

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра радіобіології та радіоекології

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Т.в.о. декана факультету захисту рослин,  
біотехнологій та екології

Коломієць Ю.В.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО**

на засіданні кафедри радіобіології та радіоекології

Протокол № 12 від “ 17 ” червня 2020 р.

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Клепко А.В.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«ДОЗИМЕТРІЯ І РАДІАЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ»**

<b>Спеціальність:</b>	101 - Екологія
<b>Освітня програма:</b>	«Екологія та охорона навколишнього середовища»
<b>Факультет:</b>	Захисту рослин, біотехнологій та екології
<b>Розробники:</b>	Грисюк Сергій Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри радіобіології та радіоекології, доцент

**Київ – 2020 р.**

**1.ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**«Дозиметрія і радіаційний контроль»**

<b>Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень</b>		
Галузь знань	10 Природничі науки	
Спеціальність	101 Екологія	
Освітня програма	Екологія	
Ступінь вищої освіти	«Бакалавр»	
<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>		
Вид	вибіркова	
Загальна кількість годин	90	
Кількість кредитів ECTS	3	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота)	немає	
Форма контролю	залік	
<b>Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання</b>		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	4	немає
Семестр	8	немає
Лекційні заняття	26 год.	немає
Практичні, семінарські заняття	13 год.	немає
Лабораторні заняття	немає	немає.
Самостійна робота	51 год.	немає
Індивідуальні завдання	немає	немає
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		
аудиторних	2 год.	
самостійної роботи студента	2 год.	

## 2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Метою** вивчення дисципліни „Дозиметрія і радіаційний контроль” є підготовка спеціаліста-радіоеколога, який зможе висококваліфіковано оцінити радіаційну ситуацію і розробити заходи, що забезпечать ведення господарства на забруднених радіоактивними речовинами територіях, переробку сировини і одержання чистої від радіонуклідів продукції.

**Завдання** вивчення дисципліни „ Дозиметрія і радіаційний контроль” полягають у формуванні фахівців, здатних:

- самостійно оцінити існуючу радіаційну обстановку і у випадках інцидентів, пов'язаних з забрудненням навколишнього середовища радіоактивними речовинами, аварійну радіаційну обстановку;
- проводити радіометричну експертизу об'єктів навколишнього середовища продукції сільського господарства, продуктів харчування і питній воді;
- прогнозувати рівні можливого надходження окремих радіонуклідів в продукцію побічного користування лісу та продукти харчування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

**знати:**

характеристики іонізуючих випромінювань і фізико-хімічні основи взаємодії іонізуючих випромінювань з речовинами, методи радіометрії і дозиметрії іонізуючих випромінювань і обробки експериментальних даних, моделі і методи розрахунку доз опромінення людини, тварин і рослин, допустимі дози опромінення осіб і надходження радіонуклідів, та допустимий вміст радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, підходи к оцінки впливу на навколишнє середовище підприємств ЯПЦ.

Студент повинен **вміти:**

- оцінювати радіаційну обстановку, використовуючи дозиметричні прилади різних конструкцій;
- проводити радіометричні і спектрометричні вимірювання активності радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, продуктах харчування і

питній воді;

– прогнозувати рівень можливого вмісту окремих радіонуклідів у продуктах харчування в певних умовах їх одержання;

– розраховувати та прогнозувати дози зовнішнього і внутрішнього опромінення людини;

– оцінювати впливу на навколишнє середовище підприємств ЯПЩ, допустимих рівнів викидів и скидів радіоактивних речовин.

### **3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Тема 1.** Іонізуючі випромінювання та величини, що їх характеризують  
Дозиметрія іонізуючих випромінювань є складовою частиною прикладної ядерної фізики, в якій розглядаються властивості іонізуючих випромінювань, фізичні величини, що характеризують дію іонізуючої радіації на об'єкти живої і неживої природи, а також принципи та методи вимірювання даних показників.

**Мета** дозиметрії - оцінка інтенсивності полів іонізуючих випромінювань в об'єктах навколишнього середовища, що утворюються джерелами радіоактивності.

Дозиметрія має справу з такими фізичними величинами, котрі пов'язані з очікуваним радіаційним ефектом.

Першопричиною радіаційних ефектів є поглинання енергії випромінювання опроміненим об'єктом, і доза як величина поглинутої енергії є основною дозиметричною величиною.

Найважливішою **задачею** дозиметрії в радіобіології є визначення величини дози іонізуючого випромінювання у середовищі і в живому організмі, яка утворилася внаслідок його взаємодії з тканинами за певний проміжок часу і з урахуванням місця джерела випромінювання відносно організму.

Предмет і завдання основ дозиметрії. Загальні поняття іонізуючих випромінювань Іонізуючі випромінювання електромагнітної природи. Одиниці виміру потоку та щільність потоку іонізуючих частинок. Поле та потік

іонізуючого випромінювання. Іонізуючі випромінювання корпускулярної природи.

## **Тема 2. Одиниці виміру іонізуючих випромінювань**

Загальна характеристика іонізуючих випромінювань. Основні терміни і поняття. Радіоактивність, величини та одиниці, радіонуклід, питома активність, щільність забруднення, радіоактивний розпад, вимірювання атомної маси ( $A$ ) та атомного номеру ( $Z$ ) при різних типах розпаду нукліду, період напіврозпаду, радіоактивний розпад з урахуванням материнських радіонуклідів, маса радіонуклідів, іонізуюче  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ - випромінювання

Поняття опромінення. Зовнішнє опромінення. Внутрішнє опромінення

Дозиметричні величини і одиниці. Експозиційна доза - поняття та одиниці виміру. Поглинута доза - поняття та одиниці виміру. Еквівалентна доза поняття та одиниці виміру. Керма. Зважуючи коефіцієнти для різних органів та тканин організму. Одиниці виміру радіоактивності. Поверхнева радіоактивність. Питома радіоактивність.

## **Тема 3. Взаємодія іонізуючих випромінювань з речовиною.**

Взаємодія електромагнітних випромінювань з речовиною. Взаємодія корпускулярних випромінювань з речовиною. Взаємодія  $\alpha$ - частинок з речовиною. Взаємодія  $\beta$ - частинок з речовиною. Поділ нейтронів на групи залежно від їх енергії. Взаємодія нейтронів з речовиною. Лінійна передача енергії іонізуючих випромінювань та їх відносна біологічна ефективність. Коефіцієнт відносної біологічної ефективності. Коефіцієнт якості іонізуючого випромінювання.

## **Тема 4. Фотографічні, іонізаційні та напівпровідниковий методи реєстрації іонізуючого випромінювання**

Іонізуючі випромінювання можуть бути визначені (детектовані, від латинського detector – той, який виявляє) за допомогою приладів і пристосувань, робота яких основана на фізико-хімічних ефектах, які виникають за умов взаємодії випромінювання із речовиною детектора.

Метод індивідуальної фотодозиметрії. Фотографічний метод дозиметрії

заснований на властивості іонізуючого випромінювання впливати на чутливий шар фотоматеріалів аналогічно видимому світу.

Метод авторадіографії. Іонізаційний метод. Газові детектори. Імпульсні іонізаційні камери. Інтегруючі іонізаційні камери. Іскрові камери. Камера Вільсона. Бульбочкова камера. Напівпровідникові детектори

### **Тема 5. Сцинтиляційний та люмінесцентний методи визначення іонізуючих випромінювань**

Сцинтиляційний метод. Будова та характеристики різних типів детекторів, які працюють на основі ефекту сцинтиляції. Люмінесцентний метод. Механізм радіофотолюмінесценції та радіотермолюмінесценції. Люмінесцентні дозиметри на основі методу радіотермолюмінесценції. Дозиметри на основі фтористого кальцію  $\text{CaF}_2$ . Дозиметри на основі фтористого літію  $\text{LiF}$ . Дозиметри на основі сульфату кальцію, активованого марганцем,  $\text{CaSO}_4 \rightarrow \text{Mn}$ . Дозиметри на основі сульфату кальцію, активованого самарієм,  $\text{CaSO}_4 \rightarrow \text{Sm}$ . Люмінесцентні дозиметри на основі методу *радіофотолюмінесценції*

### **Тема 6. Методи визначення доз іонізуючого випромінювання у наукових дослідженнях та біологічній дозиметрії**

Хімічні методи дозиметрії на основі зміни валентності, прозорості, кольору, виділення газу, осадження колоїдів тощо.

Радіаційно-хімічний вихід. Типи хімічних дозиметрів та їх характеристика. Особливості використання активаційного методу дозиметрії нейтронів. Калориметричний метод та його характеристика.

Біологічна дозиметрія. Особливості біологічної індикації радіаційного ураження людини за допомогою цитогенетичних, гематологічних, молекулярно-генетичних, імунобактеріологічних, біохімічних та біофізичних методів.

### **Тема 7. Методи радіометрії**

Радіометрія – сукупність методів вимірювання активності (числа розпадів в одиницю часу) радіонуклідів, що містяться в радіоактивних джерелах.

Радіоактивність – спроможність ядер атомів самочинно розпадатися з випромінюванням  $\alpha$ - частинок,  $\beta$ - частинок або  $\gamma$ - квантів.

Розпад ядер атомів залежить від конкретного ізотопу. У зв'язку з цим був введений показник період напіврозпаду, який є мірою швидкості розпадів ядер атомів. Поняття періоду напіврозпаду

Лічильна ефективність детекторів. Фотоефективність гамма-спектрометрів.

Методи визначення питомої радіоактивності у дослідних зразках. Методам притаманні, як загальні так і індивідуальні особливості. Особливості визначення питомої радіоактивності абсолютним, відносним, розрахунковим, у “тонкому шарі”, експресними методами та за “зольним залишком”.

**Змістовий модуль 2. Моделі і методи розрахунку доз опромінення людини, тварин і рослин**

### **Тема 8. Джерела природніх іонізуючих випромінювань на Землі**

Природний радіаційний фон - галактичне, сонячне та випромінювання природних радіонуклідів. Первинне і вторинне космічне випромінювання. Природні і штучні радіонукліди. Радіаційні пояси Землі. Космогенні радіонукліди ( $^3\text{H}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ). Характеристики випромінювань деяких природних радіонуклідів ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{96}\text{Zr}$ ,  $^{138}\text{La}$ ,  $^{147}\text{Sm}$ ), що не утворюють родин та що утворюють родини, а також деяких радіонуклідів, які виникають при їх розпаді ( $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ). Природній радіаційний фон. Середній рівень природного фону у світі та внесок різних джерел іонізуючих випромінювань у формування дози опромінення людини. Гігієнічні нормативи природних джерел опромінення у НРБУ-97. Природні радіонуклідні аномалії. Внесок природніх джерел іонізуючих випромінювань у формування дози опромінення людини.

## **Тема 9. Радіаційний контроль продукції АПК після аварії на ЧАЕС**

Характеристика забруднення 16 країн Європи внаслідок аварії на ЧАЕС.

Загальна площа зон радіоактивного забруднення в Україні становить 53.4 км<sup>2</sup>, при цьому на землі сільськогосподарського використання з щільністю забруднення більше 37 кБк / м<sup>2</sup> припадає 1.2 млн. га.

Розподіл радіоактивного забруднення територією України. Особливості розподілу території України за щільністю забруднення та ізотопного складу.

Характеристика щільності радіаційного забруднення території 12 областей та 74 районів України.

Склад мешканців, які проживають на забруднених територіях. Розподіл земель сільськогосподарського виробництва за щільністю радіоактивного забруднення.

## **Тема 10. Вплив техногенних чинників на формування дози опромінення населення**

Особливості утворення штучних радіоактивних ізотопів під час ядерних реакцій, при вибухах атомної зброї, в ядерних реакторах, при бомбардуванні (опроміненні) ізотопів нерадіоактивних елементів частинками високих енергій. Основні дозоутворюючі штучні радіонукліди та їх фізичні та хімічні властивості.

## **Тема 11. Радіаційне забруднення місцевості та опромінення населення внаслідок аварій з ядерними матеріалами**

Проблеми додаткового опромінення усього живого на нашій планеті. Характеристика наймасштабніших аварій, на підприємствах ЯПЩ, що супроводжувались з викидами радіоактивних речовин у навколишнє середовище. За півсторічний період розвитку атомної енергетики на таких підприємствах відбулося за різними оцінками від 250 до 400 радіаційних аварій, які супроводжувались викидами радіоактивних речовин в біосферу.



## **Тема 12. Моделі та методи розрахунку доз опромінення людини.**

### **Зовнішнє опромінення**

Оптимізація регламенту відбору проб для оцінки середньорічної індивідуальної дози внутрішнього опромінення з заданою відносною похибкою

Доза зовнішня від струменю, радіонуклідів у повітрі та радіонуклідів, що осіли на підстилаючу поверхню.

Зовнішнє - радіонукліди в повітрі (хмара, струміль): об'ємна питома активність, поверхнева питома активність, швидкість осадження радіоактивного аерозолю та інтегральна концентрація. Вторинне вітрове підняття з поверхні землі: коефіцієнт вітрового підняття. Еквівалентна доза та потужність еквівалентної дози на зовнішній поверхні незахищеного тіла від напівнескінченої радіоактивної хмари, радіонуклідів на підстилаючій поверхні, коефіцієнт екранування будівлями. Перехід від поглинутої (або еквівалентної) дози в повітрі до ефективної дози опромінення дитини і дорослих. Коефіцієнт режиму поведінки людини. Потужність еквівалентної дози зовнішнього опромінення в Україні після Чорнобильської катастрофи.

## **Тема 13. Моделі та методи розрахунку доз опромінення людини.**

### **Внутрішнє опромінення.**

Модель розрахунку доз внутрішнього опромінення людини при інгаляції радіоактивного аерозолю. Доза внутрішня - інгаляційна (повітря, що вдихається: хмара, струміль та вторинне вітрове підняття з поверхні землі) і пероральна (харч, вода, заковтування радіонуклідів)

Еквівалентна доза при інгаляції радіоактивного аерозолю, дозові коефіцієнти, об'єми дихання, клас розчинності, залежності від віку людини і AMAD аерозолю. Середньозважені по віковій структурі населення України референтні дози після Чорнобильської катастрофи на одиницю інтегральної концентрації в повітрі і-го радіонукліду:  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ .



АПК після аварії на ЧАЕС	4	2											
Тема 10. Вплив техногенних чинників на формування дози опромінення населення	4	2	2										
Тема 11. Радіаційне забруднення місцевості та опромінення населення внаслідок аварій з ядерними матеріалами	10	2			-	8							
Тема 12. Моделі та методи розрахунку доз опромінення людини. Зовнішнє опромінення	10	2	2		-	8							
Тема 13. Моделі та методи розрахунку доз опромінення людини. Внутрішнє опромінення	11	2	1		-	8							
Разом за змістовим модулем 2	43	12	7		-	24							
<b>Усього годин</b>	90	26	13		-	51							
Курсовий проект (робота)	-	-	-	-	-	-							
<b>Усього годин</b>	90	26	13		-	51							

## 5. ТЕМИ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	не передбачені	

## 6. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дозиметри. Класифікація. Особливості підготовки їх до роботи	2
2	Визначити за допомогою рентгенометрів потужності доз гамма-випромінювання на місцевості, в приміщенні, від контрольних джерел та оцінити відповідність результатів нормам радіаційної безпеки	2
3	Відібрати та підготувати рослини, продукцію тваринництва та інші об'єкти навколишнього середовища для радіометрії та спектрометрії.	2
4	Визначення щільності забруднення території $^{137}\text{Cs}$ за допомогою радіометрів	2
5	Визначити питому радіоактивність ґрунту та рослинних зразків	2
6	Визначити за допомогою радіометричних установок вміст $^{137}\text{Cs}$ у зразках харчових продуктів різного походження та оцінити відповідність результатів аналізів вимогам діючих нормативних документів.	2
7	Визначення вмісту $^{137}\text{Cs}$ в організмі людини радіометром РУБ-01-П-6.	1

## 7. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість
---	------------	-----------

з/п		годин
	не передбачені	

## 8.САМОСТІЙНА РОБОТА ПІД КЕРІВНИЦТВОМ НПП

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	не передбачені	

## 9. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

пасивні методи навчання: *засвоєння лекційного матеріалу;*

активні методи навчання: *полеміка, ділові ігри, ситуаційні завдання, логічні схеми, тренінги* тощо;

демонстраційні матеріали: *слайди, відеофільми.*

## 10. ФОРМИ КОНТРОЛЮ

Основною формою контролю знань є проведення модульних контрольних і залікових тестових робіт. За результатами модульних контрольних тестових робіт виводиться основна оцінка, яка переводиться у рейтингові бали. До них додаються бали за усні знання по кожному змістовому модулю.

## 11.РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Поточний контроль		Рейтинг штрафний $R_{\text{штр}}$	Підсумкова атестація (екзамен чи залік)	Загальна кількість балів
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2			
0-100	0-100	0-5	0-30	0-100

Для визначення рейтингу студента із засвоєння дисципліни  $R_{\text{дис.}}$  (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації  $R_{\text{ат}}$  (до 30 балів) додається до рейтингу

студента з навчальної роботи  $R_{\text{нр.}}$ (до 70 балів):  $R_{\text{дис.}} = R_{\text{нр.}} \times R_{\text{ат}}$ .

*Рейтинг з додаткової роботи  $R_{\text{др}}$*  додається до  $R_{\text{нр}}$  і не може перевищувати 20 балів. Він визначається лектором і надається студентам рішенням кафедри за виконання робіт, які не передбачені навчальним планом, але сприяють підвищенню рівня знань студентів з дисципліни.

*Рейтинг штрафний  $R_{\text{штр}}$*  не перевищує 5 балів і віднімається від  $R_{\text{нр}}$ . Він визначається лектором і вводить рішенням кафедри для студентів, які

матеріал змістового модуля засвоїли невчасно, не дотримувалися графіка роботи, пропускали заняття тощо.

## **12. Методичне забезпечення**

1. Грисюк С. М. Дозиметрія іонізуючих випромінювань: Методичні рекомендації. Київ: Компринт. 2017. 54 с.
2. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Київ: МОЗ України, 1997. 121 с.
3. Grysyuk S. M., Bondar Y. O. Radiobiology & radioecology. Methodical manual for self-dependent and laboratory work execution by student of "Ecology and environmental protection" "Ecobiotechnology specialization". Київ: Компринт. 2014. 54 с.
4. Лазарев М. М., Бондар Ю. О. Методика відбору зразків сільськогосподарської продукції для проведення радіологічних досліджень. Київ: НУБіП України, 2014.
5. Основні санітарні правила протирадіаційного захисту України (ОСПУ-2001). Київ: МОЗ України, 2001. 136 с.
6. Якість ґрунту. Методи відбору проб ґрунту для радіаційного контролю, СОУ 74.14-37-425:2006.
7. Якість ґрунту. Визначення щільності забруднення території сільськогосподарських угідь радіонуклідами техногенного походження, СОУ 74.14-37-424:2006
8. Якість продукції рослинництва. Методи відбору проб для радіаційного контролю, СОУ 01.1-37-426:2006.

## **13. Рекомендована література**

### **Основна**

1. . Грисюк С. М. Основи дозиметрії: навчальний посібник. Київ: Компринт. 2018. 150 с.
2. Голубев Б. П. Дозиметрия и защита от ионизирующего излучения: Учебник для вузов. Москва: Энергоатомиздат, 1986. 464 с.

3. Анненков Б. Н., Юдинцева Е. В. Основы сельскохозяйственной радиологии Москва: Агропромиздат, 1991. 288 с.
4. Гродзинський Д. М. Радіобіологія : Підручник. Київ.: Либідь, 2000. 448 с.
5. Гусев Н. Г., Беляев В. А. Радиоактивные выбросы в биосфере. Справочник. Москва: Энергоатомиздат, 1986. 224 с.
6. Иванов В. И. Курс дозиметрии: Учебник для вузов. Иванов. Москва: Энергоатомиздат, 1988. 400 с.
7. Кутлахмедов Ю. А., Корогодін В. І., Кольтовер В. К. Основи радіоекології: Навч. Посіб. Київ: Вища шк., 2003. 319 с.
8. Моисеев А. А., Иванов В. И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. Москва: Энергоатомиздат, 1990. 252 с.
9. Пристер Б. С., Лоцилов Н. А., Немец О. Ф., Поярков В. А. Основы сельскохозяйственной радиологии. Київ:Урожай, 1991. 472 с.

#### **Допоміжна**

1. Ярмоненко С. П., Вайнсон А. А. Радиобиология человека и животных. Москва: Высшая школа, 2004. 550 с.
2. Хомутінін Ю. В., Кашпаров В. О., Жебровська К. І. Оптимізація відбору і вимірювань проб при радіоекологічному моніторингу. Монографія. Київ: Український науково–дослідний інститут сільськогосподарської радіології, 2002. 160 с.
3. Машкович В. П. Защита от ионизирующего излучения: Справочник. Москва: Энергоатомиздат, 1982. 296 с.