

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

**Київський інститут залізничного транспорту**

**Факультет «Управління залізничним транспортом»**

**Кафедра «Екології та безпеки життєдіяльності»**

**Затверджую**

Завідувач кафедри ЕБЖ

О.Я. Пилипчук \_\_\_\_\_

Протокол №8 від «21» березня 2022 р.



**ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Викладач	Кандидат хімічних наук, доцент ВИСОЦЬКА Тетяна Іванівна
E-mail	vusocka_ti@gsuite.duit.edu.ua
Навчальна дисципліна	Аналітична хімія природного середовища
Офіційна назва освітньої програми	«Екологія транспортної інфраструктури»
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 «Природничі науки»
Спеціальність	101 «Екологія»
Обсяг дисципліни в кредитах ECTS	4
Статус дисципліни (обов'язкова, вибіркова)	Цикл дисциплін професійної підготовки, обов'язкова
Мета вивчення дисципліни	Метою вивчення дисципліни є – формування у студентів цілісної системи знань з аналітичної хімії, засвоєння принципів методів аналізу, використання аналітичних реагентів і аналітичних реакцій; формування навичок практичного застосування цих методів, вироблення уявлень про роль та місце кожного методу аналізу, критеріїв вибору методів аналізу певних об'єктів;

	підготовка до самостійного виконання найпростіших операцій хімічного експерименту.
Інтегральна компетентність	Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми у сфері екології, охорони довкілля і збалансованого природокористування, або у процесі навчання, що передбачає застосування основних теорій та методів наук про довкілля, та характеризуються комплексністю і невизначеністю умов
Загальні компетентності	ЗК 03. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації. ЗК 07. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо. ЗК 10. Навички міжособистісної взаємодії.

## ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ЗА ТЕМАМИ

### Модуль 1

#### Змістовий модуль 1. Предмет аналітичної хімії

Тема 1. Предмет аналітичної хімії. Місце аналітичної хімії серед природничих наук

Предмет аналітичної хімії. Значення аналітичної хімії для розвитку природознавства, техніки та народного господарства. Класифікація методів аналізу. Види аналізу: ізотопний, елементний, функціональний, структурний, молекулярний, фазовий. Макро-, мікро- та ультрамікроаналіз. Аналітичні реакції та реагенти, вимоги до них. Аналітичний сигнал. Основні аналітичні проблеми: значення межі виявлення, підвищення точності, експресність, аналіз мікрооб'єктів, локальний та дистанційний аналіз. Основні етапи розвитку аналітичної хімії. Сучасний стан і тенденції розвитку аналітичної хімії.

Тема 2. Основні метрологічні поняття і уявлення. Похибки

Основні метрологічні поняття і уявлення: методи та засоби вимірювання. Абсолютні (безеталонні) та відносні методи аналізу. Обсяг інформації в аналітичному сигналі. Аналітичний сигнал і перешкоди.

Похибки, класифікація похибок аналізу. Систематичні і випадкові похибки, промахи. Похибки окремих стадій хімічного аналізу. Основні характеристики методу аналізу: правильність і відтворюваність, коефіцієнт чутливості, межа виявлення, нижня і верхня межі вмісту, який визначається.

Тема 3. Основні типи хімічної рівноваги в гомогенній системі. Основи теорії електролітів.

Основні типи хімічної рівноваги в гомогенній системі: кислотно-основна, комплексоутворення, окисно-відновна. Константа рівноваги. Стан речовини в ідеальних та реальних системах. Сольватація, іонізація, дисоціація. Теорія Дебая-Хюккеля. Іонна сила розчину. Коефіцієнт активності.

Тема 4 Протолітична теорія.

Сучасні уявлення про кислоти й основи. Теорія Бренстеда-Лоурі. Рівновага в системі кислота – спряжена основа – розчинник. Константи кислотності і основності.

Кислотні та основні властивості розчинників. Константа автопротолізу. Вплив природи розчинника на силу кислоти та основи.

Тема 5. Обчислення рН у водних розчинах кислот і основ. Буферні суміші.

Обчислення рН розчинів сильних та слабких протолітів, поліпротонних протолітів, амфолітів. Кисотно-основна рівновага в багатокомпонентній системі. Буферні розчини та їхні властивості. Буферна ємність. Чинники, які впливають на значення буферної ємності. Концентраційні константи. Опис складних рівноваг. Метод

конкуруючих реакцій. Загальна і рівноважна концентрації. Умовні константи. Графічний опис.

## **Змістовий модуль 2 Методи аналітичної хімії**

### **Тема 6. Титриметричні методи аналізу.**

Класифікація методів титриметричного аналізу. Вимоги до реакцій у титриметрії. Види титриметричних визначень: пряме, обернене титрування, визначення за заміщенням. Точність вимірювання об'ємів рідин. Способи вираження концентрації розчинів у титриметрії. Точка еквівалентності і кінцева точка титрування. Первинні стандарти, вимоги до них. Фіксанали. Вторинні стандарти, робочі розчини. Методи окремих наважок та піпетування. Обчислення результатів аналізу.

### **Тема 7. Протолітометрія.**

Обчислення рН у різних точках титрування для Побудова кривих титрування у протолітометрії: сильних та слабких кислот і основ, поліпротонних кислот та основ. Індикатори методу. Іонно-хромовна теорія індикаторів. Рівновага в розчині індикаторів. Константа іонізації індикаторів інтервал переходу забарвлення. Індикаторні похибки. Характеристика деяких індикаторів. Вибір індикатора для встановлення кінцевої точки титрування. Помилка титрування при визначенні сильних і слабких кислот та основ. Кислотно-основне титрування у неводному середовищі. Робочі розчини титрантів. Первинні стандарти. Практичне застосування методу кислотно-основного титрування.

Титрування фосфорної, борної кислот. Аналіз суміші натрій карбонату і бікарбонату. Визначення тимчасової твердості води. Визначення солей амонію, органічного нітрогену методом, нітратів і нітритів.

### **Тема 8. Комплексні сполуки в аналітичній хімії.**

Класифікація комплексних сполук. Дентатність лігандів. Хелати, внутрішньокмплесні сполуки. Типи комплексних сполук, які використовуються в аналітичній хімії.

Ступінчасте комплексоутворення. Кількісна характеристика комплексних сполук: константа стійкості (ступінчаста і загальна), функція утворення (середнє лігандне число), функція закомплексованості. Кінетична стійкість комплексних сполук. Застосування комплексних сполук в аналітичній хімії.

Реакції комплексоутворення, які використовують у титриметрії, вимоги до них. Меркуриметрія. Меркурій (II) нітрат як титрант. Індикатори. Практичне застосування: визначення хлоридів.

Використання амінополікарбонів кислот у титриметрії. Способи комплексонометричного титрування. Металохромні індикатори, вимоги до них. Селективність титрування та способи її підвищення. Побудова кривих титрування в методі комплексонометрії. Похибки титрування. Комплексонометричне визначення Кальцію, Магнію, Барію, Феруму, Алюмінію, Торію в розчинах чистих солей, за сумісної присутності.

### **Тема 9. Окисно-відновні реакції в аналітичній хімії.**

Потенціал окисно-відновної системи. Рівняння Нернста, стандартні та реальні потенціали окисно-відновних систем. Константи рівноваги окисно-відновних реакцій. Зв'язок між константою рівноваги і потенціалами. Напрямок та інтенсивність перебігу реакцій окислення-відновлення.

Вплив концентрації реагуючих речовин, концентрації іонів гідрогену, комплексоутворення та інших чинників на окисно-відновні процеси. Поняття про змішані потенціали.

Швидкість реакцій в хімічному аналізі. Елементарні стадії реакцій. Каталізатори та інгібітори. Автокаталітичні реакції. Індуковані, ланцюгові і спряжені реакції. Поняття про індуктор, актор, акцептор. Індукційний фактор. Приклади прискорення і сповільнення реакцій та процесів, які використовують у хімічному аналізі.

## Тема 10. Редоксиметрія.

Обчислення потенціалу в різних точках титрування при побудові кривих. Методи визначення кінцевої точки титрування. Окисно-відновні індикатори. Індикаторні помилки.

Основні окисники і відновники, що використовують у практиці редоксиметричних визначень, їхня стійкість. Методи попереднього окиснення чи відновлення визначуваного елемента перед титруванням. Можливість послідовного визначення декількох окисників чи відновників у суміші.

Перманганатометрія. Виготовлення робочого розчину калій перманганату. Первинні стандарти. Встановлення концентрації розчину перманганату. Практичне застосування перманганатометрії: визначення оксалатів, Феруму (II, III), Мангану, гідроген пероксиду, нітритів. Йодометрія, особливості методу. Робочі розчини в йодометрії. Первинні стандарти. Крохмаль як індикатор. Йодометричне визначення арсенатів, нітритів, Феруму (III), Купруму (II), вільного хлору, бромиду, гідроген пероксиду. Реактив Фішера для визначення води.

Броматометрія. Система бромат-бромід. Визначення кінцевої точки титрування. Практичне застосування броматометрії (визначення Арсену і Стибію в суміші, органічних речовин).

Біхроматометрія. Індикатори методу. Практичне застосування біхроматометрії (визначення Феруму (II, III)).

Цериметрія, особливості методу. Індикатори методу. Практичне застосування броматометрії

Тема 11. Рівновага у гетерогенній системі. Розчинність осадів.

Вплив різних чинників на розчинність осадів.

Константа рівноваги реакції осадження-розчинення. Термодинамічна, реальна й умовна константи розчинності. Обчислення розчинності важкорозчинних речовин. Застосування правила константи розчинності в аналізі.

Вплив хімічних чинників на розчинність важкорозчинних речовин: температури, розміру і форми частинок, структури осаду, концентрації іонів гідроксонію, комплексоутворювачів, окисно-відновних процесів. Розчинність осадів у кислотах. Вплив кислотності середовища на розчинність солей сильних і слабких кислот. Значення надлишку реактиву. Вплив на розчинність однойменних іонів, іонної сили. Фракційне осадження. Переведення одних важкорозчинних речовин в інші.

## Тема 12. Методи седиметрії.

Загальна характеристика. Вимоги до реакцій, які використовуються у методах осадження. Вплив адсорбції на точність титрування. Побудова кривих титрування. Вплив розчинності сполук, концентрації і температури на характер кривих титрування. Похибки титрування.

Аргентометрія. Методи однакових помутнінь, Мора, Фольгарда. Титрування за допомогою адсорбційних індикаторів. Теоретичне обґрунтування методу. Практичне використання: визначення Аргентуму хлоридів, бромідів, йодидів.

Меркурометрія. Індикатори меркурометрії. Практичне застосування: визначення галогенідів, тіоціанатів.

## Тема 13. Кінетика утворення осадів.

Суть гравіметрії і загальна схема аналізу. Осаджувана форма. Кристалічні та аморфні осадки. Залежність структури осаду від його індивідуальних властивостей (розчинність, полярність молекул) та умов осадження (концентрації, іонної сили, рН, температури). Залежність форми осаду від швидкості утворення первинних частинок і швидкості їхнього росту.

Умови одержання кристалічних осадів. Гомогенне осадження. Старіння осадів. Особливості утворення колоїдно-дисперсних систем та їх використання в хімічному аналізі.

#### Тема 14. Гравіметричний аналіз.

Причини забруднення осадів (сумісне осадження, співосадження та післяосадження). Класифікація різних видів співосадження (адсорбція, оклюзія, ізоморфізм та ін.). Концентрування мікроелементів співосадженням на неорганічних колекторах. Способи очищення осадів від забруднення. Фільтрування осадів.

Вагова (гравіметрична) форма. Вимоги до вагової форми. Способи переведення осаджуваної форми у вагову. Обчислення у гравіметрії.

Практичне використання гравіметричного методу аналізу. Визначення Калію, Натрію, Магнію, Кальцію, Феруму, Нікелю, Барію, Фосфору, органічних речовин та ін.

#### Тема 15. Екстракція.

Основні методи розділення і концентрування. Гібридні методи. Одноступінчасті та багатоступінчасті процеси розділення. Константа розподілу. Ступінь вилучення. Фактор розділення. Коефіцієнт концентрування.

Екстракція. Теорія екстракційних методів. Закон розподілу. Класифікація екстракційних процесів. Швидкість екстракції. Типи екстракційних систем. Реекстракція. Природа і характеристика екстрагентів. Основні органічні реагенти, які використовують у методі екстракції. Селективне розділення елементів шляхом підбору органічних розчинників, зміна рН водної фази, маскування та демаскування. Прилади для екстракції.

#### Тема 16. Хроматографія.

Хроматографія, основні принципи методу, види хроматографічного методу (іонообмінна, рідинна, розподільча, газова, газорідинна та ін.). Основні теоретичні положення. Концепція теоретичних тарілок, її недоліки. Кінетична теорія. Типи стаціонарних та рухливих фаз. Іонний обмін та іонообмінна хроматографія. Газова хроматографія. Основні теоретичні положення. Вимоги до стаціонарної та рухливої фази. Газові хроматографи, основні типи детекторів. Площинна хроматографія.

## Модуль 2

### Змістовий модуль 3. Хімія природного середовища

Тема 17 Предмет хімії природного середовища. Основні хімічні цикли в природі та їх порушення. Глобальні та локальні екологічні проблеми

Тема 18. Хімічний склад об'єктів природного середовища. Хімічний склад, класифікація та деякі властивості: природних вод; повітря та атмосферних опадів; ґрунтів та донних відкладів

Тема 19. Загальна схема та основні етапи аналізу об'єктів природного середовища. Характеристика методів аналізу об'єктів природного середовища

Тема 20. Особливості аналізу природних об'єктів. Методики аналізу природних вод. Методики аналізу повітря. Методики аналізу ґрунтів та донних відкладів

## РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Програмні результати навчання	ПРН-07. Розв'язувати проблеми у сфері захисту навколишнього середовища із застосуванням загальноприйнятих та/або стандартних підходів та міжнародного і вітчизняного досвіду. ПРН-09. Демонструвати навички оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і обдуманого вибору шляхів їх вирішення. ПРН-13. Уміти формувати ефективні комунікаційні стратегії з метою донесення ідей, проблем, рішень та власного досвіду в сфері екології. ПРН-15. Уміти пояснювати соціальні, економічні та політичні наслідки впровадження екологічних проектів.
-------------------------------	---

	ПРН-17. Усвідомлювати відповідальність за ефективність та наслідки реалізації комплексних природоохоронних заходів. ПРН-18. Поєднувати навички самостійної та командної роботи задля отримання результату з акцентом на професійну сумлінність та відповідальність за прийняття рішень. ПРН-22. Брати участь у розробці проектів і практичних рекомендацій щодо збереження довкілля.
--	--

## ОЦІНЮВАННЯ

Форми поточного та підсумкового контролю		Поточний контроль – 20 балів Проміжний контроль - 40 балів Підсумковий контроль – (залік) - 40 балів	
КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ			
Підсумкові бали з навчальної дисципліни визначаються як сума балів, отриманих здобувачем протягом семестру та балів, набраних на підсумковому контролі (екзамен, залік).			
Підсумкові бали навчальної дисципліни контролем		= Загальна кількість балів (перед підсумковим контролем)	+ Кількість балів за підсумковим контролем
ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ: НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS			
Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	Відмінно («зараховано»)	A	«Відмінно» - теоретичний зміст курсу освоєний цілком, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, всі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання виконанні в повному обсязі, відмінна робота без помилок або з однією незначною помилкою.
80-89		B	«Дуже добре» - теоретичний зміст курсу освоєний цілком, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, всі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання виконанні, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального, робота з двома – трьома незначними помилками.
75-79		C	«Добре» - теоретичний зміст курсу освоєний цілком, практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, всі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання виконанні, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками, робота з декількома незначними помилками, або з однією – двома значними помилками.
65-74	Задовільно («зараховано»)	D	«Задовільно» - теоретичний зміст курсу освоєний не повністю, але прогалини не носять істотного

			характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань, містять помилки, робота з трьома значними помилками.
60-64		Е	«Достатньо» - теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, частина передбачених програмою навчання навчальних завдань не виконані, або якість виконання деяких з них оцінено числом балів, близьким до мінімального, робота, що задовольняє мінімум критеріїв оцінки.
21-59	Незадовільно («не зараховано»)	FX	«Умовно незадовільно» теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання, навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання), робота що потребує доробки
1-20		F	«Безумовно незадовільно» теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, всі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до значимого підвищення якості виконання навчальних завдань, робота, що потребує повної переробки

### Основна література

1. *Висоцька Т. І.* Аналітична хімія природного середовища: Конспект лекцій. – К.: ДУІТ, 2021. – 124 с.
2. *Набиванець Б.Й., Сухан В.В., Калабіна Л.В.* Аналітична хімія природного середовища. Підручник. К. Либідь, 1996. 304с.
3. *Л.П.Циганок, Т.О.Бубель, А.Б.Вишнікін, О.Ю.Вашкевич;* Аналітична хімія. Хімічні методи аналізу: навчальний посібник - Дніпропетровськ: ДНУ ім. О.Гончара, 2014.- 25
4. *Висоцька Т. І.* Аналітична хімія природного середовища: методичні вказівки до практичних та самостійних робіт. – К.: ДУІТ, 2021. – 52 с.
5. *Зуй М.Ф., Лелюшок С.О., Запорожець О.А., Желіба О.М. Тітова Л.О.* Аналіз природних вод та ґрунтів Навчальний посібник. Кітвський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ, 2017. – 174с.
6. Чеботарьов О.М. Аналітична хімія навколишнього середовища. Методичні вказівки до лабораторних робіт. – Одеськ. нац. ун-т імені І.І.Мечнікова, 2013. – 58 с.

### Додаткова

1. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни "Аналітична хімія та інструментальні методи аналізу" для студентів напряму підготовки 6.040106 "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування" денної форми навчання/ Укладач: к.т.н., доц. Полянчиков О.І., Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2013 р. 12с.
2. В.В. Даценко, Е.Б Хоботова. Навчальний посібник «Основи біогеохімії», Харківський автомобільно-дорожній університет. Харків – 2010
3. Чухрій Ю. П., Диханов С.М. О с н о в и б і о г е о х і м і ї. Навчальний посібник. Одеська державна академія холоду, 2009. - 50 с.

### 12. Інформаційні ресурси

8. <http://www.menr.gov.ua> – Сайт Міністерство екології та природних ресурсів України.
9. [http://detut.edu.ua/ukr/cat/level\\_3/content/normative\\_base](http://detut.edu.ua/ukr/cat/level_3/content/normative_base) – Нормативна база про наукову діяльність
10. <http://www.uz.gov.ua/> – Сайт «Державна адміністрація залізничного транспорту України»
11. <https://sites.google.com/site/zeleznyedorogimira/> – Сайт про залізничний транспорт світу
12. <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/> – Електронний архів наукових періодичних видань України
13. <http://nbuviap.gov.ua/asambleya/asambl.php> – електронна бібліотека НБУВ