

**СИЛАБУС**

навчальної дисципліни

**«СПЕКТРОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ В РАДІОБІОЛОГІЇ ТА РАДІОЕКОЛОГІЇ»**

<b>Галузь знань</b>	<i>09 – Біологія</i>
<b>Спеціальність</b>	<i>091 – Біологія та біохімія</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>Радіобіологія</i>
<b>Освітній рівень</b>	<i>Доктор філософії</i>
<b>Статус дисципліни</b>	<i>Вибірковий</i>
<b>Мова викладання</b>	<i>Українська</i>
<b>Курс / семестр</b>	<i>III курс, 1 (2) семестр</i>
<b>Кількість кредитів ЄКТС</b>	<i>2 кредити ЄКТС</i>
<b>Розподіл за видами занять та годинами навчання</b>	<i>Лекції – 15 год. Практичні – 15 год. Самостійна робота – 30 год.</i>
<b>Форма підсумкового контролю</b>	<i>Залік</i>
<b>Відділ</b>	<i>Відділ структури ядра, ІЯД НАН України</i>
<b>Викладач</b>	<i>Желтоножський Віктор Олександрович, провідний науковий співробітник, д.фіз.-мат.н.</i>
<b>Контактна інформація викладача</b>	<i>zhelton@kinr.kiev.ua; +380-50-641-38-97</i>
<b>Дні занять</b>	<i>За розкладом</i>
<b>Консультації</b>	<i>За домовленістю з ініціативи здобувача, дистанційні</i>

**Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання**

**Мета** навчальної дисципліни – розширити та поглибити знання реєстрації іонізуючого випромінювання, вивчення сучасних спектрометричних методів, що застосовуються в радіоекології, радіобіології та радіаційній медицині, та надбання практичних навичок.

**Предмет** навчальної дисципліни – спектрометричні методи визначення інкорпорованих радіонуклідів у біологічних об'єктах.

**Компетентності**

**Інтегральна компетентність (ІК):** Здатність розв'язувати комплексні проблеми в області радіаційної біології, екології, проводити науково-дослідницьку, інноваційну діяльність, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення власного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

**Загальні компетентності (ЗК):**

**ЗК1.** Здатність до освоєння і системного аналізу нових знань в предметній та суміжних галузях, формування системного наукового та культурного світогляду.

**ЗК2.** Здатність до критичного аналізу і креативного синтезу нових ідей, які можуть сприяти технологічному та соціальному прогресу, базованому на здобутих знаннях.

**ЗК3.** Здатність до вирішення комплексних науково-дослідних задач в професійній галузі, планування та здійснення дослідницької діяльності.

**ЗК4.** Здатність до формування гнучкого та логічного мислення, саморозвитку та самовдосконалення, адаптації до роботи в науковому колективі.

### **Фахові (спеціальні) компетентності (ФК):**

**ФК1.** Здатність до самостійного освоєння фахових знань, сучасних наукових теорій і методів радіобіології, ефективного їхнього застосування при виконанні дисертаційного дослідження.

**ФК3.** Здатність застосовувати сучасні методи біологічного та радіобіологічного експерименту, відповідного математичного, статистичного аналізу результатів.

**ФК9.** Здатність застосовувати принципи радіаційного нормування та безпеки в роботі з джерелами іонізуючого випромінювання.

### **Програмні результати навчання:**

**ПРН1.** Мати знання методології та проектування наукових досліджень, принципів системного підходу та аналізу при вирішенні наукових завдань в галузі біологічних наук, зокрема радіобіології. Обирати адекватні методи досліджень, інтегрувати існуючі методики та адаптувати їх для розв'язання наукових завдань при проведенні дисертаційного дослідження.

**ПРН2.** Використовувати сучасні інформаційні джерела національного та міжнародного рівня для оцінки стану вивченості об'єкту досліджень, актуальності наукової проблеми.

**ПРН4.** Здійснювати інформаційний пошук та комунікацію за науковою проблематикою, працювати з сучасними бібліографічними і реферативними базами даних, наукометричними платформами.

**ПРН12.** Нести персональну відповідальність за результат роботи, набувати та використовувати навички організаційної та інноваційної діяльності.

**ПРН13.** Здійснювати науково-дослідницьку, науково-організаційну, науково-педагогічну діяльність, дотримуючись наукової професійної етики, принципів академічної доброчесності та громадянської позиції.

**ПРН14.** Удосконалювати знання з обраної спеціальності, дотримуватися принципу “life-learning” – безперервного самостійного набуття знань та вмінь.

**ПРН15.** Самостійно, незалежно та відповідально приймати рішення щодо виконання індивідуальних наукових проектів, завдань, активно використовувати набуті під час навчання знання, вміння/навички та комунікаційні компетентності.

**Після засвоєння матеріалу дисципліни аспірант повинен:** знати 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; **вміти** здійснювати відбір проб для спектрометричних аналізів, пробопідготовку та виготовлення зразків для вимірювання, проведення  $\gamma$ -,  $\beta$ -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.

### **Передумови для навчання**

Перелік попередньо прослуханих дисциплін / Знання, вміння, навички, якими повинен володіти здобувач, щоб приступити до вивчення дисципліни

Для успішного засвоєння дисципліни «Спектрометричні методи в радіобіології та радіоекології» аспірант повинен використовувати знання та вміння, набуті під час вивчення курсів із основ радіаційної безпеки, загальної радіобіології, радіоекології, розрахункової дозиметрії, фізичних основ радіаційної біології, радіоактивності та радіаційних і ядерних

технологій. Компетентності, знання, уміння та досвід, отримані при вивченні зазначеного курсу, є необхідними для вільного ознайомлення з науковою літературою та при виконанні відповідних науково-дослідних кваліфікаційних робіт.

### **Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розділено на 2 розділи (модулі):

Розділ 1. Методи реєстрації радіоактивного випромінювання.

Розділ 2. Спектрометрія в радіоекології.

### **Матеріально-технічне (програмне) забезпечення дисципліни**

ІЯД НАН України має у своєму розпорядженні матеріально-технічні ресурси для успішного засвоєння курсу дисципліни та виконання практичних завдань, зокрема: спеціалізовані та сертифіковані лабораторії, вимірювальне та аналітичне обладнання; навчальні приміщення та аудиторії, обладнані комп'ютерною та мультимедійною технікою, з доступом до мережі Інтернет.

Сторінка офіційного веб-сайту ІЯД НАН України з інформаційним пакетом щодо навчальних дисциплін	<a href="http://www.kinr.kiev.ua/aspirant">http://www.kinr.kiev.ua/aspirant</a>
---	---

### **Рекомендовані джерела**

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.

### Навчальний контент

#### **Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно-когнітивний та професійно орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться аспірант – суб'єкт навчання і майбутній науковець.

#### *Лекційні заняття*

#### **Розділ (модуль) 1. Методи реєстрації радіоактивного випромінювання.**

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

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

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

**Лекція 4.** Авторадіографічні методи реєстрації ядерного випромінювання.

**Тема 3. Реєстрація радіоактивності сцинтиляційними детекторами.**

**Лекція 5.** Загальна характеристика сцинтиляторів. Принцип дії сцинтиляційних детекторів, реєстрація радіоактивності сцинтиляційними детекторами. Використання сцинтиляційних детекторів як дозиметрів.

#### **Розділ (модуль) 2. Спектрометрія в радіоекології.**

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

**Лекція 6.** 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.** Основи гамма-спектрометрії. Взаємодія гамма-квантів з речовиною. Загальна характеристика детекторів. Основні інформативні параметри енергетичних спектрів гамма-випромінювання, точність вимірювання.

**Лекція 8.** Ідентифікація радіонуклідів методом гамма-спектрометрії. Теоретична основа роботи на  $\gamma$ -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.** Бета-спектроскопія: реєстрація спектрів бета-частинок та їх аналіз. Проходження

бета-частинок через речовину.

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

**Тема 5.** Спектрометричні методи реєстрації  $\alpha$ -,  $\beta$ -випромінювання в пробах без процедури радіохімічного виділення та аналізу радіонуклідів.

**Лекція 11.** Спектрометричний метод реєстрації активності  $^{90}\text{Sr}$  в зразках без радіохімічного виділення.

**Лекція 12.** Спосіб одночасного оперативного вимірювання  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  в біооб'єктах малого розміру без використання радіохімії.

**Лекція 13.** Спектроскопічний спосіб реєстрації сумарної активності Pu по характеристичному випромінюванню U.

### **Практичні заняття**

**Заняття 1.** Радіаційна безпека при роботі із радіоактивними речовинами та вимоги до облаштування радіобіологічних лабораторій. Правила роботи з радіоактивними речовинами.

**Заняття 2.** Загальні вимоги до відбору зразків навколишнього середовища (грунт та рослин). Лабораторна підготовка проб для спектрометричних досліджень.

**Заняття 3.** Ознайомлення з роботою переносних та стаціонарних приладів дозиметричного та радіометричного контролю. Вимірювання  $\gamma$ -фону в приміщеннях та на території за допомогою радіометра бета-гамма випромінювання РКС-20.03 «Прип'ять», СРП-68-01.

**Заняття 4.** Вивчення будови та принципу роботи приладів для індивідуального дозиметричного контролю.

**Заняття 5.** Ознайомлення з будовою та роботою  $\gamma$ -спектрометра. Калібрування спектрометра по енергії, ефективності, набір спектра фону. Робота з програмою обробки  $\gamma$ -спектрів Winspectrum.

**Заняття 6.** Проведення спектрометричних досліджень дослідних зразків, ідентифікація піків спектрів, розрахунок активності радіонуклідів.

**Заняття 7.** Ознайомлення з методикою вимірювань на бета-спектрометрі СЕБ-50 та його програмним забезпеченням.

**Заняття 8.** Проведення вимірювань вмісту  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  в дослідних зразках без використання радіохімічного концентрування на бета-спектрометрі.

**Заняття 9.** Проведення підготовки та спектрометричних вимірювань біологічних зразків. Здійснення обробки спектрів та визначення вмісту та активності радіонуклідів. Обробка результатів вимірів радіоактивності.

### **Самостійна робота аспіранта**

Самостійна робота здобувача наукового ступеня доктора філософії є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час, головна мета якої 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.

### **Політика та контроль**

#### **Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- правила відвідування занять: заняття проводяться відповідно до розкладу згідно з правилами, встановленими Положенням про організацію освітнього процесу в Інституті ядерних

досліджень НАН України ([http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/creat\\_ed\\_inet.pdf](http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/creat_ed_inet.pdf)); відповідно до робочої навчальної програми дисципліни, бали нараховують за види навчальної активності згідно Уніфікованої системи оцінювання навчальних досягнень аспірантів ([http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/sys\\_test.pdf](http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/sys_test.pdf));

- політика щодо академічної доброчесності: Положення встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в Інституті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Спектрометричні методи в радіобіології та радіоекології»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм.

### **Система оцінювання результатів навчання**

#### **Види контролю та система оцінювання результатів навчання**

Поточний контроль: модульні контрольні роботи.

Підсумковий контроль: залік.

Рейтинг аспіранта з дисципліни складається з балів, які він отримує:

- 1) за модульні контрольні роботи;
- 2) за відповідь на заліку.

Система рейтингових балів.

- 1) Модульна контрольна робота. Ваговий коефіцієнт дорівнює 30 балів.

Максимальна кількість балів за контрольні роботи становить  $2 \times 30 = 60$  балів.

Нарахування балів за контрольну роботу:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності), 15-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки), 11-14 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації), 0 балів.

- 2) Залік. Нарахування балів за відповідь на заліку:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), 36-40 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), 30-35 балів;
- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), 24-29 балів;
- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації), 0 балів.

<b>Накопичування рейтингових балів з навчальної дисципліни «Спектрометричні методи в радіобіології та радіоекології»</b>			
<b>Вид навчальної роботи</b>		<b>Максимальна кількість балів</b>	
Контрольна робота		60	
Залік		40	
<b>Загальна кількість балів</b>		<b>100</b>	
<b>Відповідність шкали оцінювання ЄКТС національній системі оцінювання та ІЯД НАНУ</b>			
Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену (іспиту), диференційованого заліку, курсового проекту (роботи), практики, тренінгу	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
75 – 81	C		
69 – 74	D	задовільно	
60 – 68	E	незадовільно	не зараховано
35 – 59	FX		
1 – 34	F		
<i>Більш детальну інформацію щодо компетентностей, результатів навчання, методів навчання, форм оцінювання, самостійної роботи наведено у Робочій програмі навчальної дисципліни, див. сайт ІЯД НАНУ.</i>			

Силабус затверджено на засіданні Вченої ради ІЯД НАНУ «05» липня 2023 р. Протокол № 6.