

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кафедра загальної екології радіобіології та безпеки життєдіяльності



**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету захисту рослин,  
біотехнологій та екології  
(Юлія КОЛОМІЄЦЬ)  
\_\_\_\_\_ 2023 р.

**“СХВАЛЕНО”**

на засіданні кафедри  
загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності  
Протокол № 9 від “ 19 ” квітня 2023 р.

Завідувач кафедри  
(Алла КЛЕПКО)  
\_\_\_\_\_

**“РОЗГЛЯНУТО”**

Гарант ОП «Біотехнології та біоінженерія»

\_\_\_\_\_ (Оксана КЛЯЧЕНКО)

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«РАДІОБІОЛОГІЯ ТА РАДІОЕКОЛОГІЯ»**

**Спеціальність:** 162 - Біотехнології та біоінженерія  
**Освітня програма:** «Біотехнології та біоінженерія»  
**Факультет:** Захисту рослин, біотехнологій та екології  
**Розробники:** Бондар Юлія Олегівна, кандидат біологічних наук,  
доцент кафедри загальної екології радіобіології та  
безпеки життєдіяльності

Київ – 2023 р.

**1. Опис навчальної дисципліни  
«Радіобіологія та радіоекологія»**

<b>Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень</b>		
Галузь знань	«Хімічна та біоінженерія»	
Спеціалізація	«Фітобіотехнологія»	
Освітньо-кваліфікаційний рівень	бакалавр	
<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота)	-	
Форма контролю	екзамен	
<b>Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання</b>		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	3	4
Семестр	6	8
Лекційні заняття	15 год.	2 год.
Практичні, семінарські заняття	15 год	немає
Лабораторні заняття	немає	немає
Самостійна робота	90 год	126 год.
Індивідуальні завдання	немає	немає
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	2 год.	-

## 2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

***Радіобіологія, або радіаційна біологія, - це наука про дію іонізуючих випромінювань на живі організми та їх угруповання.***

Останніми десятиліттями об'єктами вивчення радіобіології стали не тільки живі організми і їх угруповання, але й біологічно важливі молекули, клітини й популяції клітин, окремі процеси метаболізму. І з'явилося ***нове визначення радіобіології - це наука про дію іонізуючих випромінювань на живі системи всіх рівнів організації.*** Це формулювання не є альтернативним першому - вони обидва правильні.

Основним завданням радіобіології є вивчення закономірностей дії іонізуючих випромінювань на живий організм з метою пошуку можливостей щодо керування його реакціями на цей фактор. Воно передбачає вивчення механізмів взаємодії випромінювань з речовинами клітин і тканин, чутливості живих організмів до іонізуючих випромінювань, розробку засобів їх захисту від радіаційного ураження і шляхів післярадіаційного відновлення, дослідження шляхів міграції і біологічної дії інкорпорованих організмами радіоактивних речовин. Втім, останнє завдання є основним для окремого розділу радіобіології - радіоекології.

Радіоекологія, або радіаційна екологія, - це розділ радіобіології, який виник на стику її з екологією. ***Радіоекологія вивчає концентрації та міграцію радіоактивних речовин (радіонуклідів) в навколишньому середовищі та вплив їх іонізуючого випромінювання на живі організми та їх угруповання.***

Головною ціллю цих завдань є зменшення уражуючої дії іонізуючих випромінювань на живі організми, і в першу чергу людини, шляхом послаблення їх впливу на молекулярні і клітинні структури за допомогою різних чинників фізичної і хімічної природи, обмеження надходження радіоактивних речовин до організму харчовими ланцюгами, їх виведення, індукцією процесів післярадіаційного відновлення.

Основна мета вивчення дисципліни «Радіобіологія та радіоекологія» є оволодіння глибокими знаннями з природи іонізуючих випромінювань, їх дії на живі організми, освоєння прикладних аспектів спеціальності, пов'язаних з радіаційною безпекою, а також практичне застосування знань для вирішення дослідницьких та прикладних завдань.

При цьому студент повинен знати:

1) загальні відомості про фізичну природу іонізуючих випромінювань, механізми іонізації речовини під її впливом, деякі особливості дії корпускулярних та електромагнітних випромінювань, що вивчаються в курсах «Фізика» і «Біофізика»;

2) хімічні елементи та основні їх ізотопи, в тому числі радіоактивні, типи взаємодії окремих хімічних речовин між собою, визначаючи сполуки, які

утворюються при цьому, що вивчаються в курсах «Загальна хімія» та інших хімічних дисциплінах;

3) основи екології, особливо розділи, що стосуються міграції поллютантів антропогенного походження в об'єктах навколишнього середовища, які вивчаються в курсах «Загальна екологія», «Агроекологія» та інших екологічних дисциплінах;

4) системи обробітку ґрунту, особливості вирощування та зберігання видів культурних рослин, основи тваринництва, генетики, селекції, що вивчаються в курсах «Землеробство», „Рослинництво”, „Ґрунтознавство”, „Агрохімія”; «Основи тваринництва», «Генетика».

Як результат вивчення радіобіології студент повинен

**знати:** джерела іонізуючих випромінювань у навколишньому середовищі, механізми дії випромінювань на живі організми, радіочутливість основних видів організмів та принципи їх захисту від випромінювань, шляхи використання випромінювань у різних сферах виробництва, теоретичні основи застосування радіоактивних ізотопів в наукових дослідженнях.

**уміти:** оцінювати радіаційну обстановку за допомогою дозиметричних і радіометричних приладів різних систем, розробляти систему радіозахисних заходів упередження радіаційного ураження та забруднення живих організмів та ценозів в цілому радіоактивними речовинами, застосовувати іонізуючі випромінювання у різних сферах практичної діяльності та радіоактивні ізотопи у наукових дослідженнях.

**Набуття компетентностей в результаті вивчення дисципліни:**

загальні компетентності (ЗК):

ЗК5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 6. Навички здійснення безпечної діяльності.

ЗК7. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

ЗК9. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

**Програмні результати навчання (ПРН):**

ПРН22. Вміти враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні аспекти, вимоги охорони праці, виробничої санітарії і пожежної безпеки під час формування технічних рішень. Вміти використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

### 3. Програма та структура навчальної дисципліни:

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усьо го	у тому числі					усьо го	у тому числі				
		л	п	ла б	ін д	с.р .		л	п	ла б	і н д	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 1. Вступ. Фізичні основи радіобіології та радіоекології</b>												
Тема 1. Вступ. Радіобіологія та радіоекологія як суцільна наука	13	1	2	-	-	10	16	1	-	-	-	15
Тема 2. Радіоактивність, типи іонізуючих випромінювань та їх дозиметрія	14	2	2	-	-	10	16	1	-	-	-	15
Тема 3. Джерела іонізуючих випромінювань на Землі	14	2	2	-	-	10	16	-	-	-	-	16
Тема 4. Фізичні основи взаємодії іонізуючих випромінювань з речовинами клітин живих організмів	16	2	2	-		12	16	-				16
Разом за змістовний модуль	57	7	8			42	64	2				62
<b>Змістовий модуль 2. Дія іонізуючих випромінювань на живі організми та ведення виробництва на забруднених радіонуклідами територіях</b>												
Тема 5. Біологічні ефекти іонізуючих випромінювань у рослин і тварин та Радіочутливість рослин, тварин та інших організмів	16	2	2	-		12	16	-				16

Тема 6. Протирадіаційний біологічний захист і радіосенсибілізація та післярадіаційне відновлення рослин і тварин	16	2	2	-		12	16	-				16
Тема 7. Атмосфера і ґрунт як вихідні ланки міграції радіонуклідів у природному середовищі. Надходження радіонуклідів з ґрунту в рослини та організм тварин, біологічна дія інкорпорованих радіонуклідів	16	2	2	-		12	16	-				16
Тема 8. Заходи по зменшенню надходження радіонуклідів в продукцію рослинництва і тваринництва та її очищення від радіонуклідів шляхом первинних технологічних переробок	15	2	1	-		12	16	-				16
Разом за змістовний модуль 2	63	8	7	-		48	64	-				64
Усього годин	120	15	15	-		90	128	2				126

#### 4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	не передбачені	

## 5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Правила роботи з джерелами іонізуючого випромінювання в радіологічних лабораторіях	2
2	Визначення потужності дози $\gamma$ -випромінювання, створеного еталонним джерелом $^{137}\text{Cs}$ через захисні матеріали	2
3	Визначення потоку $\beta$ -частинок від еталонного джерела	2
4	Вимірювання $\gamma$ -фону в приміщеннях та на території радіометром СРП-68-01	2
5	Вимірювання питомої та об'ємної активності $\beta$ -випромінюючих радіонуклідів на радіометрі "Бета"	2
6	Визначення шару половинного послаблення $\beta$ -випромінювання	2
7	Експресне визначення за $\gamma$ -випромінюванням радіонуклідів цезію у воді, ґрунті, продуктах харчування та сільськогосподарській продукції на радіометрі РУБ-01-П6	2
8	Визначення вмісту $^{137}\text{Cs}$ в організмі людини радіометром РУБ-01-П6	1
	Разом	15

## 6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	не передбачені	

## 7. Теми самостійних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Іонізуюче випромінювання та історія розвитку радіобіології	10
2	Реакції поділу атомних ядер	10
3	Біологічні ефекти впливу іонізуючого опромінення на живі організми та біоценози	10
4	Прогнозування забруднення навколишнього середовища у випадках радіаційних аварій	12
5	Відбір зразків ґрунту, лісової підстилки, трав'янистої рослинності, кущів, дерев	12

6	Підготовка відібраних зразків до проведення лабораторних досліджень	12
7	Визначення вмісту $^{137}\text{Cs}$ в ґрунті, лісовій підстилці, трав'янистій рослинності, кущах та деревах радіометром РУБ-01-П6 та оцінка його міграційної здатності в лісових екосистемах	12
8	Оцінка стану та якості природних і антропогенно змінених екосистем	12
	Разом	90

## **Змістовий модуль 1. Вступ. Фізичні основи радіобіології та радіоекології**

### **Тема 1. Вступ. Радіобіологія та радіоекологія як суцільна наука**

Визначення радіобіології (радіаційної біології) та радіоекології (радіаційної екології). Радіоекологія як складова частина радіобіології. Об'єкти вивчення радіобіології. Організаційна структура радіобіології. Місце радіобіології серед суміжних наук. Напрями розвитку радіобіології. Завдання радіобіології і та радіоекології.

Історія розвитку радіобіології. Роль досягнень ядерної фізики наприкінці 19 століття у виникненні і розвитку радіобіології. Етапи розвитку радіобіології. Розвиток радіобіології та радіоекології в Україні.

Сучасні проблеми радіобіології: специфіка дії на живі організми малих доз іонізуючих випромінювань, особливості дії на організм хронічного опромінення, профілактика і терапія гострих і хронічних радіаційних уражень, радіаційне порушення імунітету, віддалені наслідки опромінення, спільна дія на організм іонізуючих випромінювань та інших факторів, міграція природних та штучних радіоактивних речовин в об'єктах навколишнього середовища, особливості дії на організм інкорпорованих радіоактивних речовин, блокування надходження радіоактивних речовин в рослини, організм тварин і людини, виведення радіоактивних речовин з організму.

Теоретичне і практичне значення радіобіології. Необхідність широкої пропаганди радіобіологічних знань.

### **Тема 2. Радіоактивність, типи іонізуючих випромінювань та їх дозиметрія**

Явище радіоактивності. Радіоактивні перетворення ядер. Закон радіоактивного розпаду. Типи радіоактивного розпаду. Природа іонізації атомів і молекул речовини. Визначення поняття іонізуючих випромінювань.



Типи іонізуючих випромінювань: електромагнітне і корпускулярне випромінювання. Види електромагнітних іонізуючих випромінювань: рентгенівське, гамма- і гальмівне випромінювання. Фізичні характеристики основних видів корпускулярних випромінювань: альфа-, бета-, протонного та нейтронного.

Експозиційна, поглинута та еквівалентна дози іонізуючих випромінювань. Одиниці радіоактивності і доз іонізуючих випромінювань. Потужність дози. Види опромінення в залежності від потужності дози, фактору часу і кратності опромінення: гостре і пролонговане (хронічне), одноразове і багаторазове (фракціоноване).

Зв'язок між радіоактивністю речовини і дозою іонізуючого випромінювання.

### **Тема 3. Джерела іонізуючих випромінювань на Землі**

Природні та штучні джерела іонізуючих випромінювань. Природне іонізуюче випромінювання. Космічне випромінювання і випромінювання природних радіоактивних елементів та ізотопів. Сонячне і галактичне випромінювання. Випромінювання радіоактивних елементів та ізотопів з родин урану, актиноурану і торію. Внесок випромінювання радону. Випромінювання позародинних природних радіоактивних ізотопів. Внесок випромінювання радіоактивного калію. Випромінювання космогенних радіоактивних ізотопів.

Природний радіаційний фон. Оцінки доз опромінення живих організмів, зумовлених природним іонізуючим випромінюванням. Можливе значення природного випромінювання в процесах життєдіяльності організмів.

Іонізуюче випромінювання від штучних радіоактивних ізотопів. Джерела штучних радіоактивних речовин в навколишньому середовищі. Випромінювання від радіоактивних ізотопів, що утворюються внаслідок випробувань атомної зброї. Випромінювання радіоактивних речовин, що надходять у довкілля від підприємств ядерної енергетики.

Випромінювання від джерел, що застосовуються в медицині та побуті.

### **Тема 4. Фізичні основи взаємодії іонізуючих випромінювань з речовинами клітин живих організмів**

Передача енергії іонізуючого випромінювання атомам і молекулам. Іонізація та збудження атомів і молекул. Вторинні електрони та їх участь в іонізації та збудженні атомів і молекул. Основні процеси, які відбуваються при взаємодії електромагнітних іонізуючих випромінювань з речовиною: фотоефект, комптонівський ефект, народження пар іонів. Особливості взаємодії корпускулярних іонізуючих випромінювань з речовиною: роль маси, заряду, енергії.

Проникаюча здатність іонізуючих випромінювань. Рідко- і щільно іонізуючі випромінювання. Лінійна втрата енергії (ЛВЕ) іонізуючих випромінювань. ЛВЕ і будова треку. Крива Брегга. Відносна біологічна ефективність (ВБЕ) і коефіцієнт якості іонізуючих випромінювань. Зв'язок ЛВЕ і ВБЕ. Особливості взаємодії нейтронів з речовиною.

Пряма і непряма дія іонізуючих випромінювань на молекули. Суть теорії мішені. Мішень дії іонізуючого випромінювання - ДНК та ДНК-мембранний комплекс. Іонізовані атоми і молекули та вільно радикальний стан молекул. Кількісна характеристика радіаційно-хімічних реакцій. Радіаційно-хімічні перетворення води. Участь кисню в радіаційно хімічних перетвореннях води.

Радіаційно-хімічні ушкодження нуклеїнових кислот. Зміни структури хроматину під впливом іонізуючого випромінювання. Радіаційно-хімічні перетворення білкових молекул. Радіаційна хімія амінокислот. Перетворення ліпідів під впливом іонізуючого випромінювання. Вільнорадикальні стани ліпідних молекул і ланцюгове окислення ліпідів. Радіаційно-хімічні реакції вуглеводів. Радіаційне ушкодження мембран. Гіпотеза вивільнення ферментів. Вплив випромінювань на окремі системи метаболізму: синтез ДНК та РНК, білків, ліпідів, фотосинтез, дихання, синтез гормонів, мінеральний та водний обмін та інші.

Токсичні продукти радіолізу органічних сполук. Гіпотеза «радіотоксинів». Структурно-метаболична гіпотеза біологічної дії іонізуючих випромінювань.

## **Змістовний модуль 2. Дія іонізуючих випромінювань на живі організми та ведення виробництва на забруднених радіонуклідами територіях**

### **Тема 5. Біологічні ефекти іонізуючих випромінювань у рослин і тварин та Радіочутливість рослин, тварин та інших організмів**

Поняття радіобіологічного ефекту. Класифікація радіобіологічних ефектів. Соматичні і генетичні радіобіологічні ефекти.

Суть радіаційної стимуляції. Радіаційна стимуляція у рослин і тварин. Основні типи морфологічних змін органів рослин під впливом іонізуючої радіації. Морфологічні зміни у тварин. Суть тератогенної дії іонізуючих випромінювань. Поняття радіаційної химери. Канцерогенна дія випромінювань. Механізми виникнення морфологічних змін при дії іонізуючих випромінювань. Ознаки променевої хвороби у рослин. Види і ступені променевої хвороби ссавців. Вплив іонізуючих випромінювань на прискорення старіння і тривалість життя. Загибель організмів при високих дозах опромінення. «Загибель під променем». Специфіка радіаційної загибелі рослин. «Гамма-проростки». Особливості дії іонізуючого випромінювання на лісові насадження. Реакції дерев на опромінення.

Неспецифічність типів мутацій, що виникають при дії іонізуючих випромінювань. Безпорогова і порогова концепції дії іонізуючої радіації. Безпороговий характер канцерогенної і генетичної дії іонізуючих випромінювань.

Близькі та віддалені ефекти іонізуючих випромінювань. Стохастичний характер віддалених наслідків радіаційного ураження.

Особливості дії малих доз іонізуючої радіації на живі організми: стимуляційні, антиімунні, канцерогенні, генетичні ефекти.

Біологічні ефекти радіоіметиків.

Поняття радіочутливості та радіостійкості організмів. Ефективні дози: летальні, півлетальні і критичні. Принципи і методологія побудови кривих доза-ефект. Аналіз кривих доза-ефект та визначення на них ефективних доз іонізуючих випромінювань.

Порівняльна радіочутливість видів різного таксономічного походження. Радіочутливість рослин. Радіочутливість сільськогосподарських рослин. Порівняльна радіочутливість вегетуючих рослин і насіння. Радіочутливість рослин на окремих етапах онтогенезу. Радіочутливість тварин. Радіочутливість сільськогосподарських тварин. Радіочутливість інших організмів: птахів, риб, амфібій, плазунів, безхребетних тварин, найпростіших, бактерій, вірусів, грибів. Радіочутливість тварин на окремих етапах онтогенезу. Радіочутливість біоценозів, фітоценозів, агроценозів.

Причини широкої варіабельності радіочутливості організмів: структурні і функціональні фактори.

Порівняльна радіочутливість клітин на різних фазах розвитку. Закон (правило) Бергон'є і Трібондо. Репродуктивна та інтерфазна загибель клітин. Критичні тканини і органи рослин і тварин.

## **Тема 6. Протирадіаційний біологічний захист і радіосенсибілізація та післярадіаційне відновлення рослин і тварин**

Явища антагонізму і синергізму при спільній дії на живі організми іонізуючих випромінювань та інших факторів. Поняття модифікації радіаційного ураження організму. Протирадіаційний біологічний захист і сенсибілізація радіаційного ураження.

Фізичні радіозахисні і радіосенсибілізуючі фактори: склад атмосфери, температура, вологість, світло та інші. Кисневий ефект. Кількісна характеристика кисневого ефекту - коефіцієнт кисневого посилення ( $K_{KP}$ ).

Хімічні радіозахисні речовини і радіосенсибілізатори. Визначення понять радіопротекторів, радіоблокаторів і радіодекорпорантів. Основні вимоги до характеристики радіозахисних речовин. Фактор зміни дози (ФЗД) і його визначення. Кількісні характеристики протирадіаційної дії. Основні класи радіопротекторів. Природні і штучні радіопротектори. Нативні радіопротектори

клітин. Антиоксиданти як радіопротектори. Радіопротектори пролонгованої дії. Механізми дії радіопротекторів: індукція гіпоксивного стану, «перехоплювання» вільно радикальних станів, утворення змішаних дисульфідів, гіпотеза «біохімічного шоку».

Хімічні радіосенсибілізуючі речовини. Механізми дії радіосенсибілізаторів.

Поняття післярадіаційного відновлення. Основні шляхи післярадіаційного відновлення: репарація, репопуляція, регенерація та компенсаторне відновлення.

Репарація ДНК та інших молекул і структур клітини. Сублетальні та потенційно летальні пошкодження ДНК та їх репарація. Фотореактивація. Темнова репарація. Постреплікативна репарація. SOS-репарація. Самозбирання надмолекулярних асоціатів. Репарація мембранної системи клітини. Відновлення хромосом.

Гетерогенність клітин критичних тканин та органів рослин і тварин. Радіочутливість клітин у різні фази клітинного циклу. Стан клітинного спокою. Роль радіостійких клітин та клітин поза циклом у формування резервів репопуляційного відновлення.

Тканини і органи у стані спокою. Центри регенерації. Роль апікального домінування рослин у їх регенераційному відновленні. Післярадіаційне відновлення лісів.

Тимчасове прискорення поділу клітин критичних тканин та органів як первинна реакція на радіаційне ушкодження. Дедиференціація клітин як окремий шлях їх післярадіаційного відновлення.

Можливості управління процесами післярадіаційного відновлення.

## **Тема 7. Атмосфера і ґрунт як вихідні ланки міграції радіонуклідів в у природному середовищі. Надходження радіонуклідів з ґрунту в рослини та організм тварин, біологічна дія інкорпорованих радіонуклідів**

Загальні шляхи міграції радіоактивних речовин в об'єктах навколишнього середовища і сільського господарства. Трофічний, або харчовий, ланцюжок. Джерела надходження радіоактивних речовин в атмосферу. Фактори міграції радіоактивних речовин в атмосфері: висота викиду, рух повітря, гравітація і атмосферні опади. Шляхи надходження радіонуклідів в ґрунт. Типи випадання радіонуклідів: локальні, тропосферні і стратосферні; сухі і мокрі. Сорбція радіонуклідів різними типами ґрунтів. Особливості ґрунтової хімії радіобіологічно значимих радіонуклідів. Роль фізико-хімічних властивостей радіонуклідів у їх міграції в ґрунті. Вплив агрохімічних властивостей ґрунту на процеси міграції. Вертикальна і горизонтальна міграція. Конвективний перенос, дифузія, перенос по кореневим системам рослин. Вплив погодно-кліматичних умов на міграцію радіонуклідів в ґрунті. Вітровий підйом ґрунту, його види.

Шляхи надходження радіонуклідів в рослини: позакореневе (аеральне) і кореневе. Кількісні показники нагромадження радіонуклідів рослинами: коефіцієнт накопичення ( $K_H$ ), коефіцієнт переходу ( $K_P$ ), коефіцієнт біологічного поглинання ( $K_{BP}$ ).

Радіоактивні викиди в атмосферу як головне джерело позакореневого надходження радіонуклідів в рослини. Специфіка позакореневого надходження радіонуклідів з твердих аерозолей. Надходження розчинних радіонуклідів в рослини з повітря. Вітровий і дощовий підйом радіонуклідів з поверхні ґрунту як джерело вторинного забруднення рослин. Вплив біологічних особливостей рослин і погодних умов на позакореневе надходження радіонуклідів в рослини.

Вплив фізико-хімічних властивостей радіонуклідів на їх перехід з ґрунту в рослини через корені. Вплив властивостей ґрунту на кореневе надходження радіонуклідів в рослини: механічного складу, мінеральної частки, органічних речовин, кислотності, карбонатності, вологості, розподілу радіонуклідів по профілю ґрунту. Роль біологічних особливостей видів рослин, фази їх розвитку і фізіологічного стану у нагромадженні радіонуклідів. Вплив прийомів агротехніки на надходження радіонуклідів в рослини через корені. Специфіка надходження в рослини окремих радіонуклідів. Особливості міграції радіонуклідів в лісових біогеоценозах.

Шляхи надходження радіонуклідів в організм тварин: пероральний (через шлунково-кишковий тракт), інгаляційний (через органи дихання) і перкутальний (через шкіру і ранову поверхню). Кількісні показники нагромадження радіонуклідів в організмі тварин: коефіцієнт накопичення ( $K_H$ ), коефіцієнт всмоктування ( $K_B$ ), період піввиведення радіонуклідів ( $T_{1/2}$ ). Метаболізм радіонуклідів в організмі тварин. Всмоктування радіонуклідів в шлунково-кишковому тракті: швидкість і місце всмоктування, роль фізико-хімічних властивостей радіонуклідів і форм їх сполук, роль виду і віку тварин. Специфіка нагромадження радіонуклідів в організмі тварин при тривалому надходженні. Основні шляхи виведення радіонуклідів з організму тварин.

Визначення поняття інкорпорованих радіонуклідів. Особливості дії інкорпорованих радіонуклідів на організм. Радіобіологічні ефекти при дії інкорпорованих радіонуклідів на рослини і організм тварин. Особливості біологічної дії гарячих частинок.

Дозиметрія інкорпорованих радіонуклідів. Методи прогнозування надходження радіоактивних речовин у сільськогосподарські рослини. Принципи прогнозування надходження радіоактивних речовин в організм сільськогосподарських тварин. Підходи до нормування надходження і нагромадження радіонуклідів в сільськогосподарських рослинах і організмі сільськогосподарських тварин.

## **Тема 8. Заходи по зменшенню надходження радіонуклідів в продукцію рослинництва і тваринництва та її очищення від радіонуклідів шляхом первинних технологічних переробок**

Основні принципи застосування прийомів по зменшенню переходу радіонуклідів з ґрунту в сільськогосподарські рослини. Загальноприйняті і спеціальні прийоми обробітку ґрунту, які зменшують надходження радіонуклідів в рослини: звичайні культивація і оранка, глибока оранка плантажним плугом, зняття верхнього шару ґрунту, засипка забрудненого шару чистим ґрунтом. Агрохімічні засоби зменшення надходження радіонуклідів в рослини: вапнування та гіпсування, застосування збільшених норм фосфорних і калійних добрив, використання мікроелементів, органічних добрив. Підбір сільськогосподарських культур, як захід щодо зменшення вмісту радіонуклідів в рослинах. Управління режимом зрошення - ефективна міра зниження надходження радіонуклідів в сільськогосподарські культури. Застосування спеціальних хімічних речовин та сполук для зменшення нагромадження радіонуклідів в рослинах. Фітодезактивація ґрунтів.

Меліорація забруднених радіонуклідами луків і пасовиськ як засіб зменшення вмісту радіонуклідів в кормах. Радіометричний контроль кормів і продукції тваринництва. Вплив зміни режиму годівлі і складу раціонів, вмісту в раціоні лужноземельних елементів та інших факторів на перехід радіонуклідів з кормів в молоко, м'ясо, яйця та іншу продукцію тваринництва. Включення до раціонів мінеральних добавок і препаратів, що перешкоджають переходу радіонуклідів з кормів до організму тварин та прискорюють їх виведення. Організаційні заходи.

Промивка і зневоднення продукції рослинництва і тваринництва як основа її очищення від радіонуклідів. Очищення продукції рослинництва від радіонуклідів: промивка при зовнішньому забрудненні, одержання олій, вилучення вуглеводів, одержання спирту, одержання кормового і харчового білка, очищення зерна, вилучення фармакологічних, біологічно активних та інших сполук, кулінарна обробка.

Очищення продукції тваринництва від радіонуклідів: переробка молока, промивка молочних продуктів, очищення молока за допомогою іонообмінних сполук та електродіалізу, кулінарна обробка м'яса, сала та інших продуктів.

Коефіцієнт очищення продукції.

### **8. Зразки контрольних питань, тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.**

1. Фактори, що впливають на міграцію радіонуклідів в атмосфері.
2. Визначення поняття кисневого ефекту.
3. Основні шляхи міграції радіонуклідів у ґрунті. Фактори, що впливають на міграцію..

4. Сформулюйте поняття радіопротекторів. Приклади радіопротекторів.
5. Шляхи надходження радіонуклідів у водойми. Розподіл радіонуклідів у компонентах водойм.
6. Визначення радіоблокаторів. Приклади блокування надходження радіонуклідів в організм.
7. Шляхи надходження радіонуклідів в рослини та їх характеристика. Флоральний захват.
8. Визначення радіосенсибілізаторів. Приклади.
9. Шляхи надходження радіонуклідів до організму тварин і людини.
10. Порівняльна радіочутливість родин і родів рослин.
11. Пряма і непряма дія іонізуючих випромінювань на живі організми.
12. Порівняльна радіочутливість ссавців.
13. Етапи розвитку радіобіології – роки, основні відкриття.
14. Порівняльна радіочутливість тварин.
15. Порівняльна проникна здатність різних видів іонізуючих випромінювань.
16. Соматичні радіобіологічні ефекти.
17. Радіобіологічний ефект радіаційної стимуляції та його застосування на практиці.
18. Причини різної радіочутливості живих організмів.
19. Механізми взаємодії електромагнітних іонізуючих випромінювань з речовиною.
20. Соматичні радіобіологічні ефекти.
21. Визначити і перерахувати основні детерміновані та стохастичні радіобіологічні ефекти.
22. Характеристики  $^{90}\text{Sr}$  ( $T_{0,5}$ ,  $T_{\text{biol}}$ , депонування в організмі, група токсичності, тип випромінювання).
23. Основні близькі та віддалені радіобіологічні ефекти.
24. Характеристики  $^{137}\text{Cs}$  ( $T_{0,5}$ ,  $T_{\text{biol}}$ , депонування в організмі, група токсичності, тип випромінювання).
25. Фактор зміни дози та його визначення.
26. Характеристики  $^{239}\text{Pu}$  ( $T_{0,5}$ ,  $T_{\text{biol}}$ , депонування в організмі, група токсичності, тип випромінювання).
27. Визначення  $K_{\text{H}}$  і  $K_{\text{П}}$ .
28. Характеристики  $^{131}\text{I}$  ( $T_{0,5}$ ,  $T_{\text{biol}}$ , депонування в організмі, група токсичності, тип випромінювання).
29. Визначення інкорпорованих радіонуклідів. Особливості їх дії на організм.
30. Характеристики  $^{141}\text{Am}$  ( $T_{0,5}$ ,  $T_{\text{biol}}$ , депонування в організмі, група токсичності, тип випромінювання).
31. Причини різної здатності рослин до накопичення радіонуклідів. Приклади.
32. Прийоми очищення від радіонуклідів продукції рослинництва.
33. Визначення експозиційної та поглинутої доз іонізуючих випромінювань. Одиниці їх вимірювань.
34. Прийоми очищення від радіонуклідів продукції тваринництва.
35. Визначення еквівалентної дози іонізуючих випромінювань. Одиниці її вимірювання.
36. Прийом фітодезактивації ґрунту. Види рослин, що застосовуються для цього.
37. Види і ступені променевої хвороби у ссавців. Рівні доз, що викликають різні ступені хвороби.
38. Агрохімічні заходи захисту рослин від надходження радіонуклідів.
39. Три відкриття наприкінці 19-го століття, що дали початок розвитку радіобіології (роки, прізвища).

40. Застосування радіаційного мутагенезу у рослинництві і тваринництві. Приклади.
41. Ураження молекули ДНК іонізуючою радіацією і її репарація.
42. Наукові відкриття в радіобіології на другому етапі її розвитку.
43. Наукові відкриття в радіобіології на першому етапі її розвитку.
44. Прийоми захисту сільськогосподарських тварин від надходження радіонуклідів в їх організм.
45. Види опромінення залежно від потужності дози, фактору часу і кратності опромінення.
46. Статева стерилізація комах шкідників рослин і переносників хвороб тварин і людини.
47. Складові природного радіаційного фону. Радіаційний фон у Києві натеper і до аварії на ЧАЕС.
48. Приклади використання іонізуючих випромінювань в медицині.
49. Походження космогенних радіонуклідів.
50. Приклади використання іонізуючих випромінювань у тваринництві.
51. Причини нагромадження окремих радіонуклідів у певних частинах чи органах організму.
52. Чому внесення калійних добрив в ґрунт зменшує перехід  $^{137}\text{Cs}$  в рослини?.
53. Походження космогенних радіонуклідів.
54. Приклади використання іонізуючих випромінювань у медицині.
55. Коефіцієнти, що характеризують ступінь переходу радіонуклідів з ґрунту у рослини.
56. Особливості застосування органічних добрив на забруднених радіонуклідами угіддях.
57. Залежність вертикальної міграції радіонуклідів в ґрунті від типу ґрунту.
58. Суть радіаційно-біологічної технології консервації продукції рослинництва.
59. Фактори, що впливають на горизонтальну міграцію радіонуклідів по поверхню ґрунту.
60. Вимоги до опромінювальних установок, що застосовуються у радіаційно-біологічних технологіях.

<b>НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ</b>			
<b>ОКР</b> бакалавр <b>Освітня програма</b> Біотехнології та біоінженерія	<b>Кафедра</b> загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності <b>2022-2023 навч. рік</b>	<b>ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ</b> <b>БІЛЕТ №1</b> з дисципліни Радіобіологія та радіоекологія	<b>ЗАТВЕРДЖУЮ</b> Зав. кафедри Клепка А.В. _____ підпис «01» травня 2023 р.
<i><b>Екзаменаційні запитання</b></i>			
<b>1. Опишіть регламентні величини першої групи, визначені НРБУ-97.</b>			
<b>2. Лінійна передача енергії для різних видів іонізуючих випромінювань.</b>			
<i><b>Тестові завдання</b></i>			
<b>Питання 1. Який ізотоп нині формує основну дозу опромінення населення України</b>			
1. $^{239}\text{Pu}$			
2. $^{137}\text{Cs}$			
3. $^{60}\text{Co}$			
4. $^{131}\text{I}$			
<b>Питання 2. Як називаються речовини, введення яких в організм перед опромінення або під час опромінення іонізуючою радіацією зніжує ступінь прояву радіобіологічних ефектів?</b>			
1. радіоблокатори			
2. радіовідновники			
3 радіопротектори			
4. радіодекорпоранти			
<b>Питання 3. Серед хребетних тварин найбільшу радіостійкість мають:</b>			
1. плазуни			
2. риби			
3. земноводні			
4. птахи			



<b>Питання 4. З огляду на схему розпаду, вкажіть який тип випромінювання притаманний даним радіонуклідам:</b>	
1. $^{131}\text{I}$	A. бета-випромінювання
2. $^{90}\text{Sr}$	B. альфа-випромінювання
3. $^{235}\text{U}$	C. змішане альфа- і гамма-випромінювання
4. $^{226}\text{Ra}$	D. змішане гамма- і бета-випромінювання
<b>Питання 5. Який метод реєстрації іонізуючих випромінювань покладено в основу роботи приладу «Терра»?</b>	
1. люмінесцентний	
2. фотографічний	
3. іонізаційний	
4. сцинтиляційний	

## 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

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 06.04.2023 р. протокол № 10)

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
900-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	

60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни **R<sub>дис</sub>** (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи **R<sub>нр</sub>** (до 70 балів): **R<sub>дис</sub> = R<sub>нр</sub> + R<sub>ат</sub>**.

## 12. Навчально-методичне забезпечення

1. Грисюк С. М. Дозиметрія іонізуючих випромінювань: Методичні рекомендації. Київ : Компринт. 2017. 54 с.

2. 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.

3. Лазарєв М. М., Бондар Ю. О. Методика відбору зразків сільськогосподарської продукції для проведення радіологічних досліджень. Київ : НУБіП України, 2014.

4. Основні санітарні правила протирадіаційного захисту України (ОСПУ-2001). Київ : МОЗ України, 2001. 136 с.

5. Якість ґрунту. Методи відбору проб ґрунту для радіаційного контролю, СОУ 74.14-37-425:2006.

6. Якість ґрунту. Визначення щільності забруднення території сільськогосподарських угідь радіонуклідами техногенного походження, СОУ 74.14-37-424:2006

7. Якість продукції рослинництва. Методи відбору проб для радіаційного контролю, СОУ 01.1-37-426:2006.

8. Лазарєв М. М., Кічно В. О., Майдебуря О. П., Бондар Ю. О., Петілова О. Д., Гудков І. М. Лабораторні роботи з радіобіології та радіоекології (методичні рекомендації студентам біолого-природних напрямів підготовки вищих закладів освіти). Київ : НУБіП України, 2009. 34 с.

9. Гайченко В. А., Бондар Ю. О., Кашпаров В. О., Грисюк С. М., Лазарєв М. М., Гудков І. М. Радіаційна безпека і правила роботи з джерелами іонізуючих випромінювань. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з радіобіології та радіоекології студентами біолого-природничих спеціальностей вищих закладів освіти. Київ : НУБіП України, 2011. 32 с.

10. Бондар Ю. О., Кашпаров В. О., Грисюк С. М., Лазарєв М. М., Гудков І. М. Норми радіаційної безпеки і санітарні правила роботи з джерелами іонізуючих випромінювань. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з радіобіології та радіоекології студентами біолого-природничих спеціальностей вищих закладів освіти. Київ : НУБіП України, 2012. 36 с.

11. Алексєєв О. О., Врадій О. І. Радіобіологія. Методичні вказівки щодо виконання практичних та самостійної роботи для студентів факультету технології виробництва і переробки продукції тваринництва та ветеринарії денної та заочної форми навчання для підготовки фахівців освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». Вінниця : ВНАУ, 2019. 59 с.

### **13. Рекомендовані джерела інформації**

1. Буценко Л. М., Пиріг П. Т. Біотехнологічні методи захисту рослин. Київ : Ліра-К, 2021. 346 с.
2. Грисюк С. М. Основи дозиметрії: навчальний посібник. Київ : Компринт, 2018. 150 с.
3. Гудков І. М. Радіобіологія. Одеса : Гельветика, 2020. 504 с.

4. Гудков І. М., Кашпаров В. О., Паренюк О. Ю. Радіоекологічний моніторинг : навчальний посібник. Одеса : Гельветика, 2019. 188 с.
5. Допустимі рівні забруднення продуктів (ДР-2006). Наказ МОЗ України 03.05.2006. № 256.
6. Кіцно В. О., Поліщук С. В., Гудков І. М. Основи радіобіології та радіоекології. Київ : Хай-Тек Прес, 2010. 320 с.
7. Клименко М. О., Клименко О. М., Клименко Л. В. Радіоекологія : підручник. Рівне : НУВГП, 2020. 304 с.
8. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Київ : МОЗ, 1997. 121 с.
9. Практикум з радіобіології та радіоекології / В. А. Гайченко та ін. Херсон : Олді-Плюс, 2014. 278 с.
10. Радіоекологія / І. М. Гудков та ін. Одеса : Гельветика, 2019. 468 с.
11. Чорна В. І., Ананьєва Т. В. Радіобіологія з основами сільськогосподарської радіоекології : практикум. Херсон : Олді-Плюс, 2021. 162 с.
12. Gudkov I. M., Vinichuk M. M. Radiobiology and Radioecology. Херсон : Олді-Плюс, 2019. 416 p.