

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського
Національної Академії Наук України

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою Інституту колоїдної хімії та
хімії води ім. А.В. Думанського
НАН України
пр. № 10 від « 23 » 10 2023 року

Голова Вченої ради



Інституту колоїдної хімії та

хімії води ім. А.В. Думанського

НАН України

академік НАН України

Владислав ГОНЧАРУК

ПРОГРАМА

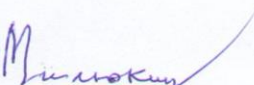
навчальної дисципліни

**«ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ОРГАНІЧНИХ ТА
НЕОРГАНІЧНИХ ЕКОТОКСИКАНТІВ У ВОДНИХ СИСТЕМАХ»**

| | |
|----------------------|---|
| ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ | 10 – ПРИРОДНИЧІ НАУКИ |
| СПЕЦІАЛЬНІСТЬ | 102 – ХІМІЯ |
| СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ | ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, КОЛОЇДНА ХІМІЯ |
| РІВЕНЬ ОСВІТИ | ТРЕТІЙ (ОСВІТНЬО-НАУКОВИЙ) |

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

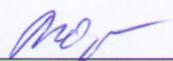
Заступник директора з наукової роботи, провідний науковий співробітник, доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, Мілюкін Михайло Васильович


(підпис)

Програму затверджено на засіданні Вченої ради
Інституту Інституту колоїдної хімії та
хімії води ім. А.В. Думанського НАН України

Протокол № 10
від « 23 » 10 2023 року

Вчений секретар


Людмила ЮРЛОВА

Вступ

Програму навчальної дисципліни **«Фізико-хімічні методи моніторингу органічних та неорганічних екотоксикантів у водних системах»** складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки **«доктор філософії»** в галузі 10 (Природничі науки) напряму (спеціальності) 102 **«Хімія»**.

Предметом вивчення даної дисципліни є фізико-хімічні методи ідентифікації, визначення органічних та неорганічних токсикантів (спектроскопічні, хроматографічні, хромато-мас-спектрометричні, електрохімічні, флуоресцентні та інші), а також проведення їх моніторингу у об'єктах водних систем (вода, донні відкладення, гідробіонти) з метою поняття фізичних, хімічних та біологічних процесів, що протікають в довкіллі, та оцінки екологічного стану природного водного середовища.

Дисципліна спрямована на надання базових знань у області аналітичної та екологічної хімії, екотоксікології, сучасних методів моніторингу з використанням високоефективних та високоінформативних методів дослідження та захисту природних водних систем. Сучасні методи дослідження, захисту та відновлення довкілля базуються на вивченні та застосуванні окислювально-відновлювальних процесів, які є основою існування біосфери. Тому ця дисципліна формує у аспірантів науково обґрунтований досвід для вирішення завдань в галузі природничих наук з використанням не тільки теоретичних знань з фізичної, аналітичної хімії та електрохімії, але й практичних навичок, що пов'язані з правильним застосуванням методів контролю довкілля та інженерних рішень щодо захисту та відновлення вже забруднених об'єктів водних систем.

Міждисциплінарні зв'язки. Навчальна дисципліна **«Фізико-хімічні методи моніторингу органічних та неорганічних екотоксикантів у водних**

системах» належить до циклу дисциплін професійної підготовки аспірантів в галузі 10 (Природничі науки) напряму (спеціальності) 102 «Хімія».

Необхідною умовою засвоєння цієї дисципліни є володіння загальноосвітніми курсами з філософії та методології науки, фізики, хімії, зокрема аналітичної хімії, фізичної хімії, фізико-хімічних методів дослідження (хроматографія, хромато-мас-спектрометрія, флуоресценція, електрохімічні методи) та математики, інформатики, які вивчають у вищих навчальних закладах при підготовці фахівців по спеціальності «Хімія».

Дисципліна **«Фізико-хімічні методи моніторингу органічних та неорганічних екотоксикантів у водних системах»** є основою для поглиблення знань з «Екологічної безпеки», що забезпечує зв'язок цих дисциплін при підготовки фахівців в природничих науках, які спроможні забезпечити кваліфіковану оцінку впливу хімічних речовин на навколишнє середовище та вибрати необхідні технології для його захисту, «Колоїдної хімії», «Хімії, фізики та біології води», «Адсорбції», «Фізико-хімічної механіки», «Мембранних технологій», «Технологій водрпідготовки та водоочищення».

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета навчальної дисципліни.

Метою є формування у студентів знань щодо основних екологічних понять, законів, принципів та методів моніторингу органічних та неорганічних екотоксикантів водних систем, а також хімічних, електрохімічних і фізико-хімічними процесів, що протікають в природних водних системах.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Основними завданнями вивчення дисципліни є формування у студентів здатностей до аналізу екологічної ситуації та навиків екологічної експертизи і раціонального природокористування. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання

знати: основні екологічні поняття і закони. Склад і структура біосфери. Загальні закони екології, біогеохімічні цикли біогенних елементів. Види моніторингу органічних та неорганічних токсикантів. Хроматографічні, хромато-мас-спектрометричні, спектроскопічні, флуоресцентні та електрохімічні методи моніторингу. Основні технології корегування та захисту водних систем.

вміти: застосовувати перераховані сучасні методи моніторингу, робити розрахунки відносно оцінки екологічного стану об'єктів водних систем, визначати джерело забруднення, виділяти об'єкт для моделювання певної екологічної ситуації, застосовувати необхідні технологічні рішення.

мати досвід: в оцінці зони екологічного дослідження, визначати джерело забруднення, виділяти об'єкт для моделювання певної екологічної ситуації, в застосуванні необхідних технологічних рішень.

Дана дисципліна передбачає формування та розвиток вагомих компетенцій, що перераховані нижче.

Універсальні компетенції:

– здатність до виконання критичного аналізу та оцінку сучасних наукових досягнень, генерувати нові ідеї при вирішенні дослідницьких та практичних завдань стосовних стану довкілля та можливостей його відновлення;

- здатність планувати та здійснювати комплексні дослідження, у тому числі міждисциплінарні, на основі системного наукового світогляду з використанням отриманих знань;
- можливість використовувати сучасні методи та технології наукової комунікації державною та іноземними мовами.

Загальнопрофесійні компетенції.

- здатність приймати участь у роботі творчих колективів (включно міжнародні), вміти створювати такі колективи для вирішення актуальних проблем захисту та відновленню довкілля.
- здатність слідувати етичним нормам у професійній діяльності.
- здатність самостійно здійснювати науково-дослідницьку діяльність в галузі дослідження та відновлення навколишнього середовища з використанням сучасних методів та інформаційно-комунікаційних технологій.

Професійні компетенції:

- здатність самостійно організувати проведення моніторингових та технологічних досліджень, виконувати обробку та аналіз результатів досліджень, проводити їх узагальнення у вигляді звітів та наукових статей для фахових журналів.
- вільне володіння сучасними фізико-хімічними методами моніторингу.
- вміння самостійно формулювати завдання наукових досліджень та вирішувати технологічні завдання шляхом створення нових матеріалів та приладів.

2. Структура навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться: дисципліна вивчається на третьому році навчання за освітньо-науковим рівнем «доктор філософії» в обсязі 120 годин, у тому числі 24 годин аудиторних занять (20 – лекційні заняття, 4 – практичні), 96 годин самостійної роботи. Навчальна дисципліна має 4 кредитів ECTS.

Рекомендований розподіл навчального часу

| Кредитні модулі | Всього | | Розподіл навчального часу за видами занять | | | | Семестрова атестація |
|-----------------|----------|-------|--|---------------------------------|---|-----|----------------------|
| | кредитів | годин | Лекції | Практичні (семінарські) заняття | Лабораторні роботи (комп'ютерні практикуми) | СРС | |
| Всього | 4 | 24 | 20 | 4 | – | 96 | |
| Модуль 1 | 2 | 12 | 10 | 2 | – | 48 | диф. залік |
| Модуль 2 | 2 | 12 | 10 | 2 | – | 48 | диф. залік |
| | | | | | | | |

Навчальна дисципліна містить два кредитні модулі:

Модуль 1. Основні екологічні поняття і закони, види моніторингу, спектроскопічні та флуоресцентні фізико-хімічні методи дослідження для моніторингу об'єктів водних систем.

Модуль 2. Хроматографічні, хромато-мас-спектрометричні та електрохімічні фізико-хімічні методи дослідження для моніторингу об'єктів водних систем та оцінка пошкодження природного середовища на основі даних моніторингу. Основи інженерної екології та природоохоронна діяльність підприємств.

3. Зміст та структура кредитних модулів навчальної дисципліни

Кредитний модуль 1. Основні екологічні поняття і закони, види моніторингу, спектроскопічні та флуоресцентні фізико-хімічні методи дослідження для моніторингу об'єктів водних систем.

Тема 1: Основні екологічні поняття і закони, види моніторингу.

Склад і структура біосфери. Основні поняття екологічної хімії (забруднювачі, ксенобіотики, екотоксиканти). Наукові основи екологічного моніторингу. Види моніторингу. Локальний, регіональний, глобальний. Методи моніторингу. Контроль фонового забруднення водних систем.

Тема 2. Нормування якості водного природного середовища. Нормування впливу забруднювачів. Класи небезпечності речовин. Забір проб та їх підготовка до аналізу. Розрахунки норм граничних екологічних навантажень, летальних доз.

Тема 3. Спектроскопічні та флуоресцентні фізико-хімічні методи дослідження для моніторингу об'єктів водних систем.

Лекція 1. Методи дослідження органічних сполук.

Методи дослідження органічних сполук. Аналіз органічних сполук. Якісний та кількісний аналіз. Автоматичні аналізатори елементів (вуглець, водень, азот та ін.). Хімічні методи встановлення будови (подвійний зв'язок, фенольної або енольної групи гідроксиду). Реакції окиснення альдегідів. Відкриття альдегідних груп («альдегідні реакції»): окиснення оксидом срібла (реакція «срібного дзеркала»), окиснення гідроксидом міді (II), окиснення фелінговим розчином (або фелінговою рідиною) (калієво-натрієва сіль виннокам'яної кислоти (сегнетова, або сеньєтова сіль; K, Na-тарtrat), CuSO₄ та NaOH. Фелінговий розчин як реактив для відкриття та кількісного визначення відновлюючих речовин – альдегідів, сахарів та ін. Якісні реакції виявлення фенолу, деяких двохатомних фенолів (пірокатехін, або *o*-дигідроксибензол), резорцину, або *m*-дигідроксибензолу, гідрохінону, або *n*-гідроксибензолу, пірогаллолу або рядового тригідроксибензолу, флороглюцину або симетричного тригідроксибензолу. Кількісне визначення пентоз з

флороглуцином. Якісні та кількісні реакції з фенілгідазином (2,4-динітрофенілгідазином) та іншими реагентами.

Електромагнітне випромінювання. Області електромагнітного спектра.

Електромагнітне випромінювання. Області електромагнітного спектра. Різні типи електромагнітного випромінювання: світло – ультрафіолетовий, видимий, інфрачервоний; рентгенівські промені (гамма-промені) та радіопроемені різної довжини. Швидкість розповсюдження електромагнітного випромінювання. Зв'язок частоти з довжиною хвилі $v = c/\lambda$. Зв'язок кількості отриманої енергії електромагнітного випромінювання з частотою випромінювання: чим вища частота (чим менша довжина хвилі), тим більший приріст енергії $\Delta E = h \cdot v$. Фізична природа перетворень енергії в поглинаючій молекулі речовини (перехід електронів на більш високі енергетичні рівні, коливання або обертання атомів в молекулі та ін.). Спектр сполуки та його фізична суть.

Електронна спектроскопія. Основний закон світлопоглинання (закон Бугера–Ламберта–Бера) та його застосування для дослідження органічних та неорганічних сполук.

Електронна спектроскопія. Спектр світлопоглинання. Основні величини, що характеризують світлопоглинання: пропускання T , коефіцієнт пропускання, оптична густина A або D . Основний закон світлопоглинання (закон Бугера–Ламберта–Бера). Молярний коефіцієнт світлопоглинання. Чутливість фотометричної реакції. Відхилення від закону світлопоглинання. Способи визначення концентрації речовини за величиною оптичної густини: методи градуовального графіка, порівняння зі стандартом, стандартних добавок. Переваги фотометричного методу аналізу (дослідження).

Електронна спектроскопія. Основний закон світлопоглинання (закон Бугера–Ламберта–Бера) та його застосування для дослідження органічних та неорганічних сполук.

Електронна спектроскопія. Спектр світлопоглинання. Типи електронних переходів при поглинанні світла: $\sigma \rightarrow \sigma^*$, $\pi \rightarrow \pi^*$ та $n \rightarrow \sigma^*$, $n \rightarrow \pi^*$. Хромофори. Батохромний зсув. Електронні переходи в ізольованих та спряжених хромофорах. Основні величини, що характеризують світлопоглинання: пропускання T , коефіцієнт пропускання, оптична

густина A або D . Основний закон світлопоглинання (закон Бугера–Ламберта–Бера). Молярний коефіцієнт світлопоглинання. Чутливість фотометричної реакції. Відхилення від закону світлопоглинання. Способи визначення концентрації речовини за величиною оптичної густини: методи градуального графіка, порівняння зі стандартом, стандартних добавок. Переваги фотометричного методу аналізу (дослідження).

Лекція 2. Інфрачервона спектроскопія та її застосування для дослідження органічних сполук (органічна хімія, хімічна технологія).

Інфрачервона спектроскопія. Нульовий коливальний стан. Основні типи: валентні коливання, деформаційні коливання (площинні коливання, позаплощинні коливання). Форми валентних та деформаційних коливань. Процент пропускання T , % ІЧ-спектра. Характеристичні частоти або смуги в ІЧ-спектрі. Чотири області ІЧ-спектра та їх аналіз кожної з них. Застосування ІЧ-спектроскопії в органічній хімії та хімічній технології.

Лекція 3. Люмінесценція.

Атомно-флуоресцентний аналіз. Способи збудження (електромагнітне випромінювання (УФ-, видиме світло); енергія хімічних реакцій; енергія хімічних реакцій, що протікають у живих організмах; рентгенівське випромінювання; електрична енергія (катодні промені)). Види люмінесценції (фотолюмінесценція (флуоресценція та фосфоресценція); хемілюмінесценція; біоломінесценція; рентгенофлуоресценція; електролюмінесценція (катодолюмінісценція)). Явище люмінесценції. Правило Стокса. Правило Левшина. Закон Вавилова. Концентраційне гасіння люмінесценції. Поляризована люмінесценція. Термолюмінесценція та її використання для дослідження біологічних та синтетичних полімерів. Люмінол. Люмінесцентні індикатори. Люмінесцентний аналіз. Люмінесцентні реагенти.

Кредитний модуль 2. Хроматографічні, хромато-мас-спектрометричні та електрохімічні фізико-хімічні методи дослідження для моніторингу об'єктів водних систем та оцінка пошкодження природного середовища на основі даних моніторингу. Основи інженерної екології та природоохоронна діяльність підприємств.

Тема 4. Хроматографічні, хромато-мас-спектрометричні та електрохімічні фізико-хімічні методи дослідження для моніторингу об'єктів водних систем

Лекція 6. Хроматографічні методи дослідження органічних сполук.

Хроматографічні методи дослідження органічних сполук. Загальні положення. Основні види хроматографії. Історія розвитку хроматографії. Адсорбційна хроматографія. Тонкошарова хроматографія. Розподільвальна хроматографія (колоночна, висхідна, низхідна, двомірна). Газова, газо-рідинна хроматографія. Способи дериватизації органічних сполук з метою підвищення леткості дериватів. Іонообмінна хроматографія. Гель-проникна хроматографія. Електрофорез (електрохроматографія). Рідинна хроматографія. Афінна хроматографія. Іона хроматографія.

Мас-спектрометрія. Мас-спектр електронної іонізації.

Мас-спектрометрія. Мас-спектр електронної іонізації. Хромато-мас-спектрометрія (ГХ/МС або GC/MS, РХ/МС або HPLC/MS, більш складні гібридні методи — ГХ/МС/МС або GC/MS/MS, РХ/МС/МС або HPLC/MS/MS та ін.).

Лекція 7. Основи теорії хроматографії.

Основи теорії хроматографії. Утримування (час утримування, об'єм утримування). Основне рівняння хроматографії. Селективність розділення хроматографічних піків. Ефективність хроматографічної колонки. Число теоретичних тарілок. Висота, що еквівалентна теоретичній тарілці. Степінь розділення. Рівняння ван-Деемтера. Індeksi утримування (Ковача, Ван-ден-Доола і Кратса).

Основи теорії хроматографії.

Основи теорії хроматографії. Сорбенти в хроматографії. Рухомі фази в хроматографії. Нерухомі фази в хроматографії. Модифікація поверхні (на прикладі силікагелю). Нормально-фазові сорбенти. Обернено-фазові сорбенти. Іон-парні сорбенти. Іонообмінні сорбенти. Газові хроматографи.

Основи теорії хроматографії.

Основи теорії хроматографії. Газові хроматографи. Рідинні хроматографи. Хромато-мас-спектрометри. Мас-спектрометри з індуктивно-зв'язаною плазмою. Загальна схема газового хроматографу. Split, splitless інжектори. Капілярні колонки. Хроматограма, яка одержана на капілярній колонці. Аксесуари у газовій хроматографії. Застосовність газової та рідинної хроматографії в залежності від полярності та леткості сполук. Детектори в газовій хроматографії (загальні та селективні). Flame ionization detector (FID) – Полум'яно-іонізаційний детектор (ПІД). Mass selective detector (MSD) – Мас-селективний детектор (МСД) (режими SCAN та SIM). TPD (NPD) – Termoionic detector (NPD) (АФД – термоіонний детектор для підтвердження наявності сполук азоту і фосфору в молекулах визначальних сполук. FPD P – Flame photometric detector P (ПФД – полум'яно-фотометричний детектор за фосфором). μ ECD – micro-Electron capture detector (μ ЕЗД – мікро-електронно-захоплювальний детектор або ДЕЗ – детектор електронного захоплення. Схема, що ілюструє три основні стадії процесу аналізу: підготовка проб до аналізу, газохроматографічне роділення, хромато-мас-спектрометричне визначення. ГХ/МС при використанні трьох селективних детекторів – МСД (MSD), ЕЗД (μ ECD), ПФД (FPD P). Схема та принцип роботи тандемного триквадрупольного МС/МС детектора у режимі молекулярного розділення мас. Унікальні програмно-апаратні комплекси Agilent Technologies. RTL-бібліотеки і RTL-бази даних. Програмне забезпечення DRS (deconvolution reporting software).

Лекція 8. Чутливість і селективність визначення при використанні різних типів детекторів у ВЕРХ.

Чутливість і селективність визначення при використанні різних типів детекторів у ВЕРХ. Тип детектора та умови детектування впливають на відгук у трьох взаємопов'язаних напрямках: чутливість, селективність, шум базової лінії. Правильний вибір довжини хвилі детектування (λ , нм). Чутливість як синонім «нижня межа виявлення даної речовини». Залежність форми хроматограм зразка від типу детектування. Селективність. Співвідношення сигнал/шум (S/N): шум як функція умов детектування; час відгуку змінюється від 0,1 до 5 сек. Джерело випромінювання: дейтерієва лампа, високоенергетична галогенова лампа розжарювання. Взаємозв'язок концентрації аналіту (с, моль/л) в проточній кюветі з поглинанням А, молярним коефіцієнтом світлопоглинання (ϵ)

і довжиною протоочної кювети (1, см) відповідно до закону Бугера-Ламберта-Бера. Принципові схеми спектрофотометричних детекторів: а) протоочна кювета розташована до монохроматора, б) протоочна кювета розташована після монохроматора. УФ-поглинання розчинників і добавок до них в ОФ ВЕРХ залежно від довжини хвилі. УФ-поглинання розчинників в НФ ВЕРХ залежно від довжини хвилі. Універсальні детектори. Рефрактометричний детектор. Пароутворюючий детектор світлорозсіювання (Evaporative Light Scattering Detector, ELSD). Флуоресцентний детектор. Корисні суміші розчинників із низьким фоновим поглинанням ($<0,5$ au) за $\lambda \geq 200$ нм. Електрохімічні детектори. Кондуктометричний детектор. Амперометричний детектор. Принципова схема, що показує протоочну комірку для амперометричного електрохімічного детектора. Мас-спектрометричний детектор. Варіанти моніторингу хроматограми при використанні мас-спектрометра в якості детектора. Порівняння характеристик детекторів в рідинній хроматографії.

Формула Нернста. Пряма потенціометрія. Потенціометричне титрування. рН-метрія. Електроди. Водневий електрод. Каломельний електрод. Розрахунок концентрації іонів водороду. Кондуктометрія. Вольтамперометрія. Полярографія та сенсорні вимірювання. Оцінка похибки та чутливості методів.

Тема 5. Мас-спектрометрія з індуктивно зв'язаною плазмою для дослідження і моніторингу важких металів у об'єктах водних систем.

Лекція 9. Основи методу, конструкція і принцип роботи мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою.

Основи методу, конструкція і принцип роботи мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою. Об'єкти аналізу в мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою. Основи методу. Конструкція мас-спектрометрів з індуктивно зв'язаною плазмою. Система введення зразка. Індуктивно зв'язана плазма. Процеси, що відбуваються в індуктивно зв'язаній плазмі. Інтерфейсна частина мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою. Іонна оптика. Мас-фільтрація і детектування іонів.

Тема 6. Оцінка пошкодження природного середовища на основі даних моніторингу. Основи інженерної екології та природоохоронна діяльність підприємств.

Лекція 10. Оцінка пошкодження природного середовища на основі даних моніторингу. та основи інженерної екології та природоохоронна діяльність підприємств.

Рекомендована література

Базова

1. Милюкин М.В. Гончарук В.В. Химический мониторинг органических экотоксикантов в водных системах. Монография, Київ: Наукова думка, 2016, 312 с.
2. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю. Основи екології та охорони довкілля: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: Центр учбової літератури, 2006. – 398 с.
3. Злобін Ю.А. Основи Екології. Підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ, «Лібра»,- 1998. 248 с.
4. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього середовища. Навч. посіб.- К.: Т-во «Знання», КОО, 2000. 203 с.
5. Экология города / Учебник для студентов высших учебных заведений под ред. Ф.В. Стольберга. К.: Лібра, 2000. 464 с.
6. Першина К.Д., Каздобін К.О. Спектроскопія імпедансу електролітичних матеріалів / Навчальний посібник. К.: Освіта України. 224 с.
7. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 2. Физико-химические методы анализа: Учебник для химико-технологических спец. вузов. М.: Высшая школа, 1989. 384 с.
8. Пилипенко А.Т., Пятницький І.В. Аналитическая химия. В 2-х книгах.–М.: Химия, 1990. Кн. 1. 480 с.
9. Пилипенко А.Т., Пятницький І.В. Аналитическая химия. В 2-х книгах. М.: Химия, 1990. Кн. 2. 481 с.
10. Отто М. Современные методы аналитической химии (в 2-х томах). Том 1. М.: Техносфера, 2003. 416 с.
11. Отто М. Современные методы аналитической химии (в 2-х томах). Том 2.

– М.:Техносфера, 2004. 288 с.

Допоміжна

1. Богдановский Г.А. Химическая экология. М.: МГУ, 1994. 235 с.
2. Бингам Ф.Т., Коста М., Эйхенбергер Э. Некоторые вопросы токсичности металлов / Под ред. Х. Зигель, А. Зигель. – М.: Мир, 1993. 368 с.
3. Эйхлер В. Яды в нашей пище. М.: Мир, 1993. 185 с.
4. Контроль качества природных и сточных вод. Харьков, 1982. 270 с.
6. Проблемы загрязнения окружающей среды и токсикология / Под ред. Дж.Уэр. – М.: Мир, 1993. 191 с.
7. Подопедов Н.С. Природные ресурсы земли и охрана окружающей среды. М., 1985. 254 с.
8. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1989. 448 с.
9. Методи аналітичної хімії в екологічних дослідженнях: методичні вказівки до вивчення дисципліни «Методи та засоби контролю навколишнього середовища». Частина II. Фізичні, фізико-хімічні та біологічні методи аналізу / Л.І. Бутченко, О.М. Терещенко, О.П. Хохотва. – К: НТУУ «КП», 2011. 58 с.
10. Методи аналітичної хімії в екологічних дослідженнях: методичні вказівки до вивчення дисципліни «Методи та засоби контролю навколишнього середовища». Частина III. Фізичні, фізико-хімічні та біологічні методи аналізу / Л.І. Бутченко, О.М. Терещенко, О.П. Хохотва. – К: НТУУ «КП», 2011. 56 с.