий склад океанічних вод. Окрім того в океан постійно потрапляють різні хімічні сполуки з рік, надр, материків і атмосфери, до того ж океан сам є джерелом солей і різних хімічних сполук, які виводяться з нього і потрапляють в атмосферу і на материки. Тому студентам необхідно вивчити склад води в океані і сутність процесів, що в ньому відбуваються.

Необхідно пояснити студентам поняття солоність – це сумарний вміст в грамах всіх твердих мінеральних розчинних речовин, які містяться в 1 кг морської води за умови, що бром і йод заміщені еквівалентною кількістю хлору, а всі карбонати перейшли в оксиди, а всі органічні речовини спалені при температурі 480 С.

У відповідності до цього визначення М. Кнудсен в 1902 році вивів формулу:

$$S \text{ ‰} = 0,030 + 1,8050 Cl \text{ ‰},$$

але в 1966 р. Об'єднана група по океанологічним таблицям і стандартам при ЮНЕСКО на сесії в Берклі рекомендували нове рівняння зв'язку між хлорністю і солоністю [1, С.26-46; 4, С.15-40]:

$$S \text{ ‰} = 1,80655 Cl \text{ ‰}$$

або для суми іонів:

$$\text{‰} = 1,81578 Cl \text{ ‰} \quad \text{або} \quad \text{‰} = 1,80655 S \text{ ‰}$$

## 2.4 Розділ 4 Хімія океану

**Мета розділу 4:** розглянути хімічні процеси, що відбуваються в морській воді та процеси хімічного обміну між океаном і атмосферою, визначення систем хімічної рівноваги в океанічних водах.

**Головні запитання розділу 4, що вносяться до практичного модуля №2 (ЗМ-П2).**

1. Хімічний обмін між океаном і атмосферою. Газовий і сольовий обмін.
2. Вміст газів, концентрація іонів водню, вміст головних іонів та неоднорідність складу вод океану. Гідрохімічна характеристика основних морів України
3. Еволюція хімічного складу вод океану. Сольовий баланс океану. Хімія океанів і морів світу.

Сольовий баланс океану формується під впливом таких зовнішніх факторів як: материковий стік, атмосфера, надра Землі, а також під впливом фізичних, хімічних і біологічних процесів, що відбуваються в самому океані.

Водні маси і донні осади океану накопичують розчиненні і колоїдні речовини з материкового стоку (тому що випаровується вода з дуже малими значеннями мінералізації). Разом з материковою стічною водою до океану надходять всі хімічні елементи Земної кори.

Сумарний річний материковий стік складає приблизно  $46,0 \cdot 10^3$  км<sup>3</sup>; з них: ріки –  $40,5 \cdot 10^3$ , льодовики –  $3,3 \cdot 10^3$  і підземні води –  $2,2 \cdot 10^3$  км<sup>3</sup> при середній мінералізації води 76,8 мг/дм<sup>3</sup>. Окрім того, до океану потрапляють такі леткі продукти, як: метан, хлор, вуглекислий газ, діоксид карбону, водень, сірководень, хлороводень та інші гази.

Одночасно відбувається зворотній процес зменшення сольового балансу океану, який виявляється у випадінні солей в осад (седиментація), одокремлення морів і заток, унесення вітром краплин води, фізичне випаровування солей, хімічна денудация суші, коагуляція і адсорбція зависями и донними осадами.

Студентам слід знати *закон Дитмара*: у воді океанів незалежно від абсолютної концентрації кількісні відношення між головними компонентами основного сольового складу є завжди сталими. Тобто незважаючи, що під впливом випаровування, атмосферних опадів, утворення і танення льоду, загальна кількість солей океанського розчину змінюється, але співвідношення його компонентів практично не відрізняються. Закон встановлений У. Дитмаром на основі 77 повних хімічних аналізів проб води з різних глибин різних океанів.

## 2.5 Розділ 5 Гідрохімічні дослідження водних екосистем

**Мета розділу 5:** ознайомити студентів екологічними аспектами процесів забруднення, очищення і охорони морів і океанів від різних видів забруднення.

**Головні запитання розділу 5, що вносяться до практичного модуля №2 (ЗМ-П2).**

1. Контроль стану забруднення і охорона морів і океанів від різних видів забруднення.
2. Джерела забруднення морських вод. Самоочищення природних вод. Екологічні наслідки забруднення морських вод. Моніторинг морського середовища.
3. Охорона вод морів і океанів від забруднення.
4. Основні методи гідрохімічного аналізу.
5. Корозія металів в морському середовищі. Опріснення морської води.

Гідрохімічні дослідження базуються на постійних спостереженнях хімічного складу вод різноманітних природних та штучних об'єктів: атмосферних опадів, річок, озер, морів, океанів, водоймищ, підземних водоносних горизонтів. Систематичні гідрохімічні дослідження входять до комплексу заходів боротьби із забрудненням природних вод та необхідні при вивченні гідробіологічних процесів у водних екосистемах. Критерії за якими судять про рівень забруднення водних об'єктів, розподіляються на три групи: фізичні (запах, смак, колір, температура, забарвленість, завислі речовини, прозорість, каламутність, нафтові плівки тощо); хімічні (мінеральні й органічні речовини, розчинені гази та забруднювальні речовини, не характерні для даного водного об'єкта або такі, що перевищують регламентовані норми); гідробіологічні (фітопланктон та зоопланктон, зообентос, перифітон, вищі водні рослини, індекс сапробності, інтенсивність дихання та фотосинтезу). Традиційно критерії якості води водних об'єктів розглядаються у двох видах.

1. Відношення фактичних концентрацій шкідливих речовин у водоймах і річках до їх ГДК не повинні перевищувати одиниці:

$$C_i / \text{ГДК} \leq 1$$

де  $C_i$  – фактична концентрація  $i$ -го інгредієнту у воді, мг/дм<sup>3</sup>;

ГДК – гранично допустима концентрація  $i$ -го інгредієнту у воді, мг/дм<sup>3</sup>.

2. При наявності у водному об'єкті декількох речовин, які мають комбіновану дію, сума показників перевищення ГДК для них також не повинна перевищувати одиницю:

$$\sum_1^n \frac{C_i}{\text{ГДК}} \leq 1,$$

де  $n$  – кількість шкідливих речовин, які мають комбіновану дію.

Подібні оцінки якості поверхневих вод не завжди надійні і можливі з екологічної точки зору. Тому на практиці оцінки якості води часто базуються на вибраних репрезентативних показниках, зміст і значення яких відповідає цілям використання поверхневих вод.

Усі хімічні речовини, які мають шкідливий вплив на здоров'я людини, санітарний стан і рибну продуктивність водних об'єктів, розподіляють на групи за так званими *лімітуючими ознаками шкідливості* (ЛОШ). За гігієнічним нормуванням якості води виділяють три основні групи забруднювальних речовин:

- санітарно-токсикологічні, які мають прямий вплив на здоров'я населення (токсикологічні речовини, збудники захворювань, пестициди тощо);
- загально-санітарні, які впливають на загальний санітарний режим водних об'єктів (легкоокисні органічні речовини, активний хлор);
- органолептичні, які сприймаються безпосередньо органами чуття людини і додають воді смак, запах, колір (залізо, марганець, нафта, фенол). При рибогосподарському нормуванні додатково виділяють ще дві групи речовин: токсикологічної та рибогосподарської дії.

На сучасному рівні людство продукує (з викидом в довкілля) близько 20 тис. шкідливих речовин, але тільки близько 2 тис. з них вироблені з дотриманням гранично допустимих концентрацій (ГДК): близько 700 для атмосфери, 250 – для ґрунтів; близько 1000 ГДК господарсько-питного і культурно-побутового призначення і майже 250 – рибогосподарських ГДК. Кожна ГДК відноситься, як було сказано вище, до одного із трьох лімітуючих ознак шкідливості.

Наявність великої кількості нормованих показників забруднювальних речовин завдає на практиці значних труднощів. Тому усі забруднювальні речовини з урахуванням їх токсичності, кумулятивності, здатності спричинити певний ефект розподіляють на чотири класи:

- 1 – надзвичайно небезпечні;
- 2 – дуже небезпечні;
- 3 – небезпечні;
- 4 – помірно небезпечні.

Підсумовування відношень С/ГДК виконується тільки для забруднювальних речовин 1 та 2 класів (санітарно-токсикологічних ознак шкідливості).

Проблема комплексного оцінювання якості води на сучасному етапі має важливе і першочергове значення. Ця проблема займає центральне місце у водоохоронній діяльності.

На теперішній час в Україні та в інших країнах світу розроблена досить велика кількість критеріїв комплексної оцінки якості поверхневих вод. Одні класифікації відносяться до бактеріальних та фізико-хімічних, в основу інших покладена гідробіологічна оцінка забрудненості вод.

Оцінка якості води за хімічними показниками вважається досить трудомістким завданням, оскільки вона базується на порівнянні середніх концентрацій, які спостерігаються в пунктах контролю якості вод, з встановленими нормами (ГДК) для кожного інгредієнта. Більшість із запропонованих на даний час комплексних показників визначено шляхом об'єднання та узагальнення численних часткових показників у один інтегруючий, який дозволяє характеризувати різні стани водних об'єктів.

Зараз існує низка спроб характеризувати ступінь забрудненості води за допомогою одного узагальненого показника (індексу забрудненості  $I_3$ ), який дорівнює середньому арифметичному відношенню:

$$I_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК},$$

за інгредієнтами із значенням  $C_i/ГДК \geq 1,0$ . Головна небезпека полягає у прояві синергізму, коли присутність однієї речовини посилює токсичність другої або коли дві токсичні речовини створюють сполуку, токсичність якої значно вища ніж початкові (наприклад, сполуки іонів важких металів і деяких органічних кислот).

Для оцінки рівня забруднення водних об'єктів рекомендують також використовувати так званий коефіцієнт забрудненості (КЗ) за такою схемою:

$$КЗ = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j \sum_{g=1}^g \Pi_{i,j,g},$$

де  $i$  – номери показників якості води (або їх груп з однаковими ЛОШ);

$j$  – число створів (пунктів контролю);

$g$  – число вимірювань  $i$ -го показника в  $j$ -му створі;

$N$  – загальне число вимірювань усіх  $i$ -тих показників у всіх  $j$  створах за цей період.

Величина  $\Pi_{i,j,g}$  – характеризує відносну величину порушення нормативу в показнику  $i$  (або групу показників з однаковими ЛОШ).

Деякі автори пропонують комплексну оцінку здійснювати на основі сумарного показника якості води водних об'єктів за такою формулою:

$$I_{\text{сум}} = I_{\text{орг}} + I_{\text{ток}} + I_{\text{бак}},$$

де  $I_{\text{орг}}$ ,  $I_{\text{ток}}$ ,  $I_{\text{бак}}$  – сумарні показники відносного забруднення води відповідно за органолептичними, загально-санітарними, токсикологічними ознаками шкідливості та показником бактеріального забруднення води;

$I_{\text{сум}}$  – сумарний критерій якості води водного об'єкта, який змінюється від 0 (допустимий ступінь забруднення) до 4 і більше (надзвичайно високий ступінь забруднення).



Останнім часом розроблено багато методик комплексної оцінки якості води, проте більшість з них надзвичайно громіздкі, потребують даних вмісту у воді таких компонентів, які нечасто визначаються контролюючими органами або ж неодноразово використовують складний математичний апарат.

Найповнішу і надійну оцінку якості води річок і водойм з екологічних позицій дають класифікації, які будуються на комплексі фізичних, хімічних, бактеріологічних та гідробіологічних показників.

З біологічними особливостями водних об'єктів пов'язане і їхнє біологічне забруднення. Забруднення річок і водойм підрозділяють на біологічне та антропогенне. Біологічне забруднення річок і водойм відбувається внаслідок природних процесів росту біомаси гідробіонтів, переважно гідрофітів, з наступним її відмиранням та розкладанням, а також надходження органічних речовин, що утворились в басейні. Тому розрізняють органічні речовини *автохтонного* походження, що утворились в самій водоймі, та *алохтонного*, що надійшли з водозбору.

Антропогенне забруднення пов'язане з діяльністю людини. Це – надходження у водойму органічних та мінеральних речовин внаслідок хімізації сільського господарства (добрива, пестициди, отрутохімікати), нафтопродукти, побутові, промислові стічні води, а також стоки з тваринницьких комплексів. Частина компонентів антропогенних джерел забруднення – це шкідливі хімічні речовини, що забруднюють довкілля і отруюють гідробіонти.

Конкретні гідрофізичні, гідрохімічні та специфічні кількісні показники є елементарними показниками якості води. Комплексні ознаки, побудовані на інтегруванні елементарних ознак якості, є узагальнюючими. На основі елементарних і комплексних ознак визначаються категорії та індекси якості води, зони та підзони сапробності, категорії та підкатегорії трофності.

### **3 Методичні рекомендації щодо послідовності вивчення теоретичного матеріалу**

Згідно з «Положенням про організацію контролю самостійної роботи студентів в ОДЕКУ» від 29.03.2004 р. (зі змінами та доповненнями, затвердженими 27.04.2006 р.) завдання до СРС з дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану» надані у вигляді вивчення певних розділів теоретичного матеріалу. Успішне вивчення курсу дисципліни може бути тільки при систематичній самостійній роботі студента та обов'язково проводитися з виконанням вправ і розв'язання тематичних задач на практичних заняттях.

Підготовка до виконання змістовних модулів з дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану» включає вивчення теоретичного матеріалу

(ЗМ-Л1) та вміння виконувати розрахункові задачі та тематичні завдання (ЗМ-П1), до яких входить програмний матеріал з розділів 1, 2, 3. Вказівки щодо послідовності вивчення теоретичного матеріалу включають перелік питань до кожного розділу і тем, на які необхідно звернути особливу увагу, а також поради щодо їх самостійного вивчення з вказівкою на навчальну літературу.

Для успішного засвоєння теоретичного матеріалу необхідно вести конспект лекцій, в якому в лаконічній формі та логічній послідовності подані всі питання теоретичного змістовного модуля «ЗМ-Л1». Окрім конспекту лекцій для вивчення програмного матеріалу та успішного виконання завдань теоретичного «ЗМ-Л1» і практичного модуля «ЗМ-П1» необхідно самостійно опрацювати основну і додаткову літературу.

Після вивчення тем розділів 1, 2, 3 студенти повинні знати:

- цілі та завдання гідрохімії, її задачі на сучасному етапі і подальші перспективи розвинення, роль гідрохімії у господарському розвитку України. [1, С.4-9; 20-24; 2, С.4-9]
- Вода як розчинник. Будова молекули води, її структура та ізотопний склад. Водневий зв'язок. Аномальні властивості води. Фізичні та хімічні властивості води. Міжмолекулярні взаємодії. Структура молекул води у різних агрегатних станах. Склад морської води. [1, С.28-34, 108-113; 2, С.10-14, 19-23]
- Енергетика процесів розчинності. Поняття про внутрішню енергію, ентальпію, ентропію та вільну енергію Гіббса. Кінетика та рівновага у водних розчинах. [2, С.14-19, 6, С.18-24, 5, С.158-196]
- Загальна характеристика розчинів. Процес розчинності. Способи вираження концентрації розчинів. Розчинність твердих речовин, рідини та газів у воді. Закон Генрі. Закон Генрі-Дальтона. Теорія розбавлених розчинів. Осмос. Закон Вант-Гоффа. Фізико-хімічні властивості розбавлених розчинів. Закони Рауля. [1, С.28-39; 2, С.23-28, С.4, С.14-46]
- Іонізація води. Водневий показник (рН). Індикатори. Гідроліз солей. Вплив солей, що гідролізуються, на рН розчинів. Буферні розчини. [1, С.108-118; 2, С.37-38, 73-74; 5, С. 243-256]
- Дисперсні системи, істинні та колоїдні розчини. [2, С.26-31, 6, С.50-56]
- Окисно-відновні процеси у водних розчинах. Стандартні електродні потенціали. Формула Нернста. Окисно-відновний потенціал. Гальванічні елементи. Електрометричне визначення рН водних розчинів. Напрямок та можливість перебігу ОВР у водних розчинах. [2, С.36-38, 75-76; 5, С.255-284].

Для успішного вивчення програмного матеріалу та успішного виконання завдань теоретичного «ЗМ-Л2» і практичного модуля «ЗМ-П2» необхідно самостійно опрацювати основну і додаткову літературу. Після вивчення тем розділів 4, 5 студенти повинні знати:

- першоджерела складу вод океану. Генезис іонів. Умови формування хімічного складу води океану. Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори. Фізико-географічні фактори. Геологічні фактори. Фізико-хімічні фактори. Біологічні фактори. Антропологічні фактори. [1, С.10-25; 2, С.25-28]
- Вода океану – багатокомпонентний розчин. Розчинені гази. Концентрація водневих іонів та рН. Окисно-відновні умови та редокс-потенціал у природних водах. Головні іони. Карбонатна та сульфатна системи. Загальна, карбонатна та некарбонатна твердість води; методи визначення та способи усунення. Лужність води (вільна та загальна), методи її визначення. Біогенні речовини. Мікроелементи. Радіоактивність природних вод. Органічні речовини. Забруднювальні речовини. Мінералізація води. Умови формування хімічного складу вод океану та їх класифікація і фактори: геологічні фізико-хімічні, біологічні, антропологічні фактори. [1, С.71-106; 3, С.29-42]
- Головні компоненти і сталість складу вод океану (О.А. Альокін, Ю.І. Ляхін). Структура вод і водних розчинів. Солоність та її визначення. Закономірності розподілу солоності в океанах. [1, С.26-46; 4, С.15-40]
- Системи хімічної рівноваги в океані. Дисоціація води. Окислювально-відновний потенціал. Фосфатна, сульфідна і карбонатна системи в морській воді. Взаємодія йонів в морській воді. [1, С.108-144; 3, С.233-256]
- Хімічний обмін між океаном і атмосферою. Аерозолі. Мінералізація та головні іони, концентрація іонів водню. Газовий обмін. Сольовий обмін. [1, С.184-106; 3, С.224-233]
- Хімічний склад морських вод та умови його формування. Вміст газів, концентрація іонів водню, вміст головних іонів та неоднорідність складу вод океану. Гідрохімічна характеристика основних морів України (Чорного та Азовського). [1, С.205-216, 242-254; 3, С.198-222]
- Еволюція хімічного складу вод океану. Формування сольової маси океану. Сольовий баланс океану. Хімія океанів і морів світу. [1, С.167-184; 3, С.198-222]
- Контроль стану забруднення і охорона морів і океанів від різних видів забруднення. Основні методи гідрохімічного аналізу. [1, С.290-306, 2, С.303-340; 4, С.399-433; 3, С.271-277]
- Джерела забруднення морських вод. Самоочищення природних вод. Екологічні наслідки забруднення морських вод. Моніторинг морського середовища. Охорона вод морів і океанів від забруднення. Корозія металів в морському середовищі. Опріснення морської води [1, С.290-306, 324-338; 3, С.254-270; 4, С.399-433]

### **3.1 Питання до самоконтролю студентів після вивчення тем теоретичного матеріалу**

#### **«ЗМ-Л1» (теоретичний)**

1. Задачі гідрохімії та хімії океану, як сучасних гідрометеорологічних наук.
2. Будова молекули води. Поясніть високе значення дипольного моменту води ( $6 \cdot 10^{-28}$  Кл·м), виходячи з будови її молекули.
3. Ізотопний склад води.
4. Як пояснити аномальні властивості води? Яке значення мають ці аномалії для життя на Землі?
5. Структура молекул води у різних агрегатних станах.
6. Міжмолекулярні взаємодії. Ван-дер-Ваальсові сили.
7. Вода, як розчинник. Як пояснити високу розчинну та дисоціюючу здібність води?
8. Домішки води. Класифікація домішок води по їх фазово-дисперсному стану.
9. Енергетика хімічних процесів. Поняття про внутрішню енергію, ентальпію, ентропію, вільну енергію Гіббса.
10. Хімічна кінетика. Закон дії мас. Фактори, що впливають на швидкість реакції.
11. Хімічна рівновага. Принцип Ле-Шательє. Гетерогенна рівновага.
12. Розчинність твердих речовин, рідини та газів у воді. Закон Генрі-Дальтона.
13. Способи вираження концентрацій розчинів.
14. Теорія розбавлених розчинів. Закони Рауля та Вант-Гоффа.
15. Електроліти та неелектроліти. Особливості розчинів електролітів.
16. Основні положення теорії електролітичної дисоціації.
17. Іонізація води. Водневий показник (рН).
18. Гідроліз солей та фактори, які його визначають. Вплив гідролізуючих солей на рН розчинів.
19. Окислювально-відновний процес у водних розчинах. Важливіші окислювачі та відновники.
20. Стандартні електродні потенціали. Формула Нернста.
21. Окислювально-відновний потенціал.
22. Гальванічні елементи. Електрометричне визначення рН водних розчинів.
23. Морська вода – багатокомпонентний розчин. Головні іони, що вміщуються у морській воді.
24. Розчинені у морській воді газу.
25. Біогенні елементи, органічні речовини у морській воді.
26. Мікроелементи та їх роль у життєвих процесах біосфери. Радіоактивність вод океану.

27. Мінералізація вод океану. Співвідношення головних іонів у воді в залежності від її мінералізації.
28. Умови формування хімічного складу морських та океанських вод.
29. Вплив прямих та посередніх факторів на формування хімічного складу вод. Аніони та катіони у морських водах.
30. Вплив біологічних факторів на формування хімічного складу вод. (рослинність, мікроорганізми та інші гідробіонти). Живі організми та їх роль у зміні складу вод океану. Продукція та деструкція органічних сполук у воді.

### **МОДУЛЬ «ЗМ-Л2» (теоретичний)**

1. Концентрація водневих іонів та рН, як результат та показник стану хімічних рівноважних систем у водах океану.
2. Окислювально-відновні умови та редокс-потенціал у морських водах.
3. Складові частини карбонатної системи та співвідношення їх у залежності від зовнішніх умов.
4. Роль карбонатної системи у водних об'єктах. Коловорот Карбону. Умови утворення та розчинність карбонатів.
5. Інші рівноважні системи у морських водах (фосфатна, силікатна, сульфатно-воднева та інші).
6. Хімічна класифікація морської води О.А. Альокіна. Інші класифікації (В.А. Суліна, М.Г. Валяшко).
7. Форми вираження результатів хімічного аналізу морської води; розмірність для вираження складу іонів, розчинених газів, біогенних елементів, мікроелементів, радіоактивних речовин.
8. Існуючі форми і способи вираження результатів аналізу природних вод:
  - сольова форма,
  - формула Курлова,
  - діаграми,
  - циклограми,
  - графіки,
  - гідрохімічні розрізи і карти.
9. Хімічний склад атмосферних опадів:
  - мінералізація та головні іони атмосферних опадів,
  - концентрація іонів водню в атмосферних опадах,
  - вміст біогенних елементів в атмосферних опадах,
  - вміст радіоактивних елементів в атмосферних опадах.
10. Хімічний склад морських вод та умови його формування:
  - вміст газів і концентрація іонів водню в морських водах.
  - вміст головних іонів та неоднорідність складу морських вод.
  - мікроелементи та радіоактивні ізотопи у водах океану.
  - біогенні елементи і органічні речовини в водах океану.

11. Гідрохімічна характеристика основних морів України.
12. Стік розчинених речовин у море:
  - іонний стік і показник іонного стоку річок,
  - стік біогенних речовин,
  - стік мікроелементів,
  - стік органічної речовини,
  - стік мінеральних колоїдів.
13. Загальна гідрохімічна характеристика морів. Вміст газів, розчинених у водах океанів та солонуватих озер. Біогенні елементи і органічні речовини у водах океану.
14. Особливості формування і прогноз хімічного складу вод океану.
15. Загальні відомості про сольовий склад вод океану. Вміст основних іонів та солоність океанічної води.
16. Зміст газів, концентрація іонів водню у водах морів і океанів.
17. Зміст мікроелементів у океанічній воді та її радіоактивність. Біогенні елементи та органічні речовини у водах морів та океанів.
18. Особливості формування хімічного складу океанічних вод:
  - фактори, які визначають формування хімічного складу морських вод.
  - хімічний склад вод океану у різних зонах водообміну.
19. Характеристика найбільш поширених типів мікроелементів вод океанів (стабільні, природні та штучні радіоактивні елементи) .
20. Оцінка вод для різних видів використання. Опріснення морської води.
21. Побутове та технічне значення твердості води. Агресивна дія морської води на бетон і метал.
22. Самоочищення природних вод, деякі методи очищення, опріснення та підготовки до використання води (дистиляція, виморожування, іонний обмін, електроліз та інш.).
23. Сутність гідрохімічного і радіо- та гідрологічного методів пошуків родовищ корисних копалин. Норма розподілу мікроелементів у природних водах.
24. Аномальний та фоновий вміст елементів у воді. Дійсні та недійсні аномалії. Особливості аномалій у різних умовах і способи їх інтерпретації.
25. Значення вивчення міграції хімічних елементів для географічних та біологічних досліджень. Основні джерела забруднення вод океанів.
26. Хімічні показники оцінки забрудненості вод. Принципи охорони природних вод від забруднення.
27. Основні методи хімічного аналізу морської води:
  - хімічні методи (ваговий, об'ємний),
  - електрохімічні методи (електрометричний, потенціометричний, кондуктометричний, поліграфічний),

- оптичні методи (фотометричний, спектрофотометричний, люмінесцентний, емісійний, спектральний, атомно-абсорбційний),
  - хроматографічні методи (рідинна, колоночна, тонкошарова, газова хроматографія).
- 28.** Гідрохімічні дослідження на водних об'єктах:
- Гідрохімічні дослідження в системі Загальнодержавної служби нагляду та контролю за станом природного середовища.
  - Вибір місця відбору проб, об'єм аналітичних визначень у водоймищах різних типів.
  - Устрій та призначення польових гідрохімічних лабораторій.
  - Автоматизовані та дистанційні методи контролю якості води.
  - Техніка безпеки при роботі на водному об'єкті.
- 29.** Цілі та задачі узагальнення матеріалів гідрохімічних спостережень:
- Схема підготовки матеріалів, приклади таблиць.
  - Державний облік води та водний кадастр (по розподілу якості води), форми представлення матеріалів.
- 30.** Охорона вод океанів від забруднення:
- Джерело надходження забруднюючих речовин.
  - Характеристика різних видів забруднення (побутового, промислового, сільськогосподарського, радіоактивного).
  - Вплив забруднення на хімічний склад морської води.
  - Процеси самоочищення.
- 31.** Взаємозв'язок хімічного складу різних типів природних вод.
- 32.** Рівноважні гідрохімічні системи.
- 33.** Стік розчинених у природних водах речовин і хімічна денудація вод.
- 34.** Вплив техногенезу на хімічний склад природних вод.
- 35.** Сумарний вплив антропогенних чинників на формування хімічного складу вод океану.

### **3.2 Приклади розв'язання задач до практичних занять**

Після засвоєння теоретичних питань з розділів 1, 2, 3 самостійної роботи з індивідуальними завданнями до практичних занять, студенти зможуть добре підготуватись до контрольної роботи – змістовного практичного модулю «ЗМ-П1».

До складу теоретичного і практичного модулів можуть входити декілька розрахункових завдань, що ілюструють можливості застосування теоретичних знань у практичній діяльності майбутнього фахівця.

**Приклад 1.** Розрахуйте загальну твердість природної води, якщо на реакцію з солями твердості, які вміщувались у  $100 \text{ см}^3$  води, при титруванні потрібно було затратити  $4 \text{ см}^3$  розчину комплексна III

(трилону Б) з концентрацією  $0,1$  моль/дм<sup>3</sup>. Яку масу фосфату натрію  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  потрібно додати у  $500$  дм<sup>3</sup> води для її пом'якшення?

Розв'язання.

Загальну твердість води розраховують за формулою:

$$T = \frac{[T] \cdot V_T \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}};$$

де  $[T]$  – концентрація титранта (розчину трилону Б), яка має значення  $0,1$  моль/дм<sup>3</sup>;

$V_T$  – об'єм титранта (розчину трилону Б),  $V_T = 4$  см<sup>3</sup>;

$V_{\text{H}_2\text{O}}$  – об'єм проби води,  $V_{\text{H}_2\text{O}} = 100$  см<sup>3</sup>.

Тоді розраховують твердість у даній пробі води:

$$T = \frac{0,1 \cdot 4 \cdot 1000}{100} = 4 \text{ ммоль/дм}^3.$$

Таким чином, у  $1$  дм<sup>3</sup> води вміщується  $4$  ммоль солей твердості, а в  $500$  дм<sup>3</sup> води вміщується  $500 \cdot 4 / 1 = 2000$  ммоль еквівалентів солей, які обумовлюють її твердість.

Далі розрахуємо, яку масу фосфату натрію  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  потрібно додати у  $500$  дм<sup>3</sup> води для її пом'якшення.

Розрахуємо молярну масу еквіваленту фосфату натрію:

$$M_{\text{екв}} = 1/3 \cdot M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = \frac{164}{3} = 54,7 \text{ г/моль} = 54,7 \text{ мг/ммоль}.$$

Тому для усунення твердості в  $500$  дм<sup>3</sup> води потрібно додати таку масу фосфату натрію:

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 2000 \cdot 54,7 = 109400 \text{ мг} = 109,4 \text{ г}.$$

Відповідь:  $T = 4$  ммоль/дм<sup>3</sup>;  $m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 109,4$  г.

**Приклад 2.** Визначити молярну концентрацію ( $C_M$ ), молярну концентрацію еквівалента ( $C_H$ ), молярну концентрацію ( $C_m$ ) та титр ( $T$ )  $17\%$  розчину сірчаної кислоти, густина якої  $1,12$  г/см<sup>3</sup>.

Розв'язання:

Знаючи густину розчину, можна скористатися формулами перерахунку концентрацій

$$C_M = \frac{\rho \cdot 1000 \cdot \omega}{M}, \quad C_H = \frac{\rho \cdot 1000 \cdot \omega}{M_{\text{екв}}}$$

$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$  г/моль;

$M_{\text{екв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = f_{\text{екв}} \cdot M = 1/2 \cdot 98 = 49$  г/моль.



Визначаємо молярну концентрацію розчину:

$$C_M = \frac{1,12 \cdot 1000 \cdot 0,17}{98} = 1,94 \text{ моль/дм}^3.$$

Визначаємо молярну концентрацію еквівалента розчину

$$C_H = \frac{1,12 \cdot 1000 \cdot 0,17}{49} = 3,88 \text{ моль/дм}^3.$$

Рахуємо молярну концентрацію розчину за формулою:

$$C_m = \frac{m \cdot 1000}{M \cdot m_s}.$$

де  $m$ ,  $m_s$  – маси речовини та розчинника.

$$m_{p-ка} = m_{розч-ну} - m_{реч.} = 100 - 17 = 83 \text{ г.}$$

$$C_m = \frac{17 \cdot 1000}{98 \cdot (100 - 17)} = 2,09 \text{ моль/кг.}$$

Титр визначаємо за формулою:

$$T = \frac{C_H \cdot M_{екв}}{1000}; \quad \text{або} \quad T = \frac{C_M \cdot M}{1000}$$

$$T(H_2SO_4) = \frac{1,94 \cdot 98}{1000} = 0,1901 \text{ г/см}^3 \quad \text{або} \quad T = \frac{3,88 \cdot 49}{1000} = 0,1901 \text{ г/см}^3.$$

Відповідь:  $C_M(H_2SO_4) = 1,94 \text{ моль/дм}^3$ ,  $C_H(H_2SO_4) = 3,88 \text{ моль/дм}^3$ ;

$$C_m = 2,09 \text{ моль/кг}; \quad T(H_2SO_4) = 0,1901 \text{ г/см}^3.$$

**Приклад 3.** Розрахуйте рОН розчину а також концентрацію іонів  $H^+$  та  $OH^-$ , якщо водневий показник  $pH = 3,14$ .

Розв'язання: Концентрації іонів водню та гідроксиду виражають у вигляді логарифмів з оберненим знаком та називають ці величини водневим показником (рН) та показником іонів гідроксиду (рОН):

$$pH = -\lg[H^+]; \quad pOH = -\lg[OH^-].$$

$$\text{Отже, } pH + pOH = pK_B = 14, \quad \text{де } pK_B = -\lg K_B = -\lg 10^{-14} = 14.$$

Тому рОН розчину розраховують за формулою:

$$pOH = 14 - pH = 14 - 3,14 = 10,96.$$

Для перерахунку рН в  $H^+$  та  $H^+$  в рН зручно користуватись таблицею 2.1.

Таблиця 2.1 – Перерахунок рН в  $[H^+]$  та навпаки ( $pH = -\lg[H^+]$ )

$pH$	$H^+$	$pH$	$H^+$	$pH$	$H^+$
Q 0,00	$1,000 \times 10^{-Q}$	Q 0,34	$0,457 \times 10^{-Q}$	Q 0,67	$0,214 \times 10^{-Q}$
0,01	0,977	0,35	0,447	0,68	0,209
0,02	0,955	0,36	0,437	0,69	0,204
0,03	0,933	0,37	0,427	0,70	0,200
0,04	0,912	0,38	0,417	0,71	0,195
0,05	0,891	0,39	0,407	0,72	0,191
0,06	0,871	0,40	0,398	0,73	0,186
0,07	0,851	0,41	0,389	0,74	0,182
0,08	0,832	0,42	0,380	0,75	0,178
0,09	0,813	0,43	0,372	0,76	0,174
0,10	0,794	0,44	0,363	0,77	0,170
0,11	0,776	0,45	0,355	0,78	0,166
0,12	0,759	0,46	0,347	0,79	0,162
0,13	0,741	0,47	0,339	0,80	0,158
0,14	0,725	0,48	0,331	0,81	0,155
0,15	0,709	0,49	0,324	0,82	0,151
0,16	0,692	0,50	0,316	0,83	0,148
0,17	0,676	0,51	0,309	0,84	0,144
0,18	0,661	0,52	0,302	0,85	0,141
0,19	0,646	0,53	0,295	0,86	0,138
0,20	0,631	0,54	0,288	0,87	0,135
0,21	0,617	0,55	0,282	0,88	0,132
0,22	0,603	0,56	0,275	0,89	0,129
0,23	0,589	0,57	0,269	0,90	0,126
0,24	0,575	0,58	0,263	0,91	0,123
0,25	0,562	0,59	0,257	0,92	0,120
0,26	0,549	0,60	0,251	0,93	0,117
0,27	0,537	0,61	0,245	0,94	0,115
0,28	0,525	0,62	0,240	0,95	0,112
0,29	0,513	0,63	0,234	0,96	0,110
0,30	0,501	0,64	0,229	0,97	0,107
0,31	0,490	0,65	0,224	0,98	0,105
0,32	0,479	0,66	0,219	0,99	0,102
0,33	0,468				

Примітка. Якщо треба знайти значення рН за відомим значенням концентрації водневих іонів  $[H^+] = 0,123 \times 10^{-7}$ , то розрахунок ведуть таким чином: за коефіцієнтом 0,123 знаходимо у правій графі мантису 0,91, а за характеристику приймаємо показник ступеня, взятий з оберненим знаком. Тобто,  $pH = 7,91$ .

В нашому прикладі рН = 3,14. За мантисою 0,14 (яка міститься у стовпчику рН) знаходимо поряд у стовпчику (H<sup>+</sup>) коефіцієнт 0,725, який множимо на 10 у ступені, рівною характеристиці (Q = 3) з оберненим знаком. Тобто концентрація іонів водню дорівнює:

$$[H^+] = 0,725 \cdot 10^{-3} = 7,25 \cdot 10^{-4}.$$

Добуток концентрації іонів водню та гідроксид-іонів є величиною постійною при постійній температурі. Цю величину називають іонним добутком води (або константою води); чисельне його значення при 22°C дорівнює 10<sup>-14</sup> моль/дм<sup>3</sup>.

$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14} \text{ моль/дм}^3.$$

Тому концентрацію гідроксид-іонів розраховують за формулою:

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{7,25 \times 10^{-4}} = 0,138 \cdot 10^{-10} = 1,38 \cdot 10^{-11} \text{ моль/дм}^3.$$

Відповідь: рОН=10,96; [H<sup>+</sup>]=7,25·10<sup>-4</sup> моль/дм<sup>3</sup>; [OH<sup>-</sup>]=1,38·10<sup>-11</sup> моль/дм<sup>3</sup>.

**Приклад 4.** Розрахувати добуток розчинності (ДР) гідроксиду феруму (III) Fe(OH)<sub>3</sub>, якщо відома розчинність, яка становить 1,9·10<sup>-10</sup> моль/дм<sup>3</sup>.

Розв'язання: Запишемо рівняння дисоціації:



Як видно з рівняння, при розчиненні 1 моль Fe(OH)<sub>3</sub> у розчин переходить 1 моль іонів Fe<sup>3+</sup> та втричі більше моль OH<sup>-</sup>.

Визначаємо концентрацію іонів Fe<sup>3+</sup>: 1,9·10<sup>-10</sup> моль/дм<sup>3</sup>.

Визначаємо концентрацію OH<sup>-</sup> іонів:

$$3C_{Fe^{3+}} = 3 \cdot 1,9 \cdot 10^{-10} = 5,7 \cdot 10^{-10} \text{ моль / дм}^3$$

Розраховуємо добуток розчинності Fe(OH)<sub>3</sub>:

$$\begin{aligned} DR(Fe(OH)_3) &= [Fe^{3+}] \cdot [OH^-]^3 = 1,9 \cdot 10^{-10} \cdot (5,7 \cdot 10^{-10})^3 = \\ &= 1,9 \cdot 10^{-10} \cdot 185 \cdot 10^{-30} = 3,5 \cdot 10^{-38} \end{aligned}$$

Відповідь: ДР(Fe(OH)<sub>3</sub>) = 3,5·10<sup>-38</sup>.

**Приклад 5.** Добуток розчинності йодиду плюмбуму ( $DP(PbI_2)$ ) при  $20\text{ }^\circ\text{C}$  дорівнює  $8 \cdot 10^{-9}$ . розрахуйте розчинність ( $S$ ) солі в моль/дм<sup>3</sup> та г/дм<sup>3</sup> за даною температурою.

Розв'язання:

Запишемо рівняння дисоціації  $PbI_2$ :



Позначимо розчинність як  $S$  (моль/дм<sup>3</sup>). Тоді у насиченому розчині  $PbI_2$  вміщується  $S$  моль/дм<sup>3</sup> іонів  $Pb^{2+}$  та  $2S$  моль/дм<sup>3</sup> іонів  $I^-$ . Тому добуток розчинності солі дорівнює:

$$DP(PbI_2) = [Pb^{2+}] \cdot [I^-]^2 = S \cdot (2S)^2 = 4S^3$$

А розчинність солі розраховуємо, як:

$$S = \sqrt[3]{DP/4} = \sqrt[3]{8 \times 10^{-9}/4} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3.$$

Молярна маса солі  $M(PbI_2) = 461$  г/моль, тому розчинність солі в г/дм<sup>3</sup> розраховуємо таким чином:

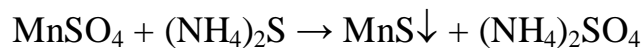
$$S = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3 \times 461 \text{ г/моль} = 0,6 \text{ г/дм}^3$$

Відповідь:  $S(PbI_2) = 1,3 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>;  $S(PbI_2) = 0,6$  г/дм<sup>3</sup>.

**Приклад 6.** Чи випаде осад при змішуванні рівних об'ємів розчинів солі сульфат мангану з нормальною концентрацією  $C_H(MnSO_4) = 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup> та солі сульфід амонію з концентрацією  $C_H((NH_4)_2S) = 2 \cdot 10^{-1}$  моль/дм<sup>3</sup>?

Розв'язання:

Запишемо рівняння реакції



Знайдемо у додатку 3 табличне значення добутку розчинності  $MnS$ , яке становить:  $DP(MnS) = 5,6 \cdot 10^{-16}$

Визначаємо молярні концентрації ( $C_M$ ) розчинів, враховуючи фактори еквівалентів солей:

$$C_H(MnSO_4) = 10^{-2} \text{ моль/дм}^3, \text{ то } C_M(MnSO_4) = 1/2 \cdot$$

$$C_H = 1/2 \cdot 1 \cdot 10^{-2} = 0,5 \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3.$$

$$C_H((NH_4)_2S) = 2 \cdot 10^{-1} \text{ моль/дм}^3, \text{ то } C_M((NH_4)_2S) = 1/2 \cdot 2 \cdot 10^{-1} = 10^{-1} \text{ моль/дм}^3$$

Але при змішуванні речовин загальний об'єм розчину став вдвічі більше, тому концентрація іонів  $Mn^{2+}$  та  $S^{2-}$  зменшується вдвічі і становить:

$$C_{Mn^{2+}} = 1/2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3,$$

$$C_{S^{2-}} = 1/2 \cdot 1 \cdot 10^{-1} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ моль/дм}^3.$$

Знайдемо добуток концентрацій солі  $MnS$ :

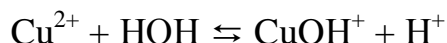
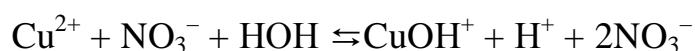
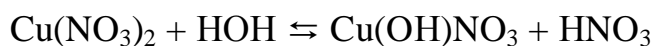
$$[Mn^{2+}] \cdot [S^{2-}] = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 12,5 \cdot 10^{-5} = 1,25 \cdot 10^{-4}$$

Якщо  $[Mn^{2+}] \cdot [S^{2-}] > DP(MnS)$ , то випадає осад,  $1,25 \cdot 10^{-4} > 5,6 \cdot 10^{-16}$ .

Відповідь: при змішуванні рівних об'ємів розчинів  $MnSO_4$  та  $(NH_4)_2S$  випадає осад, тому що добуток концентрацій іонів більше ніж добуток розчинності  $MnS$ .

**Приклад 7.** Складіть рівняння гідролізу солі  $Cu(NO_3)_2$  в молекулярному та іонно-молекулярному виді, визначити константу та ступінь гідролізу, розрахувати значення рН та зробити висновок про характер кислотно-лужного середовища водного розчину солі. Молярна концентрація розчину солі  $Cu(NO_3)_2$  дорівнює  $0,01$  моль/дм<sup>3</sup>.

Розв'язання:  $Cu(NO_3)_2$  – сіль, яка утворена слабкою основою та сильною кислотою. Гідроліз завжди йде з утворенням слабого електроліту, тобто слід очікувати утворення слабкої основи – гідроліз за катіоном. Іони срібла будуть зв'язувати гідроксид-іони води, а іони водню будуть накопичуватися. Надлишок іонів водню в розчині відповідає кислому середовищу –  $pH < 7$ .



Кислу реакцію розчину визначають за допомогою індикатора – лакмусу. Розчин забарвлюється в червоний колір.

Константу гідролізу за катіоном визначають за формулою:

$$K_2 = \frac{K_{H_2O}}{K_{MOH}} = \frac{K_{H_2O}}{K_{Cu(OH)_2}} = \frac{10^{-14}}{3,4 \cdot 10^{-7}} = 3 \cdot 10^{-7}$$

Константа дисоціації становить  $K_d(Cu(OH)_2) = 3,4 \cdot 10^{-7}$  (див. табл. 2.4.)

Ступінь гідролізу ( $h_r$ ) – це доля електроліту, яка піддалась гідролізу. Вона зв'язана з константою гідролізу рівнянням, яке аналогічно закону розбавлення Оствальда для дисоціації слабких електролітів:

$$K_r = h_r^2 \times C_m, \quad \text{тобто} \quad h_r = \sqrt{K_r / C_m}$$

Визначаємо ступінь гідролізу:

$$h_r = \sqrt{3 \times 10^{-7} / 10^{-2}} = 5,5 \times 10^{-2}.$$

Водневий показник (рН) розчину солі, що утворений сильною кислотою та слабкою основою, визначають за формулою

$$pH = 7 + 1/2 \times \lg K_{\text{осн.}} - 1/2 \times \lg C_M = 7 - 1/2 \times pK_{\text{осн.}} - 1/2 \times \lg C_M;$$

де:  $pK_{\text{осн.}} = -\lg K_{\text{осн.}}$   $pH = 7 - 1/2 \times 3 - 1/2 \times 10^{-2} = 7 - 1,5 - 0,005 = 5,495.$

Відповідь: гідроліз по катіону йде з утворенням слабкої основи  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ; реакція розчину кисла,  $pH = 5,495$ ;  $K_{\Gamma} = 3,0 \cdot 10^{-7}$ ;  $h_r = 5,5 \times 10^{-2}$ .

Таблиця 2.2 – Константи дисоціації деяких слабких електролітів

Назва	Формула	$K_d$	$pK = -\lg K_d$
Нітритна кислота	$\text{HNO}_2$	$6,9 \cdot 10^{-4}$	3,16
Борна кислота	$\text{H}_3\text{BO}_3$	$7,1 \cdot 10^{-10}$	9,15
Германієва кислота	$\text{H}_4\text{GeO}_4$	$K_1$ $7,9 \cdot 10^{-10}$	9,10
		$K_2$ $2,0 \cdot 10^{-13}$	12,7
Селенідна кислота	$\text{H}_2\text{Se}$	$K_1$ $1,3 \cdot 10^{-4}$	3,89
		$K_2$ $1,0 \cdot 10^{-11}$	11,0
Сульфітна кислота	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$K_1$ $1,4 \cdot 10^{-2}$	1,85
		$K_2$ $6,2 \cdot 10^{-8}$	7,20
Сульфідна кислота	$\text{H}_2\text{S}$	$K_1$ $1,0 \cdot 10^{-7}$	6,99
		$K_2$ $2,5 \cdot 10^{-13}$	12,60
Карбонатна кислота	$\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{CO}_2(\text{p}) + \text{H}_2\text{O}$	$K_1$ $4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35
		$K_2$ $4,8 \cdot 10^{-11}$	10,32
Оцтова кислота	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
Метафосфатна кислота	$\text{H}_3\text{PO}_3$	$K_1$ $3,1 \cdot 10^{-2}$	1,51
		$K_2$ $1,6 \cdot 10^{-7}$	6,79
Гіпохлоритна кислота	$\text{HClO}$	$2,95 \cdot 10^{-8}$	7,53
Ціанідна кислота	$\text{HCN}$	$5,0 \cdot 10^{-10}$	9,30
Алюмінію гідроксид	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$1,38 \cdot 10^{-9}$	8,86
Аміаку розчин (амонію гідроксид)	$\text{H}_3\text{N} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NH}_4\text{OH}$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	4,755
Феруму (II) гідроксид	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	3,89
Феруму (III) гідроксид	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$K_2$ $1,82 \cdot 10^{-11}$	10,74
		$K_3$ $1,35 \cdot 10^{-12}$	11,87
Магнію гідроксид	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	2,6
Мангану (II) гідроксид	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	3,30
Купруму (II) гідроксид	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$3,4 \cdot 10^{-7}$	6,47
Плюмбуму (II) гідроксид	$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$K_1$ $9,55 \cdot 10^{-4}$	3,02
		$K_2$ $3,0 \cdot 10^{-8}$	7,52
Аргентуму гідроксид	$\text{AgOH}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	2,30
Цинку гідроксид	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	4,4

**Приклад 8.** Використовуючи дані табл. 2.3. виразіть вміст головних катіонів і головних аніонів морської води в проміле і ммоль на літр.

**Розв'язання:** Приведені в табл. 2.3 значення концентрацій головних компонентів морської води виражені в млн<sup>-1</sup>, тобто показують кількість міліграмів відповідного іона на 1кг розчину. Концентрація, виражена в проміле, характеризує кількість грамів речовини в 1 кг розчину. Тому для переведення концентрації, вираженої в млн<sup>-1</sup>, в проміле необхідно лише зменшити початкову концентрацію в тисячу раз:

$$C (\text{‰}) = C(\text{млн}^{-1}) \cdot 10^{-3}.$$

Для виразу концентрації головних компонентів морської води в ммоль на літр необхідно значення концентрації відповідного компоненту, виражене в проміле, розділити на його молярну масу і помножити на густину води, виражену в кілограмах на літр розчину (тут густина морської води прийнята рівною 1 кг/дм<sup>3</sup>), і на 1000 (для переведення моль в ммоль):

$$C'' (\text{моль/л}) = C (\text{‰}) \cdot \rho (\text{кг/дм}^3) \cdot 1000 / M (\text{г/моль}).$$

Одержані результати концентрацій представлені у таблиці

Таблиця 2.3 – Середній склад природних вод

Компонент	Вміст в морській воді		
	млн <sup>-1</sup>	C (‰)	C (ммоль/дм <sup>3</sup> )
Катіони:			
Na <sup>+</sup>	10560	10,56	459,1
Mg <sup>2+</sup>	1270	1,27	52,3
Ca <sup>2+</sup>	400	0,40	10,0
K <sup>+</sup>	380	0,38	9,7
Аніони:			
Cl <sup>-</sup>	18980	18,98	534,6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2650	2,65	27,6
HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	140	0,14	2,3

Відповідь: представлена в таблиці 2.3.

**Приклад 9.** Представте у вигляді формули середній склад морської води, в якій вміст розчиненого діоксиду карбону складає 1000 мг/дм<sup>3</sup>.

**Розв'язання:** Для розв'язання задачі слід визначити концентрацію у %-екв відповідних домішок у воді і записати склад води відповідно до прийнятих правил у вигляді дробу.

Оскільки %-екв визначає частку (в %) концентрації відповідної домішки, вираженої в моль-екв/дм<sup>3</sup> або в ммоль-екв/дм<sup>3</sup> у сумі аніонів або катіонів, присутніх в даному розчині, то перш за все необхідно виразити концентрацію аніонів і катіонів в ммоль-екв/дм<sup>3</sup> і знайти їх суми.

Для переведення концентрації в ммоль-екв/дм<sup>3</sup> необхідно розділити значення концентрації компоненту, вираженої в ммоль/дм<sup>3</sup> на відповідний фактор еквівалентності:

$$C \text{ (ммоль-екв/ дм}^3\text{)} = C \text{ (ммоль/ дм}^3\text{)} / f,$$

де  $f$  – фактор еквівалентності, який дорівнює  $1/2$  для двох зарядних аніонів і катіонів і  $1$  для однозарядних іонів.

На наступному етапі визначимо сумарні концентрації аніонів і катіонів в ммоль-екв/дм<sup>3</sup> і процентний вміст концентрації кожного іона у відповідній сумі. Набуті значення є концентрацією вираженою в %-екв. Результати обчислень для аніонів і катіонів морської води представлені в таблиці 6.

Значення мінералізації води можна прийняти рівним сумі концентрацій головних іонів, виражених в грамах на літр (дм<sup>3</sup>).

Для визначення концентрацій іонів в г/дм<sup>3</sup> слід помножити відповідне значення виражене в ммоль/дм<sup>3</sup> на молярну масу, за формулою:

$$C \text{ (г/дм}^3\text{)} = C \text{ (ммоль/дм}^3\text{)} \cdot M / 1000$$

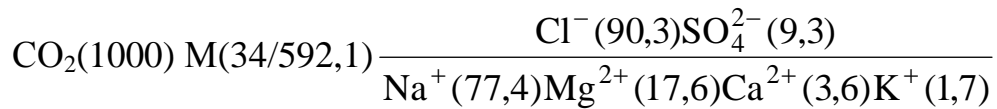
Таблиця 2.4 – Вміст основних іонів в морській воді

Компонент	Вміст в морській воді			
	ммоль/дм <sup>3</sup>	ммоль-екв/дм <sup>3</sup>	%-екв	г/дм <sup>3</sup>
Катіони:				
Na <sup>+</sup>	459,1	459,1	77,4	10,6
Mg <sup>2+</sup>	52,3	104,6	17,6	1,27
Ca <sup>2+</sup>	10	20	3,6	0,4
K <sup>+</sup>	9,7	9,7	1,7	0,38
Сума катіонів	–	593,4	100	12,7
Аніони:				
Cl <sup>-</sup>	534,6	534,6	90,3	19
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	27,6	55,2	9,3	2,65
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,3	2,3	0,4	0,14
Сума аніонів	–	592,1	100	21,8

Склад морської води у вигляді формули можна представити як дріб, в чисельнику якого в порядку зменшення концентрації записуємо хімічні символи всіх аніонів окрім HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (тому що його концентрація менша за 1%-екв), а в знаменнику – всіх катіонів, представлених в табл. 6, оскільки їх вміст перевищує 1%-екв. Поряд з хімічним символом іона в дужках вказуємо його концентрацію в %-екв. Зліва перед дробом у вигляді хімічної формули і числа, що характеризує концентрацію в мг/дм<sup>3</sup>, записуємо вміст у воді діоксиду карбону (див. умову задачі). Далі округлену величину загальної мінералізації води (M), виражену в г/дм<sup>3</sup>,



поділену на суму ммоль/екв аніонів в розчині. Таким чином, склад даної води можна представити у вигляді наступної формули:



Відповідь: дивись формулу.

**Приклад 10.** Визначити скільки грамів NaCl міститься в 1 кг морської води, якщо її хлорність дорівнює 15‰.

Розв'язання: Співвідношення основних компонентів морської води під дією материкового стоку може трохи змінюватися. Проте для проведення оцінки цими змінами можна знехтувати і для розв'язання задачі скористаємося законом Дітмара: у воді океану незалежно від абсолютної концентрації кількісні відношення між основними компонентами сольового складу є завжди сталими.

Як було показано в прикладі 12, вміст іонів Натрію в морській воді складає 459,1 ммоль/дм<sup>3</sup>, а вміст іонів Хлору – 534,6 ммоль/дм<sup>3</sup>, отже, частина іонів Хлору в морській воді зв'язана з іншими катіонами. Тому для визначення вмісту NaCl у воді затоки необхідно визначити концентрацію катіонів Натрію в цій воді. Відповідно до закону Дітмара для середнього складу морської води і води із затоки Чорного моря можна записати:

$$\frac{C_{\text{Na}}}{C_{\text{Cl}}} = \frac{C'_{\text{Na}}}{C'_{\text{Cl}}}$$

де  $C_{\text{Na}}$ ,  $C_{\text{Cl}}$  та  $C'_{\text{Cl}}$ ,  $C'_{\text{Na}}$  – концентрація (‰) іонів Натрію і Хлору для середнього складу морської води і води затоки відповідно.

Звідси легко визначити вміст іонів Натрію у воді затоки (приймаючи концентрацію іонів Хлору у воді затоки ( $C'_{\text{Cl}}$ ) рівної значенню хлорності цієї води і концентрації іонів Натрію і Хлору (в ‰) рівними значенням для середнього складу морської води (див. приклад 11):

$$C'_{\text{Na}} = C_{\text{Na}} \cdot C'_{\text{Cl}} / C_{\text{Cl}} = 10,56 \cdot 15,00 / 18,98 = 8,35\text{‰}$$

Отже, в 1 кг води із затоки Чорного моря міститься 8,35 г катіонів Натрію. Маса NaCl, що міститься в 1 кг води із затоки:

$$m(\text{NaCl}) = C'_{\text{Na}} \cdot M(\text{NaCl}) / M_{\text{Na}} = 8,35 \cdot 58,5 / 23,0 = 21,2 \text{ (г/кг)}$$

Відповідь: в 1 кг води з затоки Чорного моря міститься 21,2 г NaCl.

**Приклад 11.** До якого класу вод за мінералізацією слід віднести природні води, склад яких відповідає середньому складу річкової води? При оцінці прийняти, що: а) інші домішки у воді відсутні; б) густина річкової води дорівнює 1000 г/дм<sup>3</sup>; в) при експериментальному визначенні

мінералізації всі гідрогенкарбонат-іони перейдуть в карбонат-іони, а вся решта іонів утворює безводні солі, стійкі при 105 °С?

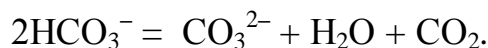
Розв'язання: За умовою задачі склад природної води відповідає середньому складу води в річках. Вміст домішок в цій воді, складає (млн<sup>-1</sup>): Ca<sup>2+</sup> – 20; Na<sup>+</sup> – 5,8; Mg<sup>2+</sup> – 3,4; K<sup>+</sup> – 2,1; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 35; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 12; Cl – 5,7.

Значення мінералізації природних вод визначається в г/дм<sup>3</sup>, тому необхідно виразити концентрації аніонів і катіонів в цих одиницях. Оскільки густина води за умовою задачі дорівнює 1000 г/дм<sup>3</sup>, концентрації домішок, виражені в млн<sup>-1</sup>, чисельно дорівнюють концентраціям, вираженим в мг/дм<sup>3</sup>. Тому, щоб одержати вміст домішок в г/дм<sup>3</sup>, достатньо помножити значення їх вмісту вираженому в млн<sup>-1</sup> на 10<sup>-3</sup>:

$$C(\text{г/дм}^3) = C_i(\text{млн}^{-1}) \cdot 10^{-3}$$

Вміст домішок в природній воді відповідно буде складати (в г/дм<sup>3</sup>): Ca<sup>2+</sup> – 2,0·10<sup>-2</sup>; Na<sup>+</sup> – 5,8·10<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> – 3,4·10<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> – 2,1·10<sup>-3</sup>; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 3,5·10<sup>-2</sup>; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 1,2·10<sup>-2</sup>; Cl<sup>-</sup> – 5,7·10<sup>-3</sup>.

За умовою задачі при визначенні мінералізації іони HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> повністю перейдуть в іони CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>. Процес розкладання може бути представлений наступним рівнянням реакції:



Молекули води і діоксиду карбону, що утворюються в цьому процесі, не вносять внеску в мінералізацію, оскільки при 105 °С переходять в газову фазу.

Концентрацію іонів CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, що утворюються, можна визначити за рівнянням:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = [\text{HCO}_3^-] \frac{M_{\text{CO}_3^{2-}}}{2M_{\text{HCO}_3^-}}$$

де [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] і [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] – концентрація карбонат- і гідрогенкарбонат-іонів відповідно, г/дм<sup>3</sup>;

M<sub>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></sub> та M<sub>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></sub> – молярні маси карбонат- і гідрогенкарбонат-іонів, г/моль.

Концентрація іонів CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, що утворюються, може скласти:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 3,5 \cdot 10^{-2} \cdot 60 / (2 \cdot 61) = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ (г/дм}^3\text{)}.$$

Оскільки за умовою задачі всі іони, окрім HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, утворюють безводні солі, стійкі при 105 °С, а гідрогенкарбонат-іони переходять в іони CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> і також утворюють стійкі солі, значення мінералізації можна визначити по сумі концентрацій іонів CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> і решти іонів, присутніх в початковій воді:

$$M = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{K}^+] + [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{Cl}^-];$$

$$M = 1,7 \cdot 10^{-2} + 2,0 \cdot 10^{-2} + 5,8 \cdot 10^{-3} + 3,4 \cdot 10^{-3} + 2,1 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-2} + 5,7 \cdot 10^{-3} = 6,6 \cdot 10^{-2} \text{ (г/дм}^3\text{)}.$$

Оскільки набуто значення мінералізації менше  $0,2 \text{ г/дм}^3$ , ці води слід віднести до ультрапрісних.

Відповідь: природні води, що відповідають середньому складу річкової води, слід віднести до ультрапрісних вод.

**Приклад 12.** Охарактеризуйте морську воду відповідно до класифікації, розробленої О.О. Альокінім.

Розв'язання: Переважаючим аніоном в морській воді є аніон Хлору, оскільки його концентрація, виражена в ммоль-екв/дм<sup>3</sup>, набагато перевищує концентрації інших аніонів. Тому морські води слід віднести до класу хлоридних вод.

Переважаючим катіоном в морській воді є катіон Натрію, тому ці води слід віднести до групи натрієвих вод.

Для визначення типу води підсумуємо концентрації катіонів Кальцію і Магнію в морській воді, виражені в ммоль-екв/дм<sup>3</sup>, і порівняємо суму з концентрацією гідрогенкарбонат-іона (див. табл. 2.4):

$$C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{Mg}^{2+}} = 20,0 + 104,6 = 124,6 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{\text{HCO}_3^-} = 2,3 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{Mg}^{2+}} > C_{\text{HCO}_3^-}$$

Отже, морська вода не відноситься до першого типу вод.

Порівняємо сумарну концентрацію аніонів  $\text{HCO}_3^-$  й  $\text{SO}_4^{2-}$  з сумарною концентрацією катіонів Кальцію і Магнію в морській воді:

$$C_{\text{HCO}_3^-} + C_{\text{SO}_4^{2-}} = 2,3 + 55,2 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{Mg}^{2+}} = 124,6 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{\text{HCO}_3^-} + C_{\text{SO}_4^{2-}} < C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{Mg}^{2+}}$$

Отже, морська вода не відноситься до другого типу вод. Порівняємо концентрації іонів Хлору і Натрію, виражені в ммоль-екв/дм<sup>3</sup>:

$$C_{\text{Cl}^-} = 534,6 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{\text{Na}^+} = 459,1 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{\text{Cl}^-} > C_{\text{Na}^+}$$

Отже, морську воду слід віднести до третього типу вод.

Відповідь: за класифікацією О.О. Альокіна морську воду слід віднести до класу хлоридних вод натрієвої групи третього типу.

**Приклад 13.** Визначте значення загальної і карбонатної твердості для середнього складу річкової води (табл. 2.3). Відповідь дайте в моль на  $\text{дм}^3$  (літр), німецьких, французьких і американських градусах твердості. До якої групи вод за величиною твердості слід віднести ці води? Прийняти густину води рівної  $1 \text{ кг/дм}^3$ .

**Розв'язання:** Величину загальної твердості води можна визначити, знаючи концентрацію іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  у воді, виражену в  $\text{мг/дм}^3$ . Розрізняють також карбонатну, некарбонатну, тимчасову і постійну твердість води. Під карбонатною твердістю розуміється кількість іонів Кальцію і Магнію, що зв'язані з карбонат- і гідрогенкарбонат-іонами. Тому числове значення карбонатної твердості дорівнює сумі концентрацій карбонат- і гідрогенкарбонат-іонів, виражених в  $\text{мг-екв/дм}^3$ . Якщо ця величина виявляється більшою за значення загальної твердості, тобто карбонат- і гідрокарбонат-іони зв'язані і з іншими катіонами, то значення карбонатної твердості приймається рівним значенню загальної твердості води. В табл. 2.3 представлені значення концентрації іонів Кальцію і Магнію, виражена в  $\text{млн}^{-1}$ .

Таблиця 2.5 – Класифікація природних вод за величиною твердості

<i>Води</i>	<i>Твердість, ммоль/дм<sup>3</sup></i>
Дуже м'які	до 1,5
М'які	1,5-3
Середні	3-6
Тверді	6-10
Дуже тверді	>10

Некарбонатна твердість води визначається як різниця значень загальної і карбонатної твердості. Тимчасова твердість води є частиною карбонатної твердості, яка усувається при кип'ятінні води. Тимчасова твердість визначається експериментально. Постійна твердість води визначається як різниця значень загальної і тимчасової твердості.

Одиницею твердості води в нашій країні є моль твердості на кубічний метр.

Оскільки, за умовою задачі, густина води рівна  $1 \text{ кг/дм}^3$ , значення концентрації іонів становлять  $[\text{Ca}^{2+}] = 20,0 \text{ мг/дм}^3$  і  $[\text{Mg}^{2+}] = 3,4 \text{ мг/дм}^3$ . Загальна твердість води складе:

$$T = [\text{Ca}^{2+}] / (M_{\text{Ca}} \cdot f_{\text{Ca}}) + [\text{Mg}^{2+}] / (M_{\text{Mg}} \cdot f_{\text{Mg}}), \text{ моль/м}^3$$

де  $M_{\text{Ca}}$  і  $M_{\text{Mg}}$  – молярні маси Кальцію і Магнію відповідно;

$f_{\text{Ca}}$ ,  $f_{\text{Mg}}$  – фактор еквівалентності Кальцію і Магнію відповідно.

$$T = 20,0 / (40,08 \cdot 1/2) + 3,4 / (24,3 \cdot 1/2) = 1,28 \text{ моль/м}^3$$

Води з таким значенням загальної твердості слід віднести до групи дуже м'яких вод (табл. 2.5). Значення карбонатної твердості визначається кількістю іонів Кальцію і Магнію, зв'язаних з карбонат- і гідрогенкарбонат-іонами. Оскільки у воді, що відповідає середньому складу річкової води, відсутні карбонат-іони, значення карбонатної твердості може бути визначено за концентрацією гідрогенкарбонат-іонів (в мг/дм<sup>3</sup>):

$$T_{\text{карб}} = [\text{HCO}_3^-] / (M f), \text{ моль/м}^3$$

де  $f$  – фактор еквівалентності гідрогенкарбонат-іона;

$M$  – молярна маса гідрогенкарбонат-іона.

Карбонатна твердість дорівнює:

$$T_{\text{карб}} = 35 / (61 \cdot 1) = 0,57 \text{ моль/м}^3.$$

Значення твердості, виражене в німецьких, французьких і американських градусах твердості знаходимо за співвідношенням:

$$T (\text{національний градус твердості}) = T (\text{моль/м}^3) \cdot K,$$

де  $K$  – коефіцієнт співвідношення між національними градусами твердості і 1 моль/м<sup>3</sup> води.

Для води, що відповідає середньому складу річкової води, одержимо:

$$T = 1,28 \cdot 2,804 = 3,6 \text{ німецьких градусів твердості};$$

$$T = 1,28 \cdot 5,005 = 6,4 \text{ французьких градусів твердості};$$

$$T = 1,28 \cdot 50,050 = 64 \text{ американських градусів твердості}.$$

Відповідь: вода, що відповідає середньому складу річкової води, має загальну твердість, рівну 1,28 моль/м<sup>3</sup>, що відповідає 3,6 німецьких градусів твердості, 6,4 французьких градусів твердості, 64 американських градусів твердості. Карбонатна твердість цієї води  $T_{\text{карб}} = 0,57$  (моль/м<sup>3</sup>). Цю воду слід віднести до групи дуже м'яких вод.

### 3.3 Приклади завдань для самостійного розв'язування до практичних модулів ЗМ-П1, ЗМ-П2

**Задача 1.** Використовуючи дані табл. 2.3, виразіть вміст головних катіонів і головних аніонів для середнього складу річкової води в ммоль на дм<sup>3</sup> (літр), ммоль-екв на літр і грамах на дм<sup>3</sup> (літр).

**Задача 2.** За даними хімічного аналізу підземної води визначте відповідно до класифікацій Альокіна, Суліна, Щукарева і Курлова тип і групу, до яких вона належить: мінералізація – 2,5 г/л; вміст CO<sub>2</sub> – 0,2 г/л; Na<sup>+</sup> – 30,2 %-екв; Cl<sup>-</sup> – 14,3 %-екв; Ca<sup>2+</sup> – 57,3 %-екв; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 47,8 %-екв; Mg<sup>2+</sup> – 12,5 %-екв; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 37,9 %-екв. Охарактеризуйте генетичні умови формування її хімічного складу.

**Задача 3.** Представте у вигляді формули середній склад річкової води, в якій концентрація розчиненого діоксиду карбону складає 1020 мг/дм<sup>3</sup>.

**Задача 4.** Скільки грамів NaCl міститься в 1 кг морської води, що відібрана в одній з заток Чорного моря, якщо хлорність дорівнює 20 ‰?

**Задача 5.** До якого класу вод за мінералізацією потрібно віднести природні води, склад яких відповідає середньому складу морської води? При оцінці прийняти, що: **а)** інші домішки у воді відсутні; **б)** густина води дорівнює 1000 г/дм<sup>3</sup>; **в)** при експериментальному визначенні мінералізації всі іони гідрогенкарбонату перейдуть в карбонат-іони, а інші іони повністю переходять у безводні солі, що стійкі при T = 105 °C.

**Задача 6.** Охарактеризуйте середній склад річкової води у відповідності з класифікацією, розробленою О.О. Альокінім.

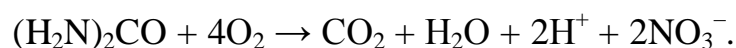
**Задача 7.** Визначте значення загальної й карбонатної твердості для середнього складу атмосферних опадів. Відповідь дайте в молях на дм<sup>3</sup> (літр), німецьких, французьких і американських градусах твердості. До якої групи вод за величиною твердості потрібно віднести ці води?

**Задача 8.** За наведеними в табл. 2.6 і 2.7 даними охарактеризуйте вплив атмосферних опадів і вилуговування на формування хімічного складу річкових вод для різних природних регіонів України (у чисельнику - вміст в мг/дм<sup>3</sup>, у знаменнику - частка у складі річкових вод, %). Запишіть склад води у вигляді формули Курлова. Охарактеризуйте склад води, сформований за рахунок надходження іонів з опадами, і внесок вилуговування порід у формування мінералізації річкових вод.

**Задача 9.** Розрахуйте концентрацію іонів Гідрогену в пробах дощової води, взятих для обстеження в двох промислових зонах, якщо їх рН було 5 і 8 відповідно. У скільки разів концентрацію іонів Н<sup>+</sup> в першій пробі більше (або менше), ніж в другій?

**Задача 10.** Концентрація іонів Н<sup>+</sup> в пробі води, яку получили при таненні снігу, що зібрали біля крупної автомагістралі, складала 10<sup>6</sup> моль/дм<sup>3</sup>, а в другій пробі, зібраної біля цементного заводу, – 10<sup>9</sup> моль/дм<sup>3</sup>. Розрахуйте рН обох проб снігу і зробіть висновок, чи можна їх віднести до кислотних опадів?

**Задача 11.** Сечовина (H<sub>2</sub>N)<sub>2</sub>CO – кінцевий продукт метаболізму білків у тварин – як забруднювач може потрапляти у водойми, де вона розкладається за допомогою аеробних бактерій:



Визначте повну БПК (біологічну потребу кисню) води об'ємом 1000 дм<sup>3</sup> у разі потрапляння до неї 30 г цієї сечовини.

Таблиця 2.5 – Середній хімічний склад розчинених у річкових водах території України мінеральних речовин, які надійшли з атмосферними опадами

Природні регіони	Мінеральні речовини						
	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+ + K^+$	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	Cl	Сума іонів
Полісся	3	4	5	9	21	4	46
	5	50	56	5	100	40	17
Лісостеп	4	3	4	11	23	5	50
	5	16	10	4	33	7	9
Степ	5	4	5	10	28	7	59
	3	6	2	3	5	2	3
Передкарпаття	5	4	5	9	29	5	57
	10	50	22	6	67	15	18
Гірські і Вулканічні Карпати	3	3	3	6	17	3	35
	9	60	33	6	100	38	20
Закарпатська рівнина	3	2	3	5	17	3	33
	9	40	27	4	100	25	17
Кримська гірська країна	3	2	3	8	8	3	27
	15	67	43	13	57	43	23
Україна в цілому	4	3	4	9	21	5	46
	6	18	8	4	22	9	9

Таблиця 2.6 – Середній хімічний склад розчинених у річкових водах території України мінеральних речовин, які формуються за рахунок вилугування порід

Природні регіони	Мінеральні речовини						
	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+ + K^+$	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	Cl	Сума іонів
Полісся	52	4	2	156	0,0	4	218
	95	50	22	95	0,0	40	81
Лісостеп	79	11	29	275	32	20	446
	95	58	70	96	46	53	83
Степ	187	34	87	356	181	88	933
	97	49	33	97	34	28	54
Передкарпаття	45	4	15	144	9	10	227
	90	37	65	94	23	80	74
Гірські і Вулканічні Карпати	30	2	6	108	0,0	4	142
	91	40	65	96	0,0	49	79

Закарпатська рівнина	$\frac{29}{91}$	$\frac{2}{40}$	$\frac{6}{55}$	$\frac{108}{96}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{5}{42}$	$\frac{150}{79}$
Кримська гірська країна	$\frac{17}{85}$	$\frac{1}{33}$	$\frac{3}{43}$	$\frac{56}{87}$	$\frac{5}{36}$	$\frac{3}{43}$	$\frac{85}{74}$
Україна в цілому	$\frac{67}{94}$	$\frac{9}{53}$	$\frac{22}{45}$	$\frac{195}{96}$	$\frac{32}{33}$	$\frac{19}{33}$	$\frac{344}{70}$

**Задача 12.** На скільки моль зменшиться рівноважна концентрація кисню в кожному літрі верхнього шару води природної водойми при збільшенні температури приземного повітря с 5 до 15 °С, якщо парціальний тиск кисню не змінився, концентрація кисню відповідає середнім для приземного шару значенням, тиск повітря 1000 гПа? Парціальним тиском парів води можна знехтувати.

**Задача 13.** Яка з двох природних вод більш агресивна по відношенню до гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), якщо активності катіонів Кальцію і сульфат-іонів для першої і другої води складають приблизно:  $a_i(\text{Ca}^{2+}) = 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>;  $a_i(\text{Ca}^{2+}) = 10^{-2,8}$  моль/дм<sup>3</sup>;  $a_i(\text{SO}_4^{2-}) = 10^{-1,5}$  моль/дм<sup>3</sup>;  $a_i(\text{SO}_4^{2-}) = 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup>? Активність гіпсу в твердій фазі прийняти рівною одиниці. Температура і тиск стандартні.

**Задача 14.** За даними, що наведені в табл. 2.7 розрахуйте загальну мінералізацію і твердість підземних вод. Визначте клас, групу і найменування підземних вод за класифікацією С.А. Щукарева. Запишіть результати аналізу води у вигляді формули М.Г. Курлова.

Таблиця 2.10 – Варіанти завдання

Варіант	рН	Вміст головних іонів, мг/дм <sup>3</sup>					
		$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$
1	7,3	180	15	20	30	13	30
2	8,2	3505	22	292	1110	46	161
3	7,3	830	66	14	249	35	83
4	7,5	228	6	4	44	4	32
5	8,4	962	637	732	271	61	706
6	7,1	320	322	270	-	5	443
7	8,1	2301	7412	155	2130	927	317
8	7,5	210	790	8693	3106	100	2300
9	6,8	255	96	537	175	18	259
10	6,9	305	67	56	49	10	104



Орієнтовно оцініть придатність води для господарсько-побутового призначення, вважаючи, що за органолептичними і бактеріальними показниками вона придатна для пиття. Вимоги до води господарсько-питного призначення: рН від 6,5 до 8,5; мінералізація – не більше 1 г/дм<sup>3</sup> розчинених солей (у деяких південних районах допускають перевищення мінералізації до 2-3 г/дм<sup>3</sup> за узгодженням із нормами санепідемслужби); загальна твердість – не повинна перевищувати 7 мг-екв/дм<sup>3</sup> (у виняткових випадках, з дозволу санепідемслужби, можуть бути використані для водопостачання підземні води із загальною твердістю до 10 мг-екв/дм<sup>3</sup>).

**Задача 15.** Який процес – розчинення чи осадження гіпсу – буде проходити при його контакті з природною водою, в якій активності катіонів Ca<sup>2+</sup> і аніонів SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> складають 10<sup>-3,5</sup> і 10<sup>-2,5</sup> моль/дм<sup>3</sup> відповідно? Температура і тиск відповідають стандартним умовам.

**Задача 16.** Який з мінералів, що не містить домішок, – гіпс (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) чи ангідрит (CaSO<sub>4</sub>) – більш стійкий у водному розчині при нормальному атмосферному тиску й температурі 60 °С?

**Задача 17.** Скільки міліграмів іонів фтору може міститися за нормальних умов в природній воді, що знаходиться в рівновазі з флюоритом (CaF<sub>2</sub>), який не містить домішок, якщо у воді міститься хлорид натрію в концентрації 0,03 М?

Порівняйте отримані значення з гранично допустимою концентрацією іонів фтору у водоймах рибогосподарського призначення, якщо ГДК<sub>фтору</sub> = 0,75 мг/дм<sup>3</sup>.

**Задача 18.** Яке значення рН спостерігалось в епоху зледеніння в дощовій воді, що знаходиться в рівновазі з атмосферним повітрям і містить в якості домішок («активних компонентів») лише діоксид карбону, якщо його вміст в приземному шарі повітрі складав 200<sup>-1</sup> млн? На скільки одиниць змінилося значення рН до теперішнього часу при вмісті CO<sub>2</sub> в атмосферному повітрі 0,035 % (об.)? Прийняти температуру повітря рівною 298 К, тиск 101,3 кПа, а парціальний тиск парів води 0,031 атм.

**Задача 19.** Яке значення рН слід очікувати в дощовій воді, яка знаходиться в рівновазі з атмосферним повітрям, що містить в якості домішок («активних компонентів») лише діоксиду карбону в кількості 0,035 % (об.)? На скільки одиниць може змінитися рН при збільшенні в два рази вмісту CO<sub>2</sub> в атмосферному повітрі, що прогнозується? Прийняти температуру повітря рівної 300 К, тиск – 1,1 атм, парціальний тиск пари води – 3,2·10<sup>-3</sup> атм.

**Задача 20.** Яке значення рН слід очікувати у дощовій воді, що знаходиться в рівновазі з атмосферним повітрям, що містить 0,035 % (об.) діоксиду карбону, 1,5 млрд<sup>-1</sup> діоксиду сульфуру, а також 1,2 млрд<sup>-1</sup> аміаку? Температура повітря дорівнює 298 К, тиск 101 кПа; парціальний тиск парів води прийняти рівним 3,16 кПа. Який внесок (у %) вносять ці домішки в процес підкислення дощової води?

**Задача 21.** Проба природної води має лужність  $1,5 \text{ ммоль/дм}^3$ , значення рН цієї води дорівнює 7, температура 298 К. Оцініть концентрацію компонентів карбонатної системи в даній пробі. Яким буде парціальний тиск діоксиду карбону в повітрі, що знаходиться в рівновазі з цією водою? Які значення концентрацій компонентів карбонатної системи будуть спостерігатися в цій воді, якщо контакт з повітрям буде порушено (надходження  $\text{CO}_2$  не буде), а в результаті протікання фотосинтезу рН стане рівним 10,5? Процеси розчинення або осадження карбонатів в системі не відбувалися. Прийняти коефіцієнти активності компонентів карбонатної системи рівними одиниці.

**Задача 22.** Середній склад води в озері (млн  $^{-1}$ ):  $\text{Na}^+$  – 139;  $\text{Cl}^-$  – 100;  $\text{Mg}^{2+}$  – 56;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 453;  $\text{Ca}^{2+}$  – 93;  $\text{HCO}_3^-$  – 173. Визначте середнє значення твердості і лужності води. Запишіть її середній склад у вигляді формули. До якого типу і класу за класифікацією О.О. Альокіна слідує віднести ці води?

**Задача 23.** Яке значення рН в 2080 р. будуть мати поверхневі води, що знаходяться в рівновазі з атмосферним повітрям, в якому серед «активних» домішок присутній лише діоксид карбону, і карбонатними породами, що складаються з кальциту ( $\text{CaCO}_3$ )? Очікується, що концентрація діоксиду карбону в повітрі до 2080 р. досягне  $600 \text{ млн}^{-1}$ . Температура дорівнює 298 К, загальний тиск повітря – 101,3 кПа, парціальний тиск парів води – 3160 Па. При оцінці прийняти, що коефіцієнти активності всіх компонентів дорівнюють одиниці.

**Задача 24.** Яку твердість й лужність будуть мати поверхневі води, що знаходяться у рівновазі з атмосферним повітрям, в якому серед «активних» домішок присутні лише діоксид карбону, і карбонатними породами, що складаються з кальциту? Концентрація діоксиду карбону в повітрі дорівнює  $600 \text{ млн}^{-1}$ , температура – 298 К, загальний тиск повітря – 101,3 кПа, парціальний тиск парів води – 3160 Па. При оцінці прийняти, що коефіцієнти активності всіх компонентів дорівнюють одиниці.

**Задача 25.** Визначте рН води, що знаходиться в рівновазі з  $\text{CO}_2$  атмосфери й магнезитом ( $\text{MgCO}_3$ ), якщо концентрація  $\text{CO}_2$  в повітрі дорівнює 342 ppm, температура  $25^\circ \text{C}$ .

**Задача 26.** Яка кількість (в  $\text{мг/дм}^3$ ) органічної речовини умовної формули  $\text{C}_n\text{H}_2\text{O}$  могла утворитися у водоймі в процесі фотосинтезу, якщо був порушений контакт з повітрям й карбонатними породами, розчинення або виділення діоксиду карбону й карбонату кальцію не відбувалося? Лужність води у вихідному розчині  $1,5 \text{ ммоль/дм}^3$ , рН = 7. В процесі фотосинтезу рН збільшилося до значення 10,5. Процес протікав при нормальному тиску й температурі 298 К.

### 3.4 Приклади завдань практичного модуля

#### Варіант № 1

*Виходячи з даного Вам хімічного складу морської води, зробіть наступні розрахунки:*

1. Перерахуйте концентрацію головних іонів, виразивши її в:  
а) моль/дм<sup>3</sup>;      б) мг-екв/дм<sup>3</sup>;      в) % екв.

Концентрація головних іонів (мг/дм <sup>3</sup> )					
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
276,0	54,1	108,4	210,0	725,9	153,0

- Обчисліть загальну мінералізацію морської води (мг/дм<sup>3</sup>).
- Визначте (та позначте відповідними символами), до якого класу, групи, типу відноситься дана вода за класифікацією Альокіна О.А., ЮНЕСКО.
- Обчисліть загальну, тимчасову та постійну твердість води (мг-екв/дм<sup>3</sup>).
- Які методи пом'якшення води Ви знаєте? Порівняйте ці методи за глибиною пом'якшення та економічними показниками. Який метод доцільно застосувати для пом'якшення морської води даного хімічного складу?

#### Варіант № 2

*Виходячи з даного Вам хімічного складу морської води, зробіть наступні розрахунки:*

1. Перерахуйте концентрацію головних іонів, виразивши її в:  
а) моль/дм<sup>3</sup>;      б) мг-екв/дм<sup>3</sup>;      в) % екв.

Концентрація головних іонів (мг/дм <sup>3</sup> )					
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
270,5	47,7	58,6	229,9	641,8	100,9

- Обчисліть загальну мінералізацію морської води (мг/дм<sup>3</sup>).
- Визначте (та позначте відповідними символами), до якого класу, групи, типу відноситься дана вода за класифікацією Альокіна О.А., ЮНЕСКО.
- Обчисліть загальну, тимчасову та постійну твердість води (мг-екв/дм<sup>3</sup>).
- Які методи пом'якшення води Ви знаєте? Порівняйте ці методи за глибиною пом'якшення та економічними показниками. Який метод доцільно застосувати для пом'якшення морської води даного хімічного складу?

### Варіант № 3

Виходячи з даного Вам хімічного складу морської води, зробіть наступні розрахунки:

1. Перерахуйте концентрацію головних іонів, виразивши її в:

а) моль/дм<sup>3</sup>; б) мг-екв/дм<sup>3</sup>; в) % екв.

Концентрація головних іонів (мг/дм <sup>3</sup> )					
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
16,9	8,2	0,03	51,0	22,0	8,5

- Обчисліть загальну мінералізацію морської води (мг/дм<sup>3</sup>).
- Визначте (та позначте відповідними символами), до якого класу, групи, типу відноситься дана вода за класифікацією Альокіна О.А., ЮНЕСКО.
- Обчисліть загальну, тимчасову та постійну твердість води (мг-екв/дм<sup>3</sup>).
- Які методи пом'якшення води Ви знаєте? Порівняйте ці методи за глибиною пом'якшення та економічними показниками. Який метод доцільно застосувати для пом'якшення морської води даного хімічного складу?

### Варіант № 4

Виходячи з даного Вам хімічного складу морської води, зробіть наступні розрахунки:

1. Перерахуйте концентрацію головних іонів, виразивши її в:

а) моль/дм<sup>3</sup>; б) мг-екв/дм<sup>3</sup>; в) % екв.

Концентрація головних іонів (мг/дм <sup>3</sup> )					
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
137,2	44,2	1228,1	210,0	324,6	1863,2

- Обчисліть загальну мінералізацію морської води (мг/дм<sup>3</sup>).
- Визначте (та позначте відповідними символами), до якого класу, групи, типу відноситься дана вода за класифікацією Альокіна О.А., ЮНЕСКО.
- Обчисліть загальну, тимчасову та постійну твердість води (мг-екв/дм<sup>3</sup>).
- Які методи пом'якшення води Ви знаєте? Порівняйте ці методи за глибиною пом'якшення та економічними показниками. Який метод доцільно застосувати для пом'якшення морської води даного хімічного складу?

## Варіант № 5

Виходячи з даного Вам хімічного складу морської води, зробіть наступні розрахунки:

1. Перерахуйте концентрацію головних іонів, виразивши її в:

а) моль/дм<sup>3</sup>;      б) мг-екв/дм<sup>3</sup>;      в) % екв.

Концентрація головних іонів (мг/дм <sup>3</sup> )					
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
49,1	13,3	12,1	120,0	74,0	19,8

- Обчисліть загальну мінералізацію морської води (мг/дм<sup>3</sup>).
- Визначте (та позначте відповідними символами), до якого класу, групи, типу відноситься дана вода за класифікацією Альокіна О.А., ЮНЕСКО.
- Обчисліть загальну, тимчасову та постійну твердість води (мг-екв/дм<sup>3</sup>).
- Які методи пом'якшення води Ви знаєте? Порівняйте ці методи за глибиною пом'якшення та економічними показниками. Який метод доцільно застосувати для пом'якшення морської води даного хімічного складу?

## Варіант № 6

Виходячи з даного Вам хімічного складу морської води, зробіть наступні розрахунки:

1. Перерахуйте концентрацію головних іонів, виразивши її в:

а) моль/дм<sup>3</sup>;      б) мг-екв/дм<sup>3</sup>;      в) % екв.

Концентрація головних іонів (мг/дм <sup>3</sup> )					
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
15,5	7,8	25,4	63,0	31,5	28,8

- Обчисліть загальну мінералізацію морської води (мг/дм<sup>3</sup>).
- Визначте (та позначте відповідними символами), до якого класу, групи, типу відноситься дана вода за класифікацією Альокіна О.А., ЮНЕСКО.
- Обчисліть загальну, тимчасову та постійну твердість води (мг-екв/дм<sup>3</sup>).
- Які методи пом'якшення води Ви знаєте? Порівняйте ці методи за глибиною пом'якшення та економічними показниками. Який метод доцільно застосувати для пом'якшення морської води даного хімічного складу?

## Варіант № 7

Виходячи з даного Вам хімічного складу морської води, зробіть наступні розрахунки:

1. Перерахуйте концентрацію головних іонів, виразивши її в:

а) моль/дм<sup>3</sup>; б) мг-екв/дм<sup>3</sup>; в) % екв.

Концентрація головних іонів (мг/дм <sup>3</sup> )					
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
276,0	54,1	108,4	210,0	725,9	153,0

2. Обчисліть загальну мінералізацію морської води (мг/дм<sup>3</sup>).
3. Визначте (та позначте відповідними символами), до якого класу, групи, типу відноситься дана вода за класифікацією Альокіна О.А., ЮНЕСКО.
4. Обчисліть загальну, тимчасову та постійну твердість води (мг-екв/дм<sup>3</sup>).
5. Які методи пом'якшення води Ви знаєте? Порівняйте ці методи за глибиною пом'якшення та економічними показниками. Який метод доцільно застосувати для пом'якшення морської води даного хімічного складу?

## Варіант № 8

Виходячи з даного Вам хімічного складу морської води, зробіть наступні розрахунки:

1. Перерахуйте концентрацію головних іонів, виразивши її в:

а) моль/дм<sup>3</sup>; б) мг-екв/дм<sup>3</sup>; в) % екв.

Концентрація головних іонів (мг/дм <sup>3</sup> )					
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
270,5	47,7	58,6	229,9	641,8	100,9

2. Обчисліть загальну мінералізацію морської води (мг/л).
3. Визначте (та позначте відповідними символами), до якого класу, групи, типу відноситься дана вода за класифікацією Альокіна О.А., ЮНЕСКО.
4. Обчисліть загальну, тимчасову та постійну твердість води (мг-екв/дм<sup>3</sup>).
5. Які методи пом'якшення води Ви знаєте? Порівняйте ці методи за глибиною пом'якшення та економічними показниками. Який метод доцільно застосувати для пом'якшення морської води даного хімічного складу?

## Варіант № 9

Виходячи з даного Вам хімічного складу морської води, зробіть наступні розрахунки:

1. Перерахуйте концентрацію головних іонів, виразивши її в:

а) моль/дм<sup>3</sup>;      б) мг-екв/дм<sup>3</sup>;      в) % екв.

Концентрація головних іонів (мг/дм <sup>3</sup> )					
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
16,9	8,2	0,03	51,0	22,0	8,5

- Обчисліть загальну мінералізацію морської води (мг/дм<sup>3</sup>).
- Визначте (та позначте відповідними символами), до якого класу, групи, типу відноситься дана вода за класифікацією Альокіна О.А., ЮНЕСКО.
- Обчисліть загальну, тимчасову та постійну твердість води (мг-екв/дм<sup>3</sup>).
- Які методи пом'якшення води Ви знаєте? Порівняйте ці методи за глибиною пом'якшення та економічними показниками. Який метод доцільно застосувати для пом'якшення морської води даного хімічного складу?

## Варіант № 10

Виходячи з даного Вам хімічного складу морської води, зробіть наступні розрахунки:

1. Перерахуйте концентрацію головних іонів, виразивши її в:

а) моль/дм<sup>3</sup>;      б) мг-екв/дм<sup>3</sup>;      в) % екв.

Концентрація головних іонів (мг/дм <sup>3</sup> )					
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
137,2	44,2	1228,1	210,0	324,6	1863,2

- Обчисліть загальну мінералізацію морської води (мг/дм<sup>3</sup>).
- Визначте (та позначте відповідними символами), до якого класу, групи, типу відноситься дана вода за класифікацією Альокіна О.А., ЮНЕСКО.
- Обчисліть загальну, тимчасову та постійну твердість води (мг-екв/дм<sup>3</sup>).
- Які методи пом'якшення води Ви знаєте? Порівняйте ці методи за глибиною пом'якшення та економічними показниками. Який метод доцільно застосувати для пом'якшення морської води даного хімічного складу?

**ВАРІАНТИ ЗАВДАННЯ ДО ТЕОРЕТИЧНОГО МОДУЛЯ  
з дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану»**

<b>№ варіанту</b>	<b>Запитання</b>			
<b>№ 1</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>22</b>
<b>№ 2</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>23</b>
<b>№ 3</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>24</b>
<b>№ 4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>25</b>
<b>№ 5</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>26</b>
<b>№ 6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>27</b>
<b>№ 7</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>21</b>	<b>28</b>
<b>№ 8</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>29</b>
<b>№ 9</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>30</b>
<b>№ 10</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>28</b>
<b>№ 11</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>13</b>
<b>№ 12</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>29</b>
<b>№ 13</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>30</b>
<b>№ 14</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>5</b>
<b>№ 15</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>13</b>

В кожному варіанті завдання 4 запитання, модуль оформити в окремому зошиті.

**ВАРІАНТИ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОГО МОДУЛЯ**

**ЗМ-П2 (Практичний модуль №2)**

***Дати відповіді на тестові завдання:***

- 1.** Мінералізація природних вод – це :
  - а)** вміст органічних речовин і неорганічних речовин у воді;
  - б)** вміст мінеральних речовин, визначених при хімічному аналізі;
  - в)** вміст солей у воді;
  - г)** вміст органічних речовин у воді.
- 2.** Органолептичні показники якості води для рибогосподарських водойм це:
 

<b>а)</b> смак, запах, кольоровість;	<b>в)</b> присмак, колір, мутність;
<b>б)</b> смак, присмак, запах;	<b>г)</b> запах, присмак, колір.
- 3.** В поверхневих водах вміст розчинного кисню колишеться в межах:
 

<b>а)</b> 0 - 4 мг/дм <sup>3</sup> ;	<b>в)</b> 0 - 12 мг/дм <sup>3</sup> ;
<b>б)</b> 0 - 9 мг/дм <sup>3</sup> ;	<b>г)</b> 0 - 14 мг/дм <sup>3</sup> ;
- 4.** Твердість природної води буває:
 

<b>а)</b> карбонатна і некарбонатна;	<b>в)</b> некарбонатна і постійна;
<b>б)</b> карбонатна і тимчасова;	<b>г)</b> постійна і тимчасова.



- 5.** Метали, що входять до складу природних вод називають важкими
- а) ті, що мають атомну масу вище 50 ат. одиниць;
  - б) ті, що мають високу густину;
  - в) ті що мають високу токсичність;
  - г) ті що мають велике поширення в природі
- 6.** Підвищений вміст нітритів у природних водах вказує на:
- а) посилення процесів розкладання органічних речовин в умовах повільного окиснення;
  - б) послаблення процесів розкладання органічних речовин;
  - в) відсутність розкладу органічних речовин у водоймах;
  - г) процеси відновлення у водоймах.
- 7.** Активний хлор у воді це показник, що:
- а) лімітує шкідливість, загально санітарний;
  - б) не лімітує шкідливість води;
  - в) лімітує шкідливість, токсикологічний;
  - г) не лімітує шкідливість, органолептичний.
- 8.** Вказати ГДК нафтопродуктів у водах для рибогосподарського призначення:
- а) 0,3 мг/дм<sup>3</sup>;
  - б) 0,05 мг/дм<sup>3</sup>;
  - в) 0,1 мг/дм<sup>3</sup>;
  - г) 0,5 мг/дм<sup>3</sup>.
- 9.** Прісні води мають мінералізацію речовин:
- а) менше 0,2 г/дм<sup>3</sup>;
  - б) 0,5 – 1,0 г г/дм<sup>3</sup>;
  - в) 0,2 – 0,5 г/дм<sup>3</sup>;
  - г) 1,0 – 3,0 г/дм<sup>3</sup>.
- 10.** Водневий показник (рН) води показує:
- а) вміст молекул води;
  - б) вміст вуглекислого газу;
  - в) вміст іонів водню (гідроксонію Н<sub>3</sub>О<sup>+</sup>);
  - г) вміст іонів гідроксилу (ОН<sup>-</sup>).
- 11.** Для рибогосподарських водойм п'ятидогова потреба в кисні в літній період не повинна перевищувати:
- а) 1 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;
  - б) 1,5 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;
  - в) 2 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;
  - г) 2,5 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.
- 12.** Які важкі метали входять до програми спостережень:
- а) Cd, Co, Zn, Bi;
  - б) Pb, Hg, Cd, As;
  - в) Zn, As, Se, Sb;
  - г) Cu, Zn, Ni, Cd.
- 13.** Для водойм рибогосподарського користування наявність сірководню і сульфідів:
- а) допустима;
  - б) не допустима;
  - в) допустима до концентрації ГДК;
  - г) повинні бути
- 14.** При концентрації 5 - 15 мг/дм<sup>3</sup> ПАР у риб виникають наступні зміни:
- а) м'ясо набуває неприємного запаху;
  - б) порушується репродуктивна функція;
  - в) втрачається слизовий покрив і виникає кровотеча зябер;
  - г) порушується структура гемоглобіну.

15. Підвищена кількість аміаку у воді свідчить про такі процеси у водоймі:

- а) відмирання водних організмів;
- б) посилення процесів окиснення у водоймі;
- в) вимивання аміаку із мінералів;
- г) переважання процесів відновлення у воді.

**Студентам запропонувати самостійно розв'язати наступні задачі:**

1. Обчислити абсолютний показник навантаження водойми ( $S_n$ ), показник перевищення забруднення понад норми  $P_{\text{забр.}}$ , показник не перевищення забрудненості відносно норми  $P_{\text{чист.}}$ , показник відносного навантаження потоку забруднюючою речовиною, якщо викид стічних вод з постійними витратами  $Q_{\text{ст}} = 0,1Q_0$ , концентрація забруднюючої речовини в стічних водах  $S_{\text{ст}} = 200 \text{ мг/дм}^3$ , ГДК =  $10 \text{ мг/дм}^3$ , норма стоку  $Q_0 = 1,36 \text{ м}^3/\text{с}$ .

2. В рівнинну річку відбувається викид стічних вод з середнім розходом  $Q_{\text{ст}} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ , концентрація забруднюючої речовини  $90 \text{ мг/л}$ , ГДК =  $0,3$ , а  $S_{\text{ст}} = 5 \text{ мг/дм}^3$ , що відповідає 20-ти кратному розбавленню, витрати води складають 50% забезпеченості  $Q_p = 19,3 \text{ м}^3/\text{с}$  і ширина річки  $103 \text{ м}$ . Розрахувати довжину зони забруднення ( $L_{\text{забр.}}$ ) і площу зони забруднення  $\Omega_{\text{забр}}$  при даному розході води (при розрахунках використати номограми).

3. Методом спрощених розрахунків розбавлення стічних вод в річках визначити максимальну концентрацію 10% забруднюючих речовин на відстані  $100 \text{ м}$  від місця викиду, якщо розхід річки  $Q = 43,2 \text{ м}^3/\text{с}$ , витрати стічних вод  $Q_{\text{ст}} = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$ , ширина річки  $B_{\text{сер}} = 68 \text{ м}$ ; середня глибин  $H_{\text{сер}} = 2,53 \text{ м}$  середня швидкість потоку  $V_{\text{сер}} = 0,32 \text{ м/с}$ ; уклін на ділянці річки  $\gamma = 0,0016$ , коефіцієнт звивистості  $\phi = 1,5$ , в річці концентрація забруднюючих речовин  $S_0 = 0$ , а в стічних водах 100%.

4. Зробити обчислення розміру збитків за наднормативний викид забруднених стічних вод в поверхневий водний об'єкт за даними:  $V = 183 \text{ м}^3/\text{год}$ ,  $T = 30 \text{ год.}$ ; фактична концентрація  $C_f = 0,0074 \text{ мг/дм}^3$ ; допустима концентрація  $C_d = 0,0012 \text{ мг/дм}^3$ , забруднююча речовина молібден (Mo), водний об'єкт має коефіцієнт  $1,6$  (об'єкт рибогосподарського водокористування).

5. Розрахувати розмір збитків за аварійний викид забруднених вод у поверхневі водні об'єкти за даними: площа поширення даного забруднення  $S = 129 \text{ м}^2$ , маси сміття зібрані в трьох точках:  $W_1 = 25 \text{ г/м}^2$ ,  $W_2 = 61 \text{ г/м}^2$ ,  $W_3 = 31 \text{ г/м}^2$ ;  $K = 1$  (коефіцієнт забруднення поверхневих вод), ГДК =  $0,08 \text{ мг/дм}^3$ , забруднююча речовина – нітрати і час викиду забруднення  $2 \text{ години}$ .

#### 4 Організація поточного, семестрового та підсумкового контролю рівня знань

Накопичувальна система оцінки навчальних досягнень студента зараховується згідно з Положеннями про організацію КСРС в ОДЕКУ та проведення підсумкового контролю знань студентів в ОДЕКУ.

Підсумковий семестровий контроль проводиться на основі накопиченої (інтегральної) суми балів, яку отримав студент за підсумками контролюючих заходів, що проводяться з дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану» згідно з робочим навчальним планом та робочою програмою дисципліни.

Контролюючі заходи поділяються на 2 типа:

- ❖ **поточні контролюючі заходи**, які здійснюються на протязі семестру згідно з «Положенням про організацію контролю самостійної роботи студентів ОДЕКУ» за теоретичною та практичною складовими робочої програми дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану»;
- ❖ **семестрові контролюючі заходи**, які проводяться на протязі екзаменаційної сесії. Семестровим контролюючим заходом дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану» є **семестровий залік**.

Комплекс контролюючих заходів розроблено на підставі «Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів», затвердженого на засіданні Методичної ради ОДЕКУ від 29.04.2010 р., а також «Положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах України» (наказ МОН № 161 від 2.06.1993р.), «Положення про організацію контролю самостійної роботи студентів ОДЕКУ» (наказ № 31 від 6.04.2004 р.), «Положення про критерії оцінки знань студентів в ОДЕКУ» (від 28.11.2002 р.).

Метою кредитно-модульної системи контролю є:

- активізація самостійної роботи студентів;
- визначення рівня набутих знань, вмінь та навичок;
- підвищення якості навчання студентів шляхом активізації навчальної діяльності;
- стимулювання ритмічної роботи протягом семестру згідно з графіком контролюючих заходів;
- визначення кількісних критеріїв засвоєння змісту окремих розділів (змістовних модулів).

Форми контролю рівня засвоєння змістовних модулів (ЗМ):

- усне опитування під час практичних та лекційних занять – УО;
- розв'язання задач під наглядом викладача в аудиторії – РЗ;
- виконання завдання біля дошки – КЗ;

- письмова контрольна робота – КР;
- контроль виконання домашнього завдання – ДЗ;
- захист реферату - РФ.

### Методика оцінки всіх видів підготовки студентів

Кредитно-модульна система оцінки знань студентів передбачає розподіл програми навчальної дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану» на структурно-логічні завершені розділи (змістовні модулі), які можуть бути оцінені певною кількістю балів.

Загальна кількість змістовних модулів визначена згідно з «Положенням про організацію модульного контролю» і відповідає розподіленню робочої програми дисципліни на завершені структурно-логічні розділи у відповідності з проведенням навчальних занять: 2 змістовних модулів з теоретичної (лекційної) частини курсу (ЗМ-Л1; ЗМ-Л2) та 2 змістовних модулів з практичної частини (практичні заняття) курсу (ЗМ-П1; ЗМ-П2). Підсумкова оцінка в балах складається з суми балів за кожен змістовний модуль. Види завдань та кількість балів, що нараховані за виконання певного виду завдання зведені у таблицю 3.1.

Табл.3.1

<i>№</i>	<i>Види завдань, за які нараховують бали</i>	<i>Кількість балів, що нараховані за виконання певного виду завдання</i>
1	Змістовний модуль №1 – теоретичний, складається з 5 питань (ЗМ-Л1) – КР-1	20
2	Змістовний модуль №2 – теоретичний, складається з 5 питань (ЗМ-Л2)- КР-2	20
3	Захист реферату (РФ)	5
	Усього за теоретичний модуль	<b>45</b>
4	Змістовний модуль №3 – практичний, складається з 5 розрахункових задач (ЗМ-П1)- КР-3	20
5	Змістовний модуль №4 – практичний, складається з 6 завдань (ЗМ-П2) – КР-4	20
6	Усне опитування (УО) на лекційних та практичних заняттях, виконання завдання біля дошки (КЗ) та рішення розрахункових завдань (РЗ) на практичних заняттях	15 (по 1 бал за кожне 1УО, 1КЗ або 1РЗ)
	Усього за практичний модуль	<b>55</b>
	Усього за семестр:	<b>100</b>

Сума отриманих балів складається з суми виконаних своєчасно контролюючих заходів. Якщо студент не виконав з поважних причин окремих модулів, він може здати його у двотижневий термін згідно з графіком контролюючих заходів.

Сума балів, яку отримав студент за всіма змістовними модулями (заліковою одиницею) навчальної дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану», формують інтегральну оцінку поточного контролю студента. Вона є підставою для допуску студента до семестрового заліку.

Питання про допуск до семестрового заліку за підсумками модульного накопичувального контролю регламентується п.2.4. «Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів». Студент вважається допущеним до ПСК з дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану», якщо він виконав всі види робіт, передбачені робочою програмою дисципліни і набрав за модульною системою суму балів не менше 50% від максимально можливої за практичну частину дисципліни (28 балів) та 50% за теоретичну частину (23 бала), в тому числі захистив реферат.

При проведенні міжсесійного контролю студент вважається атестованим, якщо він набрав не менш як 50% від максимально можливої суми балів по модулям, завершеним на момент атестації.

ПСК передбачає дві форми оцінювання успішності засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни:

- кількісна оцінка (бал успішності);
- якісна оцінка.

*Кількісна оцінка (бал успішності)* – це відсоток, який становить інтегральна сума балів, отриманих студентом на контролюючих заходах, по відношенню до максимально можливої суми балів, яка встановлена робочою програмою дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану» (100 балів).

*Якісна оцінка* – це оцінка, яка виставляється на підставі кількісної оцінки за двобальною якісною шкалою: зараховано або не зараховано. Також при кредитно-модульній системі організації навчального процесу використовується семибальна шкала оцінювання ECTS.

Студент, який не має на початок заліково-екзаменаційної сесії заборгованості, має на останній день семестру інтегральну суму балів поточного контролю достатню (60% та більше) для отримання позитивної оцінки, викладач виставляє якісну оцінку у заліково-екзаменаційній відомості.

Студент, який має на останній день семестру інтегральну суму балів поточного контролю недостатню для отримання позитивної оцінки (менше 60%), - складає письмовий залік за тестовими завданнями, які розроблені на кафедрі.

Сума балів, які отримав студент за всіма модулями навчальної дисципліни, формують інтегральну оцінку поточного контролю даного студента з навчальної дисципліни. Вона є підставою для виставлення семестрового заліку згідно з таблицею 3.2.

Табл.3.2

<i>У % відношенні</i>	<i>Фактично</i>	<i>Оцінка за шкалою ECTS</i>	<i>Традиційна оцінка</i>
<60%	<60 балів	1-34 балів – <b>F</b>	<b>незараховано</b> (обов'язково повторний курс навчання)
		35 – 59 балів – <b>FX</b>	<b>незараховано</b> (можливо перескладати)
60-74%	60 – 74 балів	60 – 63 балів – <b>E</b>	<b>зараховано</b>
		64 – 73 балів – <b>D</b>	
75-89%	75-89 балів	74 – 81 балів – <b>C</b>	
		82 – 89 балів – <b>B</b>	
90-100%	90-100 балів	90 – 100 балів – <b>A</b>	

Шкала оцінювання за системою ECTS та системою в університеті

<i>За шкалою ECTS</i>	<i>За національною системою</i>	<i>За системою університету (в процентах)</i>
A	5 (відмінно)	90-100
B	4 (добре)	85-89
C	4 (добре)	75-84
D	3 (задовільно)	64-74
E	3 (задовільно)	60-63
FX	2 (незадовільно)	35-59
F	2 (незадовільно)	1-34

Семестровий залік – це форма підсумкового контролю засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу (знань, умінь та навичок, що зазначені у програмі дисципліни) за семестр, що проводиться як контролюючий захід, згідно з «Положенням про проведення підсумкового контролю знань студентів», затверджене на засіданні Методичної ради ОДЕКУ від 25.05.2004р (зі змінами і доповненнями, затвердженими 25.05 2006 р.).

## 5 Наукова робота студентів

В умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу в ОДЕКУ до структури робочої навчальної програми дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану» передбачено обов'язкове включення наукового модуля, що є окремою заліковою одиницею.

Кредитно-модульна система організації навчального процесу орієнтована на послідовне й системне залучення студентів до науково-дослідницької діяльності, цьому сприяє велика частка їх самостійної та індивідуальної роботи.

Перелік можливих видів наукової роботи під час вивчення навчальної дисципліни «Основи гідрохімії та хімія океану» пропонується студентам згідно з «Положенням про врахування науково-дослідної роботи студента у кредитно-модульній системі організації навчального процесу в ОДЕКУ»:

- оцінювання навчальних елементів, які за своїм змістом вимагають знань і умінь дослідницько-пошукового характеру – це бездоганне виконання письмових повідомлень з наукової роботи студентів, які виконуються на СРС *в поза аудиторний час* – 10 балів;
- оцінювання видів *поза аудиторної роботи*, які інтегрують навчальні та наукові елементи діяльності студента, а саме: виконання рефератів, теми яких наведені нижче - 10 балів;
- оцінюється НДР як окремий модуль за назвою «Наукова робота», який складається із декількох елементів:
- участь у 1 етапі Всеукраїнської олімпіади студентів (Е1);
- участь у науковій студентській конференції в ОДЕКУ (Е3).

Оцінювання I рівня науково-дослідної роботи студента:

Елементи НДР	Кількість кредитів			
	1	2	3	Заохочення
Е 1 (Всеукраїнська олімпіада, 1 етап)	1,0	0,5	0,25	
Е3 (Конференції)	0,25			

Примітка: 1, 2, 3 –місця переможців конкурсів

## Теми рефератів

1. Вплив техногенезу на хімічний склад морських вод.
2. Сучасний хімічний склад річкових вод басейнів Чорного та Азовського морів. Їх порівняльна характеристика.
3. Сучасний хімічний склад вод океану.
4. Сучасний хімічний склад річок Криму та Приазов'я. Їх порівняльна характеристика.
5. Сучасний хімічний склад вод Атлантичного океану.
6. Гідрохімічний режим морської води; чинники, які впливають на його формування.
7. Генетичні категорії та особливості хімічного складу вод океану.
8. Особливості хімічного складу океанічних вод.
9. Особливості хімічного складу морських вод.
10. Сучасний стан та основні закономірності формування хімічного складу вод Чорного моря.
11. Сучасний стан та основні закономірності формування хімічного складу вод Азовського моря.
12. Вплив атмосферних опадів на хімічний склад вод океану.
13. Хімічний обмін між океаном і атмосферою.
14. Хімічна рівновага в морях і океанах.
15. Особливості хімічного складу вод Дністровського та Дніпровсько-Бузького лиману.
16. Донні осади та мулові води морів і океанів.
17. Соляні озера Криму.
18. Особливості хімічного складу вод лиманів Дніпровсько-Дністровського межиріччя. Використання лиманів.
19. Карбонатна система океану.
20. Кругообіг Карбону в морській воді.
21. Фосфатна система океану.
22. Оцінка стану рівноважних гідрохімічних систем, як важливих чинників морських вод у різних природних зонах України.
23. Охорона морів і океанів від забруднень.
24. Донні відклади та мулові води океанів.
25. Хімічний обмін між океаном і атмосферою та встановлення динамічної рівноваги складових океанської води.
26. Корозія металів в морському середовищі.
27. Моніторинг стану вод океанів і морів.
28. Охорона морів і океанів від різного виду забруднень.
29. Методи опріснення морської води.
30. Контроль за станом морської води в Україні.



*Оформлення титульного листа реферату наукового модуля*

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеський державний екологічний університет

Кафедра хімії навколишнього середовища

**РЕФЕРАТ**

Тема: «.....»

Виконав: П.І.Б. студента

Група:

Перевірив: П.І.Б. викладача

## Додаток 2

### Добуток розчинності деяких малорозчинних електролітів при 25<sup>0</sup>С

Формула електроліту	ДР	Формула електроліту	ДР
AgBr	$6 \times 10^{-13}$	Cu(OH) <sub>2</sub>	$2,2 \times 10^{-20}$
AgCl	$1,8 \times 10^{-10}$	CuS	$6 \times 10^{-36}$
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$4 \times 10^{-12}$	Fe(OH) <sub>2</sub>	$1 \times 10^{-15}$
AgI	$1,1 \times 10^{-16}$	Fe(OH) <sub>3</sub>	$3,8 \times 10^{-38}$
Ag <sub>2</sub> S	$6 \times 10^{-50}$	FeS	$5 \times 10^{-18}$
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$2 \times 10^{-5}$	HgS	$1,6 \times 10^{-52}$
BaCO <sub>3</sub>	$5 \times 10^{-9}$	MnS	$2,5 \times 10^{-10}$
BaCrO <sub>4</sub>	$1,6 \times 10^{-10}$	PbBr <sub>2</sub>	$9,1 \times 10^{-6}$
BaSO <sub>4</sub>	$1,1 \times 10^{-10}$	PbCl <sub>2</sub>	$2 \times 10^{-5}$
CaCO <sub>3</sub>	$5 \times 10^{-9}$	PbCrO <sub>4</sub>	$1,8 \times 10^{-14}$
CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$2 \times 10^{-9}$	PbI <sub>2</sub>	$8 \times 10^{-9}$
CaF <sub>2</sub>	$4 \times 10^{-11}$	PbS	$1 \times 10^{-27}$
CaSO <sub>4</sub>	$1,3 \times 10^{-4}$	PbSO <sub>4</sub>	$1,6 \times 10^{-8}$
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	$1 \times 10^{-29}$	SrSO <sub>4</sub>	$3,2 \times 10^{-7}$
Cd(OH) <sub>2</sub>	$2 \times 10^{-14}$	Zn(OH) <sub>2</sub>	$1 \times 10^{-17}$
CdS	$7,9 \times 10^{-27}$	ZnS	$1,6 \times 10^{-24}$

## Небезпечні і розповсюджені в забруднених водах хімічні елементи

<i>Елемент, форма існування</i>	<i>Необхідність для організму</i>	<i>Токсичність і її прояв в організмі</i>	<i>Джерела появи</i>
Миш'як $\text{AsO}_2^-$	Немає	Висока; ниркова недостатність і розумовий розлад	Паливо, миючі засоби, пестициди, металургія
Кобальт $\text{Co}^{2+}$	Немає	Висока; гіпертонія, захворювання нирок, зменшення гемоглобіну в крові	Руди, металеві покриття, дим сигарет
Свинець $\text{Pb}^{2+}$	Немає	Висока; анемія, судоми, ниркова недостатність, розумова відсталість у дітей	Труби, фарби, бензин, викиди автотранспорту
Ртуть $\text{Hg}^{2+}$ $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$	Немає	Висока; нервові розлади, параліч, сліпота, уроджені дефекти у дітей, божевілля	Гальванічні елементи, виробництво лугів, хлору, органічних сполук
Селен $\text{SeO}_3^{2-}$ $\text{SeO}_4^{2-}$	Так	Висока; порушення роботи печінки.	Мінерали, металургія
Хром $\text{CrO}_4^{2-}$	Так	Висока; можливий канцероген	Гальванічні виробництва
Мідь $\text{Cu}^{2+}$	Так	Низька; порушення роботи печінки.	Руди, труби, гальванічне виробництво
Срібло $\text{Ag}^+$	Немає	Середня; знебарвлення шкіри й ока	Гальванічне виробництво, фотосправа
Залізо $\text{Fe}^{2+}$ $\text{Fe}^{3+}$	Так	Підвищення сприйнятливості до інфекцій	Мінеральні джерела, ржавий метал.
Марганець $\text{Mn}^{2+}$	Так	Низька	Рудничні води
Цинк $\text{Zn}^{2+}$	Так	Низька	Гальванічні виробництва

**Джерела надходження та концентрації окремих інгредієнтів в тропосферному шарі атмосфери**

<i><b>Інгредієнт</b></i>	<i><b>Джерела надходження</b></i>	<i><b>Концентрації, млн<sup>-1</sup></b></i>
CO <sub>2</sub>	Розкладання органічних речовин, спалення органічного палива, виділення океанів	320 у всій тропосфері
CO	Розкладання органічних речовин, спалення органічного палива (викиди об'єктів теплоенергетики і транспорту) , виділення океанів	0,05 у чистому повітрі; 1-50 у містах
CH <sub>4</sub>	Емісія природного газу, розкладання органічних речовин	1-2 у всій тропосфері
NO <sub>2</sub>	Електричні розряди, робота двигунів внутрішнього згорання, спалення органічних речовин	0,01 у чистому повітрі; 0,2 при смогах
O <sub>3</sub>	Електричні розряди, дифузія із стратосфери, фотохімічні процеси в атмосфері	0-0,01 у чистому повітрі; 0,1-5 – при смогах
SO <sub>2</sub>	Вулканічні гази, лісові пожежі, спалення утримуючих сірку органічних речовин (палива), діяльність бактерій, виплавка металів тощо	0-0,01 у чистому повітрі; 0,1-2 – у забрудненому повітрі



Таблиця 1 – Розчинність солей та основ у воді

Аніони	Катіони																						
	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Bi <sup>3+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	
OH <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	ВР	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
F <sup>-</sup>	Р	Р	Р	ВР	ВР	ВР	ВР	ВР	Н	ВР	ВР	ВР	ВР	Р	Р	Р	-	ВР	ВР	ВР	Н	Н	Р
Cl <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	ВР	-	Р
Br <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	ВР	-	Р
I <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	ВР	Н	Р
S <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	-	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Н	Н	Н	ВР	-	-	-	Н	-	Н	Н	Н	Н	-	-	Н	Н	Н	-	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Н	ВР	ВР	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	-	Р	Р	Р	ВР	Р	Р
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	ВР	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Н	ВР	Р	Р	-	-	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	-	-	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	-	Р	Р	Р	Р	Р	-
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	-	Н	Н	Н	Н	Н	-	Н	Н	Н	Н	-	-	-	-	Н	Н	Н	Н	Н	-

**Примітка:** Р – розчинні у воді; ВР – важкорозчинні (малорозчинні); Н – практично нерозчинні; “-” – риска означає, що речовина не існує або розкладається водою.

## Додаток 7

## Вміст деяких хімічних елементів у біосфері та живих організмах, %

<i>Елемент</i>	<i>Атомний номер</i>	<i>Вміст у літосфері, гідросфері, атмосфері</i>	<i>Вміст в земній корі</i>	<i>Вміст у рослинах</i>	<i>Вміст в організмі тварин</i>	<i>Вміст в організмі людини</i>
Гідроген (H)	1	0,95	1,0	10	9,7	9,31
Карбон (C)	6	0,18	0,15	18	21	19,37
Нітроген (N)	7	0,03	0,02	0,3	3,1	5,14
Оксиген (O)	8	50,02	47,4	70,0	62,4	62,81
Натрій (Na)	11	2,36	2,6	0,02	0,1	0,26
Магній (Mg)	12	2,08	2,0	0,07	0,03	0,04
Алюміній (Al)	13	2,08	8,0	0,02	$10^{-5}$	0,001
Силіцій (Si)	14	25,80	29,5	0,15	$10^{-5}$	сліди
Фосфор (P)	15	0,09	0,08	0,07	0,95	0,64
Сульфур (S)	16	0,11	0,05	0,05	0,16	0,63
Калій (K)	19	2,28	2,5	0,3	0,27	0,22
Кальцій (Ca)	20	3,22	3,5	0,3	1,9	1,38
Манган (Mn)	25	0,08	0,1	$10^{-3}$	$10^{-5}$	0,0001
Ферум (Fe)	26	4,18	5,0	0,02	0,01	0,005

**Шкала числових показників кругообігу речовин  
(Л.Є. Родін, Н.С. Базилевич)**

<i>Бали</i>	<i>Органічна частина</i>				<i>Хімічні елементи</i>			
	<i>Опад, ц/га</i>	<i>Підстилка, ц/га</i>	<i>ОПК</i>	<i>Тип біологічного кругообігу</i>	<i>Повертається з опадом, кг/га</i>	<i>Міститься в підстилці, кг/га</i>	<i>Середня зольність опадів, %</i>	
1	10	1	50	Застійні	50	50	1,5	Низько зольні
2	11-25	1-5	21- 50		50-100	51-100	1,6-2,0	
3	26-35	6-25	16- 20	Сильно загальмовані	101-150	101-200	2,1-2,5	Середньо зольні
4	36-45	26-75	11- 15		151-225	201-300	2,6-3,5	
5	46-75	76-125	6-10		226-300	301-750	3,6-5,0	
6	76- 100	126- 250	1,6-5	Загальмовані	301-500	751-2000	5,1-6,5	Підвищено зольні
7	101- 125	251- 400	0,8- 1,5	Інтенсивні	501-700	2001- 5000	6,6-8,0	
8	126- 225	401- 600	0,3- 0,7		701- 1300	5001- 10000	8,1-9,5	Високо зольні
9	226- 400	601- 1000	0,1- 0,2	Дуже інтенсивні	1301- 360	10001- 25000	9,6- 12,0	
10	400	1000	0,1		3600	25000	12	Дуже високо зольні



## Нормативи якості поверхневих вод (санітарні норми)

№ п/п	Гідрохімічний показник	Клас небезпеки	Для водойм рибогосподарського призначення		Для водойм господарсько- побутового використання	
			ГДК <sub>рг</sub>	ЛОШ	ГДК <sub>гп</sub>	ЛОШ
1	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>		-		0,25 від фонов. значень	
2	Розчинений кисень, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>		-		>4,0	
3	Водневий показник, од. рН		6,5-8,5		6,5-8,5	
4	БСКБ, мгОг/дм <sup>3</sup>		-		3,0	
5	ХСК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>		-		15,0	
6	Сума іонів, мг/дм <sup>3</sup>		-		1000	
7	Хлоридні іони, мг/дм <sup>3</sup>	4	300		350	органолепт.
8	Сульфатні іони, мг/дм <sup>3</sup>	4	100		500	органолепт.
9	Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	3	0,39	токсиколог.	2	загально-саніт.
10	Азот нітратний, мг/дм <sup>3</sup>	3	40,0	токсиколог.	45,0	саніт.-токсикол.
11	Азот нітритний, мг/дм <sup>3</sup>	2	0,08	токсиколог.	3,3	саніт.-токсикол.
12	Фосфатні іони, мг/дм <sup>3</sup>	3	-	-	3,5	органолепт.
13	Алюміній, мг/дм <sup>3</sup>	2	- 0,04	токсиколог.	0,53	саніт.-токсикол.
14	Арсен, мг/дм <sup>3</sup>	2	0,05	токсиколог.	0,053	саніт.-токсикол.
15	Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	3	0,005	токсиколог.	1,03	органолепт.
16	Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	3	0,01	токсиколог.	1,03	загально-саніт.
17	Марганець, мг/дм <sup>3</sup>	3	0,01	токсиколог.	0,13	органолепт.
18	Хром (VI), мг/дм <sup>3</sup>	3	0,001	токсиколог.	0,05	саніт.-токсикол.
19	Ртуть, мг/дм <sup>3</sup>	1	0,0001	токсиколог.	0,00053	саніт.-токсикол.
20	Свинець, мг/дм <sup>3</sup>	2	0,1	заг.-саніт.	0,03	саніт.-токсикол.
21	Нікель, мг/дм <sup>3</sup>	3	0,01	токсиколог.	0,13	саніт. - токсикол.
22	Кадмій, мг/дм <sup>3</sup>	2	0,005	токсиколог.	0,0013	саніт.-токсикол.
23	Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	3	0,05	токсиколог.	0,33	органолепт.
24	Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	4	0,05	рибогоспод.	0,3	органолепт.
25	СПАР, мг/дм <sup>3</sup>	4	-	-	0,5	органолепт.
26	Феноли, мг/дм <sup>3</sup>	4	0,001	рибогоспод.	0,001	органолепт.

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО СРС ТА ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ  
ЗАНЯТЬ З ДИСЦИПЛІНИ  
«ОСНОВИ ГІДРОХІМІЇ ТА ХІМІЯ ОКЕАНУ»**

для студентів IV курсу  
Напрямок підготовки – 6.040105 «Гідрометеорологія»,  
спеціальність – океанологія,  
освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

УКЛАДАЧІ: ГОРЛІЧЕНКО МАРИНА ГРИГОРІВНА  
ДОЦЕНТ, К.П.Н.

ШЕВЧЕНКО СВІТЛАНА ВАСИЛІВНА  
СТАРШИЙ ВИКЛАДАЧ

Підп. до друку \_\_\_\_\_ Формат \_\_\_\_\_ Папір \_\_\_\_\_  
Умовн. друк. арк. \_\_\_\_\_ Тираж \_\_\_\_\_ Зам. № \_\_\_\_\_

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет,  
65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15