

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ІКБГІ НАН України,

Академік НАН України



Микола КУЧУК

28 червня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Іонізуючі випромінювання та вплив на живі організми

для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії

галузь знань 09 «Біологія»

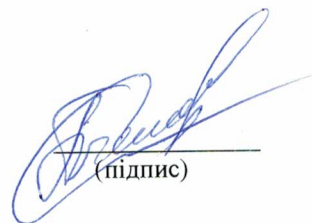
спеціальність 091 «Біологія та біохімія»

профіль підготовки «Радіобіологія»

КИЇВ – 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Іонізуючі випромінювання та вплив на живі організми» для здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія та біохімія» за профілем підготовки «Радіобіологія».
27 червня 2023 року – 17 с.

Укладач програми:
Світлана ПЧЕЛОВСЬКА,
с.н.с. відділу біофізики і радіобіології
ІКБГІ НАН України, к.б.н.



(підпис)

Робоча програма дисципліни «Іонізуючі випромінювання та вплив на живі організми» схвалена на засіданні вченої ради ІКБГІ НАН України (протокол № 5 від 4 червня 2019 року).

В зв'язку з внесенням змін до переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти (постанова КМУ від 16 грудня 2022 р. № 1392), внесено відповідні зміни до робочої програми дисципліни «Іонізуючі випромінювання та вплив на живі організми», що схвалено на засіданні вченої ради ІКБГІ НАН України (протокол № 2 від 7 березня 2023 року та протокол № 5 від 27 червня 2023 року).

Робоча програма дисципліни «Радіаційна біофізика» розглянута та схвалена на засіданні відділу біофізики і радіобіології ІКБГІ НАН України.

Завідувач відділу д.б.н., с.н.с.  Олександра КРАВЕЦЬ
(підпис)

26 червня 2023 р.

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Іонізуючі випромінювання та вплив на живі організми» є складовою освітньо-наукової програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія» за профілями підготовки «Радіобіологія» і є обов'язковою навчальною дисципліною.

Викладається на I курсі аспірантури **в обсязі – 60 годин (2 кредити ECTS)** зокрема: лекції – 44 години, семінари – 4 години, самостійна робота – 12 годин. У курсі передбачено 2 змістових модулів. Дисципліна завершується диференційованим заліком.

Мета дисципліни – оволодіння знаннями про дію іонізуючих випромінювань на живі організми на різних рівнях організації, освоєння прикладних аспектів спеціальності, пов'язаних з радіаційною безпекою та регламентацією радіаційного фактору, а також практичне застосування знань для вирішення прикладних та дослідницьких завдань.

Завдання:

1. сформувані знання про фізичні основи іонізуючих випромінювань, їх місце, джерела та роль в навколишньому середовищі, механізми їх біологічної дії на живі організми;
2. засвоїти основні принципи радіобіології, основи радіоекології;
3. навчити використовувати конкретні методи дозиметрії та радіометрії з метою оцінки радіаційного стану оточуючого середовища та окремих її компонентів та індивідуального захисту;
4. ознайомити з розрахунками поглинутих доз, допустимих дозових навантажень, методами оцінок ступеню радіаційного ураження;
5. освоїти методи оцінки надійності біо- та екосистем та окремих їх компонентів;
6. сформувані уміння планувати та проводити радіобіологічні дослідження;

В результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен

знати:

- природу радіоактивності, її значення в житті планети Земля;
- типи іонізуючих випромінювань, їх джерела у навколишньому середовищі;
- одиниці доз іонізуючих випромінювань і радіоактивності;
- шляхи надходження радіонуклідів до систем живлення рослин, тварин, людини;
- шляхи та способи виведення радіонуклідів із організму людини, використання радіопротекторів, методи фітодезактивації та фіторемедіації;
- основні закономірності поведінки радіонуклідів у екосистемах різних типів;

- первинні механізми радіобіологічних процесів;
- закономірності та теоретичні узагальнення щодо дії іонізуючого випромінювання на різних рівнях організації живих систем;
- класичні і сучасні методи оцінки радіочутливості та радіаційної безпеки;
- принципи захисту живих організмів від випромінювань та забруднення довкілля радіоактивними речовинами;
- закономірності відновлення біосистем від радіаційного ураження;
- основні напрямки використання досягнень радіобіології у різних галузях біології, екології, медицини та у протирадіаційному захисті;
- теоретичні та прикладні основи застосування іонізуючого випромінювання в еколого-біологічних дослідженнях.

вміти:

- користуватися основними радіобіологічними поняттями, дозиметричними та радіометричними одиницями;
- проводити перерахунки радіометричних і дозиметричних одиниць у різних системах вимірювання;
- розраховувати дози внутрішнього і зовнішнього опромінення для різних категорій громадян;
- виконувати радіологічну оцінку стану навколишнього середовища за допомогою дозиметричних приладів та методів біодозиметрії;
- застосовувати норми та правила індивідуальної, колективної та виробничої радіаційної безпеки для оцінки променевого навантаження на біологічні системи різних рівнів організації;
- здійснювати оперативний радіоекологічний моніторинг місцевості в умовах радіоактивного забруднення і оцінювати міру безпеки проживання та виробничої діяльності людини на таких територіях.
- визначати дозиметричні навантаження на різні компоненти екосистем;
- знаючи властивості основних радіопротекторів вміти використовувати їх у медико-біологічних дослідженнях та з метою індивідуального протипроменевого захисту;
- порівнювати радіоекологічні нормативи, які застосовуються у різних країнах.

володіти: знаннями щодо природи, походження, механізмів дії іонізуючого випромінювання, одиниць радіоактивності та перерахунку в різних системах вимірювань, джерел надходження радіонуклідів в природні системи різних рівнів організації та способів попередження, механізмів відновлення біосистем від радіаційного ураження; методів та способів захисту від дії радіоактивності на організм людини; вмінням розрахунків поглинутої, граничної, колективної доз, оцінки ступеня ураження від дії іонізуючого випромінювання.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Основи радіобіології

Тема 1. Вступ до радіобіології (2 години)

Радіобіологія як предмет. Основні завдання загальної радіобіології. Структура радіобіології як дисципліни. Явище радіоактивності та історія його відкриття. Роль вчених В.К. Рентгена, А.А. Беккереля, М. Кюрі-Склодовської, П. Кюрі та ін. у становленні науки радіобіології як самостійної дисципліни. Етапи розвитку радіобіології.

Радіобіологічні дослідження: історія, розвиток і перспективи.

Тема 2. Іонізуючі випромінювання (2 години)

Типи іонізуючих випромінювань. Види випромінювань: за характером іонізації (безпосередньо іонізуюче, опосередковано іонізуюче), за природою іонізації (корпускулярне, електромагнітне). Види корпускулярного випромінювання (альфа-випромінювання, протонне випромінювання, нейтронне випромінювання, електронне випромінювання, бета-випромінювання). Види електромагнітного випромінювання: рентгенівське випромінювання; гамма-випромінювання; гальмівне випромінювання.

Ядерні перетворення. Властивості іонізуючих випромінювань: здатність проникати через речовини; іонізація речовини середовища; виділення тепла при радіоактивному розпаді; дія на фотоемульсії; здатність викликати світіння люмінесцентних речовин; здатність викликати хімічні реакції і розпад молекул.

Джерела іонізуючих випромінювань. Радіоактивні джерела випромінювань і їх характеристики. Космічне випромінювання. Випромінювання радіонуклідів. Генератори іонізуючих випромінювань. Радіаційні аварії, найнебезпечніші аварії в ядерній енергетиці. Внесок різних джерел іонізуючих випромінювань у формування дози опромінення людини.

Тема 3. Неіонізуючі випромінювання (2 години)

Електромагнітні поля природного походження. Штучні джерела електромагнітних полів. Розповсюдження в атмосфері ЕМВ. Одиниці виміру напруженості електричного та магнітного полів, індукції магнітного поля, щільності потоку енергії. Особисті електромагнітні поля організмів. Біологічна дія неіонізуючих ЕМВ. Дозиметрія неіонізуючих ЕМВ. Нормування неіонізуючих ЕМВ. Захист від впливу неіонізуючих електромагнітних випромінювань. Інфрачервоне випромінювання. Видиме світло. Неіонізуюче ультрафіолетове випромінювання. Звукові коливання

Тема 4. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною (2 години)

Проходження випромінювання крізь речовину. Взаємодія іонізуючих випромінювань із середовищем. Типи взаємодії випромінювання з речовиною. Іонізація та збудження. Проникна здатність іонізуючого випромінювання.

Взаємодія важких часток з речовиною: взаємодія зарядженої частинки з електроном; іонізація і збудження атома; гальмівна здатність; пробіг.

Взаємодія електронів з речовиною: втрати енергії рухомими електронами, ефективний пробіг електронів; поглинання β -випромінювання речовиною.

Взаємодія гамма-випромінювання з речовиною: процеси поглинання гамма-випромінювання; розсіювання гамма-квантів.

Взаємодія нейтронів з речовиною.

Лінійна передача енергії випромінювання. Відносна біологічна ефективність. Поняття щільності іонізації.

Тема 5. Радіаційна дозиметрія (2 години)

Одиниці дози випромінювання та радіоактивності. Співвідношення між одиницями величин дози іонізуючого випромінювання. Фізична доза: експозиційна доза, електронна рівновага, поглинута доза, керма та сема. Біологічна доза: еквівалентна доза, ефективна доза, еквівалент індивідуальної дози. Зіверт. Типи радіаційного опромінення. Відносна біологічна ефективність.

Доза при зовнішньому опроміненні. Доза від γ -опромінення: доза при паралельному потоці; доза від точкового джерела; дозові поля від джерел різних форм; комп'ютерні розрахунки доз. Доза від α -випромінювання. Доза від β -опромінювання: паралельний пучок, точкове джерело; доза від гальмівного випромінювання. Доза від нейтронів. Перетворення енергії нейтронів в речовині. Швидкі нейтрони. Теплові нейтрони. Біологічна доза від нейтронів.

Методи реєстрації Іонізуючих випромінювань. Детектори ІВ. Ефективність реєстрації ІВ. Типи детекторів ІВ. Біологічна дозиметрія.

Тема 6. Теоретичні уявлення про механізми біологічної дії іонізуючих випромінювань. Вплив іонізуючого випромінювання на молекулярному та клітинному рівнях (4 години)

Теорія попадання та мішені. Теорія непрямой дії. Теорія прямої дії. Гіпотеза ліпідних радіотоксинів та ланцюгових реакцій. Стохастична теорія. Імовірнісна модель радіаційного ураження клітини. Структурно-метаболична теорія.

Пряма та опосередкована дія іонізуючого випромінювання. Співвідношення прямої та опосередкованої дії іонізуючого випромінювання при інактивації клітин. Дія ІВ на основні молекулярні компоненти клітини і процеси метаболізму.

Перехідні променеві ураження клітини. Затримка клітинного поділу. Летальні реакції клітин. Форми клітинної загибелі. Критерій клітинної радіочутливості. Криві виживання при радіаційному опроміненні. Природа радіаційної загибелі клітин.

Тема 7. Радіобіологічні ефекти. (2 години)

Радіобіологічний ефект. Класифікація радіобіологічних ефектів.

Радіаційна стимуляція. Морфологічні зміни. Променева хвороба. Прискорення старіння і скорочення тривалості життя. Загибель. Генетичні, або мутагенні, ефекти. Близькі та віддалені, детерміновані та стохастичні ефекти. Біологічні ефекти радіоміметиків.

Тема 8. Вплив іонізуючого випромінювання на організменному рівні. Радіочутливість та радіостійкість організмів на різних рівнях організації. (2 години)

Радіочутливість мікроорганізмів та особливості впливу на них радіонуклідів.

Радіорезистентність вищих рослин. Чутливість рослин до хронічного опромінення. Вплив радіонуклідів на популяції рослин. Генетичні наслідки опромінення рослин.

Вплив радіонуклідів на тварин (безхребетні, риби, амфібії, рептилії, птахи, ссавці). Мутагенна дія радіонуклідів на тварин.

Радіочутливість тканин та органів організму. Радіаційні синдроми на прикладі різних систем органів. Радіочутливість та променеві реакції окремих органів і тканин. Виведення радіоактивних речовин із організму. Ефективний період напіввиведення.

Особливості біологічної дії малих доз іонізуючого випромінювання.

Тема 9. Післярадіаційне відновлення клітин від потенційно летальних та сублетальних пошкоджень. Післярадіаційне відновлення рослин і тварин (4 години)

Післярадіаційне відновлення клітин від потенційно летальних та сублетальних пошкоджень. Молекулярні механізми післярадіаційної репарації. Радіочутливість клітини на різних стадіях життєвого циклу. Класифікація видів післярадіаційного відновлення. Процеси відновлення в опроміненому організмі. Репараційне відновлення. Репопуляційне відновлення. Регенераційне відновлення. Компенсаторне відновлення. Управління процесами післярадіаційного відновлення. Радіоадаптація. Кінетика відновлення організму після тотального опромінення. Радіорезистентність організму на ранньому пострадіаційному періоді. Ступінь відновлення функцій організму після радіаційного опромінення.

Тема 10. Радіобіологія людини та управління радіобіологічним ефектом (2 години)

Поняття про променеву хворобу. Гостра форма променевої хвороби. Класифікація та клінічний перебіг променевої хвороби. Ступені променевої хвороби: легка, тяжка. Патогенез променевої хвороби за різними функціональними системами. Особливості прояву гострої променевої хвороби при потраплянні радіоактивних речовин всередину організму. Діагноз та прогноз при гострій променевій хворобі. Лікування гострої променевої хвороби.

Хронічна променева хвороба: I, II та III стадії. Діагностика, профілактика та лікування хронічної променевої хвороби.

Прискорення виведення радіоактивних ізотопів із організму під впливом комплексоутворювачів. Радіопротектори, їх класифікація, вимоги до них. Характеристика окремих радіопротекторів та механізмів їх дії. Метаболізм та

виведення радіопротекторів. Зміни ендogenous фону радіорезистентності. Засоби лікування і профілактики променевих уражень.

Змістовий модуль 2. Основи радіоекології та радіаційної безпеки.

Тема 11. Поняття радіоекології та сільськогосподарської радіоекології. Міграція радіонуклідів в природних екосистемах. Камерні моделі в радіоекології. Радіоємність (4 години)

Основні поняття та параметри в радіоекології. Дозиметрія в радіоекології. Загальні закономірності міграції радіонуклідів у природному середовищі. Міграція радіонуклідів в атмосфері. Міграція радіонуклідів у ґрунті. Міграція радіонуклідів у водоймах. Міграція радіонуклідів у морських та прісноводних екосистемах. Міграція нуклідів у наземних екосистемах (лісових, лучних).

Поняття радіоємності екосистеми. Камерні моделі в радіоекології. Радіоємність непроточного прісноводного водоймища. Практичне застосування моделі радіоємності на прикладі водойми-охолоджувача атомної станції. Роль біоти як депо накопичення радіонуклідів. Радіоємність каскаду прісноводних водоймищ. Радіоємність морської екосистеми. Радіоємність лісової екосистеми. Радіоємність агроекосистеми.

Аварія на Чорнобильській АЕС. Радіоекологічні наслідки аварії на ЧАЕС для екосистем.

Тема 12. Надходження радіонуклідів в рослини та організми тварин. Інкорпоровані радіонукліди (4 години)

Надходження радіонуклідів в рослини. Позакореневе надходження. Кореневе надходження. Особливості поведінки радіонуклідів в лісових біоценозах. Надходження радіоактивних речовин до організму тварин. Особливості біологічної дії інкорпорованих радіонуклідів. Дія інкорпорованих радіонуклідів на рослини. Дія інкорпорованих радіонуклідів на організм тварин. Небезпека інкорпорування гарячих частинок. Принципи дозиметрії випромінювань інкорпорованих радіонуклідів. Прогнозування надходження радіонуклідів в сільськогосподарські рослини і організм сільськогосподарських тварин.

Тема 13. Заходи зі зменшення вмісту радіонуклідів в продукції рослинництва і тваринництва (4 години)

Основні принципи організації ведення сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях. Засоби зменшення переходу радіонуклідів з ґрунту у сільськогосподарські рослини. Обробіток ґрунту. Застосування хімічних меліорантів і добрив. Зміна складу рослин у сівозміні. Зміна режиму зрошення. Застосування спеціальних речовин та прийомів. Основні прийоми зменшення переходу радіонуклідів в продукцію тваринництва. Покращення кормової бази. Зміна раціонів. Включення до раціонів добавок і препаратів, що перешкоджають переходу радіонуклідів в

продукцію. Очищення сільськогосподарської продукції від радіонуклідів. Очищення продукції рослинництва. Очищення продукції тваринництва.

Тема 14. Використання іонізуючих випромінювань у різних сферах діяльності людини (4 години)

Радіаційна техніка, що використовується в радіаційно-біологічних технологіях. Використання іонізуючих випромінювань в сільському господарстві. Радіаційно-біологічні технології в рослинництві. Радіаційно-біологічні технології в тваринництві. Використання іонізуючих випромінювань в харчовій промисловості. Використання іонізуючих випромінювань в медицині. Метод ізотопних індикаторів в біології та екології. Радіоавтографія. Метод ізотопних індикаторів в біології та екології.

Тема 15. Протирадіаційний захист і радіосенсибілізація (2 години)

Протирадіаційний біологічний захист і сенсибілізація. Фізичні радіозахисні та радіосенсибілізуючі фактори. Хімічні радіозахисні речовини і радіосенсибілізатори. Класифікація радіопротекторів та механізми їх дії. Радіопротектори пролонгованої дії. Радіоблокатори і радіодекорпоранти. Захист навколишнього середовища від радіонуклідного забруднення. Захист ґрунтів від радіонуклідного забруднення. Захист водойм від надходження радіонуклідів. Захист рослин і тварин від надходження радіонуклідів. Роль лісу у захисті навколишнього середовища від радіонуклідного забруднення і захист лісу. Особливості мінімізації надходження і накопичення радіонуклідів в організмі людини.

Тема 16. Радіаційна безпека та основи радіаційної гігієни (2 години)

Принципи радіаційної безпеки. Безпорогова концепція дії іонізуючих випромінювань на живі організми та основні принципи біологічного нормування. Поняття допустимого (прийняттого) ризику. Категорії осіб, що опромінюються, та їх регламентація. Допустимі рівні та тимчасово допустимі рівні вмісту радіонуклідів в продуктах харчування. Населення в умовах радіаційних аварій. Радіаційно-гігієнічні регламенти. Групи радіотоксичності радіоактивних ізотопів. Принципи захисту від закритих та відкритих джерел іонізуючих випромінювань. Нормування вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції. Основні документи регламентації норм радіаційної безпеки. Радіаційні аварії, класифікація. Поняття культури безпеки.

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ, СЕМІНАРІВ,
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ, САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

№ з/п	Назва	Кількість годин			
		лекції	семінари	практичні	самостійна робота
Змістовий модуль 1 Основи радіобіології					
1	Тема 1. Вступ до радіобіології.	2			
2	Тема 2. Іонізуючі випромінювання.	2			1
3	Тема 3. Неіонізуючі випромінювання.	2			
4	Тема 4. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною.	2			1
5	Тема 5. Радіаційна дозиметрія.	2	2		1
6	Тема 6. Теоретичні уявлення про механізми біологічної дії іонізуючих випромінювань. Вплив іонізуючого випромінювання на молекулярному та клітинному рівнях.	4			1
7	Тема 7. Радіобіологічні ефекти.	2			1
8	Тема 8. Вплив іонізуючого випромінювання на організменному рівні. Радіочутливість та радіостійкість організмів на різних рівнях організації.	2			1
9	Тема 9. Післярадіаційне відновлення клітин від потенційно летальних та сублетальних пошкоджень. Післярадіаційне відновлення рослин і тварин.	4			1
10	Тема 10. Радіобіологія людини та управління радіобіологічним ефектом.	2			1
Разом за змістовим модулем 1		24	2	-	8
Змістовий модуль 2 Основи радіоекології та радіаційної безпеки					
11	Тема 11. Поняття радіоекології та сільськогосподарської радіоекології. Міграція радіонуклідів в природних екосистемах. Камерні моделі в радіоекології. Радіємність.	4			1
12	Тема 12. Надходження радіонуклідів в рослини та організми тварин. Інкорпоровані радіонукліди.	4			1
13	Тема 13. Заходи зі зменшення вмісту радіонуклідів в продукції рослинництва і тваринництва.	4			1
14	Тема 14. Використання іонізуючих випромінювань у різних сферах діяльності людини.	4	2		
15	Тема 15. Протирадіаційний захист і радіосенсибілізація.	2			
16	Тема 16. Радіаційна безпека та основи радіаційної гігієни.	2			1
Разом за змістовим модулем 2		20	2	-	4
ВСЬОГО		44	4	0	12

Загальний обсяг – **60** годин (**2 кредити ECTS**), у тому числі:

Лекції – **44** години, семінари – **4** години, самостійна робота – **12** годин

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ОСНОВИ РАДІОБІОЛОГІЇ

Тема 1. Вступ до радіобіології (2 години)

Лекція 1. Радіобіологія: завдання, структура як дисципліни, історія і перспективи. Основні напрями радіобіології. Головна задача радіобіології. Етапи розвитку радіобіології. Видатні вчені-радіобіологи. Сучасні проблеми та перспективи розвитку радіобіології. **(2 години)**

Рекомендована література: [1-3]

Тема 2. Іонізуючі випромінювання. (2 години)

Лекція 2. Типи іонізуючих випромінювань. Явище радіоактивності. Закон радіоактивного розпаду. Ядерні перетворення. Основні поняття та визначення. Джерела іонізуючих випромінювань та їх характеристики. Природні радіонукліди. Космогенні радіонукліди. Природній радіаційний фон. Штучні радіонукліди. Ядерні реактори. Найнебезпечніші аварії в ядерній енергетиці. Внесок різних джерел іонізуючих випромінювань у формування дози опромінення людини. **(2 години)**

Рекомендована література: [1-7].

Тема 3. Неіонізуючі випромінювання (2 години)

Лекція 3. Класифікація неіонізуючих ЕМВ. Електромагнітні поля природного походження. Штучні джерела електромагнітних полів. Дозиметрія неіонізуючих ЕМВ. Нормування неіонізуючих ЕМВ. Видиме світло та неіонізуюче УФ-випромінювання. Звукові коливання. **(2 години)**

Рекомендована література: [3].

Тема 4. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною (2 години)

Лекція 4. Взаємодія іонізуючих випромінювань із середовищем. Типи взаємодії випромінювання з речовиною. Лінійна передача енергії випромінювання. Відносна біологічна ефективність. Поняття щільності іонізації. **(2 години)**

Рекомендована література: [1-7]

Тема 5. Радіаційна дозиметрія (2 години)

Лекція 5. Одиниці дози випромінювання та радіоактивності. Доза: експозиційна, поглинена, еквівалентна, ефективна. Доза від зовнішнього та внутрішнього випромінювань. Потужність дози. Типи радіаційного опромінення. Відносна біологічна ефективність. Дозиметрія. Методи реєстрації ІВ. Детектори ІВ: основні вимоги, характеристики. Типи детекторів за методом детектування. **(2 години)**

Семінар 1 (2 години)

Будова атома. Елементарні частинки. Дослід Резерфорда. Радіоактивні розпади. Закон радіоактивного розпаду та одиниці виміру радіоактивності. Зв'язок активності радіонукліду з атомною масою.

Глибина проникнення ІВ в речовину. Експозиційна, поглинута, еквівалентна та ефективна дози іонізуючих випромінювань. Зв'язок радіоактивності і дози. Залежність ефективності дії іонізуючих випромінювань від фактору часу опромінення. Розрахунок поглинутої, еквівалентної, ефективної доз ІВ.

Рекомендована література: [1-8].

Тема 6. Теоретичні уявлення про механізми біологічної дії іонізуючих випромінювань. Вплив іонізуючого випромінювання на молекулярному та клітинному рівнях (4 години)

Лекція 6. Закономірності біологічної дії ІВ. Теорія прямої та непрямой дії. Радіобіологічний ефект. Біологічні реакції організму на іонізуюче випромінювання. Теорія попадання та мішені. Структурно-метаболична теорія. Стохастична теорія. (2 години)

Лекція 7. Дія іонізуючого випромінювання на основні молекулярні компоненти клітини і процеси метаболізму. Пошкодження ДНК. Клітинні системи антирадикального захисту. Радіочутливість клітин на різних фазах розвитку. Загибель клітин. (2 години)

Рекомендована література: [1-8].

Тема 7. Радіобіологічні ефекти. (2 години)

Лекція 8. Радіобіологічний ефект. Класифікація радіобіологічних ефектів. Криві «доза-ефект» в радіобіології. Радіаційна стимуляція. Морфологічні зміни. Променева хвороба. Загибель. Генетичні, або мутагенні ефекти. Близькі та віддалені, детерміновані та стохастичні ефекти. Біологічні ефекти радіоміметиків. (2 години)

Рекомендована література: [1-8].

Тема 8. Вплив іонізуючого випромінювання на організменному рівні (2 години)

Лекція 9. Радіочутливість та радіостійкість організмів на різних рівнях організації. Критичні структури. Причини широкої варіабельності радіочутливості організмів. Радіостійкість рослин. Радіостійкість ссавців. Радіочутливість біоценозів. Методи оцінки радіочутливості клітин та організмів різних систем організації. Виведення радіоактивних речовин із організму. Ефективний період напіввиведення. Особливості дії на живі організми малих доз іонізуючих випромінювань. (2 години)

Тема 9. Післярадіаційне відновлення клітин від потенційно летальних та сублетальних пошкоджень. Післярадіаційне відновлення рослин і тварин (4 години)

Лекція 10. Відновлення клітин від потенційно летальних та сублетальних пошкоджень. Молекулярні механізми пострадіаційної репарації. Радіочутливість клітини на різних стадіях життєвого циклу. Класифікація видів післярадіаційного відновлення. Процеси відновлення в опромінену організм. Репараційне відновлення. Процеси відновлення на клітинному рівні. Репарація ДНК. (2 години)

Лекція 11. Післярадіаційне відновлення рослин і тварин. Репопуляційне відновлення. Регенерація тканин, органів. Радіоадаптація. Можливості управління процесами післярадіаційного відновлення. (2 години)

Рекомендована література: [1-8].

Тема 10. Радіобіологія людини та управління радіобіологічним ефектом (2 години)

Лекція 12. Поняття про променеву хворобу. Гостра та хронічна форми променевої хвороби. Ступені променевої хвороби, патогенез, діагностика та лікування. Характеристика окремих радіопротекторів та механізмів їх дії. (2 години)

Рекомендована література: [3, 6, 9].

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ОСНОВИ РАДІОЕКОЛОГІЇ ТА РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ.

Тема 11. Поняття радіоекології та сільськогосподарської радіоекології. Міграція радіонуклідів в природних екосистемах. Камерні моделі в радіоекології. Радіємність (4 години)

Лекція 13. Основні поняття та параметри в радіоекології. Дозиметрія в радіоекології. Загальні закономірності міграції радіонуклідів у природному середовищі. Міграція радіонуклідів в атмосфері. Міграція радіонуклідів у ґрунті. Міграція радіонуклідів у водоймах. (2 години)

Лекція 14. Аварія на Чорнобильській АЕС. Радіоекологічні наслідки аварії на ЧАЕС для екосистем. Поняття радіємності екосистеми. Камерні моделі в радіоекології. Роль біоти як депо накопичення радіонуклідів. Радіємність морської екосистеми. Радіємність лісової екосистеми. Радіємність агроекосистеми. (2 години)

Рекомендована література: [1, 3, 6-11].

Тема 12. Надходження радіонуклідів в рослини та організми тварин. Інкорпоровані радіонукліди (4 години)

Лекція 15. Надходження радіонуклідів в рослини. Позакореневе надходження. Кореневе надходження. Специфіка видів рослин щодо нагромадження окремих радіонуклідів. Особливості поведінки радіонуклідів в лісових біоценозах. (2 години)

Лекція 16. Надходження радіоактивних речовин до організму тварин. Особливості біологічної дії інкорпорованих радіонуклідів. Принципи дозиметрії випромінювань інкорпорованих радіонуклідів. Прогнозування надходження радіонуклідів в сільськогосподарські рослини і організм сільськогосподарських тварин. (2 години)

Рекомендована література: [1, 5, 6, 10-12].

Тема 13. Заходи зі зменшення вмісту радіонуклідів в продукції рослинництва і тваринництва (4 години)

Лекція 17. Основні принципи організації ведення сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях. Обробіток ґрунту. Застосування хімічних меліорантів і добрив. Зміна складу рослин у сівозміні. Зміна режиму зрошення. Застосування спеціальних речовин та прийомів. (2 години)

Лекція 18. Основні прийоми зменшення переходу радіонуклідів в продукцію тваринництва. Покращення кормової бази. Зміна раціонів. Включення до раціонів добавок і препаратів, що перешкоджають переходу радіонуклідів в продукцію. Очищення сільськогосподарської продукції від радіонуклідів. Очищення продукції рослинництва. Очищення продукції тваринництва. (2 години)

Рекомендована література: [1, 6, 10-12].

Тема 14. Використання іонізуючих випромінювань у різних сферах діяльності людини (4 годин)

Лекція 19. Радіаційна техніка, що використовується в радіаційно-біологічних технологіях. Використання іонізуючих випромінювань в сільському господарстві. Використання іонізуючих випромінювань в медицині, харчовій промисловості. Радіаційна стерилізація, пастеризація та консервація продукції рослинництва, плідівництва і тваринництва. Застосування ІВ у лікуванні хвороб. (2 години)

Лекція 20. Метод ізотопних індикаторів в біології та екології. Мічені атоми. Радіоактивні і стабільні ізотопи. Мічені сполуки. Індикаторна доза. Основні шляхи застосування ізотопних індикаторів у дослідженнях з рослинами. Дослідження транспорту та розподілу в рослині окремих елементів. Вивчення ролі певних речовин у метаболізмі рослин. Особливості використання радіоактивних ізотопів у вегетаційних та польових дослідженнях. Радіоавтографія. (2 години)

Семинар 2 (2 години)

Дозиметрія в радіоекології. Основні поняття та одиниці в радіоекології. Практичне використання камерних моделей. Практичне застосування моделі радіоемності. Радіоемність різних типів екосистем.

Використання іонізуючих випромінювань в біологічних та екологічних дослідженнях. Передпосівне опромінення насіння сільськогосподарських рослин для прискорення, проростання, розвитку та збільшення їх продуктивності. Мічені атоми.

Рекомендована література: [1, 3, 6, 10].

Тема 15. Протирадіаційний захист і радіосенсибілізація (2 години)

Лекція 21. Протирадіаційний біологічний захист і сенсибілізація. Фізичні та хімічні радіозахисні та радіосенсибілізуючі фактори. Захист навколишнього середовища від радіонуклідного забруднення. Особливості мінімізації надходження і накопичення радіонуклідів в організм людини. **(2 години)**

Рекомендована література: [1, 3, 6, 12].

Тема 16. Радіаційна безпека та основи радіаційної гігієни (2 години)

Лекція 22. Принципи радіаційної безпеки. Поняття допустимого (прийняттого) ризику. Категорії осіб, що опромінюються, та їх регламентація. Радіаційно-гігієнічні регламенти. Нормування вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції. Радіаційні аварії. Класифікація радіаційних аварій. Основні контрзаходи при радіаційних аваріях. Приклади радіаційних аварій та інцидентів. Поняття культури безпеки. **(2 години)**

Рекомендована література: [1, 3, 6, 12-14].

**КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ І РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ
ЗДОБУВАЧІ**

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У змістовий модуль 1 входять теми 1-10, у змістовий модуль 2 – теми 11-16.

Види контролю - поточний і підсумковий.

Поточний контроль здійснюється під час проведення навчальних занять і має на меті регулярну перевірку засвоєння слухачами навчального матеріалу. Форми проведення поточного контролю під час навчальних занять: усне опитування, тестовий контроль, самооцінювання, перевірка практичних навичок.

Оцінювання за формами поточного контролю:

Максимальна кількість балів	Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2		Залік	Підсумкова оцінка
	Поточний контроль	Тест 1	Поточний контроль	Тест 2		
	15	15	15	15	40	100
Сума	30		30		40	100

Для аспірантів, які набрали за результатами поточного контролю у двох змістових модулях сумарно меншу кількість балів, ніж критичний мінімум **60** балів, проходження додаткового тестування є обов'язковим для допуску до заліку.

Підсумковий контроль проводиться на останньому практичному занятті і складається із суми балів усіх змістових модулів.

Загальна оцінка за вивчення курсу складається із суми оцінок, отриманих при підсумковому контролі, та оцінки, отриманої на заліку.

Шкала оцінювання академічної успішності аспіранта

Рівень досягнень (бали за освітню діяльність)	Оцінка ЄКТС/ECTS	Оцінка за національною шкалою (National grade)
90 – 100	A	відмінно (Excellent)
75 – 89	B	добре (Good)
60 – 74	C	задовільно (Satisfactory)
1 – 59	D	незадовільно (Fail)

Методи навчання

Пояснювально-ілюстративні, частково-пошукові, проблемно-програмного навчання, пошукові, спонукальні, дослідницькі. Лекції проводяться у формі бесіди, дискусії з використанням мультимедійного супроводжування та Power Point презентацій, схем, діаграм, роздаткового матеріалу. Лабораторні заняття проводяться в лабораторії відділу біофізики і радіобіології у проблемно-науковій, експериментальній та дослідницькій формах

Технічні засоби навчання

Проектор мультимедійний; ноутбук, дозиметр «Прип'ять», «СЕГ-05».

Матеріальне забезпечення дисципліни

Аудиторії, лабораторні приміщення відділу біофізики і радіобіології.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. Гудков І.М. Радіобіологія: Підручник для вищ. навчальних закладів. – К.: НУБіП України, 2016. – 485 с.
2. Гродзинський Д.М. Радіобіологія. – К.: Либідь, 2000. – 448 с.
3. Кутлахмедов Ю.О., Войцицький В.М., Хижняк С.В. Радіобіологія: підручник – К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. – 543 с.
4. Клименко М. О., Клименко О. М., Клименко Л. В. К49 Радіоекологія : підручник. – Рівне : НУВГП, 2020. – 304 с.
5. Чернобыльская катастрофа / За ред. В.Г. Бар'яхтара. – К.: Наукова думка, 1996. – 576 с.
6. Кутлахмедов Ю.О., Корогодін В.І., Кольтовер В.К. Основи радіоекології. – К.: Вища школа, 2003. – 320 с.
7. Войцицький В.М. Радіобіологія / В.М. Войцицький. – К. : Вища школа,

1990, - 255 с.

8. Давиденко В.М. Радіобіологія: [навчальний посібник] / В.М. Давиденко. – Миколаїв: МДАУ, 2008. – 241 с.

9. Григор'єва Л.І. Іонізуюче випромінювання та його вплив на людину. / Л.І. Григор'єва, Ю.А. Томілін, І.М. Рожков. – Миколаїв : МДГУ ім. Петра Могили, 2008. – 208 с.

10. Гудков І.М. Сільськогосподарська радіобіологія / І.М. Гудков, М.М. Віннічук – Житомир : ЖДАУ, 2003. - 472 с.

11. Кічно В.О. Основи радіобіології та радіоекології. Навчальний посібник / В.О. Кічно, С.В. Поліщук, І.М. Гудков – К. : Хай-Тек Прес, 2007. – 320 с.

12. Норми радіаційної безпеки України. (НРБУ-97). Комітет з питань гігієнічного регламентування. Національна комісія з радіаційного захисту населення України. Державні гігієнічні нормативи. К., 1997. – 121с.

13. Основні санітарні правила протирадіаційного захисту України (ОСПУ2001). – К.: МОЗ, 2001. – 136 с.

14. Ткаченко Г.М. Основи радіаційної безпеки та протирадіаційного захисту при роботі з джерелами іонізуючих випромінень (методичні вказівки) / Г.М. Ткаченко, М.М. Лазарев, В.О. Кічно – К. : НАУ, 2005. – 52 с.

Додаткова література

1. <http://moikompas.ru/compas/radiation> - Вплив іонізуючого випромінювання на процеси старіння
2. <http://www.altermed.ru/articles.php?cid=3329> – Променева хвороба
3. Практикум з радіобіології: посібник / О. О. Шугуров, Т. В. Ананьєва. – Д.: ЛІРА, 2015. – 64 с.
4. Радіаційна медицина: підручник / В. Ф. Почерняєва, Л. М. Васько, Т. О. Жукова та ін. – Львів : «Магнолія 2006», 2021. – 176 с.
5. <http://ekosvit.nepopsa.com/radioekologija/>
<http://uiar.org.ua/Ukr/eighth.htm>
7. Капітула О. Радіація і сільське господарство / О. Капітула // Сільський час. – 2004. - № 19 (498). – 17 березня. – С. 4-5.
8. Коновалов В.С. Вроджені вади свійських тварин внаслідок аварії на ЧАЕС / В.С. Коновалов // - Тваринництво України. – 2007. - № 2. – С. 17-18.
9. Біофізика гідробіонтів. Курс лекцій. Дудник С.В. Центр навчальної літератури, 2018 р. – 280 с.