

Національний університет біоресурсів і природокористування України

КАФЕДРА ЗАГАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЇ, РАДІОБІОЛОГІЇ ТА БЕЗПЕКИ  
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Декан факультету ветеринарної медицини  
Микола ЦВІЛІХОВСЬКИЙ  
2022 р.



«СХВАЛЕНО»  
на засіданні кафедри загальної  
екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності  
Протокол № 8 від "6" травня 2022 р.

Завідувач кафедри  
Алла КЛЕПКО

«РОЗГЛЯНУТО»  
Гарант ОПІ  
«Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза»  
Лариса ШЕВЧЕНКО

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«ВЕТЕРИНАРНА РАДІОЛОГІЯ»**

Спеціальність 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза»

Освітня програма ОСВІТНЬО – ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА «Ветеринарна  
гігієна, санітарія і експертиза»

**Факультет ветеринарної медицини**

Розробник: к.б.н. доцент кафедри загальної екології, радіобіології та  
безпеки життєдіяльності Лазарєв Микола Михайлович

Сторінка в elearn: <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=3910>

Київ – 2022 р.

**1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**«Ветеринарна радіологія»**

<b>Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень</b>	
Освітній ступінь	Магістр
Спеціальність	212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза»
Освітня програма	«Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза»
<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>	
Вид	Обов'язкова
Загальна кількість годин	120
Кількість кредитів ECTS	4
Кількість змістових модулів	3
Форма контролю	залік
<b>Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання</b>	
	<i>денна форма навчання</i>
Рік підготовки	2
Семестр	3
Лекційні заняття	15 год.
Практичні, семінарські заняття	немає
Лабораторні заняття	30 год.
Самостійна робота	75
Індивідуальні завдання	немає
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних	4 год.

## **0. МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА КОМПЕТЕНТНОСТІ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Мета** - оволодіння знаннями з природи іонізуючих випромінювань, визначення шляхів їх надходження до організму сільськогосподарських тварин та продукції тваринництва, освоєння прикладних аспектів спеціальності, пов'язаних з радіаційною безпекою, а також практичне застосування знань для вирішення дослідницьких та прикладних завдань.

**Завдання** Основним завданням ветеринарної радіобіології є вивчення закономірностей дії іонізуючих випромінювань на організм сільськогосподарських тварин 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.

**У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен**

**знати:** природу й джерела іонізуючих випромінювань у навколишньому середовищі, механізми дії іонізуючих випромінювань на живі організми у цілому та сільськогосподарських тварин зокрема, радіочутливість основних видів організмів та принципи їх захисту від випромінювань, шляхи використання випромінювань у різних сферах виробництва, основи захисту тварин і тваринницької продукції від радіонуклідного забруднення, а також застосування радіоактивних ізотопів в наукових дослідженнях.

**вміти:** оцінювати радіаційну обстановку за допомогою дозиметричних і радіометричних приладів різних систем, розробляти систему радіозахисних заходів упередження радіаційного ураження та забруднення сільськогосподарських тварин та ценозів в цілому радіонуклідами, застосовувати іонізуюче випромінювання у різних сферах практичної діяльності та радіоактивні ізотопи у наукових дослідженнях.

Набуття компетентностей:

**загальні компетентності (ЗК):**

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
2. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
3. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
4. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
5. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
6. . Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами інших галузей знань/видів економічної діяльності).
7. Знання та розуміння предметної галузі та професії.
8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
9. Прагнення до збереження навколишнього середовища

**фахові (спеціальні) компетентності (ФК):**

1. Аналізувати основні принципи гарантування безпечності харчового ланцюга, контролювати, оцінювати та управляти ризиками під час виробництва та обігу харчових продуктів, проводити відбір, консервування, пакування і пересилання проб тваринного, рослинного та біотехнологічного походження для досліджень, проводити ветеринарний облік, оформляти звітну документацію.
2. Здатність володіти методиками роботи з національними і міжнародними нормативно-правовими актами, науковими працями, методичними розробками, рекомендаціями, інструкціями тощо.
3. Здійснювати державний (внутрішній) контроль за дотриманням вимог гуманного забою тварин, передзабійною підготовкою та забоєм тварин, проводити післязабійний огляд продуктів забою, забезпечення простежуваності.
4. Здатність використовувати знання про хвороби тварин різної етіології для здійснення державного (внутрішнього) контролю на підконтрольних потужностях.
5. Здатність досліджувати харчові продукти і корми органолептичними та інструментальними методами для визначення їх безпечності та якості.
6. Володіти методиками клінічних і лабораторних досліджень для контролю стану здоров'я тварин та дотримання порядку виробництва та обігу харчових продуктів, одержаних від тварин, підданих лікуванню та профілактичним обробкам, відповідно до концепції «Єдиного здоров'я».
7. Здатність планувати і здійснювати контроль та проводити моніторинг виробництва, зберігання, переробки та реалізації харчових продуктів і кормів, кормових добавок, преміксів, побічних продуктів, ветеринарних препаратів, засобів ветеринарної медицини та оцінювати їх безпечність і якість.
8. Здатність проводити державний аудит на підконтрольних потужностях з виробництва, переробки, обігу харчових продуктів, кормів, кормових добавок, преміксів, ветеринарних препаратів, побічних продуктів згідно із системою менеджменту безпечності харчових продуктів (НАССР/ISO 22000) та контролювати систему моніторингу для кожної критичної точки управління (КТУ) під час виробництва продукції.
9. Здатність планувати санітарні заходи, розробляти процедури та контролювати дотримання гігієнічних вимог на потужностях для випуску безпечних харчових продуктів, кормів і кормових добавок тощо.
10. Організовувати та проводити державний контроль гігієнічних вимог та санітарних заходів на агропродовольчих ринках і потужностях.
11. Проводити державний (внутрішній) ветеринарно-санітарний контроль на потужностях з виробництва та обігу м'яса і м'ясних продуктів, молока і молочних продуктів, напівфабрикатів, харчових гідробіонтів; заготівлею, зберіганням та обігом харчових рослинних продуктів, меду і апіпродуктів, харчових яєць та яйцепродуктів, а також інших продуктів, володіти методами відбору проб, поводження з ними та результатів їх випробувань (досліджень).
12. Здійснювати ветеринарно-санітарний контроль за виробництвом та обігом кормів, кормових добавок, преміксів тощо на підконтрольних потужностях, володіти методиками їх дослідження та проводити їх санітарне оцінювання.

13. Здатність ідентифікувати та підтверджувати відповідність харчових продуктів вимогам нормативно-правових актів, відомостям, що наведені в інформації для споживача або декларації виробника.

14. Контролювати технологічні процеси первинної обробки субпродуктів, харчової крові, спеціальної сировини, здійснювати ветеринарно-санітарний контроль за дотриманням технологічних операцій з ендокринною, ферментною, кишковою, шкіряно-хутровою сировиною, м'ясом та іншими продуктами забою і готовими харчовими продуктами, проводити їх інспектування, наносити позначку придатності та визначати шляхи подальшого використання цієї продукції.

15. Здатність вирішувати питання загальної ветеринарної превенції на підприємствах з виробництва і переробки продукції тваринництва, яка охоплює ветеринарно-санітарне оцінювання систем і способів утримання тварин, безпечності кормів, кормових добавок тощо, технологічного обладнання, способів догляду, годівлі, а також забезпечення належного санітарного стану тваринницьких потужностей.

### 3. ПРОГРАМА ТА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

- повного терміну денної (заочної) форми навчання;

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	ла	ін	с.р		л	п	ла	ін	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 1. Вступ. Фізичні основи радіобіології</b>												
Тема 1. Вступ Радіобіологія та радіоекологія як суцільна наука	9	2	-	2	-	5	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Радіоактивність, типи іонізуючих випромінювань та їх дозиметрія	17	3	-	4	-	10	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Джерела іонізуючих випромінювань на Землі; Тема 4. Фізичні основи взаємодії іонізуючих випромінювань з речовинами клітин живих організмів	14		-	4	-	10	-	-	-	-	-	-
Разом за змістовий модуль 1	40	5	-	10	-	25	-	-	-	-	-	-
<b>Змістовий модуль 2. Дія іонізуючих випромінювань на живі організми</b>												
Тема 5 Біологічні ефекти іонізуючих випромінювань у рослин і тварин	14	2	-	2	-	10	-	-	-	-	-	-
Тема 6 Радіочутливість рослин, тварин та інших організмів	9	2	-	2	-	5	-	-	-	-	-	-
Тема 7 Протирадіаційний біологічний захист і радіосенсибілізація	10	2	-	2	-	6	-	-	-	-	-	-
Тема 8. Методи захисту с-г тварин від дії іонізуючих випромінювань	8		-	4	-	4	-	-	-	-	-	-
Разом за змістовий модуль 2	41	6	-	10	-	25	-	-	-	-	-	-

<b>Змістовний модуль 3. Міграція радіонуклідів у навколишньому середовищі. Ведення тваринництва на забруднених радіонуклідами територіях</b>												
Тема 9 Атмосфера і ґрунт як вихідні ланки міграції радіонуклідів у природному середовищі	7	2	-	-		5						
Тема 10. Надходження радіонуклідів з ґрунту в рослини та організм тварин, біологічна дія інкорпорованих радіонуклідів	11	2	-	4		5						
Тема 11. Заходи по зменшенню надходження радіонуклідів в продукцію тваринництва	7		-	2		5						
Тема 12 Очищення продукції тваринництва від радіонуклідів шляхом первинних технологічних переробок	7		-	2		5						
Тема 13. Використання іонізуючих випромінювань у біолого-природничих сферах діяльності людини та метод ізотопних індикаторів в біології та екології.	7			2		5						
Разом за змістовний модуль 3	39	4	-	10		25						
Усього годин	120	15	-	30	-	75	-	-	-	-	-	-

#### 4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	не передбачені	

### 5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	не передбачені	-

### 6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Норми радіаційної безпеки і санітарні правила роботи з джерелами іонізуючих випромінювань.	4
2	Класифікація і призначення приладів дозиметричного контролю, їх складові частини. Підготовка до роботи приладів загального дозиметричного контролю - рентгенометрів і радіометрів	2
3	Розрахунки поглинутої та еквівалентної доз зовнішнього та внутрішнього опромінення організму людини та тварин за різних ступенів забруднення території радіонуклідами	2
4	Визначення експресними методами сумарної β-активності різних об'єктів навколишнього середовища та сільськогосподарської продукції	2
5	Види доз іонізуючого випромінювання, одиниці їх вимірювання, порядок розрахунку і застосування.	2
6	Визначення потужності дози γ-випромінювання на місцевості, в приміщеннях, від контрольних джерел та відповідність результатів нормам радіаційної безпеки (НРБУ-97)	2
7	Визначення щільності забруднення території $^{137}\text{Cs}$ .	2
8	Визначення за допомогою сучасних радіометричних установок $^{137}\text{Cs}$ у воді, ґрунтах, кормах, продукції тваринництва, бджільництва та рибництва та відповідність результатів досліджень вимогам діючих нормативних документів	4
9	Прижиттєве визначення вмісту $^{137}\text{Cs}$ в організмі тварини та людини	2



10	Прогноз рівнів забруднення продукції рослинництва та тваринництва основними дозоутворюючими радіонуклідами	8
	<b>Разом</b>	<b>30</b>

## 7. Контрольні питання, комплекти 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  $^{90}\text{Sr}$  ( $T_{1/2}$ ,  $T_{\text{біол}}$ , депонування в організмі, група токсичності, тип випромінювання).
23. Основні близькі та віддалені радіобіологічні ефекти.
24. Характеристики  $^{137}\text{Cs}$  ( $T_{1/2}$ ,  $T_{\text{біол}}$ , депонування в організмі, група токсичності, тип випромінювання).
25. Фактор зміни дози та його визначення.
26. Характеристики  $^{239}\text{Pu}$  ( $T_{1/2}$ ,  $T_{\text{біол}}$ , депонування в організмі, група токсичності, тип випромінювання).
27. Визначення  $KH$  і  $KП$ .
28. Характеристики  $^{131}\text{I}$  ( $T_{1/2}$ ,  $T_{\text{біол}}$ , депонування в організмі, група токсичності, тип випромінювання).
29. Визначення інкорпорованих радіонуклідів. Особливості їх дії на організм.
30. Характеристики  $^{141}\text{Am}$  ( $T_{1/2}$ ,  $T_{\text{біол}}$ , 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 натепер 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.

## **8. Методи навчання.**

пасивні методи навчання: *засвоєння лекційного матеріалу;*

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

демонстраційні матеріали: *слайди, відеофільми.*

## **9. 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.

## **10. 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 27.12.2019 р. № 1371)

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 **Рдис** (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи **Рнр** (до 70 балів): **Рдис = Рнр + Рат**.

## 1. 11. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Лазарев М. М. Лабораторні роботи з радіобіології та радіоекології (методичні рекомендації студентам біолого-природних напрямів підготовки вищих закладів освіти) / М. М. Лазарев, В. О. Кічно, О. П. Майдебур, Ю. О. Бондар, О. Д. Петілова, І. М. Гудков. – К. : НУБіП України, 2009. – 34 с.

2. Гайченко В. А. 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 / В. А. Гайченко, Ю. О. Бондар, В. О. Кашпаров, С. М. Грисюк, М. М. Лазарев, І. М. Гудков. – К. : НУБіП України, 2011. – 32 с.

3. Бондар Ю. О. 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 / Ю. О. Бондар, В. О. Кашпаров, С. М. Грисюк, М. М. Лазарев, І. М. Гудков. – К. : НУБіП України, 2012. – 36 с.

## 2. 12. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна література

1. Гродзинський Д. М. Радіобіологія / Д. М. Гродзинський. – К. : Либідь, 2001. – 448 с.

2. Гудков І. М. Сільськогосподарська радіобіологія / І. М. Гудков, М. М. Віннічук. – Житомир : ДАУ, 2003. – 470 с.

3. Допустимі рівні забруднення продуктів (ДР-2006). – Наказ МОЗ України 03.05.2006. – № 256.

4. Кічно В. О Основи радіобіології та радіоекології / Кічно В. О., Поліщук С. В., Гудков І. М. – К. : Хай-Тек Прес, 2008; 2009; 2010. – 320 с.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). – К. : МОЗ, 1997. – 121 с.
6. Практикум з радіобіології та радіоекології / [В. А. Гайченко, І. М. Гудков, В. О. Кашпаров та ін.]. – К. : Кондор, 2010. – 286 с.; Херсон : Олді-Плюс, 2014. – 278 с.
7. Радіоекологія / [І. М. Гудков, В. А. Гайченко, В. О. Кашпаров та ін.]. – К. : НУБіП України, 2011. – 368 с.; Херсон : Олді-Плюс, 2013. – 467 с.

### Додаткова література

1. Анненков Б. Н. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б. Н. Анненков, Е. В. Юдинцева. – М. : Агропромиздат, 1991. – 288 с.
2. Радиобиология / [А. Д. Белов, В. А. Киршин, А. П. Лысенко и др.]. – М. : Колос, 1999. – 384 с.
3. Гудков И. Н. Основы общей и сельскохозяйственной радиобиологии / И. Н. Гудков. – К. : Изд-во УСХА, 1991. – 327 с.
4. Гудков І. М. Основи сільськогосподарської радіобіології і радіоекології / І. М. Гудков, Г. М. Ткаченко. – К. : Вища школа, 1993. – 262 с.
5. Гудков И.Н. Радиобиология с основами радиоекологии / [И.Н. Гудков, А.Г. Кудяшева, А.А. Москалёв]. – Сыктывкар : Изд-во СГУ, 2015. – 512 с.
6. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б. С. Пристер, Н. А. Лошилов, О. Ф. Немец, В. А. Поярков. – К. : Урожай, 1991. – 472 с.
7. Фокин А. Д. Сельскохозяйственная радиология / Фокин А. Д., Лурье А. А., Торшин С. П. – М. : Дрофа, 2005. – 368 с.
8. Gudkov I. M. Radiobiology and Radioecology / I. M. Gudkov, M. M. Vinichuk. – К. : NAUU, 2006. – 295 p.
9. Ярмоненко С. П. Радиобиология человека и животных / С. П. Ярмоненко, А. А. Вайнсон. – М. : Высш. шк., 2004. – 376 с.

### 13. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. <https://www.iaea.org/ru>
2. <http://www.uiar.org.ua/Ukr/index.htm>
3. <http://nkrzu.gov.ua/>
4. <https://www.facebook.com/energoatom.ua>

## **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, фізичні основи взаємодії іонізуючих випромінювань з речовинами клітин живих організмів**

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 .

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-метаболічна гіпотеза біологічної дії іонізуючих випромінювань.

## **Модуль 2. Дія іонізуючих випромінювань на живі організми**

### **Тема 5. Біологічні ефекти іонізуючих випромінювань у рослин і тварин**

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 радіоміметиків.

## **Тема 6. Радіочутливість рослин, тварин та інших організмів**

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 7. Протирадіаційний біологічний захист і радіосенсибілізація**

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 ( $K_{кл}$ ).

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.

## **Тема 8. Післярадіаційне відновлення тварин .**



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.

### **Модуль 3. Ведення виробництва на забруднених радіонуклідами територіях та застосування іонізуючих випромінювань**

#### **Тема 9. Атмосфера і ґрунт як вихідні ланки міграції радіонуклідів у природному середовищі**

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.

#### **Тема 10. Надходження радіонуклідів з ґрунту в рослини та організм тварин, біологічна дія інкорпорованих радіонуклідів**

Шляхи надходження радіонуклідів в рослини: позакореневе (аеральне) і кореневе. Кількісні показники нагромадження радіонуклідів рослинами: коефіцієнт накопичення ( $K_n$ ), коефіцієнт переходу ( $K_p$ ), коефіцієнт біологічного поглинання ( $K_{\text{бп}}$ ).

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 ( $K_n$ ), коефіцієнт всмоктування ( $K_v$ ), період піввиведення радіонуклідів ( $T_{п/в}$ ). Метаболізм радіонуклідів в організмі тварин. Всмокування радіонуклідів в шлунково-кишковому тракті: швидкість і місця 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 11. Заходи по зменшенню надходження радіонуклідів в продукцію рослинництва і тваринництва**

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.

## **Тема 12. Очищення продукції рослинництва і тваринництва від радіонуклідів шляхом первинних технологічних переробок**

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.