

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ

АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Навчально-методичний
комплекс дисципліни

КИЇВ – 2025

*Ухвалено науково-методичною комісією хімічного факультету
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
протокол № 8 від 9 квітня 2025 р.*

*Рекомендовано до публікації кафедрою аналітичної хімії хімічного факультету
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
протокол № 7 від 3 квітня 2025 р.*

Рецензенти:

Зайцева Галина Миколаївна, к.х.н., зав. кафедри аналітичної, фізичної та колоїдної хімії національного медичного університету імені О.О. Богомольця

Зінько Ліонель Степанівна, к.х.н., доцент кафедри аналітичної хімії Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Автор: Зуй Марина Федорівна, к.х.н., доцент кафедри аналітичної хімії

Аналітична хімія навколишнього середовища: Навчально-методичний комплекс дисципліни (програма, плани лекцій, семінарських і лабораторних занять, питання та задачі, завдання для самостійної роботи та система оцінки знань студентів ОР «магістр» кафедри аналітичної хімії хімічного факультету). – Київ. – 2025. – 46 с.

Представлений навчально-методичний комплекс є результатом багаторічного викладання дисципліни «Аналітична хімія навколишнього середовища» на кафедрі аналітичної хімії хімічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Розроблений навчально-методичний комплекс орієнтований на формування в студентів теоретичних знань і практичних навичок щодо хімічного складу об'єктів довкілля, перетворень, транспортування, впливу на довкілля хімічних сполук органічної та неорганічної природи, в тому числі екотоксикантів, вивчення основних принципів класичних і сучасних методів пробовідбору, пробопідготовки і аналізу об'єктів довкілля, проведення екологічного моніторингу, важливості активної життєвої позиції щодо охорони довкілля, враховуючи зростаючі вимоги до якості освітньої підготовки.

Програма, плани лекцій, семінарських і лабораторних занять для студентів хімічних факультетів, викладені у навчально-методичному комплексі, пропонуються у якості теоретичної основи при викладанні спеціального курсу «Аналітична хімія навколишнього середовища».

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ

АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Навчально-методичний

комплекс дисципліни

(програма, плани лекцій, семінарських і лабораторних занять,
завдання для самостійної роботи та система оцінки знань
студентів хімічного факультету)

Автор: к.х.н., доцент
кафедри аналітичної хімії М.Ф. Зуй

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
I. Розподіл академічних годин на вивчення курсу «Аналітична хімія навколишнього середовища». Програма курсу.....	10
II. Плани лекцій.....	17
III. Плани лабораторних робіт.....	22
IV. Загальні питання, задачі.....	32
V. Загальні теми презентацій.....	34
VI. Самостійна робота студентів.....	37
VII. Перелік питань, що виносяться на іспит.....	39
VIII. Система оцінки знань та критерії оцінювання.....	42
IX. Рекомендована література.....	45

ВСТУП

Дисципліна «Аналітична хімія навколишнього середовища» є спеціальним курсом за вибором для студентів ОР «магістр» хімічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, що читається впродовж одного семестру в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS), або 120 годин аудиторної, практичної і самостійної роботи та закінчується іспитом. Навчальна дисципліна «Аналітична хімія навколишнього середовища» є складовою програми професійної підготовки фахівців освітнього рівня «магістр» за освітньою програмою «Аналітична хімія».

Мета навчальної дисципліни – ознайомлення студентів з хімічним складом об'єктів довкілля, фізико-хімічними властивостями, транспортуванням, перетвореннями основних компонентів, мікрокомпонентів, токсикантів в довкіллі, середнім вмістом, максимально допустимими концентраціями сполук в довкіллі, а також вивчення сучасних методів пробовідбору, консервування, зберігання проб, пробопідготовки і визначення основних, мікрокомпонентів і екотоксикантів природних вод, ґрунтів і повітря, знайомство з екологічними проблемами України і світу і шляхами їх вирішення.

Основні вимоги до вивчення навчальної дисципліни «Аналітична хімія навколишнього середовища».

До початку вивчення дисципліни «Аналітична хімія навколишнього середовища» студенти мають:

1. **Знати** теоретичні основи загальної, неорганічної, аналітичної, колоїдної, органічної хімії.
2. **Знати** теоретичні основи титриметричних, спектроскопічних, електрохімічних, хроматографічних методів аналізу.
3. **Володіти основними навичками** роботи в хімічній лабораторії.
4. **Вміти виконувати** елементарний хімічний аналіз, вміти працювати на сучасних інструментальних приладах: спектрофотометрі, полуменевому фотометрі, рідинному та газовому хроматографі.

5. **Володіти** методами статистичної обробки результатів аналізу.
6. **Володіти** навичками роботи з науковою літературою, порівняльного та системного аналізу для вирішення конкретних науково-практичних завдань.

Основним завданням навчальної дисципліни «Аналітична хімія навколишнього середовища» є формування у студентів системи теоретичних знань щодо хімічного складу природних вод, ґрунтів і повітря, отримання практичних навичок щодо проведення пробовідбору, пробопідготовки та хімічного аналізу об'єктів довкілля, формування здатності студента робити відповідні висновки про рівень якості або забруднення природних вод, ґрунтів і повітря. Також студенти мають вміння планувати, організовувати і проводити хімічний аналіз екологічних зразків як на місці пробовідбору, так і аналітичній лабораторії; проводити математичну обробку результатів хімічного аналізу, робити висновки про забруднення довкілля.

Предмет навчальної дисципліни «Аналітична хімія навколишнього середовища» включає: розгляд хімічного складу об'єктів довкілля: основних компонентів, мікрокомпонентів, екотоксикантів; вивчення хімічної поведінки органічних і неорганічних компонентів довкілля; сучасні методи пробовідбору, пробопідготовки і визначення хімічних сполук в природних водах, ґрунтах, повітрі, їх основні принципи, особливості, переваги і недоліки, вміння робити правильний вибір методу визначення аналіту в залежності від природи, властивостей, токсичності, матриці зразка і визначуваної концентрації; знання і розуміння головних екологічних проблем людства і можливих шляхів їх вирішення.

Навчальна дисципліна «Аналітична хімія навколишнього середовища» спрямована на формування у студентів наступних **компетентностей**.

Загальні компетентності:

- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність до адаптації та дії в новій ситуації;
- здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;

- здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності);
- здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел;

Фахові компетентності:

- здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент;
- здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження;
- здатність застосовувати методи комп'ютерного моделювання для вирішення наукових, хіміко-технологічних проблем та проблем хімічного матеріалознавства;
- здатність дотримуватися етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність, ризики для людей і довкілля тощо);
- здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати напрями та відповідні методи для їх розв'язання на основі розуміння сучасної проблематики досліджень в галузі хімії та беручи до уваги наявні ресурси;
- здатність обирати оптимальні методи та методики дослідження.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

Код	Результат навчання	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання, поточний контроль*	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1.1	Знати хімічний склад і властивості компонентів об'єктів довкілля	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, КР-1	10
1.2	Знати шляхи транспортування і хімічних перетворень природних компонентів і токсикантів довкілля	лекції, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, КР-1	5

1.3	Знати основні принципи сучасних методів пробовідбору і кількісного визначення компонентів і токсикантів довкілля	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, КР-1, Р	25
2.1	Вміти проводити пробовідбір, пробопідготовку, кількісний хімічний аналіз зразків довкілля сучасними методами	лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, КР-2	30
2.2	Вміти розв'язувати розрахункові задачі з курсу аналітичної хімії навколишнього середовища	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, КР-1, КР-2	10
3.1	Здатність використовувати сучасні інформаційні технології для збору, аналізу, обробки, інтерпретації інформації з хімічного аналізу об'єктів довкілля	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, Р	5
3.2	Здатність працювати в команді при виконанні завдань, передбачених програмою курсу	лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2	5
4.1	Вміти самостійно проводити аналіз та інтерпретувати результати аналізу	лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, Р	5

*контрольна робота – КР, ПтК-1 – контроль виконання лабораторної роботи, ПтК-2 – контроль активності і самостійної роботи, Р – реферат.

Співвідношення результатів навчання дисципліни (РНД) із програмними результатами навчання (ПРН):

ПРН(код) \ РНД(код)	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1
ПРН2. Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.			+	+	+			
ПРН3. Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.			+		+			
ПРН8. Вміти ясно і однозначно донести результати власного дослідження до фахової аудиторії та/або нефаківців.						+	+	+
ПРН9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.				+	+	+	+	
ПРН10. Планувати, організувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.				+	+	+	+	
ПРН16. Знати вимоги та підходи до розроблення навчальних і методичних матеріалів.	+		+			+	+	

I. РОЗПОДІЛ АКАДЕМІЧНОГО ЧАСУ НА ВИВЧЕННЯ КУРСУ «АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА».

ПРОГРАМА КУРСУ ОСНОВНИЙ ЗМІСТ КУРСУ

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. Загальна характеристика, хімічний склад природних об'єктів, типи проб і пробовідбору, методи визначення загальних показників.

Тема 1. Загальна характеристика природних вод. Типи, хімічний склад, інтегральні (загальні) показники якості природних вод, їх методи визначення. Приклади розрахунків.

1. Загальна характеристика природних вод: типи вод, макрокомпоненти, мікрокомпоненти, екотоксиканти. Інтегральні показники якості природних вод: рН, загальна мінералізація, електропровідність, окисно-відновний потенціал, каламутність, кольоровість. Методи визначення і розрахунки.
2. Загальна, постійна і тимчасова жорсткість, кислотність (загальна, вільна), лужність (загальна, вільна) природної води, характеристика, методи визначення, одиниці виміру. Вміст розчинених газів: кисню і діоксиду карбону. Залежність вмісту розчинених газів від фізико-хімічних параметрів: температури, тиску, УФ-світла, часу доби, сезону, вмісту окисників і відновників. Методи визначення вмісту розчинених газів.
3. Хімічне і біохімічне споживання кисню, перманганатний індекс природних вод. Основні принципи методів визначення.

Тема 2. Загальна характеристика ґрунтів.

1. Хімічний склад, мінеральна, органічна частина, типи ґрунтів, вивітрювання фізичне і хімічне, приклади.
2. Інтегральні показники якості ґрунтів: гігроскопічність, втрата при прожарюванні, рН, кислотність (обмінна, ґрунтова), лужність, катіонообмінна ємність, засоленість, вміст карбону. Формулювання понять, особливості методів визначення, розрахунки.

Тема 3. Загальна характеристика повітря.

1. Хімічний склад, основні компоненти, мікрокомпоненти, токсиканти (первинні, вторинні). Типи реакцій в атмосфері, аерозолі, їх типи, емісія і імісія.
2. Види кількісних показників забруднення повітря, загальний індекс забруднення повітря. Приклади перерахунку об'єму повітря на стандартні умови, перевод одиниць концентрацій речовин в повітрі з ppm (v/v) у мг/л і навпаки. Екологічні проблеми повітря і шляхи їх вирішення. Вирішення задач за темами.

Тема 4. Пробовідбір об'єктів довкілля.

1. Типи проб природної води. Правила відбору, транспортування та зберігання проб природної води. Каністри, бутилі, батискафи для пробовідбору води, вимоги до них. Сполуки для консервування проб природної води. Показники, які визначаються на місці пробовідбору.
2. Пробовідбір повітря: активний і пасивний відбір. Типи ємностей для пробовідбору повітря: мішки, металеві каністри, скляні бутилі, вимоги до них. Сорбенти, фільтри, картриджі, сорбційні трубки для пробовідбору і аналізу повітря.
3. Пробовідбір ґрунту. Бури та трубки для пробовідбору ґрунту. Квартування і розділення об'ємного зразка ґрунту для отримання представницької проби. Висушування, подрібнення, просіювання і зберігання проб ґрунту, пристрої для автоматизації пробопідготовки ґрунту.

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2. Сучасні методи пробопідготовки, ідентифікації і кількісного визначення життєвонеобхідних компонентів, мікрокомпонентів і токсикантів у природних водах, ґрунті, повітрі.

Тема 5. Визначення життєвонеобхідних компонентів природних вод і ґрунтів.

1. Сполуки нітрогену і фосфору в природних водах і ґрунтах: джерела надходження, форми знаходження: амоніак, іони амонію, нітрати, нітрити, фосфати, поліфосфати, хімічні перетворення, токсичність. Евтрофікація:

причини виникнення і способи усунення, основні принципи пробопідготовки і визначення сполук нітрогену і фосфору, розрахунки.

2. Сполуки силіцію і карбону в природних водах і ґрунтах: джерела надходження, форми знаходження: силікати, полісилікати, діоксид силіцію, гумусові речовини, гумати, хімічні перетворення, сучасні методи пробопідготовки і визначення.

Тема 6. Визначення екотоксикантів природних вод і ґрунтів.

1. Феноли в природних водах і ґрунтах. Типи фенолів, джерела надходження, форми знаходження в довкіллі, перетворення, токсичність, фенольний індекс, сучасні методи пробопідготовки і визначення.
2. Пестициди в довкіллі: класифікація, хлорвмісні, фосфорвмісні, карбаматні, сечовинні, триазинові, піридинові похідні, піретроїди, інш. Структури, властивості, стійкість в довкіллі, метаболізм, токсичність, методи пробопідготовки та визначення.
3. Нафтопродукти і поліциклічні ароматичні сполуки в природних водах і ґрунтах. Джерела надходження, властивості, хімічні перетворення, токсичність, методи пробопідготовки і кількісного визначення.
4. Поліхлоровані дибензодіоксини, дибензофурани, дибензобіфеніли: структура, властивості, токсичність, джерела надходження, метаболізм в довкіллі, методи пробопідготовки і визначення.

Тема 7. Визначення токсичних газів і летких сполук в повітрі.

1. Джерела надходження, токсичність, ГДК, методи визначення летких неорганічних газів: оксиду і діоксиду карбону, оксидів нітрогену, сульфур, озону в повітрі, основні принципи, особливості методів.
2. Леткі органічні токсиканти в повітрі: формальдегід, ароматичні вуглеводні (ВТЕХ), трихлоретилен: джерела надходження, токсичність, методи визначення.

**ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ, ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ,
СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТІВ**

№	НАЗВА	Кількість годин		
		Лекції	Лабораторні/ Семинарські	Самостійна робота
<i>Змістовий модуль 1. Загальна характеристика, хімічний склад природних об'єктів, типи проб і пробовідбору, методи визначення загальних показників.</i>				
<i>Тема 1. Загальна характеристика природних вод.</i>				
1.	Лекція 1. Загальна характеристика природних вод: типи вод, макрокомпоненти, мікрокомпоненти, екоотоксиканти. Інтегральні показники якості природних вод: методи визначення, розрахунки. Екологічний моніторинг.	2	-	2
2.	Лекція 2. Титриметричне визначення жорсткості, кислотності, лужності природної води. Методи визначення вмісту розчиненого кисню у природній воді, розрахунки. Залежність вмісту розчинених газів від фізико-хімічних параметрів.	2	-	3
3.	Лекція 3. Визначення хімічного, біохімічного споживання кисню, перманганатного індексу природних вод: формулювання понять, основні принципи визначення, розрахунки.	1	-	2
4.	Самостійна робота 1 з розрахунку інтегральних показників якості природних вод.	-	-	3
<i>Тема 2. Загальна характеристика ґрунтів.</i>				
5.	Лекції 4-5. Хімічний склад ґрунтів, мінеральна, органічна частина, вивітрювання фізичне і хімічне. Основні компоненти ґрунту, алюмосилікати і силікати, типи ґрунтів. Визначення гігроскопічності, втрати при прожарюванні, Кислотність (обмінна, ґрунтова), лужність, катіонообмінна ємність, засоленість, вміст карбону в ґрунті, розрахунки.	3	-	5
6.	Самостійна робота 2 з розрахунку інтегральних показників якості ґрунтів.	-	-	2
<i>Тема 3. Загальна характеристика повітря.</i>				
7.	Лекція 6. Хімічний склад повітря, основні компоненти, мікрокомпоненти, токсиканти	2	-	2

	(первинні, вторинні) в повітрі. Типи реакцій в атмосфері, аерозолі, їх типи, емісія і імісія. Екологічні проблеми повітря. Вирішення задач за темами.			
8.	Самостійна робота 3. Екологічні проблеми, пов'язані з повітрям і шляхи їх вирішення.	-	-	3
Тема 4. Пробовідбір об'єктів довкілля.				
9.	Лекція 7. Способи пробовідбору, консервування проб довкілля. Типи проб. Правила відбору, транспортування та зберігання проб води і ґрунту. Пробовідбір повітря: активний і пасивний відбір. Ємності для пробовідбору повітря, вимоги, правила пробовідбору. Типи проб природної води. Правила відбору, транспортування та зберігання проб. Консервування проб природної води. Показники, які визначають на місці пробовідбору.	2	-	3
10.	Самостійна робота 4. Пробовідбір атмосферних опадів, природної води, ґрунту, особливості відбору, умови зберігання.	-	-	2
11.	Лабораторна робота 1. Визначення рН, загальної мінералізації за питомою електропровідністю, окисно-відновного потенціалу, розчиненого кисню у природній воді (річці, озері, підземному джерелі) м. Києва.	-	2	2
12.	Лабораторна робота 2. Титриметричне визначення кислотності та лужності, перманганатної окиснюваності, сухого залишку природної води м. Києва.	-	2	2
13.	Самостійна робота 5. Екологічні проблеми в Україні в зв'язку з військовими діями: забруднення повітря, вод, ґрунтів вибухонебезпечними речовинами, хімічною зброєю, викидами авто- і авіатехніки, транспорту, іншими суперекотоксикантами і шляхи їх вирішення.	-	-	3
14.	Самостійна робота 6. Екологічний моніторинг в Україні, пов'язаний із визначенням важких металів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів, ВТЕХ, нітроароматичних сполук. Шляхи відновлення територій України, включаючи сільськогосподарські угіддя.	-	-	3
15.	Модульна контрольна робота 1	1	-	3

Змістовий модуль 2. Сучасні методи ідентифікації, пробопідготовки і кількісного визначення життєвонеобхідних компонентів, мікрокомпонентів і токсикантів у об'єктах довкілля.				
Тема 5. Визначення життєвонеобхідних компонентів природних вод і ґрунтів.				
16.	Лекція 8. Сполуки нітрогену і фосфору в природних водах і ґрунтах: джерела надходження, форми знаходження: амоніак, іони амонію, нітрати, нітрити, фосфати, поліфосфати, хімічні перетворення, токсичність. Евтрофікація: причини виникнення і способи усунення. Основні принципи пробопідготовки і визначення сполук нітрогену і фосфору, розрахунки.	2	-	3
17.	Лекція 9. Сполуки силіцію і карбону в природних водах і ґрунтах: джерела надходження, форми знаходження: силікати, полісилікати, діоксид силіцію, гумусові речовини, гумати, хімічні перетворення, сучасні методи пробопідготовки і визначення, усунення заважаючого впливу.	2	-	3
18.	Лабораторна робота 3. Титриметричне визначення загальної жорсткості, вмісту Ca^{2+} і Mg^{2+} . Фотометричне визначення ортофосфатів і загального фосфору у природній воді.	-	2	2
19.	Самостійна робота 7. Підготовка презентації/реферату з сучасних методів визначення природних компонентів і екотоксикантів в об'єктах довкілля (за матеріалами наукової статті у наукових міжнародних журналах).	-	-	4
Тема 6. Визначення екотоксикантів природних вод і ґрунтів.				
20.	Лекція 10. Феноли в природних водах і ґрунтах. Типи фенолів, джерела надходження, форми знаходження в довкіллі, перетворення, токсичність, фенольний індекс, сучасні методи пробопідготовки і визначення фенолів.	2	-	2
21.	Лекція 11. Нафтопродукти і поліциклічні ароматичні речовини (ПАР) в природних водах і ґрунтах. Фракції нафти, хімічний склад сирової нафти і нафтопродуктів. Хімічні класи сполук - компонентів нафти. Приклади хімічних структур ПАР. Властивості, хімічні перетворення, токсичність, методи пробопідготовки і кількісного визначення.	2	-	3

22.	Лекції 12-13. Пестициди: хлорорганічні, фосфорорганічні, сечовинні, карбаматні, піримідинові, сполуки дипіридилію. Класифікація, метаболізм в довкіллі, токсичність, основні методи пробопідготовки і визначення	3	-	3
23.	Лекція 14. Поліхлоровані дибензодіоксини, дибензофурани, біфеніли. Структури, властивості, метаболізм в довкіллі, токсичність, основні методи пробопідготовки і визначення.	2	-	2
24.	Лабораторна робота 4. Фотометричне визначення вмісту NH_4^+ -йонів у природній воді. Титриметричне визначення хлорид- і сульфат-йонів в природній воді.	-	2	2
25.	Лабораторна робота 5. Фотометричне визначення загального та розчинних форм Fe (II, III) у природній воді.	-	2	2
26.	Самостійна робота 8. Підготовка звіту за результатами хімічного аналізу природної води м. Києва	-	-	4
Тема 7. Визначення екотоксикантів повітря.				
27.	Лекція 15. Основні компоненти і токсиканти повітря. Методи хімічного аналізу повітря на вміст летких екотоксикантів. Екологічні проблеми, пов'язані із забрудненням повітря. Види кількісних показників забруднення повітря, загальний індекс забруднення повітря. Розрахунки.	2	-	3
28.	Самостійна робота 9. Екскурсія в реальну хіміко-аналітичну лабораторію (Інститут гігієни праці НАМН України або Науковий центр превентивної токсикології харчової та хімічної безпеки імені акад. Л.І. Медведя МОЗ України або Центральна лабораторія з аналізу якості лікарських засобів і медичної продукції)	-	-	4
29.	<i>Модульна контрольна робота 2</i>	1	-	3
	ВСЬОГО	30	10	80

Лекції – 30 годин

Лабораторні заняття – 10 годин

Самостійна робота – 80 годин

ВСЬОГО – 120 годин

ПЛАН ЛЕКЦІЙ

Лекція 1. Загальна характеристика природних вод: типи вод, макрокомпоненти, мікрокомпоненти, екотоксиканти. Інтегральні показники якості природних вод: методи визначення, розрахунки. Екологічний моніторинг.

- Важливість природної води і чистого довкілля, охорона довкілля в Україні і в світі;
- Предмет і задачі курсу «Аналітична хімія навколишнього середовища»;
- Загальна класифікація і типи об'єктів довкілля;
- Типи і хімічний склад природних вод;
- Інтегральні показники якості природних вод: рН, загальна мінералізація, питома електропровідність, кольоровість, каламутність, окисно-відновний потенціал, методи визначення;
- Екологічний моніторинг: формулювання, проведення, приклади.

Лекція 2. Титриметричне визначення жорсткості, кислотності, лужності природної води. Методи визначення вмісту розчиненого кисню у природній воді, розрахунки. Залежність вмісту розчинених газів від фізико-хімічних параметрів.

- Методи визначення розчиненого кисню у природній воді;
- Методи визначення розчиненого діоксиду карбону у природній воді: загальна і вільна кислотність і лужність; характеристика;
- Залежність вмісту розчинених газів від фізико-хімічних параметрів.
- Типи жорсткості природної води: загальна, постійна, тимчасова, методи визначення.
- Особливості хімічного складу поверхневих прісних, морських та підземних вод.

Лекція 3. Визначення хімічного, біохімічного споживання кисню, перманганатного індексу природних вод: формулювання, основні принципи визначення, розрахунки.

- Поняття і методи визначення хімічного споживання кисню (ХСК)

- Титриметричний дихроматний метод визначення ХСК: основні принципи, хімічні реакції, розрахунки, одиниці вимірювання, норми
- Титриметричний метод визначення перманганатної окиснюваності: основні принципи, хімічні реакції, розрахунки, одиниці вимірювання
- Біохімічне споживання кисню

Лекції 4 – 5. Загальна характеристика ґрунтів. Хімічний склад ґрунтів, основні мінеральні компоненти, гумусові речовини, типи ґрунтів. Визначення інтегральних показників, розрахунки.

- Що таке ґрунт. Вивітрювання, типи вивітрювання.
- Хімічний склад ґрунту. Мінеральна і органічна частини ґрунту.
- Іонообмінна здатність ґрунту, катіонообмінна поглинальна ємність ґрунтів, методи визначення, одиниці вимірювання.
- Кислотність: ґрунтова і обмінна, лужність (визначення суми йонів Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), регулювання кислотності, засоленість ґрунтів, методи визначення.
- Гумусові речовини, характеристика. Методи визначення загального карбону в ґрунті.
- Типи ґрунтів України.

Лекція 6. Хімічний склад повітря, основні компоненти, мікрокомпоненти, токсиканти (первинні, вторинні) в повітрі. Типи реакцій в атмосфері, типи аерозолів, емісія і імисія. Екологічні проблеми повітря. Вирішення задач за темами.

- Загальна характеристика, функції атмосфери, основні і мікрокомпоненти атмосфери;
- Хімічні і фотохімічні реакції в атмосфері;
- Типи аерозолів, характеристика;
- Екотоксиканти повітря, типи, джерела, ГДК, LD_{50}
- Екологічні проблеми, пов'язані із забрудненням повітря і шляхи їх вирішення.

Лекція 7. Типи проб. Типи проб природної води. Правила відбору, транспортування та зберігання проб. Консервування проб природної води. Показники, які

визначають на місці пробовідбору. Пробовідбір повітря, типи. Пристрої для пробовідбору повітря, вимоги, правила пробовідбору. Пробовідбір ґрунту, пристрої для пробовідбору.

- Типи проб об'єктів довкілля.
- Пробовідбір природної води, типи проб, консервування і зберігання проб. Правила відбору, транспортування та зберігання проб природної води.
- Типи пробовідбору повітря: активний і пасивний, пристрої для пробовідбору проб повітря, особливості пробовідбору. Розрахунки для визначення об'єму відібраного повітря.
- Пробовідбір і підготовка ґрунту. Особливості пробовідбору ґрунту.

Лекція 8. Сполуки нітрогену і фосфору в природних водах і ґрунтах: джерела надходження, форми знаходження, хімічні перетворення, токсичність. Евтрофікація: причини виникнення і способи усунення. Основні принципи пробопідготовки і визначення сполук нітрогену і фосфору, розрахунки.

- Джерела надходження і форми сполук нітрогену і фосфору в довкіллі: амоніак, іони амонію, нітрати, нітрити, фосфати, поліфосфати;
- Перетворення сполук азоту в довкіллі: амоніфікація, нітрифікація, денітрифікація, реакції;
- Евтрофікація, причини і наслідки, токсичність і ГДК сполук нітрогену і фосфору;
- Основні методи пробопідготовки і визначення сполук нітрогену і фосфору;
- Нітрузоаміни – найбільш небезпечні токсиканти серед сполук нітрогену.

Лекція 9. Сполуки силіцію і карбону в природних водах і ґрунтах: джерела надходження, форми знаходження: хімічні перетворення, сучасні методи пробопідготовки і визначення, усунення заважаючого впливу.

- Джерела надходження, форми знаходження сполук силіцію і карбону в довкіллі: силікати, полісилікати, діоксид силіцію, фульво- і гумінові кислоти, фульвати і гумати;
- Хімічні перетворення сполук силіцію в довкіллі;
- Структура, типи і властивості гумусових речовин;

- Методи пробопідготовки і визначення сполук силіцію у водах і ґрунтах
- Методи виділення та визначення фульво- і гумінових кислот у водах і ґрунтах

Лекція 10. Феноли в природних водах і ґрунтах. Типи фенолів, джерела надходження, форми знаходження в довкіллі, перетворення, токсичність, фенольний індекс, сучасні методи пробопідготовки і визначення фенолів.

- Природні і антропогенні джерела надходження фенолів в довкілля.
- Властивості, стійкість, хімічні перетворення фенолів в довкіллі.
- Токсичність фенолів, фенольний індекс, зв'язок між структурою і токсичністю фенолів.
- Сучасні методи пробопідготовки і визначення фенолів в довкіллі.

Лекція 11. Нафтопродукти і поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) в природних водах і ґрунтах. Фракції нафти, хімічний склад сирової нафти і нафтопродуктів, токсичність розклад в довкіллі. Приклади хімічних структур ПАВ. Властивості ПАВ, хімічні перетворення, токсичність, методи пробопідготовки і кількісного визначення нафтопродуктів і ПАВ.

- Джерела надходження нафтопродуктів і поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ);
- Хімічний склад, фракції, властивості нафти і нафтопродуктів;
- Поведінка в довкіллі, токсичність нафти і нафтопродуктів, ГДК;
- Методи пробопідготовки і визначення нафти і нафтопродуктів;
- Структура ПАВ, властивості, метаболізм в довкіллі, токсичність;
- Методи визначення ПАВ.

Лекції 12-13. Пестициди: хлорорганічні, фосфорорганічні, сечовинні, карбаматні. Класифікація, властивості, метаболізм в довкіллі, токсичність, основні підходи щодо методів пробопідготовки і визначення.

- Класифікація пестицидів. Форми пестицидів в довкіллі. Поведінка і транспортування пестицидів в довкіллі, стійкість, метаболізм, токсичність пестицидів:
 - Хлорорганічні пестициди;
 - Фосфорорганічні пестициди;

- Сечовинні пестициди;
 - Карбаматні пестициди;
 - Триазинові пестициди;
 - Піримідинові, похідні дипіридилію;
- Сучасні методи пробопідготовки і визначення пестицидів в об'єктах довкілля.

Лекція 14. Поліхлоровані дибензодіоксини, дибензофурани, біфеніли. Структура, властивості, стійкість, метаболізм в довкіллі, токсичність, основні методи пробопідготовки і визначення.

- Класифікація, загальні структури, джерела надходження;
- Властивості, транспортування і розподіл в довкіллі;
- Метаболізм в довкіллі
- Токсичність, коефіцієнти токсичності, ГДК для об'єктів довкілля;
- Сучасні методи пробопідготовки і визначення.

Лекція 15. Основні компоненти, мікрокомпоненти і токсиканти повітря. Коротка характеристика джерел надходження, поведінки хімічних сполук в повітрі, основних принципів методів визначення найбільш важливих екотоксикантів повітря.

- Поведінка, стійкість, перетворення, токсичність оксидів азоту, сірки, монооксиду вуглецю, озону, перхлоретилену, летких органічних сполук ВТЕХ.
- Види кількісних показників забруднення повітря, загальний індекс забруднення повітря. Розрахунки.
- Методи хімічного аналізу повітря на вміст летких екотоксикантів.
- Екологічні проблеми, пов'язані із забрудненням повітря і шляхи їх вирішення.

ПЛАНІ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Пробовідбір і консервування зразків природної води перед початком виконання лабораторних робіт

1. За 1-5 днів до початку виконання лабораторних робіт з курсу «Аналітична хімія навколишнього середовища» студенти відбирають зразки природної води загальною ємністю 1,5-2,0 л. Для цього на місці пробовідбору – біля річки, озера, мінерального джерела м. Києва студенти акуратно (щоб не скаламутити воду) відбирають зразки природної води в сухі чисті заздалегідь підготовлені скляні або пластикові (виготовлені з поліпропілену або політерафталату) бутилі з кришками, що закручуються. Наповнюють природною водою бутилі повністю, щоб не залишилось повітря і міцно закручують кришками. Бутилі бажано якомога швидше принести в лабораторію для подальшої пробопідготовки або зберігати вдома при температурі не вище 4-6 °С в холодильнику не більше 1-2 діб.
2. В лабораторії зразки природної води попередньо фільтрують, використовуючи струменевий водяний насос і щільний паперовий фільтр «синя стрічка». Зразки води для визначення загальних показників: феруму, фосфору, мангану, інших хімічних елементів не фільтрують.
3. Консервування і зберігання зразків проводять згідно таблиці 1. Зразок води після фільтрування розділяють на декілька частин:
 - a) 1 л природної води без додавання консервантів використовують для визначення рН, електропровідності, окисно-відновного потенціалу, лужності (кислотності), загальної жорсткості, розчиненого кисню, сухого залишку, хлоридів – зберігають в холодильнику.
 - b) До 300 мл природної води додають 1 мл CHCl_3 – для визначення йонів амонію, сульфатів, ортофосфатів – зберігають в холодильнику.
 - c) До 300 мл природної води додають 3 мл H_2SO_4 (1:3) – для визначення перманганатного індексу.
 - d) До 50 мл природної води додають 2 мл конц. HNO_3 – для визначення загального феруму.

е) До 100 мл природної води додають 2,5 мл 1 моль/л NaOAc та 2,5 мл 5,8 моль/л крижаної кислоти – для визначення розчинних форм феруму.

Таблиця 1. Способи консервування та зберігання водних зразків

№	Компонент	Консервування на 500 мл води	Час зберігання	Особливості пробовідбору
1.	pH	Не консервують	6 год	Скляний посуд
2.	Питома електропровідність	Не консервують	6 год	Скляний посуд
3.	Окисно-відновний потенціал	Не консервують	6 год	Скляний посуд
4.	Сухий залишок	2 мл CHCl ₃	2 доби	Зберігають при 4 °C
5.	Розчинений кисень	Фіксують на місці відбору	1 доба	Відбирають в кисневій склянці
6.	Кислотність та лужність	Не консервують	1 доба	Зберігають при 4 °C
7.	Амоніак та іони амонію	Не консервують	1 доба	Зберігають при 4 °C
		2–4 мл CHCl ₃ або 1 мл конц. H ₂ SO ₄	1 доба	Зберігають при 4 °C
8.	Загальна жорсткість, вміст Ca ²⁺ і Mg ²⁺	Не консервують	7 діб	Поліетиленовий посуд, зберігають при 4 °C
9.	Перманганатна окиснюваність	50 мл H ₂ SO ₄ (1:3)	1 доба	Зберігають при 4°C, при визначенні враховують кількість кислоти
10.	Ферум загальний	2 мл конц. HNO ₃ на 50 мл	2 доби	Поліетиленовий посуд
11.	Розчинений кисень	Фіксують на місці відбору	1 доба	Відбирають в кисневій склянці
12.	Ортофосфати, поліфосфати	2-4 мл CHCl ₃	7 діб	Скляний посуд, зберігають при 4 °C
13.	Загальний фосфор	Не консервують	1 місяць	Скляний посуд, зберігають при 4 °C
14.	Хлориди	Не консервують	7 діб	Зберігають при 4 °C
15.	Сульфати	2-4 мл CHCl ₃	7 діб	Зберігають при 4 °C

Лабораторна робота 1. Визначення рН, електропровідності, окисно-відновного потенціалу, розчиненого кисню у природній воді

1. Вимірювання **рН, електропровідності і окисно-відновного потенціалу** природної води за методикою № 2, наведеною в посібнику [1]. Послідовно проводять вимірювання рН на рН-метрі зі скляним електродом і хлорид-срібним електродом порівняння; питому електропровідність – на кондуктометрі; окисно-відновний потенціал – на потенціометрі з платиновим індикаторним електродом.
2. Використовуючи дані з літератури, студенти роблять висновки про тип природної води за досліджуваними показниками, порівнюють отримані результати з середніми даними для природних вод України.
3. Титриметричне визначення **вмісту розчиненого кисню за Вінклером** у природній воді за методикою № 3, наведеною в посібнику [1]. Стадії виконання:
 - а) Визначення ємності скляних колб для природної води;
 - б) Додавання реактивів: манган сульфат, калій йодид до природної води. Через 15 хв додають сульфатну кислоту, розчин перемішують до розчинення осаду;
 - с) Відбирають аліквоту розчину і проводять титрування йоду, що виділився, стандартним розчином натрій тіосульфату. Розраховують вміст розчиненого кисню у природній воді в мг/л.

ПИТАННЯ:

1. Які типи природних вод за величинами рН відомі?
2. Що таке загальна мінералізація води? Які типи природних вод відомі за загальною мінералізацією?
3. Як пов'язана електропровідність із загальною мінералізацією?
4. До якого типу відносять поверхневі води України за загальною мінералізацією?

5. Порівняйте метод визначення загальної мінералізації за електропровідністю і за сухим залишком. Вкажіть, в яких одиницях визначають електропровідність і загальну мінералізацію, як привести у відповідність ці величини.
6. В чому полягає основний принцип титриметричного визначення розчиненого кисню за Вінклером? Напишіть хімічні реакції, що лежать в основі титриметричного методу Вінклера. Наведіть формулу, за якою розраховують вміст розчиненого кисню даним методом і поясніть її.
7. В якому діапазоні має бути вміст розчиненого кисню у незабруднених природних поверхневих водах? Які чинники зменшують і збільшують цей показник у водах?

Лабораторна робота 2. Титриметричне визначення кислотності і лужності природної води. Гравіметричне визначення сухого залишку води. Титриметричне визначення перманганатної окиснюваності природної води.

1. Титриметричне визначення кислотності та лужності природної води проводять за методикою 4.1 з посібника [1].
2. Загальну лужність визначають для всіх зразків природної води. Вільну лужність визначають лише для зразків води з $pH > 8,5$; вільну кислотність – для зразків води з $pH < 4,5$, загальну кислотність – для зразків води з $4,5 < pH < 6,0$.
3. За величиною рН досліджуваної води студенти вирішують, який саме показник – кислотності або лужності або обидва показники є найбільш важливим для їх зразка води. Студенти пояснюють, чому вони так вирішили.
4. Гравіметричне визначення сухого залишку природної води. Студенти роблять висновок, до якого типу – прісних, солонуватих, солоних відноситься досліджувана вода.
5. Титриметричне визначення перманганатної окиснюваності (перманганатного індексу). Основні принципи, на яких базується визначення, розрахунки.
6. Викладач має звернути увагу студентів на формулу для розрахунку, разом зі студентами пояснити її. Об'єм титранту, що використали на титрування

холостого розчину обов'язково має бути більшим за об'єм титранту, який використали на титрування досліджуваної води.

7. Студенти розраховують величину перманганатного індексу в мг О/л і порівнюють величину з нормами для чистих природних вод в Україні. Роблять висновок про якість досліджуваної води.

ПИТАННЯ

1. Які типи природних вод за сухим залишком вам відомі?
2. За якою формулою розраховують сухий залишок води?
3. Які типи кислотності і лужності ви знаєте? Від вмісту яких сполук залежить найбільше кислотність і лужність природних вод?
4. Який інтервал рН є найбільш прийнятним для природних вод? Які незабруднені природні води є завжди кислими, поясніть чому.
5. За якими формулами розраховують кислотність і лужність природної води?
6. Наведіть хімічні реакції, на яких базується метод визначення перманганатного індексу і дихроматний метод визначення ХСК.
7. Які методи визначення хімічного споживання кисню (ХСК) ви знаєте?
8. Наведіть формулу розрахунку перманганатної окиснюваності (перманганатного індексу), поясніть її.
9. В чому полягає різниця визначення перманганатної окиснюваності від ХСК?
10. Які існують стандартні норми рівня забруднення природних вод за перманганатним індексом і ХСК, чи можна їх порівняти одне до одного?

Лабораторна робота 3. Титриметричне визначення загальної жорсткості, вмісту Ca^{2+} і Mg^{2+} . Фотометричне визначення ортофосфатів і загального фосфору у природній воді.

1. Титриметричне визначення загальної жорсткості природної води студенти проводять за методикою № 5 з посібника [1]. Для визначення використовують стандартний розчин трилону Б, аміачний буферний розчин, індикатор еріохром чорний Т. Для точного встановлення точки кінця титрування важливо додавати небагато індикатору – до слабо фіалкового кольору, інакше важко помітити

перехід до чисто синього кольору і виникне помилка титрування. Одиниці вимірювання загальної жорсткості – ммоль/л. Визначають, до якого типу відноситься досліджувана вода за жорсткістю: м'якої (до 2 ммоль/л), нормальної (до 4 ммоль/л), жорсткої (до 6 ммоль/л) або дуже жорсткої (> 6 ммоль/л).

2. Титриметричне визначення вмісту кальцію і магнію проводять за методикою № 6 з посібника [1]. Для визначення використовують стандартний розчин трилону Б, розчин натрій гідроксиду, індикатор мурексид. Вміст кальцію в ммоль/л визначають і розраховують за результатами титрування, вміст магнію в ммоль/л визначають за різницею між величиною загальної жорсткості і вмістом кальцію. Проводять перерахунок вмісту Ca^{2+} і Mg^{2+} на мг/л.
3. Фотометричне визначення ортофосфату і загального фосфору у природній воді виконують за методикою 19 з посібника [1]. Вміст розчинного ортофосфату і загального фосфору визначають за утворенням фосфоро-стибій-молібденової гетерополікислоти, для чого використовують розчини натрій молібдату, антимонілу тартрату, нітратної кислоти, аскорбінової кислоти. Звертають увагу на умови проведення реакції, хімічні перетворення, усунення заважаючого впливу силікат-йонів.
4. Важливо правильно виконати пробопідготовку при визначенні загального фосфору: для переведення всіх форм фосфору в ортофосфат до зразка природної води додають калій персульфат, сульфатну кислоту і витримують на киплячій водяній бані впродовж 1 год. Визначення проводять, як і для ортофосфату, за утворенням фосфоро-стибій-молібденової гетерополікислоти. Результати визначення різних форм фосфору переводять в мг/л фосфату і в мг/л в розрахунку на фосфор. Порівнюють отримані дані з середнім вмістом різних форм фосфору для поверхневих прісних вод України, роблять висновок про рівень забруднення води за вмістом фосфатів.

ПИТАННЯ

1. Які види жорсткості води ви знаєте, вмістом яких хімічних сполук вони обумовлені?

2. Яке мольне співвідношення буде при взаємодії трилону Б і йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , який буде середній інтервал вмісту Ca^{2+} і Mg^{2+} для прісних поверхневих вод України?
3. Напишіть рівняння реакцію розчинення фосфату заліза (III) в присутності сульфатної кислоти. Чому, на вашу думку, додають амоній персульфат в присутності сульфатної кислоти для розчинення всіх сполук фосфору у воді?
4. Які сполуки можуть заважати при визначенні ортофосфату у формі фосфоро-стибій-молібденової гетерополікислоти і як усунути заважаючий вплив? Відповідь підтвердьте хімічними реакціями.
5. Як високий вміст фосфатів у природних водах впливає на забруднення і що потрібно робити, щоб усунути цей шкідливий вплив на довкілля?

Лабораторна робота 4. Фотометричне визначення вмісту NH_4^+ -йонів у природній воді. Титриметричне визначення хлорид- і сульфат-йонів в природній воді.

1. Фотометричне визначення вмісту NH_4^+ -йонів у природній воді проводять за методикою № 15 з посібника [1]. Вміст йонів амонію визначають з реактивом Несслера у лужному середовищі з використанням фотоелектроколориметру або спектрофотометру. Для усунення заважаючого впливу йонів магнію, кальцію, інших металів додають розчин калій натрій тартрату (сегнетової солі). Концентрацію амонію в мг/л визначають методом калібрувального графіку. Вміст NH_4^+ -йонів перераховують на мг N/л.
2. Титриметричне визначення хлорид-йонів у воді проводять за методикою № 7.1 з посібника [1]. Для визначення хлорид-йонів використовують стандартний розчин аргентум нітрату і індикатор калій хромат, рН розчину має бути в інтервалі 6,0 - 9,0. Бажано зробити холостий розчин – розчин порівняння, який готують на дистильованій воді з додаванням певної кількості індикатора за методикою і 1-2 краплин розчину аргентум нітрату. Розраховують вміст хлорид-йонів в мг/л.
3. Титриметричне визначення сульфат-йонів у воді проводять за методикою № 8.2 з посібника [1]. Для визначення сульфат-йонів використовували стандартний

розчин барій хлориду, надлишок якого після осадження барій сульфату відтитровували стандартним розчином трилону Б в присутності індикатора еріохрому чорного Т. Для кращого переходу забарвлення титрування проводять в присутності магній хлориду.

4. Для розрахунку вмісту сульфат-йонів необхідно врахувати, скільки стандартного розчину трилону Б потрібно для титрування йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} . Величину сумарного вмісту Ca^{2+} і Mg^{2+} отримують з даних загальної жорсткості води. За формулою в одиницях виміру сульфат-йонів в ммоль/л також розраховують вміст сульфат-йонів в мг/л.
5. Формулу для розрахунку вмісту сульфат-йонів дуже бажано пояснити до початку проведення лабораторної роботи, оскільки студенти можуть допустити помилки при розрахунку.

ПИТАННЯ

1. Напишіть реакцію взаємодії амоній хлориду з реактивом Несслера. Назвіть продукт реакції, який фотометрують, вкажіть, чи є дана сполука розчинною чи нерозчинною у воді, чому проводять визначення сполуки в даній формі?
2. Вкажіть, чи є токсикантами амоніак і йони амонію, які кількості йонів амонію та амоніаку допускаються в природних водах, які джерела надходження даних сполук в довкіллі?
3. Вкажіть, які кількості хлоридів і сульфатів є найбільш прийнятними для природних вод України. Розташуйте води в порядку зростання вмісту хлоридів і сульфатів: Дніпро, підземне джерело (наприклад, вода Миргородська), морська вода, дощова вода.
4. Вкажіть, які умови визначення хлорид-йонів аргентометричним методом Мора, які аніони можуть заважати визначенню і поясніть чому.
5. Поясніть, на якому принципі базується титриметричний метод визначення сульфат-йонів з трилоном Б. Напишіть формулу для розрахунку вмісту сульфат-йонів і поясніть її.

Лабораторна робота 5. Фотометричне визначення загального та розчинних форм Fe (II, III) у природній воді.

1. Фотометричне визначення вмісту загального та розчинних форм Fe (II, III) у природній воді проводять за методикою № 12 з посібника [1]. Визначення базується на селективній взаємодії йонів феруму (II) з о-фенантроліном в слабко кислому середовищі з утворенням стійкого комплексу рожевого забарвлення. Для визначення вмісту феруму (III) його спочатку відновлюють до феруму (II) гідроксиламіном, після чого утворюють комплекс і проводять фотометричне детектування.
2. Для визначення всіх форм феруму – розчинних і нерозчинних проводять пробопідготовку природної води, яка включає випаровування зразка води до вологих солей (утворення парів SO₂) в присутності сульфатної і нітратної кислот. Після чого отриманий розчин нейтралізують лугом до рН 4,0 – 6,0 і проводять визначення феруму методом калібрувального графіка.
3. Для визначення розчинних форм Fe (II, III) у природній воді пробопідготовка полягає в кип'ятінні зразка природної води з хлоридною кислотою впродовж 30 хв і далі проводять фотометричне визначення вмісту Fe (II, III) з о-фенантроліном в присутності гідроксиламіну. Вміст феруму в усіх формах розраховують в мг/л.

ПИТАННЯ

1. В чому полягає основний принцип фотометричного визначення феруму з о-фенантроліном, чи потрібно окиснювати або відновлювати аналіт перед визначенням, напишіть відповідні хімічні реакції. Наскільки селективною є дана методика?
2. Вкажіть, в яких формах може бути присутній ферум в природних водах. На вашу думку, якого феруму – двох чи трьохвалентного буде більше в підземних водах і в поверхневих водах?
3. Що може заважати визначенню феруму з о-фенантроліном і як усунути заважаючий вплив?

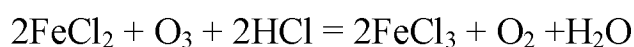
4. Чому, на вашу думку, потрібно проводити пробопідготовку перед визначенням загального феруму, в чому вона полягає і які перетворення відбуваються в процесі такої пробопідготовки?
5. Який середній вміст феруму в природних водах України, яка величина ГДК для природних і питних вод для даного металу?

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ, ЗАДАЧІ

1. Вкажіть, в яких одиницях визначають катіонообмінну ємність ґрунту
 - a) мг/100 г
 - b) мекв/100г
 - c) ммоль/100г
2. Вкажіть, якими катіонами в першу чергу обумовлена засоленість ґрунтів:
 - a. Солями кальцію, магнію
 - b. Солями натрію, калію
 - c. Солями натрію, калію, кальцію, магнію
3. Ґрунт вважається засоленим якщо загальний вміст солей становить - більше 1%; більше 0,3%; більше 2%; більше 1,5%
4. Лабораторну пробу повітряно-сухого ґрунту масою 10 г обробили 1М розчином NH_4Cl за методикою. В зразку визначили такий вміст іонів: 0,0140 г кальцію; 0,0065 г магнію; 0,0095 г калію; 0,0125 г натрію. Розрахувати сумарний вміст катіонів в ґрунті в мекв/100 г.
5. В Україні допустимий рівень вмісту кадмію в зернових та крупах становить 0,1 мг/кг. Виразіть цей вміст в одиницях ppm, ppb, %.
6. В результаті аналізу проби стічної води об'ємом 500 мл на вміст сульфат-іонів їх осадили розчином хлориду барію. Осад сульфату барію відфільтрували, промили і розчинили в 30,00 мл 0,050 М розчину ЕДТА. Надлишок ЕДТА відтитрували, витратив 15,00 мл 0,050 М розчину хлориду магнію. Розрахувати концентрацію сульфат-іонів (в мг/л) в зразку. $M_r(\text{SO}_4^{2-})=96,0$ моль/г
7. Обмінні катіони Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} визначали в ґрунті при додаванні 1,0 г ґрунту до 300,0 мл розчину 1 М NH_4OAc і струшуванні впродовж 1 год. Далі розчин відфільтрували, ґрунт промили 200,0 мл води до прозорого фільтрату, і з'єднали промивні води з фільтратом. 25,0 мл отриманого фільтрату розвели водою до 150 мл і відтитрували 0,010 М розчином ЕДТА в присутності еріохрому чорного Т при рН 10,0. На титрування використали 5,9 мл розчину ЕДТА. Визначити вміст суми кальцію, магнію, стронцію в ммоль/100 г ґрунту.

8. Константа розподілу пестициду ліндану при одноразовій екстракції з води метиленхлоридом становить 65. Розрахувати, яка концентрація ліндану буде в органічній і в водній фазах після екстракції, якщо об'єм природної води становив – 1,00 л, а об'єм метиленхлориду - 50,00 мл, а вихідна концентрація пестициду становила 0,01 ppm.

10. При аналізі повітря на вміст озону використовували реакцію його взаємодії з іонами двовалентного заліза в кислому середовищі. Досліджуване повітря аспіровано впродовж 30 хвилин зі швидкістю 0,5 л/год. Еквівалентний вміст озону в пробі становив 2,82 мкг. Розрахувати концентрацію озону в досліджуваному повітрі в мг/м³, якщо відбір проби проводився при 18 °С і тиску 105,6 кПа. $M_r(\text{O}_3) = 48 \text{ г/моль}$.



11. Дайте відповідь:

- До основних компонентів природних вод відносять: Ca^{2+} ; Fe^{3+} ; Cl ; Na^+ ; NO_3^-
- Поверхневі води України відносять до : хлоридно-натрієвих; сульфатно-магнієвих; гідрокарбонатно-кальцієвих; хлоридно-калієвих; фосфатно-магнієвих.
- На величину окисно-відновного потенціалу природної води впливають: мінеральні солі; сполуки Fe^{3+} ; вміст O_2 ; вміст CO_2 ; концентрація Mn^{2+} ; концентрація Ca^{2+} .

12. Приклади зниження кислотності ґрунту: вапнування – гашене вапно; сульфатування; обробка солями алюмінію; додавання молотої крейди.

13. 100 мг ґрунту струщували з 50 мл 0,1 М НСl. Після фільтрування і промивання ґрунту фільтрат нейтралізували 20,0 мл 0,1 М розчином NaOH. Визначити лужність ґрунту в мекв/100г.

14. Скільки літрів метанолу потрібно додавати для видалення азоту кожен день в 2×10^5 л/день очисні каналізаційні споруди, що містять 50 мг/л азоту. Вважати, що азот повністю перетворюється в нітрат.



ЗАГАЛЬНІ ТЕМИ ПРЕЗЕНТАЦІЙ

ДО КУРСУ „АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА”

1. **Мінеральні води України:** джерела знаходження, хімічний склад та лікувальні властивості.
2. **Лікувальні грязі України:** джерела знаходження, хімічний склад та лікувальні властивості.
3. **Нетоксичні (Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Mo) і токсичні (Hg, Cd, Cr, Pb, Ni) важкі метали:** джерела надходження в навколишнє середовище, форми знаходження, комплексоутворення, міграція, токсичність, ГДК та сучасні методи пробопідготовки та визначення в об'єктах довкілля.
4. **Алюміній:** джерела надходження в навколишнє середовище, форми знаходження, комплексоутворення, міграція, токсичність, ГДК та сучасні методи пробопідготовки та визначення.
5. **Гумусові речовини:** класифікація, структура, властивості, методи пробопідготовки та визначення в об'єктах довкілля.
6. **Токсичні неметали As, Se:** джерела надходження в навколишнє середовище, форми існування, перетворення, токсичність, ГДК та методи пробо підготовки та визначення в об'єктах довкілля.
7. **Сполуки йоду та бром:** розповсюдження в природі, форми існування, важливість йоду як мікроелементу, токсичність сполук бром. Методи пробопідготовки та визначення сполук йоду та бром в об'єктах довкілля.
8. **Сполуки фтору та хлору:** розповсюдження в природі, форми існування, токсичність сполук фтору та хлору, ГДК сполук хлору та фтору в довкіллі, основні методи пробо підготовки та визначення різних сполук фтору та хлору в об'єктах довкілля.
9. **Нафта та нафтопродукти:** розповсюдження в природі, основні хімічні речовини нафти та нафтопродуктів, токсичність, сучасні методи пробопідготовки та визначення в об'єктах довкілля.

10. **Феноли:** джерела надходження в навколишнє середовище, типи фенолів в довкіллі, приклади; хімічні перетворення, стійкість; ГДК та методи пробопідготовки та визначення в об'єктах довкілля.
11. **Поліциклічні ароматичні вуглеводні:** джерела надходження в навколишнє середовище, типи фенолів в довкіллі, приклади; хімічні перетворення, стійкість; ГДК та методи пробопідготовки та визначення в об'єктах довкілля.
12. **Пестициди:** Хлорвмісні, фосфоровмісні, триазинові, карбаматні, сечовинні, феноксіоцтові, піридинові, тощо. Структура, хімічні властивості, гідроліз, токсичність, ГДК, методи пробопідготовки та визначення в об'єктах довкілля.
13. **Поліхлоровані дибензодіоксини, дибензофурани, біфеніли:** Структура, хімічні властивості, стійкість, токсичність, ГДК, методи пробопідготовки та визначення в об'єктах довкілля.
14. **CO, CO₂, O₃, NO_x, SO₂, CH₄, формальдегід, трихлоретилен, вінілхлорид в повітрі.** Джерела надходження, перетворення, токсичність, методи пробовідбору, методи пробопідготовки та визначення в повітрі.
15. **Кислотні дощі:** причини виникнення, хімічний склад кислотних атмосферних опадів, методи аналізу оксидів сірки та азоту в атмосфері та атмосферних опадах; наслідки кислотних дощів.
16. **Смоги:** типи смогів, причини виникнення, хімічний склад різних типів смогів, перетворення за участю радикалів та інших окисників, шкідливість смогів, їх наслідки, методи аналізу основних компонентів смогів.
17. **Озонова дірка:** функції озонового шару і небезпека поширення озонової дірки, речовини, що руйнують озоновий шар, хімічні реакції руйнування озону, методи визначення озону в повітрі, шляхи вирішення даної екологічної проблеми.
18. **Екологічний стан Київської області:** джерела забруднення вибухонебезпечними речовинами, важкими металами, леткими органічними сполуками, поліциклічними ароматичними вуглеводнями,

нафтопродуктами, оксидами сірки та азоту, пестицидами, радіонуклідами, райони найбільшого забруднення. Хімічні перетворення, токсичність, середній вміст екотоксикантів в області та порівняння зі стандартами, ГДК в Україні і в світі. Можливі шляхи покращення екологічної обстановки в області.

19. **Екологічний стан України:** Джерела забруднення довкілля вибухонебезпечними речовинами, важкими металами, леткими органічними сполуками, поліциклічними ароматичними вуглеводнями, нафтопродуктами, оксидами сірки та азоту, пестицидами, радіонуклідами, райони найбільшого забруднення внаслідок військових дій. Хімічні перетворення екотоксикантів в довкіллі, токсичність, середній вміст екотоксикантів в Україні, ГДК, екологічний моніторинг, карти екомоніторингу в Україні.
20. **Питна вода.** Важливість питної води, її джерела в Україні. Сучасні методи очистки та дезінфекції питної води, плюси та мінуси різних методів. Якість питної води в Києві та Україні та методи контролю за її якістю.
21. **Хімічні аспекти зміни клімату на планеті:** причини, первинні і вторинні парникові гази, наслідки, рекомендації щодо покращення ситуації, що може зробити кожен.

ВИМОГИ ДО ПРЕЗЕНТАЦІЇ

Презентацію готують для 1-3 хімічних сполук одного класу. Презентацію готують за матеріалами наукової статті з міжнародного наукового журналу з аналітичної хімії 2000-2025 роки видання. Обирають 1-3 сполуки одного класу, дають коротку характеристику: джерела надходження, структура, властивості: розчинність у воді, орг. розчинниках, $\log P$, $K_a(K_b)$, метаболізм в довкіллі, стійкість, токсичність (ГДК, LD_{50}), метод пробопідготовки та визначення - зі статті !, бажано дати блок-схему аналізу, спектри, хроматограми, LOD, LOQ. Мають бути наведені реакції перетворень. Вкінці презентації мають бути висновки, література.

1. Час доповіді – до 20 хв.

2. Викладачу надсилають презентацію, статтю - в pdf-форматі.

САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ

Самостійна робота 1 *з розрахунку інтегральних показників якості природних вод.* Студенти знайомляться з інтегральними показниками якості вод і проводять розрахунки для визначення загальної мінералізації, загальної жорсткості, вмісту кальцію і магнію, загальної і вільної лужності і кислотності, перманганатного індексу. Студенти роблять висновки, до яких вод – забруднених чи незабруднених відносять води з розрахованими показниками.

Самостійна робота 2 *з розрахунку інтегральних показників якості ґрунтів.* Студенти знайомляться з інтегральними показниками якості ґрунтів і проводять розрахунки для визначення гігроскопічності, втрати при прожарюванні, катіонообмінної ємності, обмінних основних катіонів, обмінних основних аніонів, засоленості, вмісту вуглецю і гумусу. Студенти роблять висновки про якість проаналізованих ґрунтів.

Самостійна робота 3. *Студенти вивчають наукову літературу щодо нагальних екологічних проблем, пов'язаних із забрудненням повітря: глобального потепління, кислотних дощів, озонної дірки, визначають причини і наслідки кожної з цих проблем, їх важливість і пропонують своє бачення вирішення цих проблем або можливого уповільнення зростання рівня забруднення довкілля.*

Самостійна робота 4. *Пробовідбір атмосферних опадів, природних вод і ґрунтів, особливості відбору, умови зберігання. Студенти знайомляться з науковою літературою щодо пробовідбору зразків довкілля, підготовки посуду і умов пробовідбору: фіксації параметрів відбору, транспортування і зберігання проб природної води, ґрунту, атмосферних опадів. Студенти опановують практичні навички пробовідбору природної води, відбираючи зразки природної води з різних водойм м. Києва.*

Самостійна робота 5. *Екологічні проблеми в Україні в зв'язку з військовими діями: забруднення повітря, вод, ґрунтів вибухонебезпечними речовинами, хімічною зброєю, викидами авто- і авіатехніки, транспорту, іншими суперекотоксикантами і шляхи їх вирішення. Студенти вивчають негативні*

наслідки впливу військових дій в Україні на екологічну обстановку і пропонують шляхи усунення пов'язаних з цим екологічних проблем в Україні і в світі.

Самостійна робота 6. Екологічний моніторинг в Україні: забруднення різних регіонів України нітроароматичними сполуками, важкими металами, леткими органічними сполуками (ВТЕХ), поліциклічними ароматичними вуглеводнями, нафтопродуктами. *Студенти вивчають літературні дані екологічного моніторингу в Україні, вивчають літературні дані щодо даного питання і пропонують шляхи відновлення територій України, включаючи сільськогосподарські угіддя, можливість очищення забруднених територій від суперекотоксикантів.*

Самостійна робота 7. *Підготовка студентами презентації/реферату з сучасних методів пробопідготовки і визначення природних компонентів і екотоксикантів в об'єктах довкілля (за матеріалами наукової статті у наукових журналах, сучасних монографіях).* Студенти роблять пошук наукової літератури щодо визначення екотоксикантів і природних компонентів в об'єктах довкілля, готують презентацію-доповідь і представляють свою роботу на семінарському занятті. Впродовж семінарського заняття студенти відповідають на питання і отримують оцінку.

Самостійна робота 8. *Підготовка звіту за результатами хімічного аналізу природної води м. Києва.* Студенти оформлюють звіт за результатами проведеного хімічного аналізу конкретного зразка природної води м. Києва.

Самостійна робота 9. *Екскурсія в хіміко-аналітичну лабораторію м. Києва (Інститут гігієни праці НАМН України або Науковий центр превентивної токсикології харчової та хімічної безпеки імені акад. Л.І. Медведя МОЗ України або Центральна лабораторія з аналізу якості лікарських засобів і медичної продукції).*

**ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ІСПИТ З КУРСУ
«АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»**

1. *Хімічний склад поверхневих природних вод суші.* Типи природних вод за вмістом основних компонентів. Основні (інтегральні) показники природних вод і методи їх визначення: рН, температура, загальна мінералізація, окисно-відновний потенціал, електропровідність, кольоровість, каламутність, загальна жорсткість, вміст Ca^{2+} , Mg^{2+} , лужність, кислотність. Основні принципи детектування, хімічні реакції, розрахунки в методах визначення.
2. *Порівняння хімічного складу морських, океанських вод, підземних, прісних поверхневих і джерельних вод та атмосферних опадів* за вмістом інтегральних показників.
3. *Вміст CO_2 , O_2 , NH_3 в природній воді,* залежність вмісту даних газів від температури, тиску, загальної мінералізації, рН. Методи визначення, одиниці визначення, середній вміст.
4. *Поняття хімічного і біохімічного споживання кисню, перманганатної окиснюваності,* методи визначення: основні принципи, заважаючий вплив і його усунення, розрахунки, одиниці визначення.
5. *Будова і хімічний склад атмосфери,* основні компоненти та мікрокомпоненти, основні хімічні і фотохімічні реакції в атмосфері. Аерозолі, типи аерозолів, часточки в повітрі, первинні і вторинні забрудники повітря, сумарний індекс забруднення повітря, емісія і імісія. Класифікація токсикантів в повітрі. Екологічні проблеми, пов'язані з повітрям.
6. *Хімічний склад ґрунтів,* типи ґрунтів України, основні компоненти, мікрокомпоненти, екотоксиканти ґрунтів. Показники ґрунтів і методи визначення: гумус, рН, засоленість ґрунтів, кислотність, лужність ґрунтів, катіонообмінна ємність ґрунтів, обмінна і ґрунтова кислотність, регулювання кислотності ґрунтів. Визначення вмісту гігроскопічної води; коефіцієнт для перерахунку на повітряно-сухий ґрунт; визначення ВПП (втрати при прожарюванні) ґрунту.
7. *Методи визначення загального і органічного карбону в ґрунті.*

8. *Типи і методи пробовідбору* і типи проб природних вод, ґрунтів, повітря, консервування зразків.
9. *Сполуки фосфору і азоту*. Джерела надходження, форми існування сполук фосфору і азоту в довкіллі, їх перетворення. Процеси амоніфікації, нітрифікації і денітрифікації в довкіллі. Залежність вмісту аміаку від температури і тиску. Евтрофікація, її причини і наслідки. Доступність сполук фосфору і азоту для рослин. Основні методи пробопідготовки і визначення.
10. *Сполуки силіцію і карбону* в природних водах і ґрунтах: джерела надходження, форми знаходження: силікати, полісилікати, діоксид силіцію, гумусові речовини, гумати, хімічні перетворення, сучасні методи пробопідготовки і визначення.
11. *Феноли*. Джерела надходження, природні і антропогенні феноли, приклади. Класифікація фенолів. Форми знаходження, перетворення в довкіллі, стійкість, токсичність фенолів, продукти перетворення. Поняття «фенольний індекс». Методи консервування, пробопідготовки і визначення.
12. *Нафта і нафтопродукти*. Хімічний склад нафти: основні і додаткові компоненти, типи нафти, основні класи сполук в нафті. Перетворення, токсичність і ГДК нафтопродуктів в об'єктах довкілля. Методи пробопідготовки і визначення нафтопродуктів в довкіллі. Екологічні проблеми, пов'язані з використанням нафтопродуктів.
13. *Поліциклічні ароматичні вуглеводні*. Характеристика ПАВ як стійких органічних забрудників (СОЗ), приклади. Джерела надходження, поведінка ПАВ в довкіллі, метаболізм, токсичність, ГДК. Методи пробопідготовки і визначення ПАВ в об'єктах довкілля.
14. *Пестициди*. Визначення поняття «пестициди», класифікація за призначенням, хімічною структурою, приклади. Форми пестицидів в довкіллі, джерела надходження, фактори, що впливають на розповсюдження в довкіллі. Зв'язок між показниками $\log P$, K_{OC} , K_D і поведінкою пестицидів в довкіллі. Пестициди – стійкі органічні забрудники. Характеристика хлорорганічних, фосфорорганічних, триазинових, сечовинних, карбаматних, феноксиоцтових пестицидів, приклади, поведінка в довкіллі, стійкість, токсичність,

перетворення в довкіллі, ГДК. Методи пробопідготовки і визначення в об'єктах довкілля.

15. *Поліхлоровані дибензодіоксини, дибензофурани, біфеніли.* Структури, властивості, метаболізм в довкіллі, токсичність, основні методи пробопідготовки і визначення.

16. *Основні компоненти і токсиканти повітря.* Методи хімічного аналізу повітря на вміст летких екотоксикантів. Екологічні проблеми, пов'язані із забрудненням повітря. Види кількісних показників забруднення повітря, загальний індекс забруднення повітря. Розрахунки.

17. *Лабораторні роботи,* основні принципи пробопідготовки та визначення, хімічні реакції, усунення заважаючого впливу, формули для розрахунку з поясненнями: Визначення рН, електропровідності, окисно-відновного потенціалу; розчиненого кисню, перманганатної окиснюваності, амонію, хлориду, сульфату, загальної жорсткості, кальцію, магнію, різних форм фосфору, розчинного і загального феруму, сухого залишку у природній воді: принцип метода + хімічні реакції, формули для розрахунку з поясненнями, усунення впливу заважаючих компонентів з реакціями.

СИСТЕМА ОЦІНКИ ЗНАТЬ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Навчальна дисципліна «Аналітична хімія навколишнього середовища» оцінюється за модульно-рейтинговою системою і складається з двох модулів.

Результати навчальної діяльності студентів за семестр оцінюються за 100 бальною шкалою.

Модульний контроль включає 2 змістовні модулі, 2 модульні контрольні роботи, 5 лабораторних робіт, оцінку за підготовку і представлення презентації за темою курсу, оцінку за звіт за результатами аналізу природної води і участь у заключному семінарі з обговоренням звіту, самостійну роботу і комплексний підсумковий модуль (іспит).

Модуль 1 включає: 1 модульну контрольну роботу (МКР1) (40 балів), 2 лабораторні роботи (ЛР) (20 балів), підготовку і представлення презентації (ПР) за темою курсу (10 балів), самостійну роботу (СР) (30 балів).

Кожна лабораторна робота (по 10 балів) включає оцінку за:

- теоретичну підготовку (усне або письмове опитування): 0 – 3 бали;
- оформлення протоколу: 0 – 3 бали (0 – незадовільно, 1 – задовільно 2 – добре, 3 – відмінно);
- виконання навчальної задачі: 0 – 4 балів (0 – не виконано, 1 – виконано частково, результат хибний, 2 – виконано, але без належної акуратності з похибкою до 10%, 3 — виконано на достатньо високому рівні, з похибкою до 3%, 4 – виконано на високому професійному рівні).

Максимальна кількість балів за модуль 1 (ЗМ1)= 100

$$\text{ЗМ1} = \text{МКР1} + \text{ЛР} + \text{СР} + \text{ПР} = 40 + 20 + 10 + 30 = 100$$

Ваговий коефіцієнт(k_1) 0,3

Максимальна оцінка за модуль1: $\text{ЗМ1} \times k_1 = 100 \times 0,3 = 30$

Модуль 2 включає: 1 модульну контрольну роботу (МКР2) (40 балів), 3 лабораторні роботи (ЛР) (30 балів), оцінку за звіт за результатами аналізу природної води і участь у заключному семінарі з обговоренням звіту (ЗВ) (10 балів), самостійну роботу (СР) (20 балів).

Кожна лабораторна робота (по 10 балів) включає оцінку за:

- теоретичну підготовку (усне або письмове опитування): 0 – 3 бали;
- оформлення протоколу: 0 – 3 бали (0 – незадовільно, 1 – задовільно 2 – добре, 3 – відмінно);
- виконання навчальної задачі: 0 – 4 балів (0 – не виконано, 1 – виконано частково, результат хибний, 2 – виконано, але без належної акуратності з похибкою до 10%, 3 — виконано на достатньо високому рівні, з похибкою до 3%, 4 – виконано на високому професійному рівні).

Максимальна кількість балів за модуль 2 (ЗМ2)= 100

$$\text{ЗМ2} = \text{МКР2} + \text{ЛР} + \text{ЗВ} + \text{СР} = 40 + 20 + 10 + 30 = 100$$

Ваговий коефіцієнт (k_2) 0,30

Максимальна оцінка за модуль 2: $\text{ЗМ2} \times k_2 = 100 \times 0,3 = 30$

За результатами семестру студент отримує підсумкову оцінку за 100-бальною системою, яка розраховується, як середньозважене оцінок за кожен з двох модулів у семестрі та оцінки за іспит за наступною формулою:

Розрахунок підсумкової оцінки (ПО) за семестр:

$$\text{ПО} = \text{ЗМ1} \times k_1 + \text{ЗМ2} \times k_2 + \text{КПМ}$$

де КПМ – комплексний підсумковий модуль (іспит)

	Змістовий модуль 1 (ЗМ1)	Змістовий модуль 2 (ЗМ2)	Комплексний підсумковий модуль (КПМ) - іспит	Підсумкова оцінка (ПО)
Вагові коефіцієнти	30% $k_1=0,3$	30% $k_2=0,3$	40 % $k_{\text{іспіт}}=0,40$	100 %
Максимальна кількість балів	100	100	100	
Максимальна оцінка в балах	30	30	40	100
Мінімальна кількість в балах*	18	17	25	60
Критичний мінімум	15	15	20	50

* рекомендований мінімум

Для допуску до іспиту студент повинен набрати за результатами семестрової діяльності мінімальну кількість балів - 36 балів з 60 балів за семестр і виконати усі види обов'язкових робіт (лабораторні, модульні роботи, презентація, звіт, самостійна робота). Оцінка за іспит не може бути меншою 24 бали з 40 балів для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Для студентів, які за два змістові модулі отримали сумарну оцінку в балах менше, ніж критично-розрахунковий мінімум – 30 балів для одержання допуску до іспиту передбачено можливість написання рефератів за темами, за які отримано недостатню кількість балів.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі МКР здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка» від 31 серпня 2018 року.

Шкала відповідності оцінок / Шкала відповідності (за умови іспиту)

За 100 – бальною шкалою	За національною шкалою	
90 – 100	5	відмінно/excellent
85 – 89	4	добре/good
75 – 84		
65 – 74	3	задовільно/satisfactory
60 – 64		
0 – 59	2	незадовільно/fail

Максимальна оцінка за семестр: 60 балів.

Мінімальна оцінка за семестр: 36 балів.

Максимальна оцінка на іспиті: 40 балів.

Мінімальна оцінка на іспиті: 24 бали.

Максимальна загальна оцінка за курс: 100 балів.

Мінімальна загальна оцінка за курс: 60 балів.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. М.Ф. Зуй, С.О. Лелюшок, О.А. Запорожець, О.М. Желіба, Л.О. Тітова. Аналіз природних вод та ґрунтів. Київ: LAT&K. 2017. 182 с.
2. Набиванець Б.Й., Сухан В.В., Калабіна Л.В. Аналітична хімія природного середовища. Київ: Либідь. 1996. 304 с.
3. Б.Й. Набиванець, О.П. Рябушко, В.В. Сухан, О.А. Запорожець та інші. Методичні вказівки до лабораторних робіт з спецкурсу „Аналіз природних та стічних вод”.. –Київ. ВПЦ „КУ”.– 1993. 119 с.
4. Б.Й. Набиванець, В.І. Осадчий, Н.М. Осадча, Ю.Б. Набиванець. Аналітична хімія поверхневих вод. Київ: Наукова думка. 2007. 455 с.
5. М.Ф. Зуй. Методичні вказівки для лабораторних робіт зі спецкурсу «Аналітична хімія навколишнього середовища» для студентів ОС «Магістр». Київ. 2024. 38с.
<https://anchem.knu.ua/books/zuy-ahns-p1-2024.pdf>
6. М.Ф. Зуй. Методична розробка «Якісні реакції ідентифікації еко- та біотоксикантів». Київ. КНУ. 2023. 30с.
<https://anchem.knu.ua/books/metod-rozrobka-yakisni-reakciyi-toxic-1.pdf>
7. Зуй М.Ф. Аналітична хімія еко- та біотоксикантів. Навчальний посібник. Київ, 2022. 97 с.
8. Б.М. Федішин, Б.В. Борисюк, М.В. Вовк, В.І. Дорохов, Г.В. Павлюк. Хімія та екологія атмосфери. Київ: Алерта. 2003. 273 с.
9. Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія. Київ: Либідь. 1997. 384с.
10. В.І. Осадчий, Б.Й. Набиванець, П.М. Лінник, Н.М. Осадча, Ю.Б. Набиванець. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод. Київ: Ніка-Центр. 2013. 240 с.
11. С.І. Сніжко. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ, „Ніка-Центр”, 2001 262с.
12. Дітер Гайріх, Манфред Гергт. Екологія. Dtv-Atlas. Київ: „Знання – Прес”, 2001. 288с.
13. Manahan, Stanley E. *Environmental Chemistry*. "ENVIRONMENTAL SCIENCE, TECHNOLOGY, AND CHEMISTRY". CRC Press LLC. 2000. 500 p.

14. Ф.О. Чмиленко, Н.М. Смітюк. Аналітична хімія ґрунтів. Дніпропетровськ: видавництво Дніпропетровського національного університету, 2005. 156 с.
15. Аналітична хімія навколишнього середовища. Чеботарьов О. М., Щербакова Т. М., Гузенко О. М., Рахлицька О. М. Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів III курсу (денного відділення) та V курсу (заочного відділення) хімічного факультету. Одеський національний університет імені І. І. Мечникова. Одеса. 2013. 58 с.
16. G. Sposito. Chemistry of soils. Oxford University Press. 2008. 329 p.
17. Handbook of environmental analysis. P. Patnaik. CRC Press. 2010. 730 p.