


НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора з наукової роботи

 В. В. Давидовський

«05»  2023 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СПЕКТРОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ В РАДІОБІОЛОГІЇ ТА РАДІОЕКОЛОГІЇ
для аспірантів

Освітньо-кваліфікаційний рівень: *доктор філософії*

Галузь знань: *09 – Біологія*

Спеціальність *091 – Біологія та біохімія*

Напрямок підготовки: *Радіобіологія*

Статус курсу: *вибірковий*

Київ 2023

Спектрометричні методи в радіобіології та радіоекології: освітньо-наукова програма.

Укладач: Желтоножський В.О., доктор фізико-математичних наук, провідний науковий співробітник відділу структури ядра.

Робочу програму «Спектрометричні методи в радіобіології та радіоекології» розглянуто та рекомендовано до затвердження на:
Розширеному засіданні відділу радіобіології та радіоекології
Протокол № 3 від «21 » червня 2023 р.

На засіданні секції Вченої ради ІЯД НАНУ «Ядерна, радіаційна та техногенно-екологічна безпека»

Протокол № 2 від «27» червня 2023 р.

Затверджено на засіданні Вченої ради ІЯД НАН України
Протокол № 6 від « 05 » липня 2023 р.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Програма з курсу «Спектрометричні методи в радіобіології та радіоекології» відповідає навчальному плану підготовки аспірантів за спеціальністю 091 – **Біологія та біохімія** (галузь знань: 09 – **Біологія**), що здобувають освітньо-кваліфікаційний рівень доктора філософії на відповідній освітній програмі ІЯД НАН України.

Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку: курс «Спектрометричні методи в радіобіології та радіоекології» є необхідною складовою навчальних дисциплін циклу професійної та практичної підготовки докторів філософії за спеціальністю 091 – **Біологія та біохімія**, напрям підготовки – **Радіобіологія**. Система знань, отримана при вивченні даного курсу, є необхідною для вільного ознайомлення з науковою літературою та при виконанні відповідних кваліфікаційних робіт. Викладення курсу передбачається протягом третього року навчання.

Цей курс дає можливість ознайомити аспірантів з основними методами реєстрації іонізуючого випромінювання та отримати певні практичні навички проведення спектрометричних досліджень, необхідні для виконання кваліфікаційної роботи за спеціальністю 091 – **Біологія та біохімія**, напрям підготовки – **Радіобіологія**.

<i>Галузь знань, спеціальність, напрямок підготовки, освітньо- кваліфікаційний рівень</i>	<i>Організаційно-методична характеристика навчальної дисципліни</i>	
	<i>Академічна характеристика</i>	<i>Структура</i>
09 – біологія 091 – біологія та біохімія напрямок підготовки – радіобіологія доктор філософії	Рік навчання: 3 Семестр: 1 або 2 Статус курсу: <i>вибірковий</i> Кількість ECTS кредитів: 2	Кількість годин Загальна: 60 Лекції: 15 Практичні заняття: 15 Самостійна робота: 30 Вид підсумкового контролю – залік

Мета курсу «Спектрометричні методи в радіобіології та радіоекології» – розширити та поглибити знання реєстрації іонізуючого випромінювання, вивчення сучасних спектрометричних методів, що застосовуються в радіоекології, радіобіології та радіаційній медицині, та надбання практичних навичок.

Завданням навчальної дисципліни є опанування теоретичних та практичних основ оцінки радіаційно-індукованих ефектів на клітинному рівні для розв'язання поставлених власних науково-дослідницьких задач. Фахівець, що має справу з іонізуючим випромінюванням, повинен мати уявлення про наступне: які найбільш інформативні параметри полів; характеристики та призначення приладів для дозиметричного контролю; гамма- та бета-спектрометрів; переваги та недоліки спектрометрів різного типу; реєстрацію радіоактивності сцинтиляційними детекторами; спектрометричні методи реєстрації α - та β -випромінювання в пробах без процедури радіохімічного виділення та аналізу радіонуклідів; принципи та методи статистичної обробки експериментальних даних, оцінка похибки вимірювань.

Структура курсу

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен отримати знання про:

- прилади для дозиметричного контролю та апаратуру для спектрометрії;
- методи спектрометрії в радіоекологічних дослідженнях; принципи роботи сучасних спектрометрів: альфа-, бета-спектрометри; гамма і рентгенівські спектрометри; їх схожість і відмінності; переваги і недоліки спектрометрів різного типу;
- методику альфа-спектрометричних досліджень для визначення концентрацій атомів надважких елементів в об'єктах геобіоценозів, бета-спектрометричних досліджень і обмеження сфери їх застосування; гамма-спектрометрії натурних зразків навколишнього середовища;
- вимірювання фонового випромінювання;
- алгоритми автоматизованої обробки та розшифровки спектрів у сучасній спектрометрії.

Як результат вивчення дисципліни аспірант повинен вміти:

- здійснювати відбір проб для спектрометричних аналізів, пробопідготовку та виготовлення зразків для вимірювання, проведення γ -, β -спектрометричних вимірювань та їх обробку результатів аналізів;
- здійснювати статистичну обробку спектрів із метою отримання достовірної інформації про активність радіоактивних елементів, акумульованих в об'єктах навколишнього середовища;
- визначати площу піків повного поглинання і розраховувати питомі масові або об'ємні активності радіонуклідів у препаратах і вимірюваних зразках; документувати результати обробки спектрів і готувати свідоцтва радіаційної якості.

Зв'язок з іншими дисциплінами. При вивченні дисципліни використовуються знання та вміння, набуті аспірантами під час вивчення курсів із основ радіаційної безпеки, загальної радіобіології, радіоекології, розрахункової дозиметрії, фізичних основ радіаційної біології, радіоактивності та радіаційних і ядерних технологій.

Контроль знань аспіранта проводиться за модульно-рейтинговою системою. Змістовий модуль 1 включає теми 1-3, змістовий модуль 2 – теми 4-5.

ПРОГРАМА ТА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тематичний план дисципліни

Назва теми	Лекції	Практичні	Самостійна робота
<i>Змістовний модуль 1. Методи реєстрації радіоактивного випромінювання</i>			
Тема 1. Радіоактивність, види іонізуючого випромінювання та їх дозиметрія.	4	1	2
Тема 2. Методики та прилади визначення радіоактивності в об'єктах оточуючого середовища.	1	4	2
Тема 3. Реєстрація радіоактивності сцинтиляційними детекторами.	1		3
<i>Разом за змістовний модуль 1</i>	6	5	7
<i>Змістовний модуль 2. Спектрометрія в радіоекологічних дослідженнях</i>			
Тема 4. Гамма-, бета- та альфа-спектрометрія.	6	6	12
Тема 5. Спектрометричні методи реєстрації α -, β -випромінювання в пробах без процедури радіохімічного виділення та аналізу радіонуклідів.	3	4	11
<i>Разом за змістовний модуль 2</i>	15	10	23
<i>Всього</i>	30	15	30

Лекційний курс

Модуль 1. Методи реєстрації радіоактивного випромінювання

Тема 1. Радіоактивність, види іонізуючого випромінювання та їх дозиметрія.

Лекція 1 (1 год). Антропогенні джерела радіації природного середовища. Радіометрія, спектрометрія та радіохімія в радіоекологічних та радіобіологічних дослідженнях. Методи виявлення та реєстрації іонізуючих випромінювань, основні принципи детектування.

Тема 2. Методики та прилади визначення радіоактивності в об'єктах оточуючого середовища.

Лекція 2 (1 год). Сучасні радіаційно-аналітичні методи, що використовуються для аналізу вмісту радіонуклідів в пробах навколишнього середовища. Відбір проб для радіоекологічного моніторингу.

Лекція 3 (2 год). Загальна характеристика видів та класифікація приладів радіаційного контролю: дозиметри, радіометри, спектрометри. Апаратура для дозиметрії та радіометрії. Прилади для вимірювання потужності дози та щільності потоків. Стаціонарні прилади для дозиметричного і радіаційно-технологічного контролю. Техніка радіометричних вимірів, їх статистична обробка. Прилади для індивідуального дозиметричного контролю.

Лекція 4 (1 год). Авторадіографічні методи реєстрації ядерного випромінювання.

Тема 3. Реєстрація радіоактивності сцинтиляційними детекторами.

Лекція 5 (1 год). Загальна характеристика сцинтиляторів. Принцип дії сцинтиляційних детекторів, реєстрація радіоактивності сцинтиляційними детекторами. Використання сцинтиляційні детекторів як дозиметрів.

Модуль 2. Спектрометрія в радіоекології

Тема 4. Гамма-, бета- та альфа-спектрометрія.

Лекція 6 (2 год). Спектрометри. Блок схеми сучасних спектрометрів: альфа-спектрометри; бета-спектрометри; гамма та рентгенівські спектрометри; їх схожість і відмінності; переваги та недоліки спектрометрів різного типу, роздільна здатність. Основні інформативні параметри енергетичних спектрів іонізуючого випромінювання: альфа-спектри; бета-спектри; гамма- та рентгенівські спектри.

Лекція 7 (1 год). Основи гамма-спектрометрії. Взаємодія гамма-квантів з речовиною. Загальна характеристика детекторів. Основні інформативні параметри енергетичних спектрів гама-випромінювання, точність вимірювання.

Лекція 8 (1 год). Ідентифікація радіонуклідів методом гамма-спектрометрії. Теоретична основи роботи на γ -спектрометрі: калібрування спектрометра по енергії, набір спектра об'єкта досліджень, ідентифікація піків повного поглинання енергії та визначення їх площі, калібрування спектрометра по ефективності, набір спектра фону, розрахунок активності радіонуклідів. Ефективність реєстрації гамма-квантів, визначення абсолютної активності радіонуклідів.

Лекція 9 (1 год). Бета-спектроскопія: реєстрація спектрів бета-частинок та їх аналіз. Проходження бета-частинок через речовину.

Лекція 10 (1 год). Радіохімічні методи визначення ізотопів плутонію та америцію в об'єктах оточуючого середовища з використанням альфа-спектрометрії.

Тема 5. Спектрометричні методи реєстрації α -, β -випромінювання в пробах без процедури радіохімічного виділення та аналізу радіонуклідів.

Лекція 11 (1 год). Спектрометричний метод реєстрації активності ^{90}Sr в зразках без радіохімічного виділення.

Лекція 12 (1 год). Спосіб одночасного оперативного вимірювання ^{90}Sr та ^{137}Cs в біооб'єктах малого розміру без використання радіохімії.

Лекція 13 (1 год). Спектроскопічний спосіб реєстрації сумарної активності Pu по характеристичному випромінюванню U.

МЕТА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичні заняття є завершеною ланкою пізнавального процесу стосовно конкретної теми дисципліни, спрямовані на закріплення лекційного матеріалу та формування вмінь і практичних навичок. Застосування таких методів навчання дозволить аспіранту закріпити лекційний матеріал та теми самостійної роботи.

В процесі практичних занять з'ясується ступінь засвоєння понятійно-термінологічного апарату та основних положень предмету, вміння розкривати конкретну тему, аналізувати і узагальнювати ключові питання курсу, робити висновки та давати оцінку проведеному експерименту.

Одним із важливих завдань проведення занять є отримання аспірантами навиків оперування отриманими даними та публічних виступів і дискусій.

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Передбачаються такі види аудиторної роботи:

- розгляд і обговорення теоретичного матеріалу за переліком контрольних питань по відповідних темах лекційних занять та питань для самостійного опрацювання;
- використання набутих теоретичних знань при виконанні практичних завдань;
- перевірка практичних завдань, виконаних аспірантами під час самостійної роботи;
- розгляд та обговорення питань з дисципліни, що були важкі для засвоєння на самостійному опрацюванні та виникли під час проведення практичних робіт.

Тематичний план практичних занять.

Теми практичних занять (15 год)

№ п/п	Назва теми	К-ть годин
1.	Радіаційна безпека при роботі із радіоактивними речовинами та вимоги до облаштування радіобіологічних лабораторій. Правила роботи з радіоактивними речовинами.	1
2.	Загальні вимоги до відбору зразків навколишнього середовища (грунт та рослини). Лабораторна підготовка проб для спектрометричних досліджень.	1
3.	Ознайомлення з роботою переносних та стаціонарних приладів дозиметричного та радіометричного контролю. Вимірювання γ -фону в приміщеннях та на території за допомогою радіометра бета-гамма випромінювання РКС-20.03 «Прип'ять», СРП-68-01.	1
4.	Вивчення будови та принципу роботи приладів для індивідуального дозиметричного контролю.	1
5.	Ознайомлення з будовою та роботою γ -спектрометра. Калібрування спектрометра по енергії, ефективності, набір спектра фону. Робота з програмою обробки γ -спектрів Winspectrum.	2
6.	Проведення спектрометричних досліджень дослідних зразків, ідентифікація піків спектрів, розрахунок активності радіонуклідів.	2
7.	Ознайомлення з методикою вимірювань на бета-спектрометрі СЕБ-50 та його програмним забезпеченням.	2
8.	Проведення вимірювань вмісту ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{40}K в дослідних зразках без використання радіохімічного концентрування на бета-спектрометрі.	3
9.	Проведення підготовки та спектрометричних вимірювань біологічних зразків. Здійснення обробки спектрів та визначення вмісту та активності радіонуклідів. Обробка результатів вимірів радіоактивності.	2

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Мета і завдання самостійної роботи

Головна мета проведення самостійної роботи полягає у необхідності більш широкого охоплення та засвоєння тематики курсу з використанням різних джерел наукової інформації: підручників, періодичних видань, наукових праць, монографій з окремих питань дисципліни, ресурсів мережі Інтернет.

Важливою складовою самостійної роботи студентів є виконання індивідуальних робіт, що має на меті: закріплення знань теоретичного курсу; набуття навичок опрацювання наукової літератури (монографій, наукових статей); набуття навичок пошуку матеріалів у спеціалізованих наукометричних базах.

ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Назва теми	Види навчальної роботи (в годинах)	
	К-ть годин	Завдання
Модуль 1. Методи реєстрації радіоактивного випромінювання		
Тема 1. Радіоактивність, види іонізуючого випромінювання та їх дозиметрія.	2	Поглибити знання про антропогенні джерела радіації, методи вимірювання параметрів навколишнього середовища та приладів радіаційного контролю.
Тема 2. Методики та прилади визначення радіоактивності в об'єктах навколишнього середовища	2	
Тема 3. Реєстрація радіоактивності сцинтиляційними детекторами.	3	Закріпити знання щодо принципу роботи та сцинтиляційних детекторів та їх застосування у експериментальній роботі.
Разом за змістовний модуль 1	7	

Модуль 2. Спектрометрія в радіоекології		
Тема 4. Гамма-, бета- та альфа-спектрометрія	12	Розширити та закріпити знання щодо методів гамма- та бета-спектрометрії, принципів роботи спектрометрів, ідентифікації енергетичних піків, обробки спектрів та визначення активності радіонуклідів.
Тема 5. Спектрометричні методи реєстрації α -, β -випромінювання в пробах без процедури радіохімічного виділення та аналізу радіонуклідів.	11	Поглибити знання стосовно особливостей проведення спектрометричних досліджень для визначення активності радіонуклідів (α -, β -випромінювачів) в дослідних зразках. Закріплення практичних знань щодо вимірювання ^{90}Sr та ^{137}Cs в зразках ґрунту та біооб'єктах малого розміру без використання радіохімії.
Разом за змістовний модуль 2	23	
Всього	30	

ФОРМИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Мета **поточного контролю** – оцінити ступінь засвоєння теоретичного і практичного матеріалу та рівень знань аспірантів з відповідних розділів дисципліни.

Основною формою поточного контролю знань є проведення модульних контрольних робіт. За результатами 2-х модульних контрольних робіт виводиться основна оцінка, яка переводиться у рейтингові бали (0-30 балів за модульну контрольну роботу). До них додаються бали за результатами складання заліку (0-40 балів). Згідно поточного оцінювання рейтинг аспіранта розраховується як сума балів за всіма видами завдань.

Аспіранти, поточні знання яких оцінені на “незадовільно” (1-34 бали), вважаються не атестованими і до заліку з дисципліни не допускаються. Аспіранти, які за роботу в семестрі та на заліку набрали 35-59 балів мають право на перескладання.

Підсумковий контроль здійснюється наприкінці семестру шляхом складання заліку.

До заліку допускаються аспіранти, які мають необхідний рівень поточних знань.

Залік проводиться в змішаній формі, по завданнях, які складені на основі програми курсу та мають однаковий рівень складності. На підготовку відводиться 2 академічні години. Під час проведення заліку дозволяється користуватися конспектом.

ЗАПИТАННЯ ДО ЗАЛІКУ

- Природа радіоактивності та основні типи радіоактивних перетворень.
- Види радіоактивних розпадів і випромінювань.
- Які види радіоактивного розпаду існують в природі.
- Які нукліди є антропогенними джерелами радіації природного середовища?
- Дайте характеристику основних методів виявлення та реєстрації радіоактивності випромінювань.
- Наведіть класифікацію приладів радіаційного контролю?
- Якими параметрами характеризуються прилади радіаційного контролю?
- Який порядок оцінки радіаційного забруднення?
- Які існують методи реєстрації іонізуючих випромінювань.

- Сучасні радіаційно-аналітичні методи, що використовуються для аналізу вмісту радіонуклідів в пробах навколишнього середовища.
- Класифікація приладів радіаційного контролю та їх характеристика.
- Прилади для індивідуального дозиметричного контролю.
- Надати загальну характеристику методу авторадіографії.
- Загальна характеристика детекторів ядерних випромінювань.
- Реєстрація радіоактивності сцинтиляційними детекторами.
- Принцип дії напівпровідникових детекторів. Реєстрація радіоактивності напівпровідниковими детекторами.
- Ідентифікація радіонуклідів методом гамма-спектрометрії.
- Основні принципи роботи з програмами обробки гамма-спектрів.
- Обробка бета-спектрів та ідентифікація радіонуклідів.
- Методи статистичної обробки спектрограм.
- Бета-спектроскопія: реєстрація спектрів бета-частинок та їх аналіз.
- Що таке β -частинка?
- Що таке β -розпад ядра, які типи такого розпаду ви знаєте?
- Який вигляд мають β -спектри? Чи спостерігаються в β -спектрах резонансні піки?
- Чим відрізняється бета-спектр від спектра альфа-частинок.
- Радіохімічна підготовка дослідних зразків для спектрометрії.
- Радіохімічні методи визначення ізотопів плутонію та америцію в об'єктах оточуючого середовища з використанням альфа-спектрометрії.
- Спектрометричний метод реєстрації активності ^{90}Sr в зразках без радіохімічного виділення.
- Спосіб одночасного оперативного вимірювання ^{90}Sr та ^{137}Cs в біоб'єктах малого розміру без використання радіохімії.
- Спектроскопічний спосіб реєстрації сумарної активності Pu по характеристичному випромінюванню U.

Рекомендована література:

1. Альфа-, бета- и гамма-спектроскопия: пер. с англ.: [в 4-х вып.] / под ред. К. Зигбана. – М.: Атомиздат, 1969.
2. Абрамов А.И., Казанский Ю.А., Матусевич Е.С. Основы экспериментальных методов ядерной физики. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 488 с.
3. Горн Л.С., Хазанов Б.И. Избирательные радиометры. – М.: Атомиздат,

1975. – 376 с.

4. Горн Л.С., Хазанов Б.И. Современные приборы для измерения ионизирующих излучений. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 232 с.
5. Дементьев В.А. Измерение малых активностей радиоактивных препаратов. – М.: Атомиздат, 1967. – 140 с.
6. Брегадзе Ю.И., Степанов Э.К., Ярына В.П. Прикладная метрология ионизирующих излучений. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 264 с.
7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Физика атомного ядра. Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений. Уч. для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 376 с.
8. Левчук С. Довідник по основним методам визначення активності радіонуклідів. – К.: УкрНДІСХР, 2016. – 116 с.
9. Хомутинин Ю.В., Кашпаров В.А., Жебровская Е.И. Оптимизации отбора и измерений проб при радиоэкологическом мониторинге: Монография. – К.: УкрНИИСХР, 2001. – 160 с.
10. Авотин Ю.П. Практикум по радиоактивности: Учебное пособие.– М.: Высш. школа, 1974. – 210 с.
11. Кутлахмедов Ю.О. та ін. Основи радіоекології: Навч. посіб.– К.: Вища шк., 2003. – 319 с.
12. Эйзенбад М. Радиоактивность внешней среды. – М.: Атомиздат, 1967 (пер. с англ.). – 332 с.
13. Гродзинський Д.М. Радіобіологія: Підручник. – К.: Либідь, 2000.– 448 с.
14. Горбунов В.В., Товажнянский Л.Л., Омельченко Н.М. та ін. Радіоекологія. – Чернівці: Зелена Буковина, 2005. – 199 с.
15. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика. – М., 2006. – 286 с.
16. Сахаров В.К. Радиоэкология: учебное пособие. СПб: издательство «Лань», 2006. – 320 с.
17. Шульц В., Уикер Ф. Радиоэкологические методы (пер. с англ.). – М.: Мир, 1985. – 312 с.
18. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). – К.: МОЗ, 1997. – 121 с.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ І ВМІНЬ, УМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО РЕЙТИНГУ

За результатами складання заліку якість підсумкових знань аспіранта оцінюється за рейтинговою системою та трансформується в національну шкалу та шкалу ECTS.

Порядок перерахунку рейтингових показників нормованої 100-бальної університетської шкали оцінювання в національну 4-бальну шкалу та шкалу ECTS

За шкалою навчального закладу	За національною шкалою		За шкалою ECTS
	Іспит	Залік	
90 – 100	5 (відмінно)	Зараховано	A (відмінно)
82 – 89	4 (добре)		B (дуже добре)
75 – 81			C (добре)
69 – 74			D (задовільно)
60 – 68	3(задовільно)		E (достатньо)
35 – 59	2 (незадовільно)	Не зараховано	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)
1 – 34			F (незадовільно – з обов’язковим повторним курсом)