

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ННЦ «Інститут біології та медицини»

Кафедра біофізики та медичної інформатики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора  
з науково-педагогічної роботи  
Тетяна МАРИНЕНКО

«23» 06 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

РАДІОЕКОЛОГІЯ

|                  |                                               |
|------------------|-----------------------------------------------|
| галузь знань     | для студентів<br><u>10 «Природничі науки»</u> |
| спеціальність    | <u>101 «Екологія»</u>                         |
| освітній рівень  | <u>«Бакалавр»</u>                             |
| освітня програма | <u>«Екологія»</u>                             |
| вид дисципліни   | <u>Вибіркова</u>                              |

|                                            |                   |
|--------------------------------------------|-------------------|
| Форма навчання                             | <u>денна</u>      |
| Навчальний рік                             | <u>2022/2023</u>  |
| Семестр                                    | <u>8</u>          |
| Кількість кредитів ECTS                    | <u>4</u>          |
| Мова викладання, навчання<br>та оцінювання | <u>українська</u> |
| Форма заключного контролю                  | <u>залік</u>      |

Викладачі: проф., д.б.н. Мартинюк В.С., доц., к.б.н. Богуцька К.І.

Пролонговано: на 2023/2024 н.р. Директор Інституту «20» 06 2023р.

на 20\_\_/20\_\_ н.р. (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробники: Мартинюк В.С., д.б.н., професор, професор кафедри біофізики та медичної інформатики, Богуцька К.І., к.б.н., доцент, доцент кафедри біофізики та медичної інформатики

ЗАТВЕРДЖЕНО

В.о. зав. кафедри екології та зоології

\_\_\_\_\_ (Подобайло А.В.)  
(підпис)

Протокол № 15 від «16» травня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією  
ННЦ «Інститут біології та медицини»  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Протокол від «23» 06 2022 року № 5

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ (Скрипник Н.В.)

«23» 06 2022 року

**1. Мета дисципліни** – ознайомлення студентів з основами радіоекології як комплексної теоретично-прикладної дисципліни, формування у студентів фундаментальних знань і сучасних уявлень щодо дії іонізуючого випромінювання на живі організми та їх угруповання; ознайомлення студентів з основами радіаційної екології, з дозиметричними методами, що використовуються у дослідженнях; з кількісними принципами, що дають зв'язок радіобіологічних ефектів з дозою опромінення, особливостями міграції радіонуклідів в різних екосистемах, з основними засобами та заходами захисту людей та довкілля від впливу іонізуючого випромінювання.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. Успішне опанування науково-теоретичним та практичним матеріалом навчальних дисциплін, які викладаються студентам освітнього рівня «бакалавр», зокрема таких курсів як «Хімія з основами біогеохімії», «Екофізіологія рослин», «Екофізіологія тварин», «Ґрунтознавство», «Моніторинг довкілля», «Екологічна безпека» тощо.

2. Вміти самостійно застосовувати знання з фізики, хімії та ін. дисциплін, працювати з науково-методичною літературою.

3. Володіти елементарними навичками роботи з матеріалами та обладнанням, що використовуються в лабораторії.

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

Програма навчальної дисципліни присвячена розгляду таких трьох основних тем, як: кількісні параметри оцінки впливу іонізуючого випромінювання; вплив іонізуючого випромінювання і радіонуклідів на біоб'єкти та екосистеми; питання радіаційної безпеки.

Актуальними темами на сьогодні щодо значення «Радіоекології» як навчального курсу є розкриття положень про види іонізуючого випромінювання, природні та штучні джерела, наслідки радіаційно-хімічних перетворень для живих організмів та можливі шляхи їх вирішення, основні принципи захисту навколишнього середовища та прогнозування можливих екологічних наслідків від радіоактивного забруднення.

**4. Завдання (навчальні цілі):**

1) сформувати у студентів систему знань та уявлень, необхідних для ґрунтового аналізу впливу іонізуючого випромінювання на біоб'єкти;

2) розглянути взаємозв'язок впливу іонізуючого випромінювання на основні компоненти біосистем та прогнозування можливих віддалених наслідків такої дії, шляхи надходження, накопичення та міграції радіонуклідів у різних екосистемах;

3) з метою майбутньої фахової орієнтації надати студентам знання щодо сучасних можливостей і тенденцій використання методів дозиметрії та радіометрії з метою оцінки радіаційного стану довкілля для контролю та спостереження за радіаційною обстановкою, заходів, що направлені на зниження радіоактивної небезпеки в умовах радіаційного забруднення, планування радіобіологічних досліджень; уявлення щодо сучасного стану проблем та напрямків розвитку радіоекології;

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 101 «Екологія») дисципліна забезпечує набуття студентами наступних компетентностей:

*інтегральної:*

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми у сфері екології, охорони довкілля і збалансованого природокористування, що передбачає застосування основних теорії та методів наук про довкілля, які характеризуються комплексністю та невизначеністю умов;

*загальних:*

ЗК08. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні;

*фахових:*

ФК18. Здатність до оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю;

ФК20. Здатність проводити моніторинг та оцінювати поточний стан навколишнього середовища.

### 5. Результати навчання за дисципліною:

| Результат навчання<br>(1. знати; 2. вміти; 3. комунікація) |                                                                                                                                                                                                                                       | Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання | Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання                                                            | Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Код                                                        | Результат навчання                                                                                                                                                                                                                    |                                                          |                                                                                                               |                                            |
| 1.1                                                        | Види та основні характеристики іонізуючого випромінювання. Природні і техногенні джерела іонізуючого випромінювання, їх характеристика та внесок у загальне опромінення людини.                                                       | Лекція, практичне заняття, самостійна робота             | Модульна контрольна робота I, підсумкове тестування                                                           | 15                                         |
| 1.2                                                        | Механізми дії іонізуючого випромінювання. Основні визначення та поняття радіаційної екології та їх застосування на практиці при вирішенні конкретних дослідницьких завдань                                                            | Лекція, практичне заняття, самостійна робота             | Модульна контрольна робота I, підсумкове тестування                                                           | 15                                         |
| 1.3                                                        | Дози та потужності іонізуючого випромінювання (експозиційна, поглинена, еквівалентна та ефективна дози). Біомедичні аспекти впливу іонізуючої радіації на організм людини.                                                            | Лекція, практичне заняття, самостійна робота             | Модульна контрольна робота II, підсумкове тестування                                                          | 15                                         |
| 1.4                                                        | Класифікацію радіонуклідів, властивості деяких з них, роль в радіоактивності природних екосистем, основні шляхи надходження та розподілу радіонуклідів у рослинах та організмі тварин; міграційні процеси радіонуклідів в біосистемах | Лекція, практичне заняття, самостійна робота             | Модульна контрольна робота II, підсумкове тестування                                                          | 15                                         |
| 2.1                                                        | Оцінювати потенційну небезпеку від різних видів іонізуючого випромінювання                                                                                                                                                            | Лекція, практичне заняття, самостійна робота             | Звіти з практичних робіт, усні відповіді та доповнення, рішення задач та виконання завдань самостійної роботи | 11                                         |
| 2.2                                                        | Проводити перерахунки доз та одиниць вимірювання радіоактивності з урахуванням виду іонізуючого випромінювання; на основі принципів радіаційної безпеки оцінювати ризики, що пов'язані з можливим радіоактивним забрудненням довкілля | Лекція, практичне заняття, самостійна робота             | Звіти з практичних робіт, усні відповіді та доповнення, рішення задач та виконання завдань самостійної роботи | 11                                         |
| 2.3                                                        | На належному науково-методичному рівні організовувати спостереження за радіаційними процесами і явищами як у живій природі, так і в умовах наукового експерименту                                                                     | Лекція, практичне заняття, самостійна робота             | Звіти з практичних робіт, усні відповіді та доповнення, рішення задач та виконання завдань самостійної роботи | 11                                         |
| 3.1                                                        | Самостійно опрацьовувати наукову літературу, яка містить результати з радіоекології, здійснювати пошук електронних джерел інформації, інтерпретувати та узагальнювати результати                                                      | Самостійна робота                                        | Виконання самостійної роботи                                                                                  | 7                                          |

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання:**

| Програмні<br>результати навчання                                                                                   | Результати<br>навчання дисципліни |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                                                                                                    | 1.1                               | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 3.1 |
| ПР04. Використовувати принципи управління, на яких базується система екологічної безпеки.                          | +                                 | +   |     |     |     | +   |     |     |
| ПР05. Знати концептуальні основи моніторингу та нормування антропогенного навантаження на довкілля.                |                                   | +   |     | +   | +   | +   | +   |     |
| ПР11. Уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище.                      |                                   | +   |     |     | +   | +   | +   |     |
| ПР21. Уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних. | +                                 | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1: РН 1.1-1.2 – 20/10 балів.
2. Модульна контрольна робота 2: РН 1.3-1.4 – 20/10 балів.
3. Підсумкове тестування: РН 1.1-1.4 – 20/10 балів.
4. Звіти з практичних робіт: РН 2.1-2.3 – 20/10 балів
5. Усні відповіді та доповнення, рішення задач та виконання завдань самостійної роботи: РН 2.1-3.1 – 20/10 балів

#### - підсумкове оцінювання: у формі заліку

Підсумкова оцінка з освітнього компонента, підсумковою формою контролю за яким встановлено залік, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання. Оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються.

Обов'язковим для отримання позитивної підсумкової оцінки (60 балів і вище та «зараховано») є написання модульних контрольних робіт та відпрацювання практичних робіт.

Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

### 7.2 Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 і 2 проводяться після завершення лекцій з розділів 1 і 2, відповідно.

### 7.3 Шкала відповідності

|                      |        |
|----------------------|--------|
| Зараховано / Passed  | 60-100 |
| Не зараховано / Fail | 0-59   |

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план занять

| №<br>п/п                                                      | Номер і назва теми                                                                                                                                                                                                 | Кількість годин |        |       |     |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|-------|-----|
|                                                               |                                                                                                                                                                                                                    | Лекції          | Практ. | Конс. | С/Р |
| Частина 1.                                                    |                                                                                                                                                                                                                    |                 |        |       |     |
| Кількісні параметри оцінки впливу іонізуючого випромінювання  |                                                                                                                                                                                                                    |                 |        |       |     |
| 1.                                                            | Предмет і завдання радіоекології, актуальність курсу. Зв'язок радіоекології з радіобіологією і радіаційною і екологічною медициною.                                                                                | 1               |        |       |     |
| 2.                                                            | Закон радіоактивного розпаду. Види радіоактивних перетворень.                                                                                                                                                      | 2               |        |       |     |
| 3.                                                            | Актуальні питання сучасної радіоекології. Природні та техногенні джерела іонізуючого випромінювання.                                                                                                               |                 |        |       | 7   |
| 4.                                                            | Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною: фізичні і хімічні феномени. Методи реєстрації іонізуючого випромінювання.                                                                                        | 3               |        |       |     |
| 5.                                                            | Найбільш небезпечні радіоактивні ізотопи. Уран (радіоактивні ряди; ізотопи: уран-238, уран-235; застосування, фізіологічна дія).                                                                                   |                 |        |       | 7   |
| 6.                                                            | Визначення активності природних радіоактивних препаратів (завдання 1: К-40 та політ).                                                                                                                              |                 | 2      |       |     |
| 7.                                                            | Радон (ізотопи, основні джерела, дози опромінення, наслідки опромінення, радон та продукти його розпаду).                                                                                                          |                 |        |       | 7   |
| 8.                                                            | Визначення активності природних радіоактивних препаратів (завдання 2).                                                                                                                                             |                 | 2      |       |     |
| 9.                                                            | Радіонуклід вуглецю (C-14). Методи датування. Радіовуглецевий аналіз.                                                                                                                                              |                 |        |       | 7   |
| 10.                                                           | Кількісні параметри оцінки впливу іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти і екосистеми.                                                                                                                   | 3               |        |       |     |
| Модульна контрольна робота №1                                 |                                                                                                                                                                                                                    |                 | 2      |       |     |
| Частина 2.                                                    |                                                                                                                                                                                                                    |                 |        |       |     |
| Вплив іонізуючого випромінювання на біооб'єкти та екосистеми. |                                                                                                                                                                                                                    |                 |        |       |     |
| Питання радіаційної безпеки                                   |                                                                                                                                                                                                                    |                 |        |       |     |
| 11.                                                           | Біологічна дія іонізуючого випромінювання. Первинні фізико-хімічні і біологічні механізми дії іонізуючого випромінювання на організм людини. Залежності доза-ефект. Радіаційна хвороба і радіаційний канцерогенез. | 8               |        |       |     |
| 12.                                                           | Радіоактивний стронцій (джерела, процеси міграції, біологічна дія). Можливі шляхи надходження радіонуклідів до екосистем.                                                                                          |                 |        |       | 6   |
| 13.                                                           | Радіонукліди як складові екосистем. Міграція радіонуклідів в екосистемах.                                                                                                                                          | 4               |        |       |     |
| 14.                                                           | Міграція радіонуклідів у наземних екосистемах. Особливості міграції радіонуклідів у прісноводних екосистемах.                                                                                                      |                 |        |       | 6   |
| 15.                                                           | Поняття радіємності екосистеми. Приклади радіємності різних систем.                                                                                                                                                | 2               |        |       |     |
| 16.                                                           | Радіємність водної екосистеми.                                                                                                                                                                                     |                 |        |       | 6   |

|                               |                                                                                              |           |           |          |           |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 17.                           | Метод дозиметрії (вимірювання потужності експозиційної дози).                                |           | 2         |          |           |
| 18.                           | Особливості надходження до рослин та організму тварин різних радіонуклідів.                  |           |           |          | 7         |
| 19.                           | Метод дозиметрії (вимірювання потужності еквівалентної дози).                                |           | 2         |          |           |
| 20.                           | Проблеми радіаційної безпеки і радіаційного захисту. Радіопротектори і радіосенсибілізатори. | 5         |           |          |           |
| 21.                           | Питання радіоекологічного контролю. Дезактивація забруднених територій.                      |           |           |          | 7         |
| 22.                           | Практичне використання радіоізотопів у біологічних та медичних дослідженнях.                 | 2         |           |          |           |
| 23.                           | Ізотопи йоду (I-125, I-131): значення для медичних і біологічних досліджень, профілактика).  |           |           |          | 6         |
| 24.                           | Визначення поглинання $\gamma$ -квантів різними матеріалами (папір та алюміній).             |           | 2         |          |           |
| 25.                           | Радіоекологічний моніторинг. Радіоактивні відходи: переробка та зберігання. Ядерні реактори. |           |           |          | 7         |
| Консультації                  |                                                                                              |           |           | 3        |           |
| Модульна контрольна робота №2 |                                                                                              |           | 2         | 3        |           |
| <b>ВСЬОГО</b>                 |                                                                                              | <b>30</b> | <b>14</b> | <b>3</b> | <b>73</b> |

**Загальний обсяг 120 год., в тому числі:**

Лекцій – 30 год.

Практичні заняття – 14 год.

Консультація – 3 год.

Самостійна робота – 73 год.

## 9. Рекомендована література:

### Основна:

1. Гудков І.М., Гайченко В.А., Кашпаров В.О. Радіоекологія: навч. посіб. – Херсон: Вид-во «Олді+», 2019. – 468 с.
2. Гудков І.М., Кашпаров В.О., Паренюк О.Ю. Радіоекологічний моніторинг: навч. посіб. – К., 2018. – 188 с.
3. Клименко М.О., Клименко О.М., Клименко Л.В. Радіоекологія: підруч. – Рівне: НУВГП, 2020. – 304 с.
4. Масікевич Ю.Г., Шапорєв В.П., Моїсєєв В.Ф., Байрачний В.Б. Радіоекологія: підруч. – Харк. політехн. ін-т МОН України. – Чернівці: «Місто», 2018. – 449 с. Носовський А.В., Бондар Б.М. Дозиметрія та захист від іонізуючого випромінювання: підруч. (серія «Безпека атомних станцій»). – К.: Фенікс, 2020. – 408 с.
6. Радіобіологія: підруч. / Ю.О. Кутлахмедов, В.М. Войціцький, С.В. Хижняк. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. – 543 с.
7. Радіобіологія та радіоекологія: підруч. / Л.Д. Романчук [та ін.]. – Житомир: Поліс. нац. ун-т, 2021. – 251 с.
8. Радіоекологія: підруч. / В.П. Шапорєв, Ю.Г. Масікевич, В.Ф. Моїсєєв з співавт. – Чернівці: «Місто» АНТ, 2018. – 440 с.
9. Radiobiology and Radioecology: textbook. / I.M. Gudkov, M.M. Vinichuk. – Kyiv: Oldi+, 2019. – 456 p.

### Додаткова:

10. Бондар О.І., Новосельська Л.П., Іващенко Т.Г. Основи біологічної безпеки: навч. посіб. – Херсон: Вид-во «Олді+», 2016. – 372 с.
11. Вибрані лекції з курсу «Радіаційна біофізика» для магістрів кафедри біофізики ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка / К.І. Богуцька, Ю.І. Прилуцький, Ю.П. Складаров. – К.: ПД Ін-ту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, 2012. – 88 с.
12. Гайченко В.А., Гудков І.М., Кашпаров В.О., Кічно В.О., Лазарєв М.М. Практикум з радіобіології та радіоекології. – Херсон: Вид-во «Олді+», 2021. – 278 с.
13. Гудков І.М., Гайченко В.А., Кашпаров В.О. Сільськогосподарська радіоекологія: підруч. / За ред. академіка НААН України І.М. Гудкова. – К.: Вид-во Ліра-К, 2017. – 268 с.
14. Експериментальні підходи у вивченні біологічної дії іонізуючого випромінювання: навч.-метод. посіб. / І. Руссу. – К.: НаУКМА, 2021. – 63 с.
15. Клименко М.О., Прищеп А.М., Лебедь О.О. Радіоекологія: практикум. – Херсон: Вид-во «Олді+», 2018. – 404 с.
16. Лико Д.В., Костолович М.І., Войтович О.П. Радіоактивні відходи: технології утворення, поводження, утилізації: навч. посіб. – Херсон: Вид-во «Олді+», 2016. – 204 с.
17. Посібник для пошукувачів рівня підготовки доктор філософії за спеціальністю Технології захисту навколишнього середовища / О.І. Герасимов, І.С. Андріанова, В.В. Курятников, А.Я. Співак. – Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2021. – 213 с.
18. Чорна В.І., Ананьєва Т.В. Радіобіологія з основами сільськогосподарської радіоекології. Практикум. – Херсон: Вид-во «Олді+», 2021. – 162 с.
19. Martyniuk V.S., Tseyslyer Y.V. Influence of impulse magnetic fields of extremely low frequencies on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>- and Fe<sup>2+</sup>-induced free radical lipid oxidation in liposomal suspension // Biophysical Bulletin. – 2022. – 2022(47). – pp. 40–50.
20. Nozdrenko D., Abramchuk O., Prylutska S., Vygovska O., Soroca V., Bogutska K., Khrapatyi S., Prylutsky Y., Uwe P., Scharff R. Analysis of Biomechanical Parameters of Muscle Soleus Contraction and Blood Biochemical Parameters in Rat with Chronic Glyphosate Intoxication and Therapeutic Use of C<sub>60</sub> Fullerene // Int. J. Mol. Sci. – 2021. – Vol. 22, N9. – Art. no. 4977. <https://doi.org/10.3390/ijms22094977>

У тому числі й Інтернет-ресурси:

1. <https://cutt.ly/0Xn1riW>
2. <https://biology.udau.edu.ua/assets/files/lctction-padiob-i-ekol.pdf>
3. <https://cutt.ly/6Xn4UvM>
4. <http://rb.univ.kiev.ua>
5. <https://cutt.ly/RXmr6hq>
6. <https://radioecology-exchange.org/>
7. <https://www.iur-uir.org/en/>

### Завдання для самостійної роботи студентів

1. У раковинах молюсків було виявлено 23200 Бк/кг Sr-90. Визначте активність зразків через 30 років.
2. При радіометричних дослідженнях у зразку виявлений стронцій  $^{90}\text{Sr}_{38}$ , активність якого  $10^7$  Бк. Яка маса стронцію у зразку? Період напіврозпаду  $T_{1/2}=28,5$  років.
3. Під час розкопок знайдено рештки тварин, питома радіоактивність  $^{14}\text{C}$  яких становила 5,1 розпадів/хв. на 1 г речовини. Вихідна питома радіоактивність  $^{14}\text{C}$  організмів 15,3 розпадів/(хв. · г). Який вік викопної тварини, якщо період напіврозпаду  $^{14}\text{C}$   $T_{1/2}=5668$  років?
4. Потужність поглиненої дози для людини масою 60 кг становила  $7,75 \cdot 10^{-7}$  Гр · с<sup>-1</sup>. Яка енергія була поглинена людиною протягом 6 годин?
5. Середня потужність експозиційної дози опромінення в рентгенівському кабінеті дорівнює  $6,45 \cdot 10^{-12}$  Кл · кг<sup>-1</sup> · с<sup>-1</sup>. Лікар знаходиться в кабінеті протягом 5 годин. Яка доза (в рентгенах) опромінення лікаря за 24 робочих дні?
6. Активність  $^{90}\text{Sr}$ , який щоденно надходить з їжею до організму людини, складає 0,94 Бк. Визначте дозу, яку накопичує кісткова тканина за рік?
7. М'які тканини людини опромінювали протягом 1,5 год. При цьому експозиційна доза склала 0,6 Р. Якою є поглинена доза в радах? Яка потужність експозиційної дози?
8. Розрахувати загальну еквівалентну дозу для комбінованого опромінення, якщо поглинута доза  $\gamma$ -випромінювання становить 0,5 Гр,  $\alpha$ -випромінювання – 0,4 Гр.
9. Поглинена доза  $\alpha$ -випромінювання складає 0,05 Гр. Розрахувати ефективну дозу для червоного кісткового мозку та печінки.
10. Визначити вміст Cs-137 і Sr-90 у свіжих польських грибах та їх придатність до вживання. Гриби заготовлені на території Лісостепової зона Київської області. Забруднення ґрунту за Cs-137 становить 37 кБк/м<sup>2</sup>, Sr-90 – 26 кБк/м<sup>2</sup>. Використати значення коефіцієнту переходу (Кп) 5,1 і 10,1, відповідно, та гранично допустимий рівень забруднення свіжих грибів 500 і 50 Бк/кг, відповідно.
11. Основне забруднення замкнених водоймищ Чорнобильської зони відбулось у перший рік після аварії. У донних покладах у 1999 році було виявлено Cs-137 з питомою активністю  $1,1 \cdot 10^7$  Бк/м<sup>2</sup>. Визначте активність Cs-137, що осів на м<sup>2</sup> донних покладів, за станом на 2016 рік.
12. Пучок рентгенівського випромінювання проходить через дерев'яний брусок товщиною  $d=8,625$  см. Масовий коефіцієнт поглинання дерева  $\mu_m=0,1$  м<sup>2</sup>/кг і питома густина дерева  $\rho_0=800$  кг/м<sup>3</sup>. Визначити, у скільки разів зменшиться інтенсивність рентгенівського пучка після проходження дерев'яного бруска.
13. Товщина шару половинного послаблення для  $\gamma$ -променів кобальту-60 у свинці дорівнює 0,99 см. Визначити коефіцієнт лінійного послаблення і товщину, при якій свинцевий захист зменшує інтенсивність вузького пучка випромінювання у 8 разів.
14. Спеціальні вимірювання показали, що при середньому значенні фону 90 мрад/рік у дерев'яних будинках фон був 57 мрад/рік, у цегляних – 112 мрад/рік, у бетонних – 172 мрад/рік. Який коефіцієнт захисту у дерев'яних будинків? У скільки разів підвищується радіаційний фон у цегляних і бетонних будинках?