

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до організації самостійної роботи**  
**та виконання контрольної роботи**  
**з дисципліни «Екологічна хімія»**  
**для студентів заочного факультету**  
**зі спеціальності «Екологія та охорона**  
**навколишнього середовища»**

**Одеса – 2015**

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

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до організації самостійної роботи  
та виконання контрольної роботи  
з дисципліни «Екологічна хімія»  
для студентів заочного факультету  
зі спеціальності «Екологія та охорона  
навколишнього середовища»**

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»**  
на засіданні робочої групи  
методичної ради  
«Заочна та післядипломна освіта»

**Одеса – 2015**

Методичні вказівки до самостійної роботи та виконання контрольної роботи з дисципліни «Екологічна хімія» для студентів заочної форми.

**Укладачі:** Горліченко М.Г., доц., к.п.н, Шевченко С.В., ст. викл.,  
Гриб К.О., зав. лаб. – Одеса: ОДЕКУ, 2015. – 88 с.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Загальна частина.....	7
1.1 Мета і завдання дисципліни.....	7
1.2 Перелік знань і умінь, якими повинен володіти студент, після успішного вивчення дисципліни «Екологічна хімія» .....	8
1.3 Перелік і графік контрольних заходів поточного контролю знань та вмінь студентів.....	9
2. Організація самостійної роботи студентів по виконанню завдань міжсесійної контрольної роботи (МКР).....	11
2.1. Основні теоретичні положення, які необхідні для виконання завдань.....	11
2.1.1 Перелік тем лекційного курсу.....	11
2.2. Методичні вказівки до розділу I «Теоретичні основи екологічної хімії».....	12
2.2.1 Питання до контрольної роботи після вивчення тем I розділу.....	16
2.2.2 Приклади розв'язання задач до розділу I.....	18
2.2.3 Задачі для виконання міжсесійної контрольної роботи до розділу I.....	37
2.3 Методичні вказівки до розділу II «Вплив хімічних речовин на стан ґрунту. Причини, характер, наслідки хімічних катастроф».....	44
2.3.1 Питання до контрольної роботи після вивчення розділу II.....	50
2.3.2 Приклади розв'язання задач до другого розділу дисципліни...	52
2.3.3 Задачі для виконання міжсесійної контрольної роботи до розділу II .....	65
3 Організація поточного, семестрового та підсумкового контролю рівня знань та вмінь студентів.....	73
4. Порядок виконання і оформлення контрольної роботи.....	77
Додатки.....	80

## ВСТУП

В наш час всі прогресивні вчені і їх країни розуміють необхідність екологічної освіти, яка формує сучасний світогляд людини й допомагає створювати правильну наукову організацію профілактики руйнувань цілих екосистем, біоценозів та біологічної рівноваги в масштабах всієї планети Земля.

Екологічна хімія – це наука про хімічні методи з'ясування кількісно-якісних закономірностей дії механізмів безпосереднього та опосередкованого впливу токсикантів на існування різноманітного живого світу довкілля та запобігання деструктивного розвитку процесів біоценозу.

Основним об'єктом вивчення основ екологічної хімії є хімічні сполуки, що проявляють специфічні властивості, пов'язані з їх токсичним впливом на довкілля: повітря, воду, ґрунт, весь живий світ, включаючи людину.

Екологічна хімія покликана створити основу для забезпечення нормального функціонування навколишнього середовища шляхом визначення механізмів процесів токсикації, інтоксикації і детоксикації біосфери (атмосфери, гідросфери, літосфери), а також шляхом формування системи заходів хімічного аналізу найбільш поширених токсикантів, що забруднюють довкілля.

Методичні вказівки до СРС та виконання контрольної роботи з дисципліни «Екологічна хімія» призначені для студентів-екологів, яким необхідно вивчити і знати основи комплексного дослідження одночасного впливу найбільш шкідливих речовин на живий світ довкілля та прогнозування під впливом токсикантів із різних середовищ змін у системі «людина – її діяльність – навколишній світ».

До методичних вказівок увійшов узагальнений матеріал, який розглядає теоретичні основи екологічної хімії, вплив різноманітних хімічних речовин на стан повітря, природних вод, ґрунту, а також причини, характер, наслідки хімічних катастроф.

Методичні вказівки до СРС та виконання контрольної роботи з дисципліни «Екологічна хімія» розроблені з метою полегшення ознайомлення й вивчення інформації студентами, яка зібрана із багатьох наукових джерел, підручників, посібників з даної тематики.

Студенти вивчають дисципліну протягом IV та V курсів під час установчих лекцій, виконання лабораторних робіт; у ході самостійної роботи з підручниками, методичними посібниками, при виконанні планової контрольної роботи. Студенти можуть отримати індивідуальні консультації (очні та письмові) та повинні скласти залік на V курсі.

*Лекції.* Лекції з найважливіших розділів курсу читаються в період сесії.

*Практичні заняття.* Екологічна хімія це наука про речовини і їх перетворення у навколишньому середовищі. Для більш глибокого розуміння екохімії як науки, заснованої на експерименті, необхідно в період сесії виконати хімічні розрахунки стану атмосфери, гідросфери, літосфери, які зафіксовані в результаті екологічних досліджень. При вивченні окремої теми засвоюються всі теоретичні положення, математичні залежності і їх висновки, принципи складання рівнянь хімічних реакцій. Вивчення матеріалу курсу супроводжується виконанням вправ та розв'язуванням задач. Розв'язування задач є одним з методів засвоєння, перевірки і закріплення теоретичного матеріалу.

*Робота з книгою.* Вивчати курс необхідно у відповідності зі списком рекомендованої літератури за темами, ознайомившись із змістом кожної з них за Програмою (матеріал курсу у Програмі не завжди співпадає з розташуванням його у підручниках). Вивчення будь-якого питання на рівні суті, а не на рівні окремих явищ сприяє більш глибокому і тривалому засвоєнню матеріалу.

*Контрольні завдання.* У процесі вивчення дисципліни студент повинен виконати контрольну роботу. До виконання контрольної роботи слід приступати тільки тоді, коли вже самостійно вивчена певна частина курсу і розглянуті приклади розв'язування задач, які наведено у підручниках та даних методичних вказівках (МВ) перед задачами до відповідних тем контрольних завдань.

Розв'язування задач певного варіанту повинно бути коротким, але чітко обґрунтованим, необхідно вказувати теоретичне обґрунтування ходу розв'язку. При розв'язуванні задач треба наводити відповіді на теоретичні запитання даного розділу або теми лекційного матеріалу та весь хід дій і всі математичні перетворення.

Контрольна робота повинна бути акуратно оформлена; для зауважень рецензента треба залишати широкі поля; писати чітко і ясно; номери і умови завдань переписувати в тому порядку, в якому вони вказані у завданні. Роботи повинні бути датовані, підписані студентом і представлені в університет на рецензування у відповідні до плану строки.

В кожному варіанті міжсесійної контрольної роботи (МКР) для студентів заочного факультету з дисципліни «Екологічна хімія» включені п'ять завдань (відповідно до кількості змістовних модулів), кожне завдання містить задачі екологічного напрямку, які необхідно розв'язати з поясненнями ходу вирішення хімічних і екологічних проблем.

Якщо контрольна робота не зарахована, її треба виконати вдруге відповідно до вказівок і зауважень рецензента та подати на повторне рецензування разом з не зарахованою роботою. Виправлення потрібно виконувати в кінці попередньої роботи, а не в рецензованому тексті.

Якщо контрольна робота виконана не за своїм варіантом, вона не рецензується.

*Кожний студент виконує варіант контрольного завдання, позначений останньою цифрою номера студентського квитка (шифру). Наприклад, № квитка 14017, остання цифра – 7, відповідає варіант контрольного завдання № 7.*

**Таблиця теоретичних завдань до контрольної роботи за варіантами**

<b>№ варіанта</b>	<b>Завдання</b>	
<b>01</b>	1 а, б, в, г	11 а, б, в
<b>02</b>	2 а, б, в, г	12 а, б, в
<b>03</b>	3 а, б, в, г	13 а, б, в
<b>04</b>	4 а, б, в, г	14 а, б, в
<b>05</b>	5 а, б, в, г	15 а, б, в
<b>06</b>	6 а, б, в, г	16 а, б, в
<b>07</b>	7 а, б, в, г	17 а, б, в
<b>08</b>	8 а, б, в, г	18 а, б, в
<b>09</b>	9 а, б, в, г	19 а, б, в
<b>10</b>	10 а, б, в, г	20 а, б, в

## 1 Загальна частина

### 1.1 Мета і завдання дисципліни

Дисципліна «Екологічна хімія» належить до професійно-орієнтованого циклу дисциплін підготовки студентів заочної форми навчання IV та V курсу і є дисципліною, яка служить базою для подальшого більш поглибленого вивчення інших фахових дисциплін.

Мета дисципліни – формування у студентів повного уявлення про теоретичні основи екологічної хімії та екологічної токсикології, про хімічний склад та властивості токсикантів, а також закономірності змін, що відбуваються під їх впливом у природних системах, про шляхи вирішення актуальних проблем регіональної та прикладної екології і токсикології, а головне – характеристика і науковий аналіз наслідків забруднення природного середовища токсичними речовинами для формування бази знань сучасного стану екологічних проблем та творчого відношення до їхнього вирішення.

Основні завдання дисципліни:

- дати студентам сучасні уявлення про фізико-хімічні процеси, що відбуваються між токсичними речовинами та навколишнім середовищем;
- ознайомити із впливом негативних антропогенних факторів на хімічний склад та властивості природних вод, ґрунтів, повітря;
- ознайомити з методами і принципами токсикологічних досліджень навколишнього середовища;
- навчити студентів розраховувати можливі процеси забруднення атмосфери, гідросфери, літосфери та застосовувати результати хімічних досліджень для оцінки наслідків забруднення;
- розширити природничо-науковий та створити сучасний професійний світогляд еколога.

Викладання даної дисципліни базується на попередньому вивченні студентами «Хімії з основами біогеохімії», «Загальна екологія», «Моніторинг довкілля», «Управління та поведження з відходами», «Екологічна безпека», «Екологія людини».

Отримані знання та вміння надалі будуть використовуватися при підготовці дипломних робіт.

Екологічна хімія – наука про хімічні процеси і взаємодії в навколишньому природному середовищі, а також наслідки таких взаємодій; або наука про процеси, що визначають хімічний склад і хімічні властивості об'єктів довкілля. В основі екологічної хімії лежить розгляд процесів у навколишньому природному середовищі (НПС) в їх хімічному аспекті із врахуванням впливу антропогенних факторів як на біотичні, так і на абіотичні компоненти довкілля. Вона покликана розглядати динаміку



хімічних процесів в природних об'єктах, а також в штучних екосистемах, прогнозувати і регулювати екологічні наслідки антропогенного впливу на стан НПС. Враховуючи масштабність і екологічну небезпеку хімічного забруднення природних середовищ, найважливішою задачею екологічної хімії є поглиблений розгляд факторів і негативних наслідків цього виду забруднення.

Екологічна хімія – комплексна дисципліна, яка досліджує всю сукупність хімічних зв'язків і взаємодій, пов'язаних з живою речовиною. Основна мета екологічних й хімічних досліджень – це аналіз закономірностей складу і розподілу різноманітних хімічних речовин неорганічного, органічного та комплексного походження в різних природних середовищах, вивчення особливостей їх трансформації, а також впливу на живі організми і здоров'я людини.

Хімічне забруднення – це збільшення кількості хімічних речовин в НПС не властивих йому або в концентраціях, що перевищують норму. Воно є найбільш небезпечним для природних екосистем і людини. Всі присутні в біосфері речовини, як природного, так і антропогенного походження складають хемосферу, тому дуже важливо знати природу і властивості хімічних речовин – токсикантів та механізми їхньої дії на природу і процеси очищення її від різних видів хімічного забруднення.

## **1.2 Перелік знань і умінь, якими повинен володіти студент, після успішного вивчення дисципліни «Екологічна хімія»**

Засвоєння дисципліни «Екологічна хімія» повинне сприяти розвитку у студентів широкого природно-наукового розуміння складних хімічних та біологічних процесів, які виникають в атмосфері, гідросфері, літосфері під впливом природних та антропогенних факторів, вмінню грамотно застосовувати знання про хімічний склад токсикантів за оцінкою їх впливу на природу за хімічними дослідженнями. Потреба в кількісній оцінці регіональних закономірностей поведінки токсичних речовин у природі тісно пов'язана з проблемою використання, охорони та відтворення біоресурсів.

Після вивчення дисципліни студент **повинен знати:**

- теоретичні основи екологічної хімії – фізичні та хімічні властивості токсикантів, класифікацію токсикантів, основні механізми їх токсичної дії на природу;
- механізми адаптації організму до змін навколишнього середовища;
- умови та фактори, які впливають на атмосферу, гідросферу, літосферу;
- основні характеристики змін матеріального складу зовнішнього середовища внаслідок діяльності людини;

- основні концептуальні підходи оцінки негативного впливу токсикантів на живі організми (екологічна діагностика);
- основні концептуальні підходи запобігання негативного впливу токсикантів на живі організми (екологічна профілактика);
- основні підходи поліпшення екологічного стану навколишнього середовища (екосальвація);
- мати уявлення про конкретні негативні ефекти токсикантів на флору і фауну та методику аналізу окремих токсикантів на біоту;
- основи прикладної екологічної хімії та методів токсикологічних досліджень біологічних екосистем.

**Основні вміння**, які отримує студент:

- оцінка результатів токсикологічних досліджень;
- визначення хімічного складу природної води: вмісту розчинених газів, головних іонів, концентрації токсикантів, вмісту органічної речовини;
- вираження результатів хімічного аналізу повітря (складу газів, концентрації газів, біогенних елементів, радіоактивних елементів у природному повітрі);
- визначення твердості води та методів її усунення;
- оцінки якості води, повітря, ґрунту для різноманітних цілей;
- узагальнення матеріалів токсикологічних досліджень;
- класифікації токсикантів за хімічним складом;
- використання екологічних знань для діагностики та профілактики забруднень середовища;
- застосування правил техніки безпеки при виконанні екологічних і хімічних досліджень.

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

#### ***Основна література***

1. Шумейко В.М., Глуховський І.В., Овруцький В.М., Шевчук В.Я. та ін. Екологічна токсикологія. Київ, АТ «Вид-во «Столиця», 1998. – 204с.
2. Овруцький В.М., Шумейко В.М., Глуховський І.В., Бобкова Л.С. та ін. Екологічна токсикохімія. Київ, АТ «Вид-во «Столиця», 1998. – 120с.
3. Довгань І.В., Сафранов Т.А. Основи екологічної хімії. Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2003. – 60с.
4. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. – Л., Гидрометиздат, 1991. – 424с.
5. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию: пер. с нем. – М.: Мир, 1997. – 232с.

### *Додаткова література*

6. Анне Платт Мак-Гінн. Як позбутися стійких органічних забруднювачів. – Стан світу 2000. – К.: Інтелсфера, 2000. – 312с.
7. Саєт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990 – 335с.
8. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л., 1970. – 368с.
9. Глинка Н.Л. Общая химия – М.: КНОРУС, - 2011. – 752с.
10. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп. Справочник – Л.: Химия, 1988.- 512с.
11. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-VIII групп. Справочник – Л.: Химия, 1989.- 592с.
12. Богдановський Г.А. Химическая экология. – М., Из-во Московского ин-та, 1994. – 237с.
13. Губский Ю.И., Долгосабуров В.Б., Храпак В.В. Химические катастрофы и экология. К.: Здоров'я, 1993. – 224с.
14. Туряница И.М., Пашенок А.Е. и др. Экологическая токсикология. – Ужгород, 1997. – 255с.
15. Шумейко В.М. та інш. Екологічна токсикологія. Підручник. – К.: АТ Видавництво “Столиця”, 1998. – 204с.

## **2. Організація самостійної роботи студентів по виконанню завдань міжсесійної контрольної роботи (МКР)**

### **2.1 Основні теоретичні положення, які необхідні для виконання завдань**

#### **2.1.1 Перелік тем лекційного курсу**

##### Розділ 1. Теоретичні основи екологічної хімії.

Вступ. Ціль та завдання екологічної хімії з основами екотоксикології, її задачі на сучасному етапі і подальші перспективи розвинення. Роль екологічної хімії у господарському розвитку України. Методи оцінки факторів впливу на природу.

**1.1.** Природні джерела впливу на навколишнє середовище. Результати антропогенного впливу на природу. Поняття про міграцію токсикантів та роль кругообігу токсичних речовин на Землі. Фізичні та хімічні властивості токсикантів.

Характеристика процесів переносу, накопичення і трансформації забруднюючих речовин в навколишньому середовищі. Склад природних і синтетичних забруднюючих речовин. Класифікація токсикантів.

**1.2.** Хімічний склад атмосфери. Пил та аерозолі. Гази. Методи очистки повітря від забруднення. Характеристика фізико-хімічних процесів, які відбуваються в повітрі.

Концентрація парів і газів, методи їх визначення для екологічної характеристики стану атмосфери. Наслідки забруднення повітря хімічними речовинами та порушення газового балансу атмосфери.

**1.3.** Екологічні проблеми гідросфери. Види забруднення ґрунтових, річкових і морських вод. Розчинність твердих речовин, рідини та газів у воді. Теорія розбавлених розчинів. Особливості розчинів електролітів (солей, кислот, основ). Гідроліз солей.

Дисперсні системи, істинні та колоїдні розчини. Твердість води: карбонатна твердість води та некарбонатна твердість природної води, розрахунки вмісту іонів натрію та калію у морській воді. Види забруднення води токсичними речовинами.

Класифікація екологічної якості поверхневих вод. Методи очистки води. Розрахунки, оцінка і прогнозування наслідків забруднення гідросфери хімічними речовинами. Розрахунок антропогенного навантаження і оцінка стану річки та її басейну. Методи очистки води.

## Розділ 2. Вплив різноманітних хімічних речовин на стан ґрунту. Причини, характер, наслідки хімічних катастроф.

**2.1.** Умови формування хімічного складу ґрунтів та їх класифікація. Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори впливу на літосферу: фізико-географічні фактори, геологічні фактори, фізико-хімічні фактори, біологічні фактори, антропогенні фактори.

**2.2.** Природні ґрунти – багатокomпонентна система. Будова і склад літосфери. Вплив природних умов на якісний та кількісний вміст макроелементи і мікроелементів. Основні макроелементи. Біогенні елементи. Мікроелементи. Радіоактивність природних ґрунтів. Органічні речовини. Забруднюючі речовини.

**2.3.** Родючість ґрунту та проблеми його збереження. Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на ґрунти. Властивості ґрунту, фізико-хімічні процеси в ґрунтах, як складової частини ландшафту та життєвого простору. Антропогенні та кислотні забруднення ґрунту, основні хімічні наслідки забруднення та їх вплив на розвиток рослин.

**2.4.** Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на природу. Біогеохімічні провінції і ендемії. Речовини, які розповсюджені у навколишньому середовищі та негативно впливають на нього. Продукти харчування і харчові добавки. Токсичність предметів побуту, продуктів харчування, харчових добавок. Токсини природного походження.

**2.5.** Хімічні катастрофи та екологія. Проява дії стресорів на процеси метаболізму (катаболізму, анаболізму). Радіоактивність. Джерела штучної радіонуклідної активності в природному середовищі. Радіоекологія. Ядерна зброя і ядерний вибух. Атомні електростанції. Методи знешкодження радіоактивного впливу на навколишнє середовище.

Після вивчення розділів курсу екологічної хімії студенти одержують необхідну базу знань і вмінь для розуміння процесів, які відбуваються в атмосферному повітрі, природних водах і ґрунтах при забрудненні їх наслідками промислової діяльності людини.

### **2.2 Методичні вказівки до розділу I**

#### **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ХІМІЇ**

*Мета розділу* – розглянути основні поняття екологічної хімії та вміти їх класифікувати та застосовувати для оцінки стану екології навколишнього середовища. Під час порівняння природних і антропогенних змін середовища потрібно використовувати *три критерії*,

які виникають внаслідок антропогенної діяльності: фактор часу, кількісний фактор і токсичність хімічних речовин. В *першому розділі* дисципліни детально розглядаються основні питання екологічної хімії та вплив токсикантів на екологічний стан атмосферного повітря й природних водойм. При характеристиці екологічного стану й забруднення довкілля вживаються такі поняття, як полютанти, ксенобіотики, екотоксиканти та інші.

*Полютанти* – речовини, що забруднюють середовище життя, тобто забруднювачі. *Ксенобіотики* – сторонні для живих організмів шкідливі хімічні речовини (пестициди, препарати побутової хімії і інші), які надходять в значних концентраціях в НПС і призводять до загибелі організмів, а також порушують нормальний хід природних процесів в екосистемі.

Близьким по значенню є поняття *екотоксиканти* – шкідливі хімічні сполуки, що забруднюють НПС і отруюють живі організми, які знаходяться в середовищі. Вони рідко зустрічаються самотійно, тому два і більше токсикантів разом дають ефект, який у багато разів перевищує суму дії кожного з них нарізно (це явище називається синергізмом і є прикладом вияву принципу емерджентності).

Систематичні хімічні дослідження входять до комплексу заходів боротьби із забрудненням природних вод, атмосфери, літосфери. Сучасний стан впливу навколишнього середовища в Україні зумовлює постійну потенційну небезпеку здоров'ю людей і природи, тому виникає необхідність у аналізі екологічної і токсикологічної обстановки з урахуванням можливих негативних наслідків втручання в природні середовища.

Студент-еколог повинен знати найбільш поширені забруднювачі довкілля, їх природу, джерела, небезпечність для біоти, напрям і наслідки дії. Загальновідомий негативний вплив газоподібних речовин, таких як оксиди карбону, нітрогену, сульфуру, складові нафти і продукти їх переробки, пестициди, важкі метали, радіонукліди, детергенти (мийні засоби), будівельні матеріали та інші шкідливі речовини.

Існують різні класифікації забруднювачів, але найчастіше розглядають класи токсикантів за їх небезпечною дією на живі організми в залежності від гранично допустимої концентрації (ГДК) та ДСТУ(ГОСТ 12.1.00588):

- I клас – надзвичайно небезпечні: As, Cd, Hg, Se, Pb, F, Zn, бенз(а)пірен;
- II клас – високо небезпечні сполуки: B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr, бензен;
- III клас – помірно небезпечні: Ba, V, W, Vn, Sr, толуол;
- IV клас – малонебезпечні сполуки: NH<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>.

Досліджено токсичну дію на живі організми, включаючи людину, і встановлено ГДК для понад 1300 речовин, ще для 500 шкідливих речовин встановлено орієнтовно небезпечні рівні дії (ОНРД).

Також відома класифікація токсикантів за класами пріоритетності дії на організм людини за Юдіним Є.Я. і Беловим С.В., це 6 груп сполук:

- 1) загальнотоксичні (викликають отруєння всього організму) – чадний газ, ртуть, свинець, миш'як та їхні сполуки, бензен та інші);
- 2) дратівливі (викликають подразнення дихальних шляхів і слизуватих оболонок організму людини) – хлор, амоніак, пари ацетону, оксиди азоту, озон та інші сполуки;
- 3) сенсібілізійні (діють як алергени, спричиняють ненормальні реакції організму) – пестициди, формальдегід, нітроген похідні органічних сполук;
- 4) канцерогенні (їх дія спричиняє виникнення й розвиток ракових захворювань) – оксиди хрому й хромат-іони, бенз(а)пірен, азбест, сполуки берилію, арсену, нікелю, свинцю, кадмію, йоду, стронцію та ін.;
- 5) мутагенні (речовини, що викликають зміну спадкової інформації) – це радіоактивні сполуки марганцю, свинцю, радію, нікелю та металоорганічні комплексні сполуки;
- 6) терратогенні (речовини, які впливають на дітородну функцію організму) – ртуть, свинець, марганець, радіонукліди, стирен, гетероциклічні, хлорорганічні і фосфорорганічні сполуки.

Підготовка до змістовних модулів з дисципліни «Екологічна хімія» включає вивчення теоретичного матеріалу (ЗМ-Л1,2) і вміння розраховувати задачі та тематичні завдання (ЗМ-П1 та ЗМ-П2).

Вказівки щодо послідовності вивчення теоретичного матеріалу включають перелік питань до кожної з тем, на які необхідно звернути особливу увагу, а також поради щодо їх самостійного вивчення з указівкою на літературу.

Для успішного засвоєння теоретичного матеріалу необхідно вести конспект лекцій, в якому в лаконічній формі та суворій послідовності викладені усі питання теоретичного змістовного модулю. Крім конспекту лекцій для вивчення програмного матеріалу можливо самостійно працювати з основною та додатковою літературою.

При підготовці до практичних занять (семінарів) I розділу «Теоретичні основи екологічної хімії» студентам слід використовувати навчальну наукову літературу з дисципліни і вони повинні знати:

- Мета та завдання екологічної хімії, її задачі на сучасному етапі і подальші перспективи розвинення. Роль екологічної хімії й токсикології у господарському розвитку України. Основна література [1] С.7-21;

- [2] С.9-28; [4] С.5-7; [10] С.4-9; [13] С.5-8; [14] С.5-11. Додаткова література [20] С.4-10; [25] С.143-155, 291-301; [27] С.7-20.
- Природні джерела впливу на навколишнє середовище. Результати антропогенного впливу на природу. Поняття про міграцію токсикантів та кругообіг токсичних речовин на Землі. Фізичні та хімічні властивості токсикантів. Характеристика процесів переносу, накопичення і трансформації забруднюючих речовин в навколишньому середовищі. Склад природних і синтетичних забруднюючих речовин. Класифікація токсикантів. Основна література [1] С.7-24; [2] С.28-55; [4] С.23-43; [9] С.13-18. Додаткова література [25] С.55-93, 128-135; [27] С.25-27.
  - Хімічний склад атмосфери. Пил та аерозолі. Гази. Методи очистки повітря від забруднення. Характеристика фізико-хімічних процесів, які відбуваються в повітрі. Концентрація парів і газів, методи їх визначення для екологічної характеристики стану атмосфери. Наслідки забруднення повітря хімічними речовинами та порушення газового балансу атмосфери. Основна література [1] С.24-27; [2] С.131-142; [4] С.44-47; [9] С.18-39. Додаткова література [15] С.385-390, 410-416; [27] С.14-26.
  - Властивості води, як розчинника. Аномальні властивості води. Склад природних вод та фактори, що його визначають. Умови формування хімічного складу природних вод та їх класифікації. Походження катіонів та аніонів. Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори. Фізико-географічні фактори. Геологічні фактори. Фізико-хімічні фактори. Біологічні фактори. Антропологічні фактори. Гідрохімічна зональність. Основна література [1] С.57-59; [4] С.47-49; [9] С.113-121; [10] С.10-14, 19-23, 32-47; [13] С.15-40; [14] С.100-127. Додаткова література [15] С.209-233; [20] С.49-66; [25] С.48-56; [27] С.99-125.
  - Дисперсні системи, істинні та колоїдні розчини. Хімічний склад атмосферних опадів. Аерозолі. Джерела утворення аерозолів в атмосферних опадах. Мінералізація та головні іони, концентрація іонів водню. Основна література [1] С.87-94; [9] С.111-113; [10] С.26-27, 30-31, 120-136; [13] С.132-167; [14] С.50-55, 144-162. Додаткова література [15] С.258-270, 321-346; [20] С.23, 44-65, 73-80.
  - Природна вода – багатокомпонентний розчин. Розчинені газы. Головні іони. Карбонатна та сульфатна системи. Роль карбонатної системи у водних об'єктах. Загальна, карбонатна та некарбонатна твердість води. Біогенні речовини. Органічні речовини. Мікроелементи. Радіоактивність. Забруднювальні речовини. Мінералізація природних вод. Основна література [2] С.7-68; [10] С.66-129; [13] С.41-118; [14] С.53-99. Додаткова література [20] С.25-49.
  - Хімічні показники оцінки забрудненості вод. Значення хімічного складу природних вод для охорони природи, географічних та біологічних



досліджень. Джерела забруднення природних вод. Самоочищення природних вод; деякі методи очищення, опріснення та підготовки до використання води. Комплексні критерії якості води. Основна література [1] С.64-70; [9] С.99-116; [10] С.303-340; [13] С.399-433; [14] С.325-345]. Додаткова література [20] С.212-228.

- Основні методи гідрохімічного аналізу. Гідрохімічні дослідження на водних об'єктах. Основна література [1] С.57-59, 84-85; [9] С.123-134; [10] С.347-366; [14] С.263-279. Додаткова література [20] С.147-160, 178-205].

### **2.2.1 Питання до контрольної роботи після вивчення тем I розділу**

- 1. а)** Які цілі та завдання екологічної хімії як науки?  
**б)** Наведіть приклади забруднюючих речовин і їх джерела надходження в біосферу. Які поллютанти, що надходять до біосфери, є найшкідливішими?  
**в)** Дайте характеристику будови і хімічного складу атмосфери. Що таке квазіпостійні компоненти і «активні» домішки атмосфери?  
**г)** Як прийнято виражати хімічний склад природних вод? Які аніони і катіони, що містяться в природних водах, називають головними? В чому особливості матриці річкових та океанських вод?
- 2. а)** Вкажіть сучасні наукові напрямки розвитку екологічної хімії й екоотоксикології України?  
**б)** Охарактеризуйте шляхи трансформації хімічних речовин у навколишньому середовищі. Які фактори визначають поведінку токсикантів - забруднюючих речовин в навколишньому середовищі?  
**в)** Як змінюється вміст основних компонентів атмосфери з висотою?  
**г)** Охарактеризуйте природні і антропогенні фактори забруднення вод Світового океану. Які екологічні наслідки забруднення природних вод?
- 3. а)** Поясніть основні терміни екологічної хімії та токсикології (ксенобіотики, поллютанти, токсиканти, важкі метали тощо).  
**б)** Що таке геохімічна провінція? Дайте характеристику залежності регуляторних процесів в організмі від недостатнього та надлишкового вмісту елемента.  
**в)** Від чого залежить тривалість перебування домішок в атмосфері?  
**г)** Що таке агресивність природних вод. З чим пов'язана особливість розчинення карбонатних порід в природних водах? Які рівняння використовуються для опису карбонатної системи при рівновазі із карбонатом кальцію і повітрям, що містить діоксид карбону?

4. а) Поясніть які є класифікації токсикантів. Які основні принципи нормування шкідливих речовин?
- б) У чому суть явища біологічного накопичення токсичних речовин?
- в) Назвіть основні хімічні процеси, що відбуваються в атмосфері.
- г) В чому відмінність лужності та основності природних вод? Як розрахувати лужність природних вод, знаючи вміст компонентів карбонатної системи і рН розчину? Що таке буферність природних вод?
5. а) Як можна охарактеризувати «виборчу токсичність»?
- б) У чому полягає канцерогенна, мутагенна, терратогенна небезпека хімічних речовин, що містяться у навколишньому середовищі?
- в) Що Ви можете сказати про добові та сезонні зміни озону в атмосфері. Проаналізуйте причини утворення «озонових дірок» над Антарктидою.
- г) Природна вода – багатокомпонентний розчин. Які іони, що вміщуються у природній воді, називають макроелементами?
6. а) Як класифікують домішки води за їх фазово-дисперсним станом?
- б) Які аномалії існують у вашій області?
- в) Чому вільні радикали, озон та інші окисники, концентрація яких значно нижче ніж кисню, відіграють головну роль в процесах окиснення домішок в атмосферному повітрі? Назвіть основні джерела утворення гідроксидного і гідропероксидного радикалів у повітрі.
- г) Розчинені у природній воді гази. Які атмосферні гази та в яких кількостях вміщуються у природних водах? Які гази вулканічного походження та при яких умовах присутні у природних водах? Які гази біохімічного походження розчинені у природних водах?
7. а) Що таке кумулятивний ефект токсиканта?
- б) За якими показниками проводиться оцінка інтенсивності та напряму біологічного кругообігу речовин в екосистемах? Дайте їх характеристику.
- в) Які основні джерела викидів в атмосферу? Як може впливати забруднення повітря на рослини та людину? В чому різниця між двома видами фотохімічного смогу? Які хімічні сполуки і яким чином сприяють парниковому ефекту?
- г) Як впливають ґрунти на формування хімічного складу природних вод?

8. а) Охарактеризуйте основні складові глобального циклу біогенних елементів. Для якого з елементів живлення глобальний цикл масообміну відрізняється якнайменшою замкнутістю?
- б) Як називаються захворювання, які викликані аномальним вмістом деяких елементів у воді, ґрунті?
- в) Охарактеризуйте хімічний склад атмосферних опадів: мінералізація та головні іони, концентрація іонів водню, вміст біогенних елементів, вміст радіоактивних елементів.
- г) Дайте визначення мінералізації природних вод. Як співвідношення головних іонів у природній воді залежить від її мінералізації?
9. а) Чому велику частину циклічних процесів масообміну, що відбуваються в біосфері, можна класифікувати як біогеохімічні? Які елементи найбільш активно залучаються до хімічного кругообігу і які є самими інертними?
- б) Поясніть, в чому полягає небезпека сучасної екологічної ситуації?
- в) Як переносяться важкі метали по харчовим ланцюгам?
- г) Які рівноважні системи існують у природних системах? Самоочищення природних вод і ґрунтів. Яка роль ПАР в евтрофікації водойм?
10. а) В чому особливість біологічного кругообігу хімічних елементів? Назвіть відмінні риси біохімічного кругообігу в гідросфері і ґрунті.
- б) Проаналізуйте деформацію глобальних, регіональних і локальних біогеохімічних циклів в результаті господарської діяльності людини.
- в) Які основні полютанти атмосфери, літосфери і гідросфери?
- г) Які джерела забруднення вод нафтопродуктами, радіонуклідами і важкими металами?

### 2.2.2 Приклади розв'язання задач до розділу I

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

До складу практичного модуля можуть входити декілька розрахункових завдань, що ілюструють можливості застосування теоретичних знань у практичній діяльності 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 см<sup>3</sup> розчину комплексна III (трилону Б) з концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup>. Яку масу фосфату натрію Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> потрібно додати у 500 дм<sup>3</sup> води для її пом'якшення?

Розв'язання.

Загальну твердість води розраховують за формулою:

$$T = \frac{[T] \cdot V_T \cdot 1000}{V_{H_2O}};$$

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

V<sub>T</sub> – об'єм титранта (розчину трилону Б), V<sub>T</sub> = 4 см<sup>3</sup>;

V<sub>H<sub>2</sub>O</sub> – об'єм проби води, V<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 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 500·4/1 = 2000 ммоль еквівалентів солей, які обумовлюють її твердість.

Далі розрахуємо, яку масу фосфату натрію Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 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(Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) = 109,4 г.

**Приклад 2.** Використовуючи дані таблиці 1, розрахуйте кларки концентрації і кларки розсіювання елементів для магматичної породи і піщаника. Побудуйте графіки геохімічних спектрів порід.

Розв'язання. Розрахунок кларків концентрації і розсіювання для 2-х з наведених в табл. 1 гірських порід проводимо за формулами:

$$KK = \frac{C_i}{K}, \quad KP = \frac{K}{C_i},$$

де C<sub>i</sub> – вміст в породах, K – кларк літосфери.

Результати розрахунків KK и KP приведені в табл. 2.

Таблиця 1 – Вміст елементів у породах і літосфері, мг/кг

Вміст елементів	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Zr	Mo	Ba	Pb
В літосфері (за Виноградовим)	90	83	18	58	47	83	1,7	340	170	1,1	650	16
В магматичній породі	94,3	49,3	11,9	20,9	44,5	32,5	4,4	500	91,3	0,13	461,2	16,3
В піщаниках	89,2	196,6	17,1	43,5	78,3	42,2	33,7	262,7	100,9	5,3	728,7	25,4

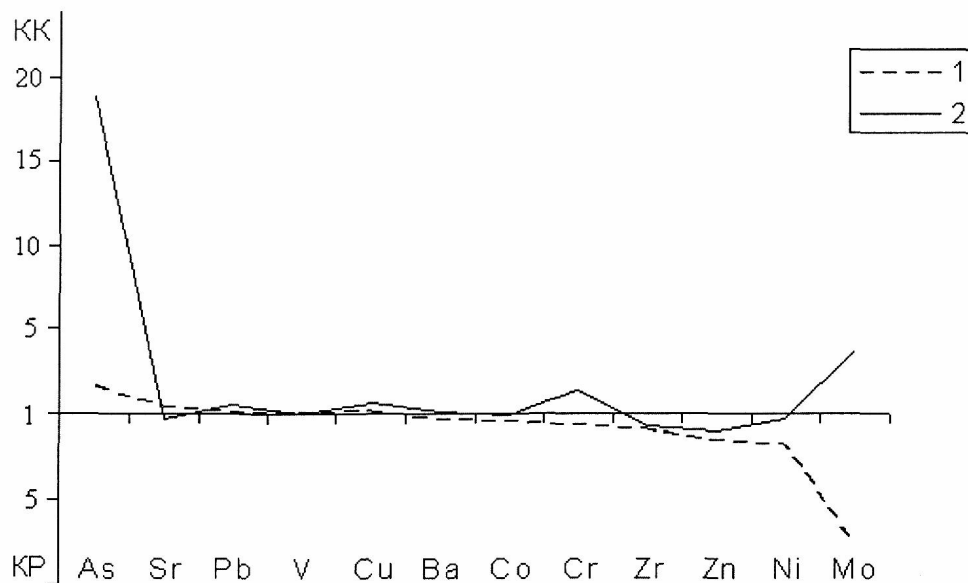
При побудові геохімічних спектрів один з об'єктів, що вивчаються, береться за еталонний (зазвичай той, який по складу ближче до земної кори). Величини КК і КР для еталонної гірської породи розташовуються в порядку їх зменшення (для КК) і зростання (для КР) і записуються у вигляді псевдодробу, в чисельнику якої вказаний елемент, в знаменнику – КК або КР. Для приведених в табл. 2 порід еталонною є магматична порода, для якої ранжируваний ряд виглядає таким чином:

КК:  $As/2,6 > Sr/1,5 > Pb, V/1$ ;

КР:  $Cu/1,1 < Ba/1,4 < Co/1,5 < Cr/1,7 < Zr/1,9 < Zn/2,6 < Ni/2,8 < Mo/8,5$ .

Таблиця 2 – Кларки концентрації і розсіювання елементів в породах

Елементи	Вміст в літосфері	Магматична порода		Піщаник	
		$C_i$	КК(КР)	$C_i$	КК(КР)
V	90	94,3	КК = 1,0	89,2	КК = 1,0
Cr	83	49,3	КР = 1,7	196,6	КК = 2,4
Co	18	11,9	КР = 1,5	17,1	КР = 1,1
Ni	58	20,9	КР = 2,8	43,5	КР = 1,3
Cu	47	44,5	КР = 1,1	78,3	КК = 1,7
Zn	83	32,5	КР=2,6	42,2	КР = 2,0
As	1,7	4,4	КК = 2,6	33,7	КК = 19,8
Sr	340	500	КК = 1,5	262,7	КР = 1,3
Zr	170	91,3	КР = 1,9	100,9	КР = 1,7
Mo	1,1	0,13	КР = 8,5	5,3	КК = 4,8
Ba	650	461,2	КР = 1,4	728,7	КК = 1,1
Pb	16	16,3	КК = 1,0	25,4	КК = 1,6



1 - магматична порода; 2 - піщаник

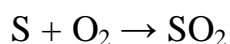
Рис. 1 - Геохімічні спектри порід

Побудова графіка геохімічного спектру починається з відображення на ньому величин  $KK$  і  $KP$  еталонної системи. По осі ординат розташовуються значення  $KK$  (вгору) і  $KP$  (вниз) від величини  $KK = 1$ .

По осі абсцис через рівні інтервали проставляються символи хімічних елементів в порядку ранжирування еталонного об'єкту. В результаті спектр еталонної гірської породи має вид монотонної кривої, що зменшується і наочно відображує міру збагаченості (над віссю абсцис) або збідненості порід елементами (під віссю абсцис). Лінії спектрів інших порід мають ламаний вигляд, що дозволяє виділити асоціації елементів накопичення і розсіювання щодо еталонного об'єкту (рис. 1).

**Приклад 3.** Теплові електростанції є одними з головних джерел емісії  $SO_2$  і  $NO_x$  в атмосферу. Визначте мольне співвідношення діоксиду сульфуру та монооксиду нітрогену, які надходять в атмосферу протягом доби з викидами теплової електростанції, що працює на вугіллі. Вміст Сульфуру у вугіллі дорівнює 1,5 % (мас). За добу на станції спалюється 10 тис. т вугілля. Концентрація монооксиду Нітрогену в газових викидах становить  $1,5 \cdot 10^2$  % (об.). Для спалення вугілля подається стехіометрично необхідна кількість повітря. Прийняти що вугілля містить в якості домішок тільки Сульфур.

**Розв'язання:** Поява діоксиду сульфуру у викидах ТЕС пов'язана з процесом окиснення сполук Сульфуру, що міститься у вугіллі при його спалюванні:



Кількість Сульфуру, що спалюється за добу на станції становить:

$$m_s = m_{\text{вугілля}} \cdot \alpha_s$$

де  $m_s$  та  $m_{\text{вугілля}}$  – маса Сульфуру та вугілля, що спалюється на станції за добу;  $\alpha_s$  - масова частка Сульфуру у вугіллі.

$$m_s = 10000 \cdot 0,015 = 150 \text{ т/д.}$$

Кількість моль діоксиду сульфуру, що утворюється в процесі горіння вугілля, дорівнює кількості моль Сульфуру, що міститься у вугіллі, і становить:

$$N_{\text{SO}_2} = N_s = m_s / M_s,$$

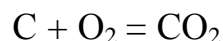
де  $M_s$  – молярна маса Сульфуру, г/моль.

$$N_{\text{SO}_2} = 150 \cdot 10^6 / 32 = 4,69 \cdot 10^6 \text{ моль/д.}$$

Для визначення кількості моль монооксиду нітрогену, що утворюється в процесі горіння вугілля необхідно знайти загальну кількість моль, що містяться вихідних продуктах ( $N_{\text{зар}}$ ). Ця величина буде визначатися кількістю моль азоту  $N_{\text{N}_2}$ , що міститься в повітрі, яке необхідне для окиснення вугілля та Сульфуру, кількістю моль діоксиду карбону  $N_{\text{CO}_2}$ , що утворюється при горінні вугілля, і кількістю моль діоксиду сульфуру  $N_{\text{SO}_2}$ :

$$N_{\text{зар}} = N_{\text{N}_2} + N_{\text{CO}_2} + N_{\text{SO}_2}.$$

Процес горіння вугілля можна представити рівнянням:



Кожну добу на станції спалюється 10000 т вугілля, яке за умовою задачі складається з 150 т Сульфуру та 9850 т Карбону. Кількість моль Карбону, які спалюються на станції за добу становить:

$$N_C = m_C / M_C,$$

де  $M_C$  - молярна маса Карбону, г/моль.

$$N_C = 9850 \cdot 10^6 / 12 = 8,21 \cdot 10^8 \text{ моль/д.}$$

З кожного моль Карбону утворюється 1 моль діоксиду карбону та витрачається як і при окисненні Сульфуру 1 моль кисню із повітря. Тому загальна кількість моль кисню, що витрачається в процесі горіння вугілля становить:

$$N_{\text{O}_2} = N_{\text{O}_2} (\text{на окиснення Сульфуру}) + N_{\text{O}_2} (\text{на окиснення Карбону});$$
$$N_{\text{O}_2} = 4,69 \cdot 10^6 + 8,21 \cdot 10^8 = 8,26 \cdot 10^8 \text{ моль/д.}$$

Оскільки в процесі спалювання вугілля використовується повітря, кисень з якого за умовою задачі буде повністю витрачатися на окиснення Сульфуру та Карбону, у вихідних газах залишиться лише азот, якщо не брати до уваги інші інертні гази та процес окиснення самого азоту. Кількість азоту можна визначити за відомим середнім складом повітря:

$$N_{N_2} = N_{O_2} \cdot \alpha_{N_2} / \alpha_{O_2},$$

$$N_{N_2} = 8,26 \cdot 10^8 \cdot 78,08 / 20,95 = 3,08 \cdot 10^9 \text{ моль/д.}$$

де  $\alpha_{N_2}$  і  $\alpha_{O_2}$  – вміст азоту та кисню в повітрі відповідно.

Загальна кількість молів монооксиду нітрогену, що містяться у вихідних продуктах згорання вугілля складає:

$$N_{NO} = \alpha_{NO} \cdot N_{\text{заг}},$$

де  $\alpha_{NO}$  – об'ємна частка монооксиду нітрогену у вихідних газах.

$$N_{NO} = 1,510^{-4} \cdot (3,08 \cdot 10^9 + 8,21 \cdot 10^8 + 4,69 \cdot 10^6) = 5,86 \cdot 10^5 \text{ моль/д.}$$

Мольне співвідношення діоксиду сульфуру і монооксиду нітрогену становить:

$$n = N_{NO_2} / N_{NO} = 4,69 \cdot 10^6 / (5,86 \cdot 10^5) = 8.$$

*Відповідь:* Мольне співвідношення діоксиду сульфуру та монооксиду нітрогену дорівнює 8.

**Приклад 4.** Визначити молярну концентрацію ( $C_M$ ), молярну концентрацію еквівалента ( $C_H$ ), моляльну концентрацію ( $C_m$ ) та титр ( $T$ ) 17 % розчину сірчаної кислоти, густина якої  $1,12 \text{ г/см}^3$ .

Розв'язання: Знаючи густину розчину, можна скористатися формулами перерахунку концентрацій

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

$M(H_2SO_4) = 98 \text{ г/моль};$

$M_{\text{екв}}(H_2SO_4) = f_{\text{екв}} \cdot M = 1/2 \cdot 98 = 49 \text{ г/моль.}$

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 моляльну 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:  $C_M(H_2SO_4) = 1,94 \text{ моль/дм}^3$ ,  $C_H(H_2SO_4) = 3,88 \text{ моль/дм}^3$ ;  
 $C_m = 2,09 \text{ моль/кг}$ ;  $T(H_2SO_4) = 0,1901 \text{ г/см}^3$ .

**Приклад 5.** 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):

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

Отже,  $pH + pOH = pK_B = 14$ , 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 3. В нашому прикладі рН = 3,14. За мантисою 0,14 (яка міститься у стовпчику рН) знаходимо поряд у стовпчику ( $H^+$ ) 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  $10^{-14} \text{ моль/дм}^3$ .

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

Тому концентрацію гідроксид-іонів розраховують за формулою:

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

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

Таблиця 3 - Перерахунок рН в  $[H^+]$  та навпаки ( $pH = -\lg[H^+]$ )

<i>pH</i>	<i>H<sup>+</sup></i>	<i>pH</i>	<i>H<sup>+</sup></i>	<i>pH</i>	<i>H<sup>+</sup></i>
Q 0,00	1,000·10 <sup>-Q</sup>	Q 0,34	0,457·10 <sup>-Q</sup>	Q 0,67	0,214·10 <sup>-Q</sup>
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  $[H^+] = 0,123 \cdot 10^{-7}$ , 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, рН = 7,91.

**Приклад 6.** Розрахувати добуток розчинності (ДР) гідроксиду феруму (ІІІ)  $Fe(OH)_3$ , якщо відома розчинність, яка становить  $1,9 \cdot 10^{-10}$  моль/дм<sup>3</sup>.

Розв'язання: Запишемо рівняння дисоціації  $Fe(OH)_3$ :



Як видно з рівняння, при розчиненні 1 моль  $Fe(OH)_3$  у розчин переходить 1 моль іонів  $Fe^{3+}$  та втричі більше моль  $OH^-$ .

Визначаємо концентрацію іонів  $Fe^{3+}$ :  $1,9 \cdot 10^{-10}$  моль/дм<sup>3</sup>.

Визначаємо концентрацію  $OH^-$  іонів:

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

Розраховуємо добуток розчинності  $Fe(OH)_3$ :

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

Відповідь:  $ДР(Fe(OH)_3) = 3,5 \cdot 10^{-38}$ .

**Приклад 7.** Добуток розчинності йодиду плюмбуму ( $ДР(PbI_2)$ ) при 20°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<sup>-</sup>. Тому добуток розчинності солі дорівнює:

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

А розчинність солі розраховуємо, як:

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

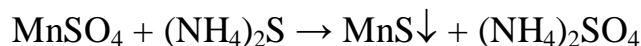
Молярна маса солі  $M(PbI_2) = 461$  г/моль, тому розчинність солі в г/дм<sup>3</sup> розраховуємо таким чином:

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

Відповідь:  $S(\text{PbI}_2) = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3$ ;  $S(\text{PbI}_2) = 0,6 \text{ г/дм}^3$ .

**Приклад 8.** Чи випаде осад при змішуванні рівних об'ємів розчинів солі сульфат мангану з нормальною концентрацією  $C_{\text{н}}(\text{MnSO}_4) = 10^{-2} \text{ моль/дм}^3$  та солі сульфід амонію з концентрацією  $C_{\text{н}}((\text{NH}_4)_2\text{S}) = 2 \cdot 10^{-1} \text{ моль/дм}^3$ ?

Розв'язання: Запишемо рівняння реакції



Знайдемо у додатку 3 табличне значення добутку розчинності MnS, яке становить:

$$D_{\text{P}}(\text{MnS}) = 5,6 \cdot 10^{-16}$$

Визначаємо молярні концентрації ( $C_{\text{м}}$ ) розчинів, враховуючи фактори еквівалентів солей:

$$C_{\text{н}}(\text{MnSO}_4) = 10^{-2} \text{ моль/дм}^3, \quad \text{то } C_{\text{м}}(\text{MnSO}_4) = 1/2 \cdot$$

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

$$C_{\text{н}}((\text{NH}_4)_2\text{S}) = 2 \cdot 10^{-1} \text{ моль/дм}^3, \quad \text{то } C_{\text{м}}((\text{NH}_4)_2\text{S}) = 1/2 \cdot 2 \cdot 10^{-1} = 10^{-1} \text{ моль/дм}^3$$

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

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

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

Знайдемо добуток концентрацій солі MnS

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

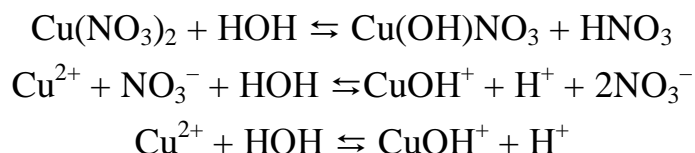
Якщо  $[\text{Mn}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] > D_{\text{P}}(\text{MnS})$ , то випадає осад

$$1,25 \cdot 10^{-4} > 5,6 \cdot 10^{-16}.$$

Відповідь: при змішуванні рівних об'ємів розчинів  $\text{MnSO}_4$  та  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  випадає осад, тому що добуток концентрацій іонів більше ніж добуток розчинності MnS.

**Приклад 9.** Складіть рівняння гідролізу солі  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  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  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  дорівнює  $0,01 \text{ моль/дм}^3$ .

Розв'язання:  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  – 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 –  $\text{pH} < 7$ .



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

Константу гідролізу за катіоном визначають за формулою:

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

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

Ступінь гідролізу ( $h_{\text{r}}$ ) – це частка електроліту, яка піддалась гідролізу. Вона зв'язана з константою гідролізу рівнянням, яке аналогічно закону розбавлення Оствальда для дисоціації слабких електролітів:

$$K_{\text{r}} = h_{\text{r}}^2 \cdot C_{\text{M}}, \quad \text{тобто} \quad h_{\text{r}} = \sqrt{K_{\text{r}} / C_{\text{M}}}$$

Визначаємо ступінь гідролізу:

$$h_{\text{r}} = \sqrt{3 \cdot 10^{-7} / 10^{-2}} = 5,5 \times 10^{-2}.$$

Водневий показник ( $\text{pH}$ ) розчину солі, що утворений сильною кислотою та слабкою основою, визначають за формулою

$$\text{pH} = 7 + 1/2 \times \lg K_{\text{осн.}} - 1/2 \times \lg C_{\text{M}} = 7 - 1/2 \times \text{p}K_{\text{осн.}} - 1/2 \times \lg C_{\text{M}};$$

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

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

Таблиця 3 - Константи дисоціації деяких слабких електролітів

Назва	Формула	$K_d$	$pK = -lg K_d$
Нітритна кислота	$HNO_2$	$6,9 \cdot 10^{-4}$	3,16
Борна кислота	$H_3BO_3$	$7,1 \cdot 10^{-10}$	9,15
Германієва кислота	$H_4GeO_4$	$K_1$	$7,9 \cdot 10^{-10}$
		$K_2$	$2,0 \cdot 10^{-13}$
Селенідна кислота	$H_2Se$	$K_1$	$1,3 \cdot 10^{-4}$
		$K_2$	$1,0 \cdot 10^{-11}$
Сульфїтна кислота	$H_2SO_3$	$K_1$	$1,4 \cdot 10^{-2}$
		$K_2$	$6,2 \cdot 10^{-8}$
Сульфїдна кислота	$H_2S$	$K_1$	$1,0 \cdot 10^{-7}$
		$K_2$	$2,5 \cdot 10^{-13}$
Карбонатна кислота	$H_2CO_3 \leftrightarrow$ $CO_2 (p) + H_2O$	$K_1$	$4,5 \cdot 10^{-7}$
		$K_2$	$4,8 \cdot 10^{-11}$
Оцтова кислота	$CH_3COOH$	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
Метафосфатна кислота	$H_3PO_3$	$K_1$	$3,1 \cdot 10^{-2}$
		$K_2$	$1,6 \cdot 10^{-7}$
Гіпохлоритна кислота	$HClO$	$2,95 \cdot 10^{-8}$	7,53
Ціанїдна кислота	$HCN$	$5,0 \cdot 10^{-10}$	9,30
Алюмінію гідроксид	$Al(OH)_3$	$1,38 \cdot 10^{-9}$	8,86
Аміаку розчин (амонію гідроксид)	$H_3N + H_2O$ $NH_4OH$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	4,755
Феруму (II) гідроксид	$Fe(OH)_2$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	3,89
Феруму (III) гідроксид	$Fe(OH)_3$	$K_2$	$1,82 \cdot 10^{-11}$
		$K_3$	$1,35 \cdot 10^{-12}$
Магнію гідроксид	$Mg(OH)_2$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	2,6
Мангану (II) гідроксид	$Mn(OH)_2$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	3,30
Купрум (II) гідроксид	$Cu(OH)_2$	$3,4 \cdot 10^{-7}$	6,47
Плюмбуму (II) гідроксид	$Pb(OH)_2$	$K_1$	$9,55 \cdot 10^{-4}$
		$K_2$	$3,0 \cdot 10^{-8}$
Аргентуму гідроксид	$AgOH$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	2,30
Цинку гідроксид	$Zn(OH)_2$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	4,4

**Приклад 10.** Визначте середній час знаходження парів води в атмосфері, якщо за оцінками спеціалістів в атмосфері міститься  $12900 \text{ км}^3$  води, а на поверхню суші і океану випадає у вигляді атмосферних опадів в середньому  $577 \cdot 10^{12} \text{ м}^3$  в рік.

Розв'язання: Середній час знаходження компонентів в атмосфері в умовах динамічної рівноваги можна визначити за рівнянням:

$$\tau = \frac{A}{Q}$$

де  $\tau$  – час перебування речовини в атмосфері, в одиницях часу;

$A$  – кількість речовини в атмосфері, в одиницях маси;

$Q$  – швидкість надходження або виведення речовини з атмосфери, в одиницях маси на одиницю часу.

$$\tau = \frac{12900 \cdot 10^9}{577 \cdot 10^{12}} = 2,24 \cdot 10^{-2} \text{ роки} = 8,2 \text{ доби,}$$

де  $10^9$  – коефіцієнт переводу кубічних кілометрів в кубічні метри.

Відповідь: середній час знаходження води в атмосфері складає 8,2 доби.

**Приклад 11.** Використовуючи дані табл. 5 виразіть вміст головних катіонів і головних аніонів морської води в проміле і ммоль на літр ( $\text{дм}^3$ ).

Розв'язання: Приведені в табл. 5 значення концентрацій головних компонентів морської води виражені в  $\text{млн}^{-1}$ , тобто показують кількість міліграмів відповідного іона на 1кг розчину. Концентрація, виражена в проміле, характеризує кількість грамів речовини в 1 кг розчину. Тому для переводу концентрації, вираженої в  $\text{млн}^{-1}$ , 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 ( $\text{дм}^3$ ) 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  $1 \text{ кг/дм}^3$ ), і на 1000 (для переводу моль в ммоль):

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

Одержані результати концентрацій представлені у таблиці 4:

Таблиця 4 – Середній склад природних вод

Компонент	Вміст в морській воді		
	млн <sup>-1</sup>	С (‰)	С (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 4.

**Приклад 12.** 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 5.

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:



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

Таблиця 5 – 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:

$$\text{CO}_2(1000) M(34/592,1) \frac{\text{Cl}^-(90,3)\text{SO}_4^{2-}(9,3)}{\text{Na}^+(77,4)\text{Mg}^{2+}(17,6)\text{Ca}^{2+}(3,6)\text{K}^+(1,7)}$$

*Відповідь:* дивись формулу.

**Приклад 13.** 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  $459,1 \text{ ммоль/дм}^3$ , а вміст іонів Хлору –  $534,6 \text{ ммоль/дм}^3$ , 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):

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

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 14.** 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  $1000 \text{ г/дм}^3$ ; в) при експериментальному визначенні мінералізації всі гідрогенкарбонат-іони перейдуть в карбонат-іони, а вся решта іонів утворює безводні солі, стійкі при  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ ?

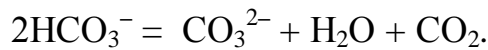
Розв'язання: За умовою задачі склад природної води відповідає середньому складу води в річках. Вміст домішок в цій воді, складає (млн<sup>-1</sup>):  $\text{Ca}^{2+} - 20$ ;  $\text{Na}^+ - 5,8$ ;  $\text{Mg}^{2+} - 3,4$ ;  $\text{K}^+ - 2,1$ ;  $\text{HCO}_3^- - 35$ ;  $\text{SO}_4^{2-} - 12$ ;  $\text{Cl}^- - 5,7$ .

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

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

Вміст домішок в природній воді відповідно буде складати (в г/дм<sup>3</sup>):  
 $\text{Ca}^{2+} - 2,0 \cdot 10^{-2}$ ;  $\text{Na}^+ - 5,8 \cdot 10^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{2+} - 3,4 \cdot 10^{-3}$ ;  $\text{K}^+ - 2,1 \cdot 10^{-3}$ ;  $\text{HCO}_3^- - 3,5 \cdot 10^{-2}$ ;  
 $\text{SO}_4^{2-} - 1,2 \cdot 10^{-2}$ ;  $\text{Cl}^- - 5,7 \cdot 10^{-3}$ .

За умовою задачі при визначенні мінералізації іони  $\text{HCO}_3^-$  повністю перейдуть в іони  $\text{CO}_3^{2-}$ . 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  $\text{CO}_3^{2-}$ , що утворюються, можна визначити за рівнянням:

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

де  $[\text{CO}_3^{2-}]$  і  $[\text{HCO}_3^-]$  – концентрація карбонат- і гідрогенкарбонат-іонів відповідно, г/дм<sup>3</sup>;

$M_{\text{CO}_3^{2-}}$  та  $M_{\text{HCO}_3^-}$  – молярні маси карбонат- і гідрогенкарбонат-іонів, г/моль.

Концентрація іонів  $\text{CO}_3^{2-}$ , 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  $\text{HCO}_3^-$ , утворюють безводні солі, стійкі при 105 °С, а гідрогенкарбонат-іони переходять в іони  $\text{CO}_3^{2-}$  і також утворюють стійкі солі, значення мінералізації можна визначити по сумі концентрацій іонів  $\text{CO}_3^{2-}$  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 г/дм<sup>3</sup>, ці води слід віднести до ультрапрісних.

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

**Приклад 15.** 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. 6):

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

$$C_{HCO_3^-} = 2,3 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

$$C_{Ca^{2+}} + C_{Mg^{2+}} > C_{HCO_3^-}$$

Отже, морська вода не відноситься до першого типу вод.

Порівняємо сумарну концентрацію аніонів  $HCO_3^-$  й  $SO_4^{2-}$  з сумарною концентрацією катіонів Кальцію і Магнію в морській воді:

$$C_{HCO_3^-} + C_{SO_4^{2-}} = 2,3 + 55,2 \text{ ммоль-екв/дм}^3;$$

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

$$C_{HCO_3^-} + C_{SO_4^{2-}} < C_{Ca^{2+}} + C_{Mg^{2+}}$$

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

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

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

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

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 16.** Визначте значення загальної і карбонатної твердості для середнього складу річкової води (табл. 5). Відповідь дайте в моль на дм<sup>3</sup> (літр), німецьких, французьких і американських градусах твердості. До якої групи вод за величиною твердості слід віднести ці води? Прийняти густину води рівної 1 кг/дм<sup>3</sup>.

Розв'язання: Величину загальної твердості води можна визначити, знаючи концентрацію іонів  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  у воді, виражену в мг/дм<sup>3</sup>. 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 мг-екв/дм<sup>3</sup>. 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. 6 представлені значення концентрації іонів Кальцію і Магнію, виражена в млн<sup>-1</sup>.

Таблиця 6 – 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 1кг/дм<sup>3</sup>, значення концентрації іонів становлять  $[Ca^{2+}] = 20,0$  мг/дм<sup>3</sup> і  $[Mg^{2+}] = 3,4$  мг/дм<sup>3</sup>. Загальна твердість води складе:

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

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

$f_{Ca}$ ,  $f_{Mg}$  – 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. 7). 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>):

$$T_{\text{карб}} = [HCO_3^-] / (M f), \text{ моль/м}^3$$

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  $1 \text{ моль/м}^3$  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  $1,28 \text{ моль/м}^3$ , що відповідає 3,6 німецьких градусів твердості, 6,4 французьких градусів твердості, 64 американських градусів твердості. Карбонатна твердість цієї води  $T_{\text{карб}} = 0,57 \text{ (моль/м}^3)$ . Цю воду слід віднести до групи дуже м'яких вод.

### 2.2.3. Задачі для виконання міжсесійної контрольної роботи з розділу I

#### Варіант 1.

А) Як відомо, будь-яка речовина складається з хімічних елементів, які за своїм розповсюдженням і роллю у біосфері суттєво відрізняються один від одного. З наведених нижче елементів, що містяться в організмі людини, виберіть: а) біогенні; б) домішкові; в) мікроелементи; г) макроелементи: С, N, Са, Нg, Cd, О, Н, Mg, S, Zn, Fe, Na, K, Cu, Cl, Мо, Р, І. Надати стисло характеристику цим елементам та визначити до якого ряду біологічного поглинання відносяться ці хімічні елементи відповідно до табл. 7.

Таблиця 7 – Ряди біологічного поглинання

<i>Групи елементів</i>	<i>За О.І. Перельманом</i>	<i>Для (рослина 1)</i>	<i>Для (рослина 2)</i>
Енергійного накопиченню (КБП = 10-100)	–		
Сильного накопичення (КБП = 1-10)	Sr, Zn, В		
Середнього захоплення (КБП = 0,1-1)	Mn, Ni, Cu, Pb, Мо		
Слабкого і дуже слабкого захоплення (КБП < 0,1)	Ti, V, Cr		

Б) 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 °С.

В) Рослина з листовою поверхнею 1дм<sup>2</sup> засвоює за одну годину з атмосферного повітря біля 50 мг СО<sub>2</sub>, а з повітря, що містить 5 % вуглекислого газу, - 110 мг. Яка маса глюкози асимілюється за 1 годину в першому і другому випадку? Який об'єм кисню виділяється при цьому в повітря? Для розв'язання задачі скласти рівняння фотосинтезу глюкози.

### Варіант 2.

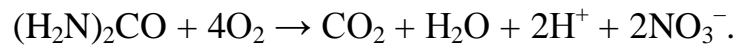
А) В процесі господарської діяльності людина здійснює глобальні зміни в природі, зокрема порушує природний баланс кругообігу елементів в біосфері. Використовуючи дані таблиці 8, розрахуйте фактор техногенного збагачення елементів (EF). Порівняйте EF елементів, що мають найбільше значення цього показника, з середнім вмістом їх в земній корі. Зробіть відповідні висновки.

Таблиця 8 – Природні і техногенні потоки хімічних елементів

Елемент	Емісія, 10 <sup>8</sup> т/рік		EF
	природна	техногенна	
Ag	0,6	50	
As	28	780	
Cd	2,9	55	
Cr	580	940	
Cu	190	2600	
Hg	0,4	110	
Mn	6100	3200	
Co	70	50	
Mo	11	510	
Ni	280	980	
Pb	40	4000	
Sn	52	430	
V	650	2100	
Zn	360	8400	

**Б)** 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  $H^+$  в першій пробі більше (або менше), ніж в другій?

**В)** Сечовина  $(H_2N)_2CO$  – 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  $1000 \text{ дм}^3$  у разі потрапляння до неї 30 г цієї сечовини.

### **Варіант 3.**

**А)** Електростанція, що працює на вугіллі, виділяє на кожну ГВт-годину енергії, що виробляється, 964 т  $CO_2$  (з врахуванням видобутку палива, будівництва і експлуатації), на нафті – 762 т  $CO_2$ , на природному газі – в 1,5 рази менше, ніж на нафті, а викиди  $CO_2$  при будівництві сонячно-теплової електростанції в 134 рази менше, ніж для працюючої на газу. Розрахуйте, скільки тонн  $CO_2$  виділяє електростанція, що використовує енергію Сонця. Яка з вказаних електростанцій вносить більший «внесок» в розвиток глобального потепління по даному парниковому газу?

**Б)** До основних забруднювачів атмосфери відноситься діоксид сульфуру, який має як природне (12 %), так і антропогенне походження (88 %). Загальнопланетарне техногенне надходження  $SO_2$  складає 147 млн т за рік. Із загальної кількості сірчистого газу, що надходить в атмосферу Землі, біля 40 % припадає на долю нафтопродуктів. Скільки тонн це складає?

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

### **Варіант 4.**

**А)** При обстеженні двох груп робочих, що виконували ремонтні роботи на міських вулицях А і Б, були виявлені наступні симптоми: у робочих групи А – зниження здатності до сприйняття звукових сигналів, послаблення здатності розрізняти збільшення яскравості світла; у



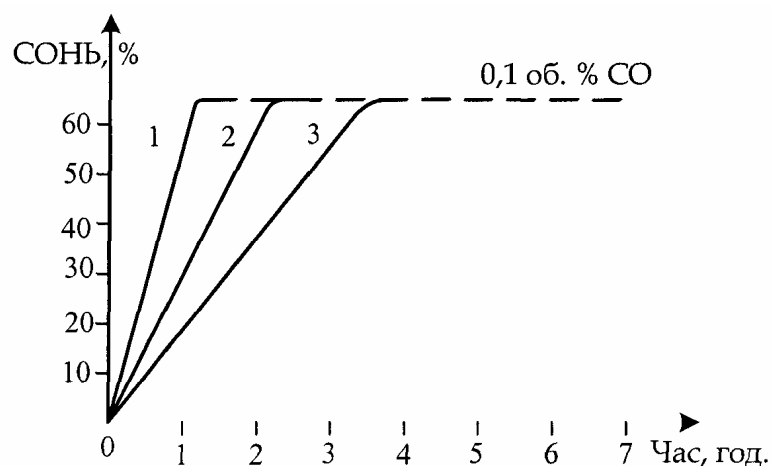
робочих групи Б – порушення навиків керування автомобілем, ослаблення реакції на появу стоп-сигналів і на швидкість автомобілю, що рухається попереду. Використовуючи інформацію про ознаки отруєння монооксидом Карбону, дані табл. 9 і 10, розрахуйте, у скільки разів була перевищена ГДК цього газу на вулицях А і Б цього міста.

Таблиця 9 – **Ознаки отруєння монооксидом Карбону при високому вмісті карбоксигемоглобіну в крові (за Г. Феленбергом)**

<i>Концентрація CO в повітрі, % об.</i>	<i>Вміст СОНЬ в крові, %</i>	<i>Клінічні симптоми</i>
0,006	10	Ослаблення зору, легкій головний біль
0,013	20	Біль у голові і тілі, втомлюваність, тимчасова втрата свідомості
0,020	30	Втрата свідомості, параліч, порушення дихання і життєдіяльності
0,066	50	Повна втрата свідомості, параліч, припинення дихання
0,075	60	Протягом однієї години настає смерть

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

**В)** Швидкість зв'язування гемоглобіну з чадним газом залежить не тільки від концентрації CO в повітрі, але і від інтенсивності обміну речовин в організмі людини, в тому числі і від частоти дихання. Час насичення гемоглобіну оксидом Карбону (II) залежить від фізичного навантаження.



1 - важка робота (інтенсивність дихання 30л/хв.); 2 - легка робота (інтенсивність дихання 20л/хв.); 3 - спокій (інтенсивність дихання 10 л/хв.)

Рис. 2 – Насичення гемоглобіну CO при різному фізичному навантаженні

Наприклад, при надходженні в легені в стані спокою повітря об'ємом  $10 \text{ дм}^3/\text{хв}$  із вмістом  $\text{CO}$   $0,1 \text{ об. \%}$  насичення досягається через 6 годин, при важкій роботі і інтенсивності дихання  $30 \text{ дм}^3/\text{хв}$  воно досягається менш ніж за 2 години (рис. 2.).

Таблиця 10 – Вплив концентрації  $\text{CO}$  в повітрі на вміст карбосигемоглобіну в крові (за П. Ревеллем, Ч. Ревелем)

Концентрація $\text{CO}$ в повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$	Частка карбосигемоглобіну в крові, %	Концентрація $\text{CO}$ в повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$	Частка карбосигемоглобіну в крові, %
0	0,4	40	5,4
5	1,0	45	6,0
10	1,6	50	6,6
20	2,9	60	7,8
30	4,1		

Визначте, яку частку (у %) складе вміст карбосигемоглобіну в крові при вдиханні протягом 1 години повітря з концентрацією в ньому  $0,1 \text{ об. \%}$  при виконанні а) важкої роботи; б) легкої роботи; в) в стані спокою. Які порушення здоров'я (див. табл. 11) при цьому будуть спостерігатися?

#### Варіант 5.

- А) На автостраді великого міста в полудень концентрація  $\text{O}_3$  склала  $0,3 \text{ мг}/\text{м}^3$ . У скільки разів це значення перевищило ГДК озону для людини і критичний поріг для рослин? Які порушення здоров'я може викликати забруднення повітря озоном в такій концентрації?
- Б) В промислових районах і містах іноді спостерігається концентрація  $\text{NO}_2$   $0,4\text{-}0,8 \text{ мг}/\text{м}^3$ , при утворенні фотохімічного смогу –  $1 \text{ мг}/\text{м}^3$ . У скільки разів ці значення перевищують поріг виявлення  $\text{NO}_2$ , ГДК<sub>мр</sub> і ГДК<sub>сд</sub>. Які сенсорні і функціональні ефекти спостерігається при впливі таких концентрацій на людину?
- В) За даними, що наведені в табл. 11, 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 11

Природна вода	рН	Вміст головних іонів, $\text{мг}/\text{дм}^3$					
		$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$
	7,3	180	15	20	30	13	30

### Варіант 6.

- А) Напишіть формули фреонів Ф-21, Ф-113, Ф-123. Розташуйте фреони в порядку зростання їх впливу на руйнацію озону в атмосфері. Дайте пояснення екологічного впливу фреонів на природу.
- Б) За даними, що наведені в табл. 12, 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 12

Природна вода	рН	Вміст головних іонів, мг/дм <sup>3</sup>					
		$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$
	7,3	830	66	14	249	35	83

- В) Яка кількість (в мг/дм<sup>3</sup>) 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 ммоль/дм<sup>3</sup>, рН = 7. В процесі фотосинтезу рН збільшилося до значення 10,5. Процес протікав при нормальному тиску й температурі 298 К.

### Варіант 7.

- А) Визначте масу азоту в атмосфері, якщо прийняти, що весь вклад в масу атмосфери вносять тільки такі квазіпостійні компоненти повітря як азот, кисень й аргон, а об'ємна концентрація цих газів у всьому об'ємі повітря відповідає значенням, характерним для приземного шару атмосфери.
- Б) У скільки разів кількість молекул кисню в кубічному сантиметрі повітря на вершині Евересту (8848 м) менше, ніж середнє значення біля поверхні Землі на рівні моря при атмосферному тиску 100 кПа і температурі повітря 10 °С?
- В) Середній склад води в озері (млн<sup>-1</sup>):  $\text{Na}^+$  – 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?

### Варіант 8.

- А) Оцініть кількість кисню, який щорічно надходить в атмосферу Землі. Прийняти, що час перебування кисню в атмосфері складає 5000 років, а весь вклад в масу атмосфери вносять тільки такі квазіпостійні компоненти повітря, як азот, кисень й аргон, об'ємна концентрація яких у всьому об'ємі повітря відповідає значенням, характерним для приземного шару атмосфери.
- Б) Кількість метану який потрапляє щорічно з поверхні Землі в атмосферу становить 550 млн т. Середній вміст метану в шарі атмосфери, на який припадає 90 % її маси, становить  $1,7 \text{ млн}^{-1}$ . Визначте час перебування метану в цьому шарі атмосфери, якщо прийняти, що в інших частинах атмосфери він відсутній.
- В) Визначте значення загальної й карбонатної твердості для середнього складу атмосферних опадів. Відповідь дайте в молях на  $\text{дм}^3$  (літр), німецьких, французьких і американських градуссах твердості. До якої групи вод за величиною твердості потрібно віднести ці води?

### Варіант 9.

- А) Оцініть час перебування аміаку в атмосфері, якщо його концентрація приймається рівною  $0,005 \text{ мг/м}^3$ , а інтенсивність надходження оцінюється в 74 млн т/рік в перерахунку на Нітроген.
- Б) Використовуючи дані табл. 5, виразіть вміст головних катіонів і головних аніонів для середнього складу річкової води в ммольях на  $\text{дм}^3$  (літр), ммоль-екв на літр і грамах на  $\text{дм}^3$  (літр).
- В) Представте у вигляді формули середній склад річкової води, в якій концентрація розчиненого діоксиду карбону складає  $1020 \text{ мг/дм}^3$ .

### Варіант 10.

- А) За даними хімічного аналізу підземної води визначте відповідно до класифікацій Альокіна, Суліна, Щукарєва і Курлова тип і групу, до яких вона належить: мінералізація –  $2,5 \text{ г/дм}^3$ ; вміст  $\text{CO}_2$  –  $0,2 \text{ г/дм}^3$ ;  $\text{Na}^+$  – 30,2 %-екв;  $\text{Cl}^-$  – 14,3 %-екв;  $\text{Ca}^{2+}$  – 57,3 %-екв;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 47,8 %-екв;  $\text{Mg}^{2+}$  – 12,5 %-екв;  $\text{HCO}_3^-$  – 37,9 %-екв. Охарактеризуйте генетичні умови формування її хімічного складу.
- Б) 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  $200^{-1}$  млн? На скільки одиниць змінилося значення рН до теперішнього часу при вмісті  $\text{CO}_2$  в атмосферному повітрі 0,035 % (об.)? Прийняти температуру повітря рівною 298 К, тиск 101,3 кПа, а парціальний тиск парів води 0,031 атм.

В) Запишіть формули фреонів – фторхлорвуглеводнів:

а)  $\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{F}$ ; б)  $\text{CF}_3\text{CHCl}_2$ ; в)  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ; г)  $\text{CHF}_2\text{Cl}$ .

Який з цих фреонів найбільш небезпечний для озонового шару. Дайте стислі характеристики фреонам.

### 2.3 Методичні вказівки до розділу 2 «ВПЛИВ РІЗНОМАНІТНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН НА СТАН ҐРУНТУ. ПРИЧИНИ, ХАРАКТЕР, НАСЛІДКИ ХІМІЧНИХ КАТАСТРОФ»

Метою вивчення другого розділу є процеси переносу, накопичення і трансформації речовин в навколишньому середовищі при хімічному забрудненні його.

Усі присутні у біосфері хімічні речовини як природного, так й антропогенного походження складають хемосферу. Із природних джерел людиною синтезовано та виділено близько бмлн хімічних речовин. Ця цифра щороку збільшується на 5 %. Серед таких речовин антропогенного характеру є мутагени, канцерогени, терратогени. Одним із найважливіших завдань хімічної екології є дослідження перетворень, які відбуваються з речовинами в екосистемах різного ієрархічного рівня, біотрансформації антропогенних речовин та механізмів їх шкідливої дії на організми, екосистеми та біосферу в цілому.

Речовина, один раз потрапивши в навколишнє середовище, може переноситися в незміненому вигляді чи трансформуватися в ході фізичних процесів, зазнавати хімічної трансформації, піддаватися біотрансформації. В узагальненому вигляді ці процеси можуть бути представлені в такий спосіб:

- транспорт (перенесення хімічної речовини і її міжсередовищні переходи);
- фізична трансформація (випаровування, осадження тощо);
- хімічна трансформація (фотоліз, гідроліз, окиснення чи відновлення тощо);
- біологічна трансформація (біотрансформація);
- акумуляція в одному або декількох середовищах.

Поведінка речовини в навколишньому середовищі визначається багатьма факторами:

- особливостями поведінки її в повітрі, воді, ґрунті і біологічних

середовищах;

- можливістю сорбуватися або залишатися на поверхні;
- принциповими механізмами обміну і переміщення в кожному об'єкті природного середовища;
- реакціями з іншими складовими навколишнього середовища;
- тривалістю перебування речовини в кожному об'єкті природного середовища і характером зміни концентрацій з часом в кожному з них;
- продуктами перетворення або розкладання речовин, які можуть утворюватися в природному середовищі, ступенем їх екологічної і біологічної небезпеки; поведінкою цих продуктів в природному середовищі;
- можливістю встановлення динамічної рівноваги концентрації речовини в природному середовищі або в окремих її об'єктах;
- характером поширення речовини в природному середовищі і окремих об'єктах, різними видами і формами речовини, особливостями різних кліматогеографічних районів і ландшафтних умов, різним часом доби або сезоном.

Важливе значення для оцінки шляхів міграції та трансформації хімічної речовини в природному середовищі мають її фізико-хімічні властивості і характеристики досліджуваної зони (наприклад, особливості будови ґрунту – глибина залягання прикореневої зони, ґрунтових вод тощо).

Оскільки склад поверхні Землі завдяки процесам розсіювання та концентрування хімічних елементів неоднорідний, на ній виявляються території з підвищеним або пониженим вмістом тих або інших хімічних елементів. Ці області, що відрізняються від сусідніх областей вмістом хімічних елементів (сполук) і, внаслідок цього, викликають різну біологічну реакцію з боку місцевої флори і фауни, отримали назву біогеохімічних провінцій. Вміст елементів в цих провінціях може бути вище або нижче їх біологічного оптимуму. Доведено, що від хімічного елементного складу навколишнього середовища залежить морфологічна і фізіологічна мінливість організмів, їх розмноження, зростання і розвиток. В процесі еволюції організми адаптувалися до певного хімічного складу середовища. Тому порушення балансу хімічних елементів в середовищі, як це відбувається в біогеохімічних провінціях, викликає патологічні зміни в рослинах, організмі тварин і людини. Біогеохімічні провінції є центрами вираженої мінливості обміну речовин організмів. В екстремальних геохімічних умовах можливі мутації різних організмів і загострений природний відбір, внаслідок чого можуть виникати популяції з новими біохімічними і морфологічними ознаками. Істотну роль відіграють такі чинники, як чутливість видів або індивідуумів в межах популяцій, а також

можливість накопичення мікроелементів і процес синтезу елементоорганічних сполук.

Біологічні реакції організмів на зміну геохімічних чинників можуть виявлятися в наступних формах:

- а) толерантності (приспосованості);
- б) утворенні нових рас, видів, підвидів;
- в) ендемічних захворювань;
- г) загибель організмів.

Останні дві форми виявляються у випадках різкої нестачі або надмірності якого-небудь елемента в середовищі.

Небезпека сучасної екологічної ситуації полягає в тому, що порушуються численні механізми гомеостазу, якщо не в біосфері, то у великих екосистемах, наслідком яких є регіональні кризи. В стадію глобальної кризи біосфера, на щастя, поки що не вступила. Проте окремі великі збурення вона вже гасити не в змозі. Наслідком цього є або розпад екосистеми (збільшуються площі спустошених земель), або поява нестійких агроценозів чи урбанізованих (міських) комплексів.

Серед речовин антропогенного походження, що негативно впливають на біосферу, найбільше значення мають закислюючі агенти (оксиди Карбону, Сульфуру, Нітрогену), фотооксиданти (пероксиацетилнітрат, пероксибензоїлнітрат та ін.), метали і металоїди (Меркурій, Кадмій, Плюмбум, Арсен та ін.), а також їх сполуки, органічні полютанти (пестициди, нафтопродукти), компоненти мінеральних добрив (проблеми забруднення навколишнього середовища і рослинницької продукції нітратами), радіонукліди.

Коли сумарне антропогенне навантаження перевищує стійкість ландшафту, його здатність до самоочищення, виникають гострі екологічні ситуації. Ступінь екологічної небезпеки відтворює міра відхилення певних параметрів (ознак, факторів), які характеризують стан природного середовища, від їх установлених (оптимальних, допустимих) значень, у сучасному екологічному картографуванні прийнято 5 градацій територій за ступенем гостроти екологічної ситуації: задовільна, напружена, критична, кризова (зона надзвичайної екологічної ситуації) і катастрофічна (зона екологічного лиха). Критерії оцінки екологічної обстановки за геохімічними показниками наведені в табл. 19.

Важливу роль у формуванні екологічної ситуації (забруднення і самоочищення) ландшафтів міст відіграють природні й антропогенні фактори.

Основні природні фактори, які визначають характер самоочищення ландшафтів, наведено в табл. 13.

Таблиця 13 – Фактори самоочищення ландшафтів

<i>Атмосфера</i>	<i>Поверхневі і ґрунтові води</i>	<i>Ґрунти</i>
Температура повітря	Температура води	Температура верхнього шару ґрунту
Сонячна радіація	Сонячна радіація	Сонячна радіація
Кількість опадів	Кількість опадів	Кількість опадів
Вітер	Швидкість течії	Характер та інтенсивність біологічного кругообігу
Кількість штилів	Окисно-відновні і кислотно-лужні умови	Окисно-відновні (Eh) і кислотні (pH) умови
Температурні інверсії в приземному шарі атмосфери	Механічний і мінералогічний склад ґрунту і ґрунтоутворюючих порід	Вміст гумусу і його якісний склад
Фотосинтетична активність біоценозів	Характер залягання ґрунтових вод	Механічний склад ґрунту
Висота і густота деревостою	Біохімічна активність живої речовини	Ємність поглинання

Розрахунок орієнтовного сумарного навантаження по Нітрогену і Сульфурі в зоні дії промислового підприємства при відомих концентраціях в приземному шарі оксидів Нітрогену і Сульфурі проводять за формулою:

$$P_{N,S} = C_{N,S} \cdot V_t \cdot K,$$

де  $P_{N,S}$  – питома навантаження по Сульфурі і Нітрогену,  $\text{кг}/\text{км}^2 \cdot \text{добу}$ ;

$C_{N,S}$  – сумарна концентрація N або S, розрахована виходячи з частки цих елементів (по масі) в сполуках,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$V_t$  – швидкість випадання, рівна 0,125  $\text{см}/\text{с}$ ;

$K$  – безрозмірний коефіцієнт пропорційності, рівний 864.

При цьому еталонами слугують нормовані навантаження по окремим домішкам (табл. 14).

Критичне навантаження по Нітрогену приймається рівним  $1 \text{ т}/\text{км}^2 \cdot \text{рік}$ , по Сульфурі -  $2 \text{ т}/\text{км}^2 \cdot \text{рік}$ .



Таблиця 14 – Критичні навантаження по речовинам, що впливають на рослинність і водні екосистеми

<i>Показники</i>	<i>Критичні навантаження, т/км<sup>2</sup>·рік</i>		
	<i>Параметри</i>		<i>Норма</i>
	<i>Екологічне лихо</i>	<i>Надзвичайна екологічна ситуація</i>	
Сполуки Сульфуру	>5	3-5	<0,32
Сполуки Нітрогену	>4	2-4	<0,28

Для комплексної оцінки якості урбанізованої території слід застосовувати сумарні екологічні навантаження за всіма забруднюючими речовинами, які є непрямим критерієм якості території промислового міста (табл. 15)

Таблиця 15 – Оцінка якості території по величині сумарного екологічного навантаження

<i>Значення сумарних екологічних навантажень, т/км<sup>2</sup> рік</i>	<i>Характеристика території</i>
0-50	Порівняно чиста територія
50-100	Помірно забруднена територія
100-200	Сильно забруднена територія
>200	Територія з перевищенням гранично допустимого навантаження

Таблиця 16 – Критерії еколого-геохімічної оцінки територій

<i>Показники</i>	<i>Параметри</i>				
	<i>катастрофічна</i>	<i>кризова</i>	<i>критична</i>	<i>напружена</i>	<i>задовільна</i>
<i>Забруднення питної води</i>					
Вміст речовин 1-го класу небезпеки (Be, Hg), ГДК	>3	2-3	1,5-2	1-1,5	<1
Вміст речовин 2-го класу небезпеки (Al, Ba, B, Cd, Mo, As, Pb, Sr), ГДК	>10	5-10	3-5	1-3	<1
Вміст речовин 3-4-го класів небезпеки (Ni, Cr, Cu, Mn, Zn), ГДК	>15	10-15	5-10	1-5	<1

Продовження таблиці 16					
Забруднення ґрунтів селітебних територій					
Zc	>128	64-128	32-64	16-32	<16
Забруднення поверхневих вод					
Вміст речовин 1-2 класів небезпеки, ГДК	>10	5-10	3-5	1-3	<1
Вміст речовин 3-4 класів небезпеки, ГДК	>100	50-100	20-50	1-20	<1
Забруднення ґрунтів					
Вміст речовин 1 класу небезпеки (As, Cd, Hg, Pb, Zn), ГДК	>3	2-3	1,5-2	1-1,5	<1
Вміст речовин 2 класу небезпеки (B, Co, Ni, Mo, Cu, Cr), ГДК	>10	5-10	3-5	1-3	<1
Вміст речовин 3 класу небезпеки (V, Mn), ГДК	>20	10-20	5-10	1-5	<1
Частка забрудненої с/г продукції, % від перевіреної	>50	25-50	10-25	5-10	<5

Для підготовки до практичних занять необхідно використовувати наступну літературу:

- Умови формування хімічного складу ґрунтів та їх класифікація. Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори впливу на літосферу: фізико-географічні фактори, геологічні фактори, фізико-хімічні фактори, біологічні фактори, антропологічні фактори. Основна література [1] С.84-85, 91-94; [2] С.103-114; [4] С.49-53. Додаткова література [15] С.446-460, 477-487.
- Природні ґрунти – багатокомпонентна система. Будова і склад літосфери. Вплив природних умов на якісний та кількісний вміст макро- і мікроелементів. Макроелементи. Біогенні елементи. Мікроелементи. Радіоактивність природних ґрунтів. Органічні речовини. Забруднюючі речовини. Основна література [1] С.38-67; [9] С.135-140. Додаткова література [25] С.151-160.
- Родючість ґрунту та проблеми його збереження. Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на ґрунти. Властивості ґрунту, фізико-хімічні процеси в ґрунтах, як складової частини ландшафту та життєвого простору. Антропогенні та кислотні забруднення ґрунту, основні хімічні наслідки забруднення та їх вплив на розвиток рослин. Основна література [2] С.103-125; [9] С.140-148. Додаткова література [25] С.160-188.
- Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на природу. Речовини, які розповсюджені у

навколишньому середовищі та негативно впливають на нього. Продукти харчування і харчові добавки. Токсичність предметів побуту, продуктів харчування, харчових добавок. Токсини природного походження. Основна література [1] С.161-173; [4] С.54-58; 9, 166-184. Додаткова література [25] С. 291-301; [27] С.175-183.

- Хімічні катастрофи та екологія. Радіоактивність. Джерела штучної радіонуклідної активності в природному середовищі. Радіоекологія. Ядерна зброя і ядерний вибух. Атомні електростанції. Методи знешкодження радіоактивного впливу на навколишнє середовище. Основна література [1] С.175-185; [9] С.205-214. Додаткова література [25] С.245-266, 287-290; [27] С.158-170, 227-242.

### 2.3.1 Питання до контрольної роботи після вивчення тем розділу II

11. А) Умови формування хімічного складу ґрунтів та їх класифікація.  
Б) Хімічні катастрофи та екологія.  
В) Охарактеризуйте шляхи трансформації хімічних речовин в навколишньому середовищі. Які фактори визначають поведінку забруднюючих речовин в навколишньому середовищі?
12. А) Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори впливу на літосферу: фізико-географічні фактори, геологічні фактори, фізико-хімічні фактори, біологічні фактори, антропологічні фактори. Природні ґрунти – багатоконпонентна система. Будова і склад літосфери. Основні теорії формування сучасної Землі.  
Б) Радіоактивність. Джерела штучної радіонуклідної активності в природному середовищі. Радіоекологія.  
В) У чому суть явища біологічного накопичення токсичних речовин.
13. А) Вплив природних умов на якісний та кількісний вміст макро- і мікроелементів. Макроелементи. Біогенні елементи.  
Б) Радіоактивність природних ґрунтів.  
В) Які головні особливості фізико-хімічних процесів, що відбуваються в ґрунті? Які чинники можуть істотно впливати на інтенсивність цих процесів?
14. А) Глобальні екологічні явища і приклади аналізу токсикантів, негативного впливу токсичних речовин на ґрунти.  
Б) Ядерна зброя і ядерний вибух. Атомні електростанції.  
В) Які речовини можна використовувати для розкислювання ґрунтів?

15. А) Властивості ґрунту, фізико-хімічні процеси в ґрунтах, як складової частини ландшафту та життєвого простору.  
Б) Які ґрунти мають більшу величину ємності катіонного обміну і чому?  
В) В результаті яких процесів в ландшафті відбувається просторовий перерозподіл хімічних елементів? Якими геохімічними показниками характеризується розподіл елементів в геохімії ландшафту?
16. А) Антропогенні та кислотні забруднення ґрунту, основні хімічні наслідки забруднення та їх вплив на розвиток рослин.  
Б) Методи знешкодження радіоактивного впливу на навколишнє середовище.  
В) Охарактеризуйте стадії трансформації екосистем під впливом техногенезу. За якими геохімічними чинниками проводиться оцінка екологічної ситуації?
17. А) Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на природу.  
Б) Які фактори впливають на хімічний склад ґрунтів? Як можна оцінити роль біологічного кругообігу у формуванні хімічного складу ґрунтів?  
В) Як оцінюється інтенсивність водної міграції хімічних елементів?
18. А) Речовини, які розповсюджені у навколишньому середовищі та негативно впливають на нього.  
Б) Органічні речовини, які забруднюють ґрунти. Родючість ґрунту та проблеми його збереження.  
В) Охарактеризуйте основні природні фактори, які визначають самоочищення ландшафтів.
19. А) Токсичність предметів побуту, продуктів харчування, харчових добавок. Види і характеристика ГМО.  
Б) Чим характеризується інтенсивність та напрямок окисно-відновних процесів у ґрунті? Які фактори визначають окисно-відновний потенціал ґрунту.  
В) Проаналізуйте деформацію глобальних, регіональних і локальних біогеохімічних циклів в результаті господарської діяльності людини.
20. А) Токсини природного походження.  
Б) Дайте характеристику буферної здатності ґрунтів і її значення.  
В) В чому особливість біологічного кругообігу хімічних елементів? Назвіть відмінні риси біохімічного кругообігу в гідросфері і ґрунті.

Після засвоєння теоретичних питань з розділу 2, самостійної роботи, студенти зможуть добре підготуватись до семестрової контрольної роботи та змістовного практичного модулю «ЗМ-П2».

Студенти повинні **вміти**:

- визначати основні біогеохімічні характеристики біогенних і забруднюючих речовин (коефіцієнт біологічного поглинання, міграційні потенціали Картледжа, біофільність);
- складати рівняння екологічних процесів, які відбуваються під час природних кругообігів хімічних елементів;
- визначати концентрацію водорозчинних солей в ґрунті;
- знати умови формування хімічного складу ґрунтів;
- визначати чинники, що впливають на інтенсивність фізико-хімічних процесів в ґрунті;
- давати характеристику буферної здатності ґрунтів та її значення;
- знати, які речовини можна використовувати для розкислення ґрунтів;
- характеризувати інтенсивність та напрямок окисно-відновних процесів у ґрунті та визначати фактори, що визначають окисно-відновний потенціал його;
- визначати величину ємності катіонного об'єму ґрунтів;
- розраховувати основні показники екологічного стану території за геохімічними показниками;
- характеризувати стадії трансформації екосистем під впливом техногенезу та знати геохімічні чинники за якими проводиться оцінка екологічної ситуації;
- характеризувати основні природні фактори, які визначають самоочищення ландшафтів;
- вміти давати екологічну класифікацію якості води річки за показниками та індексом забрудненості води;

### 2.3.2 Приклади розв'язання завдань до другого розділу дисципліни

**Приклад 1.** В 100 г дерново-підзолистого ґрунту в поглиненому стані міститься 240 мг рухомого Кальцію, 26 мг Магнію, 3,6 мг амонію, 1 мг рухомого Гідрогену і 2,7 мг Алюмінію. Розрахуйте ємність катіонного обміну.

**Розв'язання:** Ємність катіонного обміну (ЄКО) розраховуємо за формулою:

$$\text{ЄКО} = \frac{1}{m_H} \sum \left( \frac{m_i}{M_i} \cdot k \right),$$

де  $m_i$  – маса іонів в наважці, г;

$M_i$  – молярна маса іонів, г/моль;

$m_n$  – маса наважки, кг;

$k$  – коефіцієнт, що враховує величину заряду відповідного іона;

$$\begin{aligned} \text{ЄКО} &= \frac{1}{0,1} \left( \frac{240 \cdot 10^{-3}}{40} \cdot 2 + \frac{26 \cdot 10^{-3}}{24} \cdot 2 + \frac{3,6 \cdot 10^{-3}}{18} \cdot 1 + \frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{1} \cdot 1 + \frac{2,7 \cdot 10^{-3}}{27} \cdot 3 \right) = \\ &= 16 \cdot 10^{-2} \text{ моль зар./кг ґрунту} = 16 \text{ ммоль зар./кг ґрунту.} \end{aligned}$$

*Відповідь:* ЄКО = 16 ммоль зар./кг ґрунту.

**Приклад 2.** Уявіть, що чистий гумус має  $60 \cdot 10^{-2}$  моль карбоксильних груп на 1 кг, при чому усі вони мають рК = 4,0. Розрахуйте долю груп, які продисоціювали при рН = 3. Для фракцій, що продисоціювали, розрахуйте заряд, зв'язаний з гумусом, при даному значенні рН.

Розв'язання: Карбоксильні групи дисоціюють за наступною реакцією



Відповідно з цим рівнянням константа дисоціації визначається наступним співвідношенням:

$$K = \frac{[\text{RCOO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{RCOON}]}$$

де  $[\text{RCOO}^-]$ ,  $[\text{H}^+]$ ,  $[\text{RCOON}]$  – рівноважні концентрації.

Прийmemo, що  $x$  – рівноважна концентрація карбоксильних груп  $\text{RCOO}^-$ , що продисоціювали. Тоді у відповідності з хімічним рівнянням, вираз для константи дисоціації можна записати наступним чином

$$K = \frac{x \cdot [\text{H}^+]}{C_{\text{RCOON}-x}^0},$$

звідки

$$x = \frac{K \cdot C_{\text{RCOON}}^0}{[\text{H}^+] + K}$$

де  $C_{\text{RCOON}}^0$  – вихідна концентрація карбоксильних груп.

Як видно з формули, концентрація карбоксильних груп, що продисоціювали, залежить від концентрації присутніх в системі іонів Гідрогену (рН).

При рН = 3 концентрація  $[\text{H}^+] = 10^{-3}$  М, а концентрація  $[\text{RCOO}^-]$  складає:

$$[\text{RCOO}^-] = 10^{-4} \cdot 60 \cdot 10^{-2} / (10^{-3} + 10^{-4}) = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ моль/кг.}$$

Доля карбоксильних груп, що про дисоціювали при  $pH = 3$ , є відношення концентрації  $[RCOO^-]$  до вихідної концентрації карбоксильних груп.

$$w = \frac{[RCOO^-]}{C_{RCOON}^0};$$

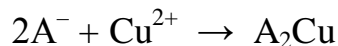
$$w = \frac{5,5 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-2}} = 0,09.$$

Оскільки заряд, зв'язаний з гумусом, визначається карбоксо-аніоном, а загальна величина заряду визначається його концентрацією, то шуканий заряд зв'язаний з карбоксильними групами при  $pH = 3$  дорівнює  $5,5 \cdot 10^{-2}$  моль зар./кг.

*Відповідь:* при  $pH = 3$  доля карбоксильних груп, що продисоціювали складає 0,09; заряд зв'язаний з гумусом складе  $5,5 \cdot 10^{-2}$  моль зар./кг.

**Приклад 3.** Доза Купруму, рекомендована для внесення в конкретний ґрунт, складає 115 мг/кг ґрунту. Якщо ґрунт містить 2,5 % гумусу з негативним зарядом 65 моль зар./кг гумусу і увесь Купрум міцно зв'язується гумусом при утворенні хелатних комплексів, який відсоток заряду гумусу нейтралізується?

*Розв'язання:* у відповідності з умовою задачі в ґрунті протікає наступна реакція



Таким чином, розв'язання задачі зводиться до визначення витрат одного із реагентів. Кількість моль Купруму, яка рекомендована для внесення в ґрунт, дорівнює:

$$n_{Cu} = \frac{m}{M},$$

де  $m$  – маса Купруму, яка вноситься в ґрунт, г/кг ґрунту;

$M$  – молярна маса атомів Купруму, г/моль.

$$n_{Cu} = \frac{115 \cdot 10^{-3}}{63,5} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ моль/кг ґрунту.}$$

Оскільки заряд катіону Купруму дорівнює +2, то сумарний заряд, який вноситься з Купрумом ( $q_{зар}$ ), буде дорівнювати подвійному числу моль атомів Купруму і складе  $1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 3,6 \cdot 10^{-3}$  моль зар./кг. Заряд зв'язаний з гумусом ( $q_{ґрунту}$ ), складає:

$$q_{ґрунту} = m_{гум} \cdot q_{гум}$$

де  $m_{гум}$  – маса гумусу в 1 кг ґрунту, г;

$q_{\text{гум}}$  – заряд, зв'язаний з гумусом, що міститься в 1 кг ґрунту.

$$q_{\text{ґрунту}} = 0,025 \cdot 65 = 1,625 \text{ моль зар./кг ґрунту.}$$

Відсоток який компенсувався зарядом ( $w$ ) складає:

$$w = \frac{3,6 \cdot 10^{-3}}{1,625} \cdot 100 \% = 0,22 \%$$

*Відповідь:* нейтралізується 0,22 % заряду гумусу.

**Приклад 4.** Ємність катіонного обміну ґрунту складає 25 ммоль зар./кг. 65 % ЄКО обумовлені іонами  $\text{H}^+$  і  $\text{Al}^{3+}$ . Розрахуйте кількість вапна (г  $\text{CaCO}_3$ /кг ґрунту), яка необхідна для нейтралізації цієї обмінної кислотності.

*Розв'язання:* Згідно умови задачі, кількість зарядів ( $q$ ), обумовлена іонами  $\text{H}^+$  і  $\text{Al}^{3+}$ , складає:

$$q = \text{ЄКО} \cdot w,$$

де  $w$  – частка заряду, обумовлена іонами  $\text{H}^+$  і  $\text{Al}^{3+}$ ;

$$q = 25 \cdot 10^{-2} \cdot 0,65 = 16,25 \cdot 10^{-2} \text{ моль зар./кг ґрунту.}$$

Необхідна кількість  $\text{CaCO}_3$  для нейтралізації з урахуванням того факту, що іони Кальцію несуть заряд (+2), визначається з наступної рівності:

$$\frac{1}{2} q = n_{\text{CaCO}_3} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{CaCO}_3}}.$$

Звідси

$$m_{\text{CaCO}_3} = \frac{q \cdot M_{\text{CaCO}_3}}{2};$$
$$m_{\text{CaCO}_3} = \frac{16,25 \cdot 10^{-2} \cdot 100}{2} = 8,1 \text{ г/кг ґрунту.}$$

*Відповідь:* для нейтралізації обмінної кислотності необхідне 8,1 г  $\text{CaCO}_3$ /кг ґрунту.

**Приклад 5.** Для ґрунту з буферною ємністю  $\text{БЄ} = 22$  ммоль  $\text{H}^+$ /(кг·рН) розрахуйте буферну ємність в кг  $\text{H}^+$ /(га·Н), вважаючи, що маса 1 га ґрунту дорівнює 2500 т. Якщо початковий ґрунт мав  $\text{pH}_1 = 5,0$ , визначте рН ґрунту після надходження іонів  $\text{H}^+$  з атмосфери і продукування їх в ґрунті в кількості до 3,5 кг  $\text{H}^+$ /(га·рік) протягом 10 років ( $\text{pH}_2$ ) і рН ґрунту ( $\text{pH}_3$ ) після наступного внесення 3,2 т/га вапняку, нейтралізуюча здатність якого складає 80%.



Розв'язання: Розрахуємо, з урахуванням зміни розмірності, буферну ємність:

$$\text{БЄ}[\text{кг Н}^+ / (\text{га} \cdot \text{рН})] = \text{БЄ}[\text{моль Н}^+ / (\text{кг} \cdot \text{рН})] \cdot m_{\text{грунту}} \cdot M_{\text{н}};$$

де БЄ – буферна ємність ґрунту, моль Н<sup>+</sup>/(кг·рН);

$m_{\text{грунту}}$  – маса ґрунтового шару площею 1 га, кг;

$M_{\text{н}}$  – молярна маса атомів Гідрогену, кг/моль.

$$\text{БЄ} = 22 \cdot 10^{-3} \cdot 2500 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 55 [\text{кг Н}^+ / (\text{га} \cdot \text{рН})].$$

Визначення рН ґрунту ґрунтується на рівнянні балансу з урахуванням продукування і надходження іонів Гідрогену з різних джерел. Маса іонів Гідрогену ( $m_{\text{н}}^+$ ), що надійшли в ґрунт, відповідно до умови задачі повинна дорівнювати:

$$m_{\text{н}}^+ = \text{БЄ} \cdot (\text{рН}_1 - \text{рН}_2).$$

Звідси можна отримати значення рН<sub>2</sub>:

$$\text{рН}_2 = \text{рН}_1 - \frac{m_{\text{н}}^+}{\text{БЄ}},$$

$$\text{рН}_2 = 5 - \frac{3,5 \cdot 10}{55} = 4,4$$

На цій стадії внесення 3,2 т СаСО<sub>3</sub> на 1 га ґрунту призводить до підвищення рН ґрунту до рН<sub>3</sub>:

$$m_{\text{СаСО}_3} \cdot w = \text{БЄ} \cdot k \cdot (\text{рН}_1 - \text{рН}_2),$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує величину заряду іона Кальцію, а також перерахунок буферної ємності за Гідрогеном на карбонат кальцію (див. приклад 4);

$w$  – враховує реальну нейтралізуючу здатність карбонату кальцію.

Звідси отримуємо:

$$\text{рН}_3 = \frac{m_{\text{СаСО}_3} \cdot w}{\text{БЄ} \cdot \frac{1}{2} \cdot M_{\text{СаСО}_3} + \text{рН}_2},$$

$$\text{рН}_3 = \frac{3,2 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{55 \cdot \frac{1}{2} \cdot 100 + 4,4} = 5,3.$$

*Відповідь:* БЄ = 55 кг Н<sup>+</sup>/(га·рН); рН<sub>2</sub> = 4,4; рН<sub>3</sub> = 5,3.

**Приклад 6.** Ґрунт – пориста система, що містить суміш газів (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, СО<sub>2</sub> та ін.), яка заповнює вільний від води поровий простір скелетної частини. Ґрунтове повітря має велике значення для ґрунтових процесів і росту рослин. Воно бере участь у хімічних та біохімічних процесах, які протікають у ґрунті, має вплив на окисно-відновні процеси в ґрунті, його

реакцію та розчинність, міграцію хімічних сполук по ґрунтовому профілю, розвиток і функціонування рослин і мікроорганізмів. Ґрунтове повітря важливе для вуглеводного живлення рослин.

Розрахуйте об'єм кисню, який містить в  $1 \text{ м}^3$  ґрунту (в  $\text{м}^3 \text{ O}_2/\text{м}^3$  ґрунту) за умови, що вміст кисню у ґрунтовому повітрі становить 18 % (об.). Об'єм пор в ґрунті, заповнених за нормальних умов повітрям, дорівнює  $0,32 \text{ см}^3/\text{см}^3$  ґрунту. Знайдіть масу кисню ( $\text{г}/\text{м}^3$  ґрунту), якщо температура ґрунту  $17^\circ\text{C}$ .

*Розв'язання:* Для розрахунку вмісту кисню в ґрунті необхідно прийняти, що об'єм повітря в ґрунті дорівнює об'єму пор. Звідси об'єм  $\text{O}_2$  у ґрунті ( $V_{\text{O}_2}$ ) визначається наступним співвідношенням:

$$V_{\text{O}_2} = V_{\text{пов}} \cdot W_{\text{O}_2},$$

де  $V_{\text{пов}}$  – об'єм ґрунтового повітря;

$W_{\text{O}_2}$  - об'ємна доля  $\text{O}_2$  в ґрунтовому повітрі.

Об'єм кисню у ґрунті становитиме:

$$V_{\text{O}_2} = 0,32 \cdot 0,18 = 0,058 \text{ см}^3/\text{см}^3 \text{ ґрунту} = 0,058 \text{ м}^3 \text{ O}_2/\text{м}^3 \text{ ґрунту}.$$

Для відповіді на друге запитання слід мати на увазі, що об'єм пор в ґрунті і тиск повітря залишаються сталими. Використовуючи рівняння Менделєєва-Клайперона

$$PV = \frac{m}{M}RT,$$

при постійності тиску і об'ємі, можна показати, що

$$m_1(\text{O}_1)T_1 = m_2(\text{O}_2)T_2,$$

де  $T_1, T_2$  – абсолютні температури;

$m_1(\text{O}_1), m_2(\text{O}_2)$  – маси кисню при температурах  $T_1$  і  $T_2$ .

Масу кисню при температурі  $T_1 = 273 \text{ K}$  визначимо з наступного співвідношення:

$22,4 \text{ м}^3 \text{ O}_2$  за нормальних умов відповідають масі кисню  $32 \text{ кг}$ ;

$0,058 \text{ м}^3 \text{ O}_2/\text{м}^3$  ґрунту відповідають масі кисню  $t_2 \text{ кг}/\text{м}^3$  ґрунту;

$$m_1(\text{O}_2) = \frac{0,058 \cdot 32}{22,4} = 0,083 \text{ кг}/\text{м}^3 \text{ ґрунту}.$$

Звідси маса кисню при температурі  $T_2 = 290\text{K}$ :

$$m_2(\text{O}_2) = \frac{0,083 \cdot 273}{290} = 78 \cdot 10^{-3} \text{ кг O}_2/\text{м}^3 \text{ ґрунту} = 78 \text{ г O}_2/\text{м}^3 \text{ ґрунту.}$$

*Відповідь:* об'єм кисню, який міститься в  $1\text{м}^3$  ґрунту, складає  $0,058\text{ м}^3$ , маса –  $78\text{ г}$ .

**Приклад 7.** Карбонати в ґрунтах визначають гравіметричним або титрометричним методом. Більш зручним і придатним для масових аналізів є титрометричний метод, який полягає в обробці твердої проби надлишком розчину соляної кислоти з наступним титруванням її залишку розчином лугу.

Наважка ґрунту масою  $10\text{ г}$  оброблена  $25\text{ см}^3$   $2\text{ М HCl}$ . По завершенню реакції надлишок кислоти відтитрували стандартним розчином  $\text{NaOH}$ . Розрахунки показують, що на реакцію з ґрунтом витрачається  $22,5\text{ см}^3$  кислоти. За умови, що кислота реагує тільки з  $\text{CaCO}_3$ , розрахуйте відсотковий вміст цієї речовини (по масі) в ґрунті. Якщо кислота реагує з доломітом  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , знайдіть відсотковий вміст цієї речовини в ґрунті.

Розв'язання: Соляна кислота взаємодіє з карбонатом кальцію за рівнянням:



Визначимо число моль кислоти яке прореагувало з  $\text{CaCO}_3$ :

$$n = C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}),$$

де  $C(\text{HCl})$  – концентрація соляної кислоти;

$V(\text{HCl})$  – об'єм кислоти, який пішов на взаємодію з ґрунтом ( $V = 2,25 \cdot 10^{-3}\text{ дм}^3$ ).

$$n = 2 \cdot 2,25 \cdot 10^{-3} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ моль.}$$

Згідно стехіометрії рівняння, число моль карбонату кальцію, що прореагувало з кислотою –  $2,25 \cdot 10^{-2}$  моль.

Маса  $\text{CaCO}_3$  в пробі ґрунту складе:

$$m = M \cdot n,$$

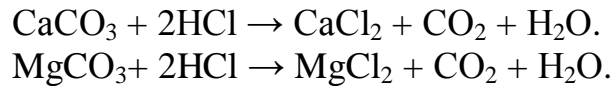
де  $M$  – молярна маса  $\text{CaCO}_3$ .

$$m = 100 \cdot 2,25 \cdot 10^{-2} = 2,25 \text{ г.}$$

Відсотковий вміст  $\text{CaCO}_3$  в наважці ґрунту масою  $10\text{ г}$  складе:

$$W = \frac{2,25 \cdot 100}{10} = 22,5\% .$$

Аналогічно визначається вміст доломіту, при цьому приймаємо, що соляна кислота реагує як з карбонатом кальцію, так і з карбонатом магнію за наступними хімічними реакціями:



Враховуючи, що в доломіті карбонати магнію і кальцію знаходяться в еквімолярному співвідношенні,  $n(\text{CaCO}_3) = n(\text{MgCO}_3) = 1,12 \cdot 10^{-2}$  моль.

Маса  $\text{CaCO}_3$  і  $\text{MgCO}_3$  в пробі ґрунту складе:

$$\begin{aligned} m_{\text{CaCO}_3} &= 100 \cdot 1,12 \cdot 10^{-2} = 1,12 \text{ г}, \\ m_{\text{MgCO}_3} &= 84 \cdot 1,12 \cdot 10^{-2} = 0,94 \text{ г}, \end{aligned}$$

де 84 – молярна маса  $\text{MgCO}_3$ .

Маса доломіту буде визначатися сумою його складових – карбонатів магнію і кальцію, і відсотковий вміст доломіту в цьому випадку складе:

$$W = \frac{(1,12 + 0,94) \cdot 100}{10} = 20,6\% .$$

*Відповідь:* вміст в ґрунті  $\text{CaCO}_3$  – 22,5 % і  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  – 20,6 %.

**Приклад 8.** Калій у ґрунті перебуває у різних формах: водорозчинний, обмінний, фіксований, Калій плазми мікроорганізмів і Калій мінералів. Водорозчинний і безпосередньо обмінний Калій добре засвоюються рослинами і їх вважають рухомими формами Калію. Одним з методів визначення рухомих форм Калію є методи Маслової і Протасова, за якими обмінний Калій вилучається із ґрунту розчинами нейтральних солей. У розчин переходить також і водорозчинний Калій. Після струшування 10 см<sup>3</sup> ґрунту з 50 см<sup>3</sup> 1 М розчину  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  протягом 30 хв. суспензію відфільтрували і встановили, що вміст катіонів  $\text{K}^+$  в розчині складає 18 мкг/см<sup>3</sup>. Визначте вміст рухомого Калію в ґрунті. Скільки калійних добрив потрібно внести для збільшення вмісту  $\text{K}^+$  в цьому ґрунті до 180 мг/дм<sup>3</sup> екстракту ґрунту? Прийняти, що густина сухого ґрунту дорівнює 1 г/см<sup>3</sup>; маса ґрунту складає 2500 т/га; весь внесений  $\text{K}^+$  залишається у формі, що екстрагується.

Розв'язання: Для розв'язання цієї задачі використовуємо закон збереження еквівалентів. Тоді концентрація рухомого Калію в ґрунті ( $\text{C}_{\text{K}^+}$ ) визначається наступним співвідношенням:

$$C_{K^+} = \frac{C_1 \cdot V_1 \cdot V_0}{V_H}$$

де  $C_1$  – концентрація  $K^+$  в розчині, що аналізується, г/см<sup>3</sup>;

$V_H$  – об'єм наважки ґрунту, см<sup>3</sup>;

$V_1$  – аліквота водного розчину, см<sup>3</sup>;

$V_0$  – потрібний об'єм (1000 см<sup>3</sup>);

$$C_{K^+} = \frac{18 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 1000}{10} = 0,09 \text{ г/дм}^3 \text{ ґрунту.}$$

Визначимо кількість Калію, необхідну для збільшення його вмісту з 0,09 до 0,18 г/дм<sup>3</sup> ґрунту:

$$\Delta m = 0,18 - 0,09 = 0,09 \text{ г } K^+/\text{дм}^3 \text{ ґрунту.}$$

Перерахуємо цю величину на кг ґрунту, використовуючи співвідношення:

$$\Delta m_m = \frac{\Delta m}{\rho} = \frac{0,09}{1} = 0,09 \text{ г } K^+/\text{кг ґрунту.}$$

де  $\rho$  – густина ґрунту, кг ґрунту/л ґрунту.

Загальну кількість іонів Калію ( $M_{K^+}$ ) визначимо із наступного виразу:

$$M_{K^+} = \Delta m_m \cdot W,$$

де  $W$  – маса 1 га ґрунту;

$$M_{K^+} = 0,09 \cdot 2500 \cdot 10^3 = 225 \cdot 10^3 \text{ г } K^+/\text{га} = 225 \text{ кг } K^+/\text{га.}$$

*Відповідь:* вміст рухомого Калію в ґрунті – 0,09 г/дм<sup>3</sup> ґрунту; для збільшення вмісту в ґрунті іонів Калію до необхідного рівня треба внести 225 кг  $K^+$ /га.

**Приклад 9.** Рослини засвоюють Нітроген рухомих мінеральних сполук – солей амонію і азотної кислоти. При вивченні динаміки мінерального Нітрогену у ґрунті під час вегетації рослин визначають вміст амонійного і нітратного Нітрогену. Зразок ґрунту був узятий з верхнього горизонту вологого ґрунту. Із зразка масою 50 г були екстраговані нітрати за допомогою 200 см<sup>3</sup> 2М КСІ. Виміряна концентрація іонів  $NO_3^-$  складала 6 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст води у вологому ґрунті – 26 г/100 г абсолютно сухого ґрунту. Розрахуйте кількість іонів  $NO_3^-$  в ґрунті в міліграмах на кілограм абсолютно сухого ґрунту (мг/кг). Яка концентрація нітратів в ґрунтовому розчині? Розрахуйте кількість іонів  $NO_3^-$  (кг/га) у верхньому шарі ґрунту, маса якого 2500 т/га.

Розв'язання: Визначимо кількість нітратів  $m(\text{NO}_3^-)$ , яка була екстрагована:

$$m(\text{NO}_3^-) = V_e \cdot C(\text{NO}_3^-),$$

де  $V_e$  – об'єм екстрагенту,  $\text{дм}^3$ ;

$C(\text{NO}_3^-)$  – виміряна концентрація нітратів,  $\text{г/дм}^3$ .

$$m(\text{NO}_3^-) = 200 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ г}$$

Перерахуємо узятий зразок вологого ґрунту масою 50 г на абсолютно сухий ґрунт:

126 г вологого ґрунту містить 100 г абсолютно сухого ґрунту;

50 г вологого ґрунту містить X г абсолютно сухого ґрунту.

Таким чином, кількість абсолютно сухого ґрунту в 50 г вологого ґрунту складе:

$$X = \frac{50 \cdot 100}{126} = 39,7 \text{ г/}$$

В 1 кг абсолютно сухого ґрунту буде міститися іонів  $\text{NO}_3^-$ :

$$m'_{\text{NO}_3^-} = \frac{m_{\text{NO}_3^-}}{X} \cdot 10^3,$$

$$\begin{aligned} m'_{\text{NO}_3^-} &= \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{39,7} \cdot 10^3 = 0,030 \text{ г NO}_3^- / \text{кг абс.сух.гр.} = \\ &= 30 \text{ мг NO}_3^- / \text{кг абс.сух.гр.} \end{aligned}$$

Прийmemo, що об'єм ґрунтового розчину дорівнює об'єму води, що міститься у вологому ґрунті. Таким чином, концентрація нітратів в ґрунтовому розчині складе:

$$C_{\text{NO}_3^-}^p = \frac{m_{\text{NO}_3^-}}{m_{\text{H}_2\text{O}} / 10^3 \cdot \rho}$$

де  $\rho$  – густина ґрунтового розчину (для спрощення в цій задачі прийнята рівною  $1 \text{ кг/дм}^3$ ).

$$C_{\text{NO}_3^-}^p = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{(50 - 39,7) / 10^3 \cdot 1} = 0,12 \text{ г NO}_3^- / \text{дм}^3.$$

Загальна кількість нітратів  $m_{\text{заг}}$  що міститься у 1 га ґрунту, може бути визначена таким чином:

$$m_{\text{заг}} = (m_{\text{NO}_3^-} / m_{\text{нав}}) \cdot m_{\text{гр}},$$

де  $m_{гр}$  – маса ґрунту площею 1 га;  
 $m_{нав}$  – маса наважки ґрунту (50 г);  
 $m_{NO_3^-}$  – вміст нітратів в ґрунті.

$$m_{заг} = (1,2 \cdot 10^{-3} / 50) \cdot 2500 \cdot 10^3 = 60 \text{ кг/га.}$$

*Відповідь:* в 1 кг абсолютно сухого ґрунту міститься 30 мг  $NO_3^-$ ; вміст  $NO_3^-$  в ґрунтовому розчині – 0,12 г/дм<sup>3</sup>; вміст  $NO_3^-$  у верхньому шарі ґрунту – 60 кг/га.

**Приклад 10.** В 1 м<sup>2</sup> орного шару ґрунту міститься 6,5 кг органічного Карбону, інтенсивність дихання ґрунту складає 9 г  $CO_2$ /(м<sup>2</sup>·добу). Яка частина органічного Карбону витрачається за добу на дихання?

Середня швидкість виділення  $CO_2$  протягом року – 2,5 г  $CO_2$  г/(м<sup>2</sup> добу). Вміст органічного Карбону підтримується за рахунок надходження рослинних решток. Розрахуйте час обертання для Карбону.

Розв'язання: Визначимо кількість Карбону ( $m_C$ ), який виділяється у вигляді  $CO_2$  при диханні ґрунту. При цьому необхідно врахувати кількість Карбону яка міститься в 1 моль діоксиду карбону:

$$m_C = 9 \cdot \frac{M_C}{M_{CO_2}} = 9 \cdot \frac{12}{44} = 2,45 \text{ гC/(м}^2 \cdot \text{доб)},$$

де  $M_C$  і  $M_{CO_2}$  – молярні маси Карбону і  $CO_2$ .

Визначимо частку Карбону ( $w_C$ , %), яка витрачається за добу надихання:

$$w_C = \frac{m_C}{C_{орг}} \cdot 100 = \frac{2,45}{6,5 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,038 \%$$

Визначимо співвідношення між загальним вмістом Карбону в ґрунті та середньою масою Карбону, що виділяється при диханні ґрунту протягом року (365 днів).

$$t_{оберт} = \frac{6,5 \cdot 10^3}{2,5 \cdot 365 \cdot \frac{12}{44}} = 26 \text{ років.}$$

*Відповідь:* на дихання витрачається за добу 0,038 % Карбону; час обертання Карбону складає 26 років.

**Приклад 11.** Потреба у вапні ґрунту з рН = 5,2, призначеного для виробництва сільськогосподарських культур, дорівнює 8 т  $CaCO_3$ /га. Розрахуйте скільки часу повинно було б пройти після внесення цієї кількості вапна до його наступного внесення, якщо прийняти, що фермер

дозволив рН знизитися до 6,0. Прийміть, що після внесення в ґрунт карбонату кальцію значення рН повинне досягти оптимального значення. Відомо, що щорічне надходження іонів Гідрогену в ґрунт складає: в результаті дихання – 4,4, нітрифікації – 2,0, поглинання поживних речовин – 0,7 і атмосферних надходжень – 1,3 кг Н<sup>+</sup>/(га·рік).

*Розв'язання:* В основі рішення задачі лежить уявлення про існування діапазону концентрацій іонів Гідрогену (рН), оптимальних для розвитку сільськогосподарських рослин. Прийmemo оптимальну величину рН рівною 6,7. Тоді буферна ємність ґрунту становитиме:

$$БЄ = \frac{m_{CaCO_3}}{\Delta pH}$$

де  $m_{CaCO_3}$  – маса вапна, яка необхідна для підвищення рН з 5,2 до 6,7;

$\Delta pH$  – зміна рН.

$$БЄ = \frac{8}{6,7 - 5,2} = 5,3 \text{ т } CaCO_3 / pH \cdot \text{га.}$$

Відповідно до умови задачі визначимо необхідну кількість  $CaCO_3$  для доведення рН ґрунту з 5,2 до 6:

$$m_{CaCO_3} = 5,3 \cdot (6 - 5,2) = 4,2 \text{ т } CaCO_3 / \text{га.}$$

Таким чином, частина  $CaCO_3$ , що залишилася, [ $m_{\text{зал}} = 8 - 4,2 = 3,8$  (т)] йде на взаємодію з іонами Гідрогену, що надходять з різних джерел, за рівнянням:



Кількість моль  $CaCO_3$  складе:

$$n_{CaCO_3} = m_{\text{зал}} / M(CaCO_3)$$

$$n_{CaCO_3} = 3800 / 100 = 38 \text{ кмоль.}$$

Сума всіх надходжень іонів Гідрогену в ґрунт  $n_H^+$ :

$$n_H^+ = (4,4 + 2,0 + 0,7 + 1,3) / 1 = 8,4 \text{ кмоль } H^+ / (\text{га} \cdot \text{рік}).$$

Оскільки реагенти вступають в реакцію в стехіометричному співвідношенні  $n_{CaCO_3} : n_H^+ = 1:2$ , з урахуванням матеріального балансу шуканий вираз для визначення часу можна записати таким чином:



$$n_{\text{CaCO}_3} = 1/2 n_{\text{H}^+} \cdot t,$$

де  $t$  – час до наступного внесення в ґрунт  $\text{CaCO}_3$ ;

$$t = 2n_{\text{CaCO}_3} / n_{\text{H}^+} = 2 \cdot 38/8,4 = 9 \text{ років.}$$

*Відповідь:* до наступного внесення вапна в ґрунт повинні пройти 9 років.

**Приклад 12.** Розрахуйте прогнозний рівень забруднення цезієм-137 врожаю гречки, якщо густина забруднення ґрунту складає  $12,3 \text{ Кі/км}^2$ , а коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту в рослину

$$K_{\text{п}} = 0,76 \frac{\text{Бк/кг}}{\text{кБк/м}^2}$$

Таблиця 17 – Тимчасові допустимі рівні вмісту  $\text{Cs}^{137}$  в с/г продукції

<i>Продукція</i>	<i>Вміст цезію-137, Бк/кг</i>
Вода	18.5
Сіно та солома	1850
Зерно фуражне	1850
Буряк кормовий	370
Картопля	592
Зерно харчове	592
Зерно зернобобових	370
Круп'яні	370
Овочі та фрукти	592

Одержані прогнозні рівні порівняйте з тимчасовими допустимими рівнями (ТДР) вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції (табл. 17) та визначте відсоток перевищення, коли такий існує. Охарактеризуйте фактори, що впливають на накопичення радіонуклідів у сільськогосподарській продукції.

*Розв'язання.* Розглянемо розрахунок прогнозного вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції з використанням коефіцієнта переходу ( $K_{\text{п}}$ ). Вміст радіонуклідів в урожаї ( $C$ ) можна розрахувати за формулою:

$$C = K_{\text{п}} \cdot D, \quad \text{Бк/кг}$$

де  $K_{\text{п}}$  – коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту в рослину, Бк/м;  
 $D$  – густина забруднення ґрунту, Бк/м<sup>2</sup>.

Для розрахунку рівня забруднення радіонуклідами врожаю гречки необхідно перевести щільність забруднення ґрунту і коефіцієнт переходу в відповідні одиниці виміру. Виразимо щільність забруднення ґрунту в Бк/м<sup>2</sup>:

$$D^1 = 3,7 \cdot 10^4 \cdot D$$

де  $3,7 \cdot 10^4$  - коефіцієнт переводу Кі/км<sup>2</sup> в Бк/м<sup>2</sup>.

$$D^1 = 3,7 \cdot 10^4 \cdot 12,3 = 45,51 \cdot 10^4 \text{ Бк/м}^2.$$

Вміст радіонуклідів в урожаї (С):

$$C = 0,76 \cdot 10^3 \cdot 45,51 \cdot 10^4 = 345,9 \text{ Бк/кг.}$$

Одержаний прогнозний рівень радіонуклідів у врожаї порівнюємо з тимчасовими допустимими рівнями вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції (табл. 17). Гречка відноситься до зерна харчового і згідно табл. 17 тимчасово допустимий рівень вмісту цезію-137 не повинен перевищувати 592 Бк/кг. Вміст радіонуклідів в урожаї гречки прогнозується на рівні 345,9 Бк/кг, тобто перевищення не очікуємо.

Рівні забруднення врожаю сільськогосподарської культури залежить від щільності забруднення ґрунту, агрохімічних властивостей ґрунту, біологічних особливостей рослин. Чим вища окультуреність ґрунту, тим менше накопичення радіонуклідів у врожаї. Коефіцієнт переходу радіонуклідів у рослини залежить від типу та кислотності ґрунтів, вмісту в них гумусу, обмінного Кальцію та Калію, видових та сортових особливостей рослин. У зв'язку з цим розміщення культур із врахуванням щільності забруднення ґрунту, а також біологічних особливостей рослин різних культур дозволяє регулювати рівні забруднення врожаю та вирощувати продукцію з вмістом радіонуклідів значно нижче тимчасово допустимих рівнів.

*Відповідь:* Вміст радіонуклідів в урожаї гречки прогнозується на рівні 345,9 Бк/кг, тобто перевищення тимчасово допустимих рівнів не очікується.

### **2.3.3 Задачі для виконання міжсесійної контрольної роботи до розділу II**

#### **Варіант №1 .**

- А) Ґрунт містить 2,5 г органічної речовини на 100 г абсолютно сухого ґрунту. Розрахуйте вміст органічної речовини в грамах на 100 г повітряно-сухого ґрунту, якщо в повітряно-сухому стані він містить 3,2 г Н<sub>2</sub>О на 100 г абсолютно сухого ґрунту.

- Б) Карбон і Нітроген майже цілком зв'язані у ґрунті з його органічною частиною – гумусом. Розрахуйте відсотковий вміст С і N у ґрунті, якщо він містить 3,1% органічних речовин, в яких на долю Карбону припадає 60%. Масове співвідношення С:N прийняти рівним 10:1.
- В) Середній вміст Гідраргіуму в різних сортах вугілля складає  $1,0 \cdot 10^4$  %. При спалюванні вугілля на теплових електростанціях в золі залишається 10 % цього токсичного металу, інша кількість викидається в атмосферу. Розрахуйте, скільки кілограмів Гідраргіуму щорічно викидає ТЕС через димові труби при спалюванні 2500 т вугілля.

### Варіант №2.

- А) При тривалому обробітку сільськогосподарських культур без внесення добрив може відбуватися значне зменшення загальної кількості гумусу і Нітрогену в ґрунті. Нітроген відіграє надзвичайно важливу роль у родючості ґрунтів, тому що є життєво необхідним для рослин, для яких він доступний тільки у формі нітратного й амонійного іонів. Більшість культурних ґрунтів потребує систематичного внесення цього елемента. Яку масу аміачної селітри треба внести на гектар ґрунту, щоб компенсувати винос Нітрогену з врожаєм сільськогосподарської культури (12 т сухої речовини на 1 га). Прийняти, що культура містить 16 г N/кг сухої речовини.
- Б) Землі використовували протягом 30 років для вирощування сільськогосподарських культур. За цей час вміст органічного Карбону зменшився з 3,0 до 2,1 %. Якщо співвідношення С:N залишається рівним 10:1, знайдіть, скільки мінерального Нітрогену виносилось з врожаєм в середньому за рік. Прийміть, що маса ґрунту дорівнює 2600 т/га.
- В) В повітрі міст концентрація найбільш токсичних металів Гідраргіуму і Кадмію складає відповідно 0,016 і 0,025 мкг/м<sup>3</sup>. Протягом доби через легені людини проходить 11,5 м<sup>3</sup> повітря. Розрахуйте, скільки грамів Hg і Cd надходить за добу в організм людини з повітрям, що вдихається? Які відхилення у здоров'ї можуть спостерігатися у людей?

### Варіант №3.

- А) Поле засіяли травою і не орали протягом 30 років. За цей час вміст органічного Карбону в ґрунті збільшився з 1,6 до 2,3 %. Якщо співвідношення С : N залишається рівним 10 : 1, знайдіть, скільки Нітрогену повинно було надходити у ґрунт в середньому за рік, щоби забезпечити його накопичення. Прийміть, що маса ґрунту дорівнює 2600 т/га.

- Б)** Важливою характеристикою ґрунтів є вміст у них доступних для рослин біогенних елементів, зокрема Калію. Калій відноситься до числа органогенів, необхідних для розвитку рослин. У ряді випадків Калій може бути в дефіциті, у зв'язку з чим його внесення в ґрунт позитивно позначається на родючості. При визначенні в ґрунті рухомого Калію були використані наступні дані: маса наважки повітряно-сухого ґрунту – 10 г, об'єм водної витяжки – 50 см<sup>3</sup>, концентрація іонів Калію у витяжці – 14,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Визначити вміст рухомого Калію в 1 кг ґрунту.
- В)** Яка кількість Плюмбуму надходить в навколишнє середовище при згоранні 1 л бензину, що містить 0,6 г тетраетилсвинцю. Якщо прийняти, що 75 % Pb виділяється в повітря з викидними газами автомобілю.

#### **Варіант № 4.**

- А)** У ґрунтах запаси Калію поповнюються шляхом внесення калійних добрив – хлоридів або сульфатів Калію. Ці солі, добре розчиняючись у воді, сприяють швидкому накопиченню Калію в ґрунтово-вбирному комплексі. Завдяки цьому процесу добрива, внесені в ґрунт, не вимиваються опадами й на 60-70% використовуються рослинами. Розрахуйте кількість K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, яку необхідно внести в ґрунт, щоби забезпечити в ньому вміст рухомого Калію рівним 36 кг/га.
- Б)** При випалюванні ділянки лісу утворилося 8 т золи/га. Вона містила: 5,9 % Ca<sup>2+</sup>; 2,6% Mg<sup>2+</sup> і 3,2 % K<sup>+</sup>. Розрахуйте надходження цих поживних речовин в кг/га. Масу ґрунту прийняти 2500 т/га.
- В)** Автомобіль, що стоїть у гаражі з працюючим двигуном, витрачає за годину 1кг бензину. В газах, які виділяються в атмосферу, міститься шкідлива речовина - бенз(а)пірен, масова частка якого становить 0,001 %. Яка концентрація бенз(а)пірену буде досягнута в гаражі об'ємом 40 м<sup>3</sup> за цей час роботи двигуна?

#### **Варіант № 5.**

- А)** Сполуки Сульфуру беруть участь в формуванні хімічного складу ґрунтів, з яких рослини беруть його для свого живлення. Потреба рослин у Сульфурі значно нижча, ніж у Нітрогені і Фосфорі. Накопичується і засвоюється він рослинами у вигляді сульфатних іонів, які надходять у ґрунтовий розчин за рахунок атмосферних опадів, вилуговування твердої фази, розчинення гіпсу, ангідритів і розкладання органічних речовин у присутності кисню і за допомогою мікроорганізмів. Розрахуйте надходження у ґрунт Сульфуру (в кг S/га·рік) за рахунок атмосферних опадів, якщо річна кількість опадів

складає 980 мм, загальна концентрація в них Сульфуру дорівнює 1,5 мг/дм<sup>3</sup>.

- Б) З викидними газами автомобілів в атмосферу надходить токсична речовина - монооксид Карбону, який небезпечний навіть при низьких концентраціях. Працюючий автомобільний двигун за годину витрачає 4 кг бензину. Який об'єм карбон (II) оксиду буде викинутий в атмосферу, якщо вважати, що бензин складається з октану, а об'ємна частка СО дорівнює 0,01 % від загального об'єму утворених газів?
- В) Розрахуйте прогнозний рівень забруднення цезієм-137 врожаю сільськогосподарської продукції, використовуючи дані табл. 18, якщо густина забруднення ґрунту складає 14,8 Кі/км<sup>2</sup> (для торфо-глеєвих 4,8 Кі/км<sup>2</sup>).

Таблиця 18 – Коефіцієнт переходу цезію-137 в культури,  $K_p$ , Бк/кг кБк/м<sup>2</sup>

Номер культури	Група ґрунтів					
	Дерново-підзолисті супіщані	Дерново-підзолисті піщані	Осушені торфяно-глеєві	Важко суглинисті чорноземи	Чорноземи	Сірі лісові
Люцерна	0,9	-	-	-	0,1	0,2
Морква	0,3	-	-	-	0,05	0,12

#### Варіант № 6.

- А) Для зниження кислотності ґрунт вапнують. В результаті вапнування в ґрунті протікають хімічні реакції. Приймаючи, що іони Гідрогену вступають в реакцію з СаСО<sub>3</sub> тільки в стехіометричному співвідношенні 2 : 1, розрахуйте об'єм газу (за нормальних умов), що виділяється при обробці 250 дм<sup>3</sup> води з рН = 3,3 надлишком СаСО<sub>3</sub>.

Таблиця 19. – Характеристика засоленості ґрунтів

Ступінь засоленості ґрунтів	Типи засоленості залежно від типу і масової частки солей в сухому ґрунті, %		
	Хлориди	Сульфати	Гідрогенкарбонати
Для хлоридно-сульфатного засолення			
Незасолені	<0,01	-	-
Слабо засолені	0,01-0,05	-	-
Середньозасолені	0,05-0,10	-	-
Сильнозасолені	0,1-0,2	-	-
Солончаки	>0,2	-	-
Для сульфатного і хлоридно-сульфатного засолення			
Незасолені	0-0,1	<0,10	-
Слабо засолені	0-0,1	0,1-0,4	-
Середньозасолені	0-0,5	0,4-0,6	-
Сильнозасолені	0-1,0	0,6-0,8	-
Солончаки	-	>0,8	-

Для содового і змішаного засолення			
Незасолені	0,001	0,02	<0,1
Слабо засолені	0,001	0,05-0,1	0,1-0,2
Середньозасолені	0,1	0,2	0,2-0,3
Сильнозасолені	0,2	0,2	0,3-0,4
Солончаки	0,2	0,2	>0,4

Таблиця 20. – Концентрація водорозчинних солей в ґрунті, мг/ 100г ґрунту

Рік відбору проб	Концентрація солей		
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
2004	38	520	-
2005	43	598	-
2006	47	690	-
2007	51	510	-
2008	57	410	-

- Б) Після внесення вапна в кількості 6,8т CaCO<sub>3</sub>/га рН ґрунту підвищилося з 5,5 до оптимального значення 7,0. Розрахуйте через який час потрібно буде провести повторне вапнування, якщо рН знизилося до 5,7. Прийміть, що надходження іонів Гідрогену в ґрунт складає: в результаті дихання – 3,4; нітрифікації – 2,5; поглинання поживних речовин – 0,9 і атмосферних надходжень – 1,5 кг Н<sup>+</sup>/(га· рік).
- В) Розрахуйте екологічне навантаження по Нітрогену і Сульфуру в зоні дії промислового підприємства при відомих концентраціях в приземному шарі оксидів Нітрогену і Сульфуру (табл. 21). Набуті значення порівняйте з критичними (табл. 22). Дайте оцінку території за сумарним екологічним навантаженням.

Таблиця 21 – Концентрації NO<sub>2</sub> і SO<sub>2</sub> в приземному шарі, мг/м<sup>3</sup>

Речовина	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NO	0,01	0,13	0,04	0,08	0,08	0,06	0,13	0,10	0,02	0,05
NO <sub>2</sub>	0,04	0,85	0,37	0,64	0,18	0,57	0,48	0,32	0,08	0,43
SO <sub>2</sub>	0,08	0,61	0,05	0,78	0,03	0,22	0,36	0,38	0,45	0,66

Таблиця 22 – Критичні навантаження по речовинам, що впливають на рослинність і водні екосистеми

Показники	Критичні навантаження, т/км <sup>2</sup> ·рік		
	Параметри		Норма
	Екологічне лихо	Надзвичайна екологічна ситуація	
Сполуки Сульфуру	>5	3-5	<0,32
Сполуки Нітрогену	>4	2-4	<0,28

**Варіант № 7.**

- А) Для ґрунту з буферною ємністю  $BС = 28 \text{ ммоль Н}^+ / (\text{кг} \cdot \text{рН})$  розрахуйте буферну ємність в  $\text{кг Н}^+ / (\text{га} \cdot \text{рН})$ , вважаючи, що маса 1 га ґрунту дорівнює 2000 т. Якщо початковий ґрунт мав  $\text{рН}_1 = 4,0$ , визначте  $\text{рН}$  ґрунту після надходження іонів  $\text{Н}^+$  з атмосфери і продукування їх в ґрунті в кількості до  $3,0 \text{ кг Н}^+ / (\text{га} \cdot \text{рік})$  протягом 5 років ( $\text{рН}_2$ ) і  $\text{рН}_3$  після наступного внесення 3 т/га вапняку.
- Б) Приймавши, що чистий гумус має  $55 \cdot 10^{-2}$  моль карбоксильних груп на 1 кг, при чому усі вони мають  $\text{рК}_d = 4,5$ . Розрахуйте долю груп, які продисоціювали при  $\text{рН} = 4 : 5 : 6$ . Для фракцій, що про дисоціювали, розрахуйте заряд, зв'язаний з гумусом, при кожному значенні  $\text{рН}$ . Проаналізуйте вплив  $\text{рН}$  на ступінь дисоціації карбоксильних груп і на заряд зв'язаний з гумусом.
- В) В комплексі антропогенних факторів, які негативно впливають на навколишнє середовище, особливе місце за своєю значимістю та ступенем впливу на довкілля займає автотранспорт. За даними табл. 23 розрахуйте коефіцієнт концентрації  $K_c$  і сумарний показник забруднення  $Z_c$  на модельних ділянках.

Таблиця 23 – Вміст важких металів у ґрунтах примігстральних смуг, мг/кг

Модельна ділянка	Реперні точки	Cu		Zn		Pb		Cd		$Z_c$
		C	$K_c$	C	$K_c$	C	$K_c$	C	$K_c$	
Вул. Шевченка	1	0,71		8,36		4,78		0,23		
	2	0,72		8,36		4,65		0,24		
	3	2,65		11,63		9,99		0,13		
	4 (фон)	0,41		6,84		2,49		0,20		
Вул. Смілянська	1	2,82		13,70		11,27		0,21		
	2	0,65		14,43		8,15		0,22		
	3	0,91		15,47		7,78		0,32		
	4 (фон)	0,36		6,57		3,47		0,25		

Дайте оцінку рівня забруднення ґрунту біля магістральних смуг автотранспортом за шкалою балів табл. 22. Чому для оцінки впливу автотранспорту на забруднення ґрунту за фонову береться ділянка у дворі, що прилягає до автотраси? Які фактори визначають ступінь забруднення ґрунтів біля магістральних смуг важкими металами? За даними моніторингу, охарактеризуйте стадію процесу трансформації екосистеми.

### Варіант № 8.

- А) Використовуючи дані попередньої задачі, а також знаючи, що одна чверть карбоксильних груп має  $pK_d = 3,0$  і три чверті  $-pK_d = 5,5$ , перерахуйте заряд, зв'язаний з гумусом, в залежності від рН.
- Б) За даними табл. 24 порівняйте буферні властивості ґрунтів на різних модельних ділянках щодо накопичення рухомих форм важких металів. Проаналізуйте вплив фізичних і геохімічних показників ґрунтів модельних ділянок на міграційні властивості важких металів.

Таблиця 24 – Фізичні і фізико-хімічні властивості ґрунту

Модельна ділянка	Тип ґрунту, механічний склад	Гумус, %	$pH_{вод}$	Рухомий Фосфор, $мгP_2O_5/100г$	ЄКО, $мг-екв//100 г$
А	чорнозем легкосуглинковий	3,2	7,7	10,2	25
В	супіщано-ґрунтова суміш	2,0	7,6	4,3	10
С	чорнозем важкосуглинковий	2,4	5,8	8,3	38

- В) Вода з лужністю, що дорівнює  $4 \cdot 10^{-3}$  г-екв/дм<sup>3</sup>, має рН = 5,5. Визначте концентрації іонів  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $OH^-$  - і розчиненого  $CO_2$ . Як зміниться лужність при зниженні рН до 4,0?

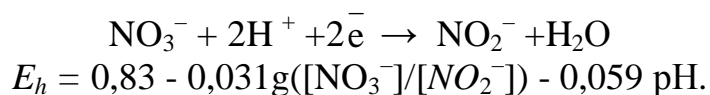
### Варіант № 9.

- А) При випалюванні ділянки лісу утворилося 18 т золи/га. Вона містила: 7,9%  $Ca^{2+}$ ; 1,6%  $Mg^{2+}$  і 2,6%  $K^+$ . Розрахуйте надходження цих поживних речовин в кг/га. Масу ґрунту прийняти 2000 т/га. За умови, що поживні речовини розчинилися і стали обмінними, розрахуйте їх надходження в ммоль зар./кг. Якщо прийняти, що буферна ємність ґрунту 6 ммоль  $OH^-/(кг \cdot pH)$ , розрахуйте зміну рН в цьому шарі, що зумовлено внесенням золи. Приймаючи, що катіони в золі знаходяться у формі оксидів, гідроксидів і карбонатів і що їх вапняковий ефект



(ммоль  $\text{OH}^-$ ) дорівнює їх кількості, яка виражена ммоль заряду катіону.

- Б) Першою стадією денітрифікації є відновлення нітратів до нітритів. Нітрити характеризуються малим часом життя, відновлюючись далі до  $\text{N}_2$  і  $\text{N}_2\text{O}$ . Перша стадія денітрифікації і її окисно-відновний потенціал описуються наступними рівняннями:



Розрахуйте співвідношення між  $E_h$  і pH для випадку, коли половина  $\text{NO}_2$  буде відновлена і  $[\text{NO}_3^-] = [\text{NO}_2^-]$ . Чи прискориться процес відновлення нітратів при закисненні ґрунту? Розрахуйте як зменшиться окисно-відновний потенціал ґрунту  $E_h$  при зміні pH з 5 до 8 для випадку, коли чверть  $\text{NO}_3^-$  в процесі денітрифікації буде відновлена до  $\text{NO}_2^-$ . Охарактеризуйте дану окисно-відновну систему за ступенем зворотності.

- В) Озеро, що містить  $5,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$  води, знаходиться на третій стадії закиснення (pH = 4,5). Яку кількість доломіту (тонн) необхідно розпилити над поверхнею озера, щоб підняти pH до 5,6 (кислотність визначається тільки вільними іонами  $\text{H}^+$ )?

### Варіант № 10.

- А) Розрахуйте надходження  $\text{H}^+$  в  $\text{кгH}^+/\text{га}\cdot\text{рік}$ , що пов'язане з  $\text{SO}_2$ , за умови, що надходження діоксиду сульфуру у вигляді сухих випадінь і опадів складає  $12 \text{ кг}/(\text{га}\cdot\text{рік})$ , а його окиснення в ґрунті відбувається за рівнянням:



- Б) В ґрунт була внесена аміачна селітра в кількості  $110 \text{ кг N}/\text{га}$ . Розрахуйте масу добрива, якщо воно містить 96% діючої речовини. За умови, що весь  $\text{NH}_4^+$  нітрифікується, розрахуйте збільшення концентрації нітратного Нітроген, якщо добриво рівномірно змішується з  $2600 \text{ т}$  ґрунту при вмісті в ньому води  $20 \text{ г H}_2\text{O}/100 \text{ г}$  сухого ґрунту. За умови, що в процесі нітрифікації виділяється 2 моль  $\text{H}^+$  на кожен моль мінералізованого  $\text{NH}_4^+$ , розрахуйте зміну pH ґрунту. Прийняти буферну ємність ґрунту рівною  $60 \text{ ммоль H}^+ / (\text{кг}\cdot\text{pH})$ .
- В) Яким повинно бути pH в калюжі дощової води на поверхні доломіту при  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  в умовах рівноваги?

### **3. Організація поточного, семестрового та підсумкового контролю рівня знань та вмінь студентів, що навчаються за заочною формою навчання**

Проведення поточного та підсумкового контролю знань студентами відбувається у відповідності із інструкцією «Про порядок проведення та критерії оцінювання відповідей студентів ОДЕКУ під час письмових іспитів», затвердженої на засіданні методичної ради ОДЕКУ від 30.04.2015р. та «Положенні про проведення підсумкового контролю знань студентів в ОДЕКУ» в редакції від 30.04.15 р.

Поточний контроль знань студентів проводиться відповідно «Положення про організацію модульного контролю в ОДЕКУ» від 30.04.15р.

**Мінімальний обсяг базових знань та вмінь, що необхідні для засвоєння змістовних модулів**

#### **студент повинен знати:**

- теоретичні основи екологічної хімії – фізичні та хімічні властивості токсикантів, класифікацію екотоксикантів, основні механізми їх токсичної дії на природу;
- механізми адаптації організму до змін навколишнього середовища;
- умови та фактори, які впливають на атмосферу, гідросферу, літосферу;
- основні характеристики змін матеріального складу зовнішнього середовища внаслідок діяльності людини;
- основні концептуальні підходи оцінки негативного впливу токсикантів на живі організми (екологічна діагностика);
- основні концептуальні підходи запобігання негативного впливу токсикантів на живі організми (екологічна профілактика);
- основні підходи поліпшення екологічного стану навколишнього середовища (екосальвація);
- мати уявлення про конкретні негативні ефекти токсикантів на флору і фауну та методику аналізу вмісту токсикантів у біоті;
- основи прикладної екологічної хімії та методів токсикологічних досліджень біологічних екосистем.

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

- оцінка результатів токсикологічних досліджень;
- визначення хімічного складу природної води: вмісту розчинених газів, головних іонів, концентрації токсикантів, вмісту органічної речовини;

- вираження результатів хімічного аналізу повітря (складу газів, концентрації газів, біогенних елементів, радіоактивних елементів у природному повітрі);
- визначення твердості води та методів її усунення;
- оцінки якості води, повітря, ґрунту для різноманітних цілей;
- узагальнення матеріалів токсикологічних досліджень;
- класифікації токсикантів за хімічним складом;
- використання екологічних знань для діагностики та профілактики забруднень середовища;
- застосування правил техніки безпеки при виконанні екологічних і хімічних досліджень.

### **Методика оцінки всіх видів підготовки студентів**

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

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).

У відповідності до «Положення про організацію і контроль самостійної та індивідуальної роботи студентів ОДЕКУ» основною формою індивідуальної роботи студентів ОДЕКУ є виконання індивідуальних завдань, які виконуються самостійно окремо кожним студентом під керівництвом викладача.

Для дисципліни «Екологічна хімія» використовуються тільки одна форма індивідуального завдання

- виконання міжсесійної контрольної роботи для студентів заочного факультету.

Індивідуальна робота студента передбачає створення умов для найповнішої реалізації творчих можливостей студентів через індивідуально-спрямований розвиток їхніх здібностей, науково-дослідну роботу і творчу діяльність. Індивідуальні завдання мають на меті

поглиблення, узагальнення та закріплення знань, які студенти отримують у процесі навчання, а також застосування цих знань на практиці.

Протягом семестру з дисципліни «Екологічна хімія» у вільний час студент заочного факультету обов'язково виконує тільки одне індивідуальне завдання - виконання міжсесійної контрольної роботи (МКР) за індивідуальним варіантом.

Зміст індивідуального завдання для студентів заочного факультету наведений в методичних вказівках до СРС та виконання міжсесійної контрольної роботи. Передбачається оцінювання таких видів поза аудиторної роботи, які інтегрують навчальні та наукові елементи індивідуальної діяльності студентів, а саме: виконання МКР – максимальна оцінка до **50 балів** (всього в МКР – 2 теоретичних завдання за варіантами по 10 балів та 2 практичних, які складуться із розрахункових задач , кожне по 15 балів балів).

Не пізніше ніж за два тижні до семестрового підсумкового контролю виконані МКР подаються на перевірку викладачу, який керував виконанням індивідуального завдання. Звіт про виконання індивідуального завдання подається студентом у вигляді текстового документа з титульною сторінкою в окремому зошиті, який перевіряється викладачем.

Оцінка за індивідуальне завдання виставляється в інтегральну відомість окремим модулем і враховується при виведенні оцінки поточного семестрового контролю.

Таблиця 25

<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 4 питань (МКР)	10
2	Змістовний модуль №2 – теоретичний, складається з 3 питань (МКР)	10
3	Змістовний модуль №3 – практичний (МКР) складається з 3 розрахункових задач	15
4	Змістовний модуль №4 – практичний, (МКР) складається з 3 розрахункових задач	15
5	Усне опитування (УО) на лекційних та семінарських заняттях та рішення розрахункових завдань (РЗ) на практичних заняттях	50
<b>Усього за дисципліну:</b>		<b>100</b>

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 змістовні модулі з теоретичної (лекційної) частини курсу (ЗМ-Л1, ЗМ-Л2); 2 змістовних модулів з практичної частини курсу (ЗМ-П1; ЗМ-П2), які входять до складу міжсесійної контрольної роботи (МКР). Підсумкова оцінка в балах складається з суми балів за кожен змістовний модуль.

До заліку допускаються студенти, у яких фактична сума накопичених за семестр балів за практичну частину і теоретичну частину складає **не менше 50%**. В іншому випадку студент вважається таким, що не виконав навчального плану дисципліни, і не допускається до заліку.

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 30.04.2015р. та інструкцією «*Про порядок проведення та критерії оцінювання відповідей студентів ОДЕКУ під час письмових іспитів*» від 30.04.15р.

Залікова контрольна робота складається з 20 тестових завдань, які охоплюють увесь курс дисципліни «Екологічна хімія» та оцінюється сумарною кількістю в 100 балів.

Перехід від кількісної оцінки до якісної оцінки здійснюється згідно «Положення про організацію поточного та підсумкового контролю знань студентів в ОДЕКУ» (від 30.04.2015 р.)

Таблиця 26 – *Шкала відповідності оцінок за національною системою та системою ЄКТАС*

<i>За шкалою ECTS</i>	<i>За національною системою (для іспиту)</i>	<i>За національною системою (для заліку)</i>	<i>Бал успішності</i>
A	5 (відмінно)	зараховано	90-100
B	4 (добре)	зараховано	82-89,9
C	4 (добре)	зараховано	74-81,9
D	3 (задовільно)	зараховано	64-73,9
E	3 (задовільно)	зараховано	60-63,9
FX	2 (незадовільно)	не зараховано	35-59,9
F	2 (незадовільно)	не зараховано	1-34,9

#### 4. Порядок виконання і оформлення контрольної роботи

Контроль поточних знань студентів заочного факультету здійснюється на основі виконання завдань контрольної роботи, а також усного опитування на лабораторних і практичних заняттях, захисту лабораторних робіт, а також заліку на п'ятому курсі.

Міжсеместрова контрольна робота виконується студентом самостійно і надсилається в деканат заочного факультету навчального закладу на перевірку у термін, який визначений навчальним графіком.

Контрольна робота повинна бути виконана в окремому зошиті, чітким зрозумілим почерком, охайно і у повній відповідності до особистого варіанту. Якщо контрольна робота виконана не за своїм варіантом, вона **не рецензується**.

Варіант контрольної роботи відповідає останній цифрі номера залікової книжки студента. Якщо, наприклад, номер залікової книжки студента **11248**, то студенту необхідно виконувати контрольну роботу за варіантом № 8.

Всі питання з визначення варіанта контрольної роботи вирішуються на кафедрі хімії навколишнього середовища під час настановної сесії, а номери завдань відповідних 10 варіантів теоретичної частини контрольної роботи надані у даних методичних вказівках. За цю частину контрольної роботи максимально можна одержати 20 балів. Окрім теоретичних питань до складу контрольної роботи входять розрахункові задачі, яких 3 і відносяться вони до ЗМ-П1, за їх виконання можна одержати 15 балів та розв'язати ще три задачі із ЗМ-П2, які також оцінюються максимально в 15 балів. При розв'язуванні задач можна використати вказівки та приклади їх розв'язування. Задачі подані відповідно 10 варіантам.

Умови контрольних завдань та вимоги до їх виконання, а також необхідну додаткову літературу студенти можуть знайти на сайті ОДЕКУ.

Всі умови контрольних завдань та самі завдання, що запропоновані для самостійного розв'язку студентом-заочником, необхідно записати у зошиті із обов'язковим зазначенням номера варіанту, теоретичними коментарями та посиланнями, а також списком використаної літератури. Для зауважень рецензента необхідно залишити поля або окреме місце (бажано кожне завдання починати з нової сторінки). Наприкінці роботи студент ставить свій підпис із вказівкою дати виконання контрольної роботи.

Після реєстрації виконаної контрольної роботи в деканаті заочного факультету та на кафедрі хімії навколишнього середовища, робота перевіряється викладачем та рецензується.

У випадку незаліку контрольну роботу слід виконати заново, або виправити помилки із врахуванням зауважень рецензента, після чого надіслати роботу на повторну перевірку разом із не зарахованою роботою.

Робота вважається зарахованою, якщо виконано 60% завдань без зауважень.

У випадку заліку контрольної роботи, але наявності зауважень рецензента, необхідно зробити відповідні виправлення і доповнення до роботи, які слід надати в тому ж зошиті. Виправлену роботу подають на перевірку викладачу під час складання заліку.

Студенти мають змогу навчатися дистанційно. Для цього вони повинні в період настановної сесії написати заяву, одержати завдання і виконувати його поетапно, присилаючи на адресу університету виконані завдання в електронному виді на сайті кафедри хімії навколишнього середовища відповідно графіка виконання роботи. Виконану роботу, рецензовану викладачем привозять на сесію.

При перевірці самостійної роботи студентів заочної форми навчання в міжсесійний період використовуються елементи дистанційної форми контролю відповідно графіку:

Змістовний модуль	Блок	Строк виконання
Змістовний модуль №1 – теоретичний (ЗМ-Л1)	<p>Природні джерела впливу на навколишнє середовище. Результати антропогенного впливу на природу. Поняття про міграцію токсикантів та роль кругообігу токсичних речовин на Землі. Фізичні та хімічні властивості токсикантів.</p> <p>Характеристика процесів переносу, накопичення і трансформації забруднюючих речовин в навколишньому середовищі. Склад природних і синтетичних забруднюючих речовин. Класифікація токсикантів. Відповідь на питання 1-10</p>	4 тиждень
	<p>Хімічний склад атмосфери. Пил та аерозолі. Гази. Методи очистки повітря від забруднення. Характеристика фізико-хімічних процесів, які відбуваються в повітрі.</p> <p>Концентрація парів і газів, методи їх визначення для екологічної характеристики стану атмосфери. Наслідки забруднення повітря хімічними речовинами та порушення газового балансу атмосфери. Відповідь на питання 1-10</p>	8 тиждень

Змістовний модуль № 2 – практичний (ЗМ-П1)	Екологічні проблеми гідросфери. Види забруднення ґрунтових, річкових і морських вод. Розчинність твердих речовин, рідини та газів у воді. Теорія розбавлених розчинів. Особливості розчинів електролітів (солей, кислот, основ). Гідроліз солей. Твердість води: карбонатна твердість води та некарбонатна твердість природної води, розрахунки вмісту іонів натрію та калію у морській воді. Види забруднення води токсичними речовинами. Розв'язування задач з модуля ЗМ-П1	12 тиждень
	Класифікація екологічної якості поверхневих вод. Методи очистки води. Розрахунки, оцінка і прогнозування наслідків забруднення гідросфери хімічними речовинами. Розрахунок антропогенного навантаження і оцінка стану річки та її басейну. Розв'язування задач з модуля ЗМ-П1	16 тиждень
Змістовний модуль №3 – практичний (ЗМ-П2)	Умови формування хімічного складу ґрунтів та їх класифікація. Головні та другорядні, прямі та опосередковані фактори впливу на літосферу: фізико-географічні фактори, геологічні фактори, фізико-хімічні фактори, біологічні фактори, антропогенні фактори. Розв'язування задач з модуля ЗМ-П2	20-24 тиждень
Змістовний модуль № 4 - Теоретичний (ЗМ-Л2)	Родючість ґрунту та проблеми його збереження. Глобальні екологічні явища і приклади аналізу негативного впливу токсичних речовин на ґрунти. Властивості ґрунту, фізико-хімічні процеси в ґрунтах, як складової частини ландшафту та життєвого простору. Антропогенні та кислотні забруднення ґрунту, основні хімічні наслідки забруднення та їх вплив на розвиток рослин. Відповідь на питання 11-20	28 тиждень
	Хімічні катастрофи та екологія. Проява дії стресорів на процеси метаболізму (катаболізму, анаболізму). Радіоактивність. Джерела штучної радіонуклідної активності в природному середовищі. Радіоекологія. Ядерна зброя і ядерний вибух. Атомні електростанції. Методи знешкодження радіоактивного впливу на навколишнє середовище. Відповідь на питання 11-20	30 тиждень



**Оформлення титульного листа  
міжсесійної контрольної роботи**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеський державний екологічний університет

Кафедра хімії навколишнього середовища

**КОНТРОЛЬНА РОБОТА  
з дисципліни «Екологічна хімія»**

Варіант № 7

Виконав: П.І.Б. студента  
Група:  
Перевірив: П.І.Б. викладача

ОДЕСА – 201\_\_ р.

## 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

## Додаток 4

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

<i>Інгредієнт</i>	<i>Джерела надходження</i>	<i>Концентрації, млн<sup>-1</sup></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

ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ Д.І. МЕНДЕЛІЄВА																		
ПЕРІОД	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
1	<b>H</b> 1,0079 Гідроген Водень														<b>He</b> 4,0026 Гелій			
2	<b>Li</b> 6,941 Літій	<b>Be</b> 9,0122 Берилій	<b>B</b> 10,811 Бор	<b>C</b> 12,011 Карбон Вуглець	<b>N</b> 14,007 Нітроген Азот	<b>O</b> 15,999 Оксиген Кисень	<b>F</b> 18,998 Флуор Фтор	<b>Ne</b> 20,179 Неон							<b>Na</b> 22,990 Натрій	<b>Ne</b> 20,179 Неон	<b>Fe</b> 55,847 Ферум Залізо	
3	<b>Na</b> 22,990 Натрій	<b>Mg</b> 24,305 Магній	<b>Al</b> 26,982 Алюміній	<b>Si</b> 28,086 Силіцій	<b>P</b> 30,974 Фосфор	<b>S</b> 32,066 Сульфур Сірка	<b>Cl</b> 35,453 Хлор	<b>Ar</b> 39,948 Аргон							<b>K</b> 39,098 Калій	<b>Ar</b> 39,948 Аргон	<b>Co</b> 58,933 Кобальт	<b>Ni</b> 58,69 Нікол Нікель
4	<b>K</b> 39,098 Калій	<b>Ca</b> 40,078 Кальцій	<b>Sc</b> 44,956 Скандій	<b>Ti</b> 47,88 Титан	<b>V</b> 50,942 Ванадій	<b>Cr</b> 51,996 Хром	<b>Mn</b> 54,938 Манган	<b>Fe</b> 55,847 Ферум Залізо							<b>Ca</b> 40,078 Кальцій	<b>Cr</b> 51,996 Хром	<b>Ni</b> 58,69 Нікол Нікель	<b>Ni</b> 58,69 Нікол Нікель
5	<b>Rb</b> 85,468 Рубідій	<b>Sr</b> 87,62 Стронцій	<b>Y</b> 88,906 Ітрій	<b>Zr</b> 91,224 Цирконій	<b>Nb</b> 92,906 Ніобій	<b>Mo</b> 95,94 Молибден	<b>Tc</b> [99] Технецій	<b>Ru</b> 101,07 Рутеній							<b>Rb</b> 85,468 Рубідій	<b>Mo</b> 95,94 Молибден	<b>Rh</b> 106,42 Родій	<b>Pd</b> 106,42 Паладій
6	<b>Cs</b> 132,91 Цезій	<b>Ba</b> 137,33 Барій	<b>*La</b> 138,91 Лантан	<b>Hf</b> 178,49 Гафній	<b>Ta</b> 180,95 Тантал	<b>W</b> 186,21 Вольфрам	<b>Re</b> 186,21 Реній	<b>Os</b> 192,22 Осмій							<b>Cs</b> 132,91 Цезій	<b>Hf</b> 178,49 Гафній	<b>Ir</b> 192,22 Ірідій	<b>Pt</b> 195,08 Платина
7	<b>Fr</b> [223] Францій	<b>Ra</b> 226,03 Радій	<b>**Ac</b> [227] Актиній	<b>Pb</b> 207,2 Свинець, оливо	<b>Bi</b> 208,98 Бісмут	<b>Po</b> [209] Полоній	<b>At</b> [210] Астат	<b>Rn</b> [222] Радон							<b>Fr</b> [223] Францій	<b>Pb</b> 207,2 Свинець, оливо	<b>Rn</b> [222] Радон	<b>Pt</b> 195,08 Платина
8	<b>Ce</b> 140,12 Церій	<b>Pr</b> 140,91 Прасеодим	<b>Nd</b> 144,24 Неодим	<b>Sm</b> 150,36 Самарій	<b>Eu</b> 151,96 Європій	<b>Gd</b> 157,25 Гадоліній	<b>Tb</b> 158,93 Тербій	<b>Dy</b> 162,50 Диспрозій	<b>Ho</b> 164,93 Гольмій	<b>Er</b> 167,26 Ербій	<b>Yb</b> 173,04 Ітербій	<b>Lu</b> 174,97 Лютецій			<b>Ce</b> 140,12 Церій	<b>Pr</b> 140,91 Прасеодим	<b>Lu</b> 174,97 Лютецій	<b>Lu</b> 174,97 Лютецій
9	<b>Th</b> 232,04 Торій	<b>Pa</b> 231 Протактиній	<b>U</b> 238,03 Уран	<b>Pu</b> [244] Плутоній	<b>Am</b> [243] Америцій	<b>Cm</b> [247] Кюрії	<b>Bk</b> [247] Берклій	<b>Cf</b> [251] Каліфорній	<b>Es</b> [252] Ейнштейній	<b>Fm</b> [257] Фермій	<b>Md</b> [258] Менделєєв	<b>No</b> [259] Нобелій	<b>Lr</b> [260] Лоуренсій		<b>Th</b> 232,04 Торій	<b>Pa</b> 231 Протактиній	<b>Lr</b> [260] Лоуренсій	<b>Lr</b> [260] Лоуренсій
* Лантаноїди																		
** Актиноїди																		

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	ВР	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	ВР	-	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
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	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	Р
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	ВР	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 <sup>-5</sup>	0,001
Силіцій (Si)	14	25,80	29,5	0,15	10 <sup>-5</sup>	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 <sup>-3</sup>	10 <sup>-5</sup>	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	1301-3600	10001-25000	9,6-12,0	
10	400	1000	0,1		3600	25000	12	Дуже високо зольні



Додаток 9

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 організації самостійної роботи**  
**та виконання контрольної роботи**  
**з дисципліни «Екологічна хімія»**  
**для студентів заочного факультету**  
**зі спеціальності «Екологія та охорона**  
**навколишнього середовища»**

Укладачі: Горліченко М.Г., доц., к.п.н,  
Шевченко С.В., ст. викл.,  
Гриб К.О., зав. лаб

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