

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеський державний екологічний університет

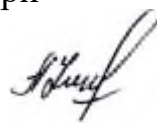
ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення  
спеціальності 183 «Технології захисту  
навколишнього середовища»  
протокол № 5 від « 26.12. » 2023 року

Голова групи  Герасимов О.І.

УЗГОДЖЕНО

Завідувач відділу аспірантури та  
докторантури



Ільїна А.О

**СИЛЛАБУС**

навчальної дисципліни  
«Фізичні основи радіометрії та дозиметрії»

---

(назва навчальної дисципліни)

**183 «Технології захисту навколишнього середовища»**

---

(шифр та назва спеціальності)

**Технології захисту навколишнього середовища**

---

(назва освітньої програми)

**Третій (освітньо-науковий) рівень (PhD)**

---

(рівень вищої освіти)

**денна**

---

(форма навчання)

**II**

---

(рік навчання)

**III**

---

(семестр навчання)

**4/120**

---

(кількість кредитів ЄКТС/годин)

**залік**

---

(форма контролю)

**Фізики та технологій захисту навколишнього середовища**

---

(кафедра)

Одеса, 2023 р.

Автори: Герасимов О.І., зав. кафедри фізики та технологій захисту навколишнього середовища, д.ф.-м.н., проф.; Курятников В.В., доцент кафедри фізики та технологій захисту навколишнього середовища, к.ф.-м.н., доцент; Сідлецька Л.М., асистент каф. фізики та ТЗНС.

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри фізики та технологій захисту навколишнього середовища від «27 » 11. 2023 р., протокол № 4.

Викладачі: Лекції – Герасимов О.І., зав.кафедри загальної та теоретичної фізики, д.ф.-м.н., проф.; Практичні заняття – Герасимов О.І., зав.кафедри загальної та теоретичної фізики, д.ф.-м.н., проф.;

---

(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

---

Рецензент: Софронков О.Н. зав.циклової комісії з хімії навк.сер., д.т.н., проф.

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

### Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

1.

**ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Мета	Поглиблене вивчення основних принципів та законів взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною, що лежать в основі методів вимірювань основних фізичних характеристик іонізуючого випромінювання – радіометричних, таких як швидкість радіаційного розпаду та енергетичних, які називають дозами випромінювання. Вивчення норм радіаційної безпеки, методів захисту від іонізуючого випромінювання, санітарних правил поведінки з радіоактивними речовинами; надання студентам глибокого розуміння методів та навиків проведення деяких, зокрема, спектрометричних вимірів, теоретичних методів щодо інтерпретації експериментальних даних і, зокрема, інтерпретації спектрів іонізуючого випромінювання.
Компетентність	<b>Код та зміст компетентності згідно з освітньо-науковою програмою:</b> Здатність здійснювати екологічний (радіаційний) моніторинг стану об'єктів навколишнього середовища за параметрами, які характеризують екологічну ситуацію, як в зоні забруднення, так і за її межами. Здатність використовувати принципи та норми екологічного навантаження (норм радіаційної безпеки) в задачах захисту навколишнього середовища
Результат навчання	Здатність здійснювати фізичні вимірювання характеристик забруднених об'єктів навколишнього середовища. Знання та розуміння фізичних явищ: наведена активність, радіаційно-хімічні та фізико-механічні ефекти дії радіації, фізичних процесів взаємодії іонізуючого випромінювання із речовиною в задачах схову та утилізації радіоактивних відходів.
Базові знання	Основні радіаційно-гігієнічні регламентовані величини, радіоактивність, дози випромінювання, ліміти доз та допустимі рівні. Міжнародні та українські законодавчі акти з радіаційної безпеки. Основні принципи радіаційної безпеки. Норми радіаційної безпеки та основні санітарні правила України (НРБУ-97 та ОСПУ-97).
Базові вміння	Поведінка з джерелами іонізуючого випромінювання, радіоактивними речовинами, забрудненими радіонуклідами. Проводити облік радіоактивних відходів та розробляти заходи щодо поведінки з ними.

Базові навички	Базова навичка – розробляти та застосовувати заходи захисту від радіації.
Пов’язані силлабуси	немає
Попередня дисципліна	немає
Наступна дисципліна	немає
Кількість годин	лекції: 3 сем-15; практичні (семінарські) заняття: 3сем-15 лабораторні заняття: -немає самостійна робота студентів: 3сем - 90. залік.

## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Лекційні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМЛ-1	1.Радіоактивність.Види іонізуючих випромінювань	2	4
	2. Джерела ІВ природні та техногенні.	2	4
	3. Взаємодія ІВ з речовиною. Вплив ІВ на біологічні об’єкти. Захист від іонізуючих випромінювань.	2	4
	4.Дози ІВ. Потужність доз ІВ. Ліміти доз.	2	4
	5. Атомна енергетика та її вплив на довкілля	2	4
	Підготовка до модульної контрольної роботи МКР1		5
ЗМЛ-2	1.Методи вимірювань радіоактивності та доз випромінювання	1	4
	2. Міграція радіонуклідів. Контроль радіаційного забруднення. Радіаційний моніторинг.	1	4
	3. Сучасна радіаційна ситуація в Україні Ліквідування наслідків радіаційного забруднення	1	4
	4. Міжнародні та українські законодавчі акти по забезпеченню радіаційної безпеки. Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97, Основні санітарні правила України ОСПУ- 97	2	3
	Підготовка до модульної контрольної роботи МКР2		5
Разом:		15	45

Консультації: Герасимов О.І., д.ф.-м.н., проф.; сер., 15.30, ауд.315

Прізвище і по батькові викладача, дні тижня та час за розкладом пар академічних годин, аудиторія.

## Практичний модуль ЗМП-1

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П1	<b>Розв'язання задач</b>		
	1. Визначення радіоактивності	4	10
	2. Елементи дозиметрії – визначення доз випромінювання та потужності доз.	4	10
	3. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною.	4	10
	4. Проходження гамма-випромінювання крізь речовину. Моделювання спектрів випромінювання за допомогою гамма-спектрометричної віртуальної лабораторії ГАММАЛАБ.	3	10
	Разом	15	40

Консультації: : Герасимов О.І., д.ф.-м.н., проф.; сер., 15.30, ауд.315

Прізвище і по батькові викладача, дні тижня та час за розкладом пар академічних годин, аудиторія.

### Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л1	· Підготовка до лекційних занять · ПМКР1 (обов'язковий)	20 5	1-7 тиждень
ЗМ-Л2	· Підготовка до лекційних занять · ПМКР2 (обов'язковий)	15 5	8- 15тиждень
ЗМ-П1	· Підготовка до практичних занять · Розв'язання задач (обов'язковий)	40	1-15 тиждень
	· Підготовка до заліку	5	
	Разом:	90	

#### 1.Методика проведення та оцінювання контрольного заходу ЗМ-Л1.

Модульна контрольна робота МКР1 проводиться у тестовому форматі по завершенню опрацювання матеріалів лекційних занять. Модульна контрольна робота складається з 25 тестових завдань, які охоплюють всі теми даного модуля навчальної дисципліни. Оцінка за правильну відповідь на одне питання – 1 бал. Максимальна оцінка за виконання модульної контрольної роботи дорівнює 25 балам.

#### 2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу ЗМ-Л2.

Модульна контрольна робота МКР2 проводиться у тестовому форматі по завершенню опрацювання матеріалів лекційних занять. Модульна

контрольна робота складається з 25 тестових завдань, які охоплюють всі теми даного модуля навчальної дисципліни. Оцінка за правильну відповідь на одне питання – 1 бал. Максимальна оцінка за виконання модульної контрольної роботи дорівнює 25 балам.

### **3. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу ЗМ-П1.**

Виконання завдань модуля проводиться у вигляді опрацювання та виконання завдань у вигляді розв'язання задач. Максимальна оцінка за виконання модуля ЗМП1 дорівнює 50 балам.

**4. Методика проведення та оцінювання заліку.** Допуск до семестрового заліку за підсумками модульного накопичувального контролю регламентуються п. 2.4 Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів, а саме, студент вважається допущеним до підсумкового семестрового контролю з навчальної дисципліни, якщо він виконав всі види робіт, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни і набрав за модульною системою суму балів не менше 50 балів за теоретичну та практичну частину (для заліку). Якщо дисципліна закінчується заліком, то аспірант пише залікову контрольну роботу, а інтегральна оцінка (В) по дисципліні розраховується за формулою

$$B = 0,75 \times OЗ + 0,25 \times OЗКР,$$

де ОЗ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) за змістовними модулями; ОЗКР – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) залікової контрольної роботи. Аспірант, який не має на початок заліково-екзаменаційної сесії заборгованості по дисципліні, що завершується заліком, отримує якісну оцінку («зараховано» або «не зараховано»), якщо має на останній день семестру інтегральну суму балів поточного контролю, достатню (60балів та більше) для отримання позитивної оцінки, та не менше 50 балів за залікову контрольну роботу. Білет ЗКР у формі тестів складається з 20-питань, в які входять теми лекційних та практичних модулів. Максимальна можлива оцінка 100 балів еквівалентна 100% правильних відповідей.

## **3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ**

**Повчання по послідовному вивченню теоретичного матеріалу.**

**Модуль ЗМ-Л1 .**

***Тема 1.1 Радіоактивність. Іонізуючі випромінювання (ІВ). Види ІВ.***

Радіація. Природні та штучні джерела радіоактивного забруднення. Захист від радіації.

Природна та штучна радіація характеризується двома поняттями:

1) радіоактивність; 2) дози випромінювання. Перше поняття характеризує радіоізотоп, а друге - взаємодію іонізуючого випромінювання з речовиною.

Для професійної підготовки студентів питання джерел іонізуючих випромінювань є предметом вивчення, метою якого є знайомство з

правилами, нормами та стандартами, прийнятими в Україні, при поводженні з РАВ.

Радіоактивність- це хаотичне перетворення одних атомних ядер в інші у супроводженні посилення ядерних частинок або квантів електромагнітного випромінювання. Види радіоактивності, серед яких основні це альфа-випромінювання, бетта-випромінювання та гамма-випромінювання.

#### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. - Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
2. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). – Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
3. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т.- Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.
4. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
5. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
6. Широков Ю. М., Юдин К. П. Ядерная физика. М.: Наука, 1972.- 672с.
7. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К.1997. -209 с.

#### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

1. \*Що називається радіоактивністю?
  2. \*Назвіть основні види іонізуючого випромінювання?
  3. \*Що називається альфа-випромінюванням?
  4. Яка природа бетта-випромінювання?
  5. Що являє собою гамма-випромінювання?
- (\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмінь, навичок).

#### ***Тема 1.2 Джерела радіаційного забруднення***

Деякі речовини є небезпечними, оскільки дають іонізуючі випромінювання. Серед основних понять радіоекології – іонізуючі випромінювання та їх небезпечність.

Ці випромінювання утворюють так звані джерела. Джерелами іонізуючого випромінювання можуть бути речовини 1) природного та антропогенного походження. Джерелами іонізуючого випромінювання можуть бути радіоактивні відходи - речовини антропогенного походження.

Класифікація радіоактивних відходів можлива за різними показниками, але найголовнішою з них є міра безпеки для людського здоров'я.

Радіація. Природні та штучні джерела радіоактивного забруднення. Захист від радіації.

Природна та штучна радіація характеризується двома поняттями:

- 1) радіоактивність; 2) дози випромінювання. Перше поняття характеризує

радіоізопоп, а друге - взаємодію іонізуючого випромінювання з речовиною.

Для професійної підготовки студентів питання джерел іонізуючих випромінювань є предметом вивчення, метою якого є знайомство з правилами, нормами та стандартами, прийнятими в Україні, при поводженні з РАВ.

#### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. - Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
2. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). – Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
3. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т.- Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.
4. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
5. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
6. Широков Ю. М., Юдин К. П. Ядерная физика. М.: Наука, 1972. - 672с.
7. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К.1997. -209 с.

#### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

1. \* Джерела іонізуючого випромінювання
2. \*Що являють собою штучні джерела радіоактивності?
3. \*Назвіть основні джерела іонізуючого випромінювання?  
(\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

#### **Тема 1.3 Взаємодія ІВ з речовиною. Вплив ІВ на біологічні об'єкти.**

##### ***Захист від іонізуючих випромінювань. Біологічна дія іонізуючого випромінювання***

При вивченні цього розділу потрібно розглянути питання взаємодії різних видів іонізуючого випромінювання з речовиною. Розібрати основні механізми взаємодії за теорією та моделлю Бора.

Біологічний вплив радіації використовують у медицині для локального знищення органічної тканини ракової пухлини.

Ядерні випромінювання є небезпечними для людини. Негативний вплив зростає із збільшенням інтенсивності радіації.

Багато питань, зокрема питання впливу радіації на здоров'я людини, залишаються ще не вивченими. Серед них – питання впливу малих доз радіації.

Радіація завдає значного збитку здоров'ю людей, які мешкають в місцевостях, що зазнають дії радіації, веденню сільського господарства в цьому районі, організації відпочинку людей, призводить до ушкодження архітектурних споруд, пам'ятників історії та культури і так далі.

Радіація діє на всіх біологічних рівнях – від молекул до окремих органів.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. - Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
2. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). – Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
3. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т.- Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.
4. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
5. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
6. Широков Ю. М., Юдин К. П. Ядерная физика. М.: Наука, 1972.- 672с.
7. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К.1997. -209 с.

## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. \*Як захиститися від радіації?
2. \*Який з радіонуклідів був найбільш небезпечним у перший тиждень після аварії на ЧАЕС?
3. Який з радіонуклідів після аварії на ЧАЕС є найбільш небезпечним у наш час?
4. \*Яка біологічна дія радіації?
5. \*Як називається речовина, добавка якої дозволяє знизити швидкість хімічної реакції?
6. \*Який вплив малих доз радіації?  
(\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

### Тема 1.4 Дози ІВ. Потужність доз ІВ.

Доза випромінювання – це енергетична характеристика іонізуючого випромінювання. Доза еквівалентна в органі чи тканині НТ — величина, що визначається як добуток поглиненої дози в окремому органі чи тканині на радіаційний зважуючий фактор  $w_R$ :  $H_T = D w_R$  Одиниця еквівалентної дози в системі СІ - Зіверт (Зв). 1 Зв = 100 бер. Для вивчення теми рекомендовано користуватися методичними вказівками до практичних занять. Дозиметр гамма-бета випромінювань РКС-01 "СТОРА" призначений для індивідуального та колективного користування при вимірюванні потужності експозиційної дози (ПЕД) гамма-випромінювання, а також щільності потоку бета-частинок. Прилад призначений для вимірювання фону в місцях проживання і праці населення, контролю радіаційної чистоти житлових та промислових приміщень, будівель та споруд, предметів побуду, одягу, території, що прилягає, ґрунту, транспортних засобів. В основі роботи приладу лежить іонізаційний метод реєстрації ядерного випромінювання. В якості детектора в приладі використовується лічильник Гейгера-Мюлера. Діапазон вимірювання потужності експозиційної дози (ПЕД), мР/рік 0,01-

100; Межа основної відносної похибки вимірювання ПЕД, що визначена за допомогою зразкового джерела Cz-37 при довірчій ймовірності 0,95, %  $\pm 25$ ; Діапазон енергій гамма-випромінювання, MeV 0,05-3,0 19

### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Рома В.В., Степова О.В. Моніторинг довкілля: Навчальний посібник. Полтава: ПолтНТУ, 2016. 117с.
2. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Фізичні основи радіометрії та дозиметрії: Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2008. 33с.
3. Курятников В.В., Кільян А.М. Радіоекологія: Методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2002. 35с.

### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

1. \*Що називається поглинутою дозою?
2. Як визначити еквівалентну дозу для дорослих і дітей в атмосферному повітрі?
3. \* Як визначити експозиційну дозу та потужність дози фотонного випромінювання?

(\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

### **Тема 1.5 Атомна енергетика та її вплив на довкілля**

Потрапляння в повітряне середовище радіоактивних речовин: в атмосферу парів, газів, аерозолів та інших шкідливих речовин; у водне середовище рідких та твердих радіоактивних речовин - прямий результат неправильної експлуатації реактора на ЧАЕС, а також недосконалості технологічного устаткування, що призвело у квітні 1986 року до теплового вибуху реактора і пожежі. Наслідки аварії на Чорнобильській АЕС залишаються важкими для України та сусідніх країн і зараз.

У перші дні (8 діб) після аварії найбільш небезпечним був ізотоп йоду-131. Але надійних фільтрів для уловлювання цього ізотопу не було у промисловому виробництві навіть для ліквідаторів аварії і пожежників.

На думку гігієністів частинки пилу розміром 5 мкм і менше можуть проникати глибоко в легені, аж до альвеоли. Пил розміром 5-10 мкм в основному потрапляє у верхні дихальні шляхи, майже не проникаючи до легенів. Пил несприятливо впливає на органи дихання, зору, шкіру. Найбільш серйозні наслідки викликає систематичне вдихання радіоактивного пилу, а також пилу, що містить діоксин кремнію SiO<sub>2</sub>.

Сучасний радіаційний стан України пов'язаний перш за все з радіонуклідами цезію-137 та стронцію-90, які утворилися у результаті аварії, і період напіврозпаду яких складає 30 років.

### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. - Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
2. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). – Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
3. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т.- Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.
4. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
5. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
6. Широков Ю. М., Юдин К. П. Ядерная физика. М.: Наука, 1972. - 672с.
7. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К.1997. -209 с.

### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

1. Які види іонізуючого випромінювання найбільш небезпечні?
2. Від яких видів іонізуючого випромінювання найбільш складно захиститись?
3. Що було причиною аварії на ЧАЕС?
4. Що дає безвідходна технологія?
5. Від яких видів іонізуючого випромінювання найбільш складно захиститись?

(\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмінь, навичок).

### **Лекційний модуль ЗМ-Л2**

#### **Тема 2.1 Методи вимірювань радіоактивності та доз випромінювання**

Промислові підприємства, об'єкти енергетики, зв'язки і транспорт є основними джерелами енергетичного забруднення промислових регіонів, міського середовища, будинків та природних зон.

Дія іонізуючого випромінювання на людину може відбуватися в результаті зовнішнього і внутрішнього опромінення. Зовнішнє опромінення викликають джерела рентгенівського і у-випромінювання, потоки протонів і нейтронів. Внутрішнє опромінення спричиняють частинки, які потрапляють в організм людини через органи дихання.

При вивченні цього розділу потрібно розглянути питання методів вимірювань радіоактивності та доз випромінювання.

### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. - Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
2. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). – Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
3. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т.- Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.

4. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
5. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
6. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К.1997. -209 с.

### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

1. \*Що є основними джерелами енергетичного забруднення промислових регіонів?
2. \*Що називається внутрішнім опроміненням?
3. \*Що називається зовнішнім опроміненням?
4. Які найбільш шкідливі радіоізотопи залишилися після аварії на ЧАЕС?  
(\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

### **Тема 2.2 Міграція радіонуклідів. Контроль радіаційного забруднення. Радіаційний моніторинг.**

Міграція радіонуклідів в атмосфері. Радіонукліди потрапляють в атмосферу разом з викидами промислових підприємств. Росповсюдження в тропосфері та стратосфері. Період напіввипадіння. Зони забруднення.

Міграція радіонуклідів у водному середовищі. Радіонукліди накопичуються у поверхневому шарі води. Так, у водосховищах у поверхневому шарі концентрація радіоізотопів може доходити до 370 мБк/л, а в товщі води – 185 мБк/л. У ґрунті дна водойм концентрація радіонуклідів у десятки разів вища, ніж у воді, внаслідок їх адсорбції на поверхні мінеральних і органічних речовин. Тому гідробіоти, які ведуть бентозний (донний) або прибентозний спосіб життя, уражаються від радіаційного забруднення більшою мірою, ніж пелагічні (ті, які живуть у товщі води). Водні рослини більш стійкі до опромінення, ніж тварини.

Роль морів і океанів у підтриманні стабільності всієї біосфери величезна. Додаткове локальне забруднення морських екосистем відбувається від скидань і викидів ядерних реакторів, заводів із виробництва ядерного палива, від захоронення у морей радіоактивних відходів, аварій та ін.

Найважливішою складовою поверхневого стоку радіонуклідів у морські екосистеми є стік рік. Так, стік Дніпра є визначальним в оцінці депонування радіонуклідів, зумовлених Чорнобильською аварією, в Чорному морі й Світовому океані. За проведеними оцінками активність стоку радіонуклідів у Чорне море становить  $(185-740) \cdot 10^{10}$  Бк (50-200 Ки) на рік. У морській воді містяться також природні радіонукліди. Це насамперед калій-40, уран, торій, радій і рубідій. Штучні радіонукліди представлені продуктами поділу урану і радіонуклідами, що утворилися зі стабільних елементів після активації нейтронами.

Міграція радіонуклідів в ґрунті. Ґрунтові води.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. - Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
2. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). – Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
3. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т.- Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.
4. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
5. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
6. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К.1997. -209 с.

## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. \*Що є основним приймачем радіоактивних опадів на Землі?
  2. \*Що є основними переносниками радіоактивних речовин з ґрунту в організм тварин і людини?
  3. Від яких факторів залежить радіоактивне забруднення продукції рослинництва?
  4. Де накопичення радіонуклідів проходить інтенсивніше?
  5. Як може здійснюватися міграція радіонуклідів у ґрунті?
  6. Як радіонукліди з гірських порід можуть потрапляти у море?
- (\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмінь, навичок).

## **Тема 2.3 Сучасна радіаційна ситуація в Україні. Ліквідування наслідків радіаційного забруднення**

Основним приймачем радіоактивних опадів на Землі є ґрунт. Але ґрунт значною мірою вкритий рослинами, сумарна площа листя може в багато разів перевищувати площу ґрунту, на якій вони ростуть.

Міграція радіонуклідів у ґрунті може здійснюватися поверхневими та ґрунтовими стоками води, процесами дефляції (перенесення ґрунтових мас водою), вітрової ерозії (перенесення ґрунтових мас вітром), тваринами. Певне місце у цьому має і антропогенний фактор, зокрема, сільськогосподарська, транспортна, будівнича, вугільно - та рудно-добувна діяльність тощо.

Рослинний покрив і тварини є важливим регулюючим фактором перерозподілу радіонуклідів у ґрунті.

Із рештками рослин, відходами тваринництва радіоактивні речовини знову потрапляють у ґрунт і знову починають свій шлях ланцюгами живлення.

Після Чорнобильської аварії у навколишньому середовищі залишилися багато радіоізотопів цезію-137 та стронцію-90, які мають період напіврозпаду 30 років і продовжують розпадатися.

Потрібно також розглянути питання біологічного впливу радону, концентрації якого найбільші на гірських ландшафтах.

#### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. - Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
2. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). – Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
3. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т.- Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.
4. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
5. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
6. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К.1997. -209 с.

#### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

1. \*Що називається радіацією?
  2. \*Що називається питомою радіоактивністю?
  3. \*Які Ви знаєте дози випромінювання?
  4. \*Які основні властивості та різновиди іонізуючих випромінювань?
  5. \*Які засоби для вимірювань радіоактивності?
  6. Яка доза характеризує кількість енергії іонізуючого випромінювання, поглинутої одиницею маси речовини?
  7. \*Як може здійснюватися міграція радіонуклідів у ґрунті?
- (\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

#### ***Тема 2.4 Міжнародні та українські законодавчі акти по забезпеченню радіаційної безпеки. Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97, Основні санітарні правила України ОСПУ- 97***

На заняттях потрібно надати слухачам базові знання: Радіоактивність атмосфери, ґрунтів та природних вод. Шляхи і форми надходження радіоактивних речовин у природні екосистеми.

Мета заняття - вивчення міжнародних та українських законодавчих актів по забезпеченню радіаційної безпеки.

Студенти мають ознайомитися з міжнародними законодавчими актами:

- рекомендації Міжнародної комісії з радіологічного захисту (МКРЗ), видані у 1989-1996рр.;
- Міжнародні основні норми безпеки для захисту від іонізуючих випромінювань та безпеки джерел випромінювання (МАГЛТЕ, 1994, 1996.1997, Серія "Безпека" Ма 115) та інші публікації МАГАТЕ серії "Безпека".

***Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97, НРБУ-97 є основним***

державним документом, що встановлює *систему радіаційно-гігієнічних регламентів* для забезпечення прийнятних рівнів опромінення як для окремої людини, так і суспільства взагалі.

Метою НРБУ-97 є визначення основних вимог до:

- охорони здоров'я людини від можливої *шкоди*, що пов'язана з опроміненням від *джерел іонізуючого випромінювання*;
- безпечної експлуатації *джерел іонізуючого випромінювання*.
- охорони навколишнього середовища.

Зазначена мета НРБУ-97 досягається шляхом введення гігієнічних регламентів, які забезпечують:

- запобігання виникнення *детерміністичних ефектів* у осіб, що зазнали опромінення;
- обмеження на прийнятному рівні імовірності виникнення *стохастичних ефектів*.

НРБУ-97 не поширюються на:

- опромінення від *природного радіаційного фону*;
- опромінення в умовах *повного звільнення практичної діяльності* (*джерел іонізуючого випромінювання*) від регулювання

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. - Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
2. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). – Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
3. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т.- Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.
4. Герасимов.О.І. та ін. Методичні вказівки до розв'язання задач з дисципліни «Радіоекологія» -Одеса: ОДЕКУ, 2012. 60с.
5. Курятников В.В. Методичні вказівки для практичних занять з дисципліни “Основи технологій захисту навколишнього середовища”, частина1: “Методи контролю та очищення довкілля від фізичних забруднень” для студентів рівня вищої освіти «бакалавр» за спеціальністю «Технології захисту навколишнього середовища», Одеса, ОДЕКУ, 2020 р., 48 с.
6. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К.1997. -209 с.
7. Герасимов О.І. Радіаційна безпека при здійсненні окремих видів діяльності в сфері використання ядерної енергії: посібник Одес. держ. еколог. ун-т. – Одеса: 2022. – 80 с.
8. Герасимов О.І., Курятников В.В., Кудашкіна Л.С., Співак А.Я., Кільян А.М. Методи організації радіаційної безпеки: навчальний посібник. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2022. 183 с.

#### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.\* Визначити період напіврозпаду за даними вимірювання питомої

активності ізотопів?

2. Визначити питому активність ізотопів  $q$ , Бк/кг цезію  $^{137}$  за даними періоду його напіврозпаду, який дорівнює 30 років

3. Радіаційне забруднення молока відповідає об'ємній активності  $A_v=370$  Бк/л. Розрахувати річну еквівалентну дозу  $H_T$  на організм дорослої людини, якщо об'єм споживання молока складає 0,5 л на добу і об'ємна активність його зберігається на протязі року.

(\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

## **Практичний модуль ЗМ-П1. Повчання до практичних занять**

### **Тема 3.1 Визначення радіоактивності.**

Радіоактивність – це явище самодовільного розпаду атомного ядра, при якому одне атомне ядро перетворюється в інше. При цьому випромінюються ядерні частинки, або гамма-кванти.

Радіометр – це прилад для вимірювання радіації. Бета-радіометр РУБ-01П призначений для виміру питомої і об'ємної активності бета-випромінюючих нуклідів у проб природного середовища.

Принцип дії сцинтиляційних радіометрів заснований на перетворенні світлових спалахів у чуттєвому об'ємі детектора в імпульси струму. Прилади дозволяють проводити експресні виміри об'ємної активності проб рідин і газів, питомої активності сипучих харчових продуктів і ґрунту, а також питомої активності проб, приготовлених з використанням методів концентрування і радіохімічного виділення. З цією метою бета-радіометр постачається відповідними блоками детектування.

### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Рома В.В., Степова О.В. Моніторинг довкілля: Навчальний посібник. Полтава: ПолтНТУ, 2016. 117с.

2. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Фізичні основи радіометрії та дозиметрії: Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2008. 33с.

3. Курятников В.В., Кільян А.М. Радіоекологія: Методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2002. 35с.

### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

1. \*Які механізми взаємодії бета-випромінювання з речовиною ?
2. \*Що називається коефіцієнтом поглинання ?
3. \*Яке призначення бета-радіометра РУБ-01П ?
4. \*Який принцип роботи детектора в радіометрі РУБ-01П ?



5. \*Яке призначення фотоелектронного помножувача ФЕП?
  6. \*Як здійснюється калібрування бета-радіометра?
  7. Як залежить активність радіоактивного препарату від часу?
  8. \*Що називається періодом напіврозпаду?
  9. Яка одиниця коефіцієнту поглинання в системі СІ?
  - 10\*. Визначити період напіврозпаду цезію 137 за даними вимірювання питомої активності ізотопів  $q$ , Бк/кг, яка дорівнює  $3,2 \cdot 10^{15}$  Бк/кг.  $M \ q \ NA \times \ln 2 \times = 30$  років. Відповідь: 30 років.
- (\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

### **Тема 3.2 Елементи дозиметрії – визначення доз випромінювання та потужності доз.**

Доза випромінювання – це енергетична характеристика іонізуючого випромінювання. Доза еквівалентна в органі чи тканині НТ — величина, що визначається як добуток поглиненої дози в окремому органі чи тканині на радіаційний зважуючий фактор  $w_R$ :  $H_T = D w_R$  Одиниця еквівалентної дози в системі СІ - Зіверт (Зв).  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$ .

Дозиметри гамма-бета випромінювань призначені для індивідуального та колективного користування при вимірюванні потужності експозиційної дози (ПЕД) гамма-випромінювання, а також щільності потоку бета-частинок. Прилади призначені для вимірювання фону в місцях проживання і праці населення, контролю радіаційної чистоти житлових та промислових приміщень, будівель та споруд, предметів побуду, одягу, території, що прилягає, ґрунту, транспортних засобів. В основі роботи приладу лежить іонізаційний метод реєстрації ядерного випромінювання. В якості детектора в приладі використовується лічильник Гейгера-Мюлера. Діапазон вимірювання потужності експозиційної дози (ПЕД), мР/рік 0,01-100; Межа основної відносної похибки вимірювання ПЕД, що визначена за допомогою зразкового джерела Cz-37 при довірчій ймовірності 0,95, %  $\pm 25$ ; Діапазон енергій гама-випромінювання, МеВ 0,05-3,0 19

#### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Рома В.В., Степова О.В. Моніторинг довкілля: Навчальний посібник. Полтава: ПолтНТУ, 2016. 117с.
2. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Фізичні основи радіометрії та дозиметрії: Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2008. 33с.
3. Курятников В.В., Кільян А.М. Радіоекологія: Методичні вказівки до

лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2002. 35с.

### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

1. \* Визначити еквівалентну дозу для дорослих і дітей в атмосферному повітрі.
- 2 Розрахувати еквівалентну дозу на поверхні землі, що утворює фотонне випромінювання від хмарини радіоактивних газів суміші ізотопів.
1. \*Визначити експозиційну дозу та потужність дози фотонного випромінювання. (\*- питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмінь, навичок).

### **Тема 3.3 Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною.**

Проходження іонізуючого випромінювання крізь речовину супроводжується різноманітними процесами взаємодії ядерних частинок з атомами і молекулами речовини. Енергетичний або будь-який інший (наприклад розподіл імпульсів за часом) спектр іонізуючого випромінювання пов'язаний з цими процесами. Знаючи спектр іонізуючого випромінювання, можна визначити радіонукліди, яким він належить і їх концентрацію. Гамма-спектри напівпровідникових та сцинтиляційних детекторів під час вимірювань широкого кола джерел, довільної просторової конфігурації та радіонуклідного складу дозволяють отримати інформацію про процеси взаємодії. До основних механізмів взаємодії належать: 1) іонізація атомів речовини; 2) вторинні процеси рекомбінації утворених іонів; 3) збудження атомів і молекул речовини під дією заряджених частинок іонізуючого випромінювання.

### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Рома В.В., Степова О.В. Моніторинг довкілля: Навчальний посібник. Полтава: ПолтНТУ, 2016. 117с.
2. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Фізичні основи радіометрії та дозиметрії: Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2008. 33с.
3. Курятников В.В., Кільян А.М. Радіоекологія: Методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2002. 35с.

### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

1. \*Чим відрізняється апаратурний спектр імпульсів від енергетичного спектра ядерних частинок?
2. \*Що описує функція відгуку?
3. \*Що називається чутливістю гамма-спектрометра?
4. \*Що називається енергетичним розділенням гамма-спектрометра?

5. \*Як визначається "мертвий" час приладу?
  6. \*Що являє собою канал амплітудного аналізатора?
  7. \*Які функції виконує одноканальний амплітудний аналізатор? 8. \*Скільки каналів містять в собі сучасні багатоканальні аналізатори?
  9. Які функції виконує аналоговий цифровий перетворювач?
- (\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

### **Тема 3.4 Проходження гамма-випромінювання крізь речовину. Моделювання спектрів випромінювання за допомогою гамма-спектрометричної віртуальної лабораторії ГАММАЛАБ.**

Мета дозиметричного і радіометричного контролю - оцінка потужності дози  $\gamma$ -фону при роботі з джерелами опромінення, а також визначення поверхневого забруднення різних об'єктів і обладнання РР. Визначення радіаційного забруднення здійснюється за наступною послідовністю: - відбір та підготовка проб для дослідження; - підготовка приладу до роботи; - вимірювання фону; - вимірювання радіоактивного випромінювання від проби; - розрахунок рівня забрудненості проби та зрівняння його з нормою. У реєстраційному журналі записують час, місце відбору проби, найменування проби, результати вимірювання. Відбір проб рослин проводиться на тих самих ділянках, що і проб ґрунту. У сучасних умовах необхідно мати ефективні методи реєстрації і контролю радіоактивного забруднення води, ґрунту, кормів для тварин, продуктів харчування для людини і в цілому довкілля. Моделювання спектрів випромінювання за допомогою гамма-спектрометричної віртуальної лабораторії ГАММАЛАБ – це шлях для вирішення таких задач.

Спектрометр іонізуючого випромінювання - це прилад, за допомогою якого можна визначити енергетичний або будь-який інший (наприклад розподіл імпульсів за часом) спектр іонізуючого випромінювання. Знаючи спектр іонізуючого випромінювання, можна визначити радіонукліди, яким він належить і їх концентрацію. У склад гамма-спектрометра входить детектор гамма-випромінювання, який перетворює спектр гамма-випромінювання в спектр амплітуд імпульсів напруги, і аналізатор імпульсів. Програмний комплекс GammaLab, призначений для моделювання в реальному часі апаратурних гамма-спектрів напівпровідникових та сцинтиляційних детекторів під час вимірювань широкого кола джерел, довільної просторової конфігурації та радіонуклідного складу.

#### *ЛІТЕРАТУРА*

1. Рома В.В., Степова О.В. Моніторинг довкілля: Навчальний посібник.

Полтава: ПолтНТУ, 2016. 117с.

2. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Фізичні основи радіометрії та дозиметрії: Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2008. 33с.

3. Курятников В.В., Кільян А.М. Радіоекологія: Методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2002. 35с.

4. Давиденко В.М. Радіобіологія. Миколаїв: Видав. МДАУ, 2011. 265с.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. \*Охарактеризуйте суть і значення радіометрії.
2. \*Вкажіть класифікацію дозиметрів.
3. \*Вкажіть основні правила відбору проб для радіологічного аналізу.
4. Радіометрія це наука, що : - вивчає фізичні і хімічні явища в природі; - здійснює моніторинг радіаційного забруднення навколишнього середовища; - вивчає будову атома.

### Приклади розв'язання задач:

#### Тема 3.1 Розрахунки радіоактивності.

**Задача 1:** Визначити період напіврозпаду цезію 137 за даними вимірювання питомої активності ізотопів  $q$ , Бк/кг, яка дорівнює  $3,2 \cdot 10^{15}$  Бк/кг.

#### Розв'язання:

Період напіврозпаду визначається формулою

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2 \times N}{a},$$

де  $N = N_A \cdot \frac{m}{M}$ ,

$N_A$  - число Авогадро,  $M$  - молярна маса.

Отже  $T_{1/2} = \frac{\ln 2 \times N_A}{M \times q} = 30$  років.

**Відповідь:** 30 років.

#### Тема 3.2 Розрахунки доз радіації та дозових навантажень

**Задача 2:** Визначити еквівалентну дозу випромінювання для окремих органів людини (таблиця зважуючих факторів  $w_R$  наведена у НРБУ-97)

**Доза випромінювання** – це енергетична характеристика іонізуючого випромінювання.

**Доза еквівалентна** в органі чи тканині  $H_T$  — величина, що визначається як добуток поглиненої дози в окремому органі чи тканині на

радіаційний зважуючий фактор  $w_R$  :

$$H_T = D w_R$$

Одиниця еквівалентної дози в системі СІ - Зіверт (Зв). 1 Зв = 100 бер.

Якщо поглинена доза  $D=0,2$  Гр.(20 рад), а  $w_R=0,1$ , то  $H_T=0,2 \times 0,1=0,02$  Зв, або 20 мЗв.

**Задача 3:** Радіаційне забруднення питної води відповідає об'ємній активності  $A_v=370$  Бк/л. Розрахувати річну еквівалентну дозу  $H_T$  на організм дорослої людини, якщо об'єм споживання води складає 2 л на добу і об'ємна активність води зберігається на протязі року.

**Розв'язання:**

Дозовий коефіцієнт розраховується за формулою і для води він дорівнює

$$B_{ig} = \Gamma Д / \Gamma Р П = 10^{-3} / 7,1 \times 10^4 = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ (Зв/Бк)}.$$

Використовуючи значення дозового коефіцієнта та об'єм річного споживання води  $V=2 \cdot 365=730$  л/рік =  $0,73$  м<sup>3</sup>/рік, за формулою (4.3) отримаємо еквівалентну дозу

$$H_T = 370 \times 10^3 \times 1,4 \times 10^{-8} \times 0,73 = 3,7 \times 10^{-3} \text{ Зв/рік}.$$

**Відповідь:** еквівалентна доза дорівнює 3,7 мЗв/рік

**Задача 4:** Під час аварії на АЕС річний викид ізотопу йоду  $I^{131}$  в атмосферу складає  $Q = 8,1 \cdot 10^{11}$  Бк.

Розрахувати еквівалентну дозу на щитовидну залозу дорослої людини, що потрапляє в організм через органи дихання, якщо відомо, що коефіцієнт метеорологічного розбавлення дорівнює  $G=5 \cdot 10^{-8}$  с/м<sup>3</sup>.

**Розв'язання:**

Об'ємна активність повітря розраховується за формулою

$$A_n = Q \times G / t = 8,1 \times 10^{11} \times 5,0 \times 10^{-8} / 3,16 \times 10^7 = 1,3 \times 10^3 \text{ Бк/м}^3,$$

де  $t = 3,16 \cdot 10^7$  с = 1 рік.

Еквівалентна доза розраховується за формулою

$$H_T = A_n \times B_i \times \eta,$$

і дорівнює

$$H_T = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ Зв/рік}.$$

**Відповідь:** еквівалентна доза дорівнює  $3,2 \cdot 10^{-6}$  Зв/рік.

### Тема 3.4 Розрахунки товщини екранів

Одним з методів захисту (але, не основним) є захисні екрани, які поглинають або гальмують високоенергетичні частинки іонізуючого випромінювання. Щоби розрахувати товщини екранів потрібно записати закон поглинання, наприклад, експоненціальний для гамма-випромінювання, та задати коефіцієнт поглинання випромінювання.

**Задача 5.** Розрахувати товщину екрана, матеріал якого має коефіцієнт поглинання  $0,1 \text{ м}^{-1}$ , для половинного поглинання гамма-випромінювання.

#### **4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ**

##### **Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1**

1. \*Що означає період напіврозпаду радіонукліда?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
2. \* Джерела іонізуючого випромінювання  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
3. \*Що називається радіоактивністю?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
4. \*Назвіть основні види іонізуючого випромінювання?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
5. Чому дорівнює ліміт дози опромінювання для осіб категорії В згідно НРБУ-97?  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
6. В яких одиницях системи SI вимірюється активність радіоактивної речовини?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
7. Як змінюється активність радіоактивної речовини за один період напіврозпаду?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
8. У скільки разів біологічна еквівалентна доза кратна до поглинутої дози рентгенівського випромінювання?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
9. Яку середню ефективну дозу випромінювання на Україні отримає людина щорічно внаслідок природного  $\gamma$ -фону?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;
10. Як називається вплив іонізуючого випромінювання на потомство опроміненої людини?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;
11. Як співвідносяться між собою одиниці еквівалентної дози випромінювання 1 бер і 1 Зв?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;
12. Яка їжа – рослинна чи тваринна, містить більше радіонуклідів та чому?  
*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;
13. За допомогою яких приладів визначають потужність дози випромінювання?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;
14. Загальна кількість розпадів, що відбувається в радіоактивній речовині за одиницю часу, називається...  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
15. Шляхи потрапляння радіонуклідів в організм людини через продукти

харчування.

*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;

16. Поверхнєве та структурне забруднення харчових продуктів радіонуклідами

*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;

17. Що називають трофічними ланцюгами потрапляння радіонуклідів в організм людини?

*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219

18. Чому основною одиницею дози випромінювання для урбосистем є 1 людино-Зіверт?

*Література:* [1]- с.81; [2]- с.113 -122; [3]- с.219-222;

19. Для якого міста України в результаті аварії на ЧАЕС колективна доза була максимальною?

*Література:* [1]- с.81; [2]- с.113 -122; [3]- с.219-222;

20. На якому з ефектів заснований іонізаційний метод реєстрації іонізуючого випромінювання?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

21. При електронному бета-розпаді випромінюється...

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

22. Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найменша?

*Література:* [1]- с.75-77,83-90; [2]- с.72-73; [3]- с.178 -197;

23. На якому з ефектів заснований сцинтиляційний метод реєстрації радіації?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

24. Що називається радіоактивністю?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

25. Як змінюється кількість радіоактивних ядер за один період напіврозпаду?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

26. Які радіонукліди були найбільш небезпечні відразу ж після аварії на ЧАЕС?

*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;

27. Ізотопами називаються атоми, зарядові (Z) і масові (M) числа, а також періоди напіврозпаду (T) яких знаходяться в співвідношенні...

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

28. За допомогою яких приладів визначали потужність дози випромінювання під час аварії на ЧАЕС?

*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;

29. Елементи, ядра яких мають однакову кількість протонів, називаються...

- Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
30. Що є джерелом радіоактивного забруднення?  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
31. Як співвідносяться між собою одиниці поглинутої дози випромінювання 1 Грей і 1 рад?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
- 32.Електронний бета-розпад супроводжується...  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
33. Які радіонукліди після аварії на ЧАЕС найбільш небезпечні в даний час?  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
34. Яка з частинок має один протон і один електрон?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
35. Ізобарами називаються атоми, зарядові (Z) і масові (M) числа, а також періоди напіврозпаду (T) яких знаходяться в співвідношенні...  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
36. Яка з частинок має один протон і два нейтрони?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
37. Яка з доз випромінювання є лімітом дози для осіб категорії А згідно НРБУ-97?  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
38. Внаслідок яких явищ відбувається ослаблення гамма-випромінювання в речовині?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
39. Як змінюється активність радіоактивної речовини за один період напіврозпаду?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
40. У скільки разів еквівалентна доза опромінення кратна до поглинутої дози рентгенівського випромінювання?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
41. Що означає ТВЕЛ?  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
42. Як при  $\alpha$  - розпаді змінюється масове число?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
43. Яке рівняння описує закон радіоактивного розпаду, якщо N- кількість активних ядер?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
44. За два періоди напіврозпаду активність радіоактивної речовини...  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
- 45.Що являє собою саркофаг над реактором 4-го енергоблока ЧАЕС?  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;



46. Які радіонукліди після аварії на ЧАЕС були найбільш небезпечні в перші дні після аварії?

*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;

47. Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найбільша?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

48. Як зміниться кількість радіоактивних ядер за два періоди напіврозпаду?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

49. В яких одиницях системи SI вимірюється питома активність радіоактивної речовини?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

50. Причини аварії на ЧАЕС.

*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;

### **Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л2**

1. \*Що є основними джерелами енергетичного забруднення промислових регіонів?

*Література:* [2]- с.7-28; [3]- с.10,153.

2. \*Що називається внутрішнім опроміненням?

*Література:* [2]- с.97; [3]- с.178.

3. \*Що називається зовнішнім опроміненням?

*Література:* [2]- с.97; [3]- с.178.

4. Які найбільш шкідливі радіоізотопи залишилися після аварії на ЧАЕС?

*Література:* [3]- с.198.

5. Що відноситься до шляхів міграції радіонуклідів в біосфері?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

6. На яких елементах ландшафту інтенсивність міграції радіонуклідів не залежить від оточуючих ландшафтів?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

7. Які фізичні процеси відбуваються при потраплянні радіонуклідів у водне середовище?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

8. Чи відносяться сільськогосподарчі роботи на забрудненій території до шляхів міграції радіонуклідів в біосфері?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

9. Чи відносяться вітровий переніс до шляхів міграції радіонуклідів в біосфері?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

10. Як відбувається водна міграція радіонуклідів на забрудненій території?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

11. Чи відносяться переніс радіонуклідів птахами та тваринами на

забрудненій території до шляхів міграції радіонуклідів в біосфері?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

12. Чи відносяться водна міграція роботи на забрудненій території до шляхів міграції радіонуклідів в біосфері?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

13. Які ландшафти називають автономними?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

14. Де інтенсивніше відбувається міграція радіонуклідів - у лісі чи на пагорбі?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

15. Який ґрунт найбільш затримує радіонукліди при їх міграції?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

16. Які фізичні процеси переносу мають місце у випадку міграції радіонуклідів у водному середовищі?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

17. Що являють собою донні відкладення радіонуклідів?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

18. Як потрапили радіонукліди від аварії на ЧАЕС у північно-західну частину Чорного моря?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

19. Чи містять у собі радіонукліди донні відкладення Дніпровського басейну?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

20. Чи містять у собі радіонукліди донні відкладення північно-західної частини Чорного моря?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

21. Як відбувається затримання радіонуклідів лісовими системами на забрудненій території?

*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;

22. Що більше поглинає радіонукліди – стовбур дерева, чи його листя?

*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;

23. Як впливає радіація на дерева у лісі?

*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;

24. Як відбувається міграція радіонуклідів у гумусі лісового ґрунту?

*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;

25. Чи є радіоактивними стовбури дерев у лісі на забрудненій радіоактивними речовинами території?

*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;

26. Які природні процеси відносяться до шляхів міграції радіонуклідів в біосфері?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

27. Чи змінювалася крони дерев на забруднених територіях після аварії на ЧАЕС?  
*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;
28. Які наслідки мала міграція радіонуклідів на екологічний стан країни?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;
29. Які наслідки мала водна міграція радіонуклідів після аварії на АЕС у м. Фукусіма?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;
30. Чи відбулося радіаційне забруднення вод Тихого океану внаслідок водної міграції радіонуклідів після аварії на АЕС у м. Фукусіма?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;
31. Де накопичення радіонуклідів відбувається більше – у гумусі лісу, чи у балці або у байраку?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;
32. Чому у балці або у байраку не накопичуються радіонукліди?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;
33. Яку небезпеку має пожежа у радіаційно забрудненому лісі?  
*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;
34. Як впливають дифузійні процеси на інтенсивність міграції радіонуклідів у водному середовищі?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;
35. Міграція радіонуклідів у лісі.  
*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;
36. Яке місце у міграції радіонуклідів у лісових системах має хвоя?  
*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;
37. Що більше є радіаційно забрудненим – хвоя чи листя дерев?  
*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;
38. Чи працює закон Дарсі для ґрунту при міграції в ньому радіонуклідів?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
39. Яке місце мають гриби у перерозподілі радіонуклідів у лісових системах?  
*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;
40. Які наслідки має пожежа у радіаційно забрудненому лісі?  
*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;
41. На яких геологічних ландшафтах міграція радіонуклідів інтенсивніша – на автономних, чи геологічно підлеглих?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
42. Які ландшафти називають геологічно підлеглими?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
43. Як впливає на процес горіння шар хвойних голок під деревами у радіаційно забрудненому лісі під час пожежі?

*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;

44. На яких геологічних ландшафтах відбувається змивання радіонуклідів під час дощу?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

45. Міграція якого ізотопу більша – розчиненого у воді цезію, чи дисперсного стронцію?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

46. Яке значення у міграції радіонуклідів має вітровий переніс?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

47. Як відбувається міграція радіонуклідів ґрунтовими водами?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

48. Як відбувається міграція радіонуклідів поверхневими водами?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

49. Чим небезпечні гриби у забруднених радіонуклідами лісових системах?

*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;

50. Які наслідки призвела міграція радіонуклідів через біосферу на сусідні країни світу?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с. с.90-93,108,125-128; [3]- с.204- 207;

51. Чи можливо використовувати дерева із зони ЧАЕС для будівництва у містах?

*Література:* [1]- с.81; [2]- с.113 -122; [3]- с.219-222;

52. Які процеси описує модель Лоткі-Вольтерра?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;

53. Шляхи потрапляння радіонуклідів в організм людини через продукти харчування.

*Література:* [1]- с.75-80; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;

54. На якому рівні відбувається вплив іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти?

*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.68-72; [3]- с.210- 219;

55. Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найменша?

*Література:* [1]- с.27; [2]- с.29-52; [3]- с.210- 219;

### **Тестові завдання залікової контрольної роботи**

1. Які з перелічених забруднення належать до радіаційних?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

2. Джерела іонізуючого випромінювання

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

3. Що називається радіоактивністю?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

4. Назвіть основні види іонізуючого випромінювання?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

5. Чому дорівнює ліміт дози опромінювання для осіб категорії В згідно НРБУ-97?

*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;

6. В яких одиницях системи SI вимірюється активність радіоактивної речовини?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

7. Як змінюється активність радіоактивної речовини за один період напіврозпаду?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

8. Елементи, ядра яких мають однакову кількість нейтронів, називаються...

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

9. За два періоди напіврозпаду активність радіоактивної речовини...

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

10. Загальна кількість розпадів, що відбувається в радіоактивній речовині за одиницю часу, називається...

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

11. На якому з ефектів заснований іонізаційний метод реєстрації іонізуючого випромінювання?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

12. Які дози радіації називають малими?

*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;

13. Яка з частинок має один протон і один нейтрон?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

14. При електронному бета-розпаді випромінюється...

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

15. Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найменша?

*Література:* [1]- с.75-77,83-90; [2]- с.72-73; [3]- с.178 -197;

16. На якому з ефектів заснований сцинтиляційний метод реєстрації радіації?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

17. Що називається радіоактивністю?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

18. Розподіл радіонуклідів ЧАЕС в урбосистемах.

*Література:* [1]- с.81; [2]- с.113 -122; [3]- с.219-222;

19. Які радіонукліди були найбільш небезпечні відразу ж після аварії на ЧАЕС?

*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;

20. З яких частинок складається  $\alpha$  - частинка?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

21. Ізотопами називаються атоми, зарядові (Z) і масові (M) числа, а також

періоди напіврозпаду (Т) яких знаходяться в співвідношенні...

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

22. За допомогою яких приладів визначали потужність дози випромінювання під час аварії на ЧАЕС?

*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;

23. Що називають трофічними ланцюгами потрапляння радіонуклідів в організм людини?

*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;

24. Чому основною одиницею дози випромінювання для урбосистем є 1 людино-Зіверт?

*Література:* [1]- с.81; [2]- с.113 -122; [3]- с.219-222;

25. Для якого міста України в результаті аварії на ЧАЕС колективна доза була максимальною?

*Література:* [1]- с.81; [2]- с.113 -122; [3]- с.219-222;

26. Що є джерелом радіоактивного забруднення?

*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;

27. Як співвідносяться між собою одиниці поглинутої дози випромінювання 1 Грей і 1 рад?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

28. Електронний бета-розпад супроводжується...

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

29. Які радіонукліди аварії на ЧАЕС найбільш небезпечні в даний час?

*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;

30. Яка з частинок має один протон і один електрон?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

31. Яка модель атомного ядра пояснює процес поділу важких ядер?

*Література:* [1]- с.75-77,83-90; [2]- с.72-73; [3]- с.178 -197;

32. Ізобарами називаються атоми, зарядові (Z) і масові (M) числа, а також періоди напіврозпаду (Т) яких знаходяться в співвідношенні...

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

33. Яка з частинок має один протон і два нейтрони?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

34. Що є властивістю ядерних сил?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

35. Як при  $\alpha$  - розпаді змінюється масове число?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

36. Яке рівняння описує закон радіоактивного розпаду, якщо N- кількість активних ядер?

*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

37.Що являє собою саркофаг над реактором 4-го енергоблока ЧАЕС?

*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;

38. Які радіонукліди після аварії на ЧАЕС були найбільш небезпечні в перші дні після аварії?  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
39. Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найбільша?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
40. Причини аварії на ЧАЕС.  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
41. Який тип у реактора, який вибухнув на 4-му енергоблоці ЧАЕС?  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
42. Що означає ТВЕЛ?  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
43. На яких елементах ландшафту інтенсивність міграції радіонуклідів мінімальна?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
44. На яких елементах ландшафту інтенсивність міграції радіонуклідів не залежить від оточуючих ландшафтів?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
45. Які фізичні процеси відбуваються при потраплянні радіонуклідів у водне середовище?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;
46. Чи відносяться сільськогосподарчі роботи на забрудненій території до шляхів міграції радіонуклідів в біосфері?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
47. Як відбувається водна міграція радіонуклідів на забрудненій території?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;
48. Чи відносяться переніс радіонуклідів птахами та тваринами на забрудненій території до шляхів міграції радіонуклідів в біосфері?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
49. Чи відносяться водна міграція на забрудненій території до шляхів міграції радіонуклідів в біосфері?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;
50. Які ландшафти називають автономними?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
51. Де інтенсивніше відбувається міграція радіонуклідів - у лісі чи на пагорбі?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
52. Який ґрунт найбільш затримує радіонукліди при їх міграції?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
53. Що являють собою донні відкладення радіонуклідів?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

54. Як потрапили радіонукліди від аварії на ЧАЕС у північно-західну частину Чорного моря?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

55. Одиницею якої дози випромінювання є 1 людини - Зіверт?

*Література:* [1]- с.81; [2]- с.113 -122; [3]- с.219-222;

56. Чи відбувається вплив іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти на рівні молекул?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;

57. Чи відбувається вплив іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти на рівні окремих органів?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;

58. Яка їжа – рослинна чи тваринна, містить більше радіонуклідів та чому?

*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;

59. Поверхнєве та структурне забруднення харчових продуктів радіонуклідами

*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;

60. Чи містять у собі радіонукліди донні відкладення Дніпровського басейну?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

61. Як відбувається затримання радіонуклідів лісовими системами на забрудненій території?

*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;

62. Що більше поглинає радіонукліди – стовбур дерева, чи його листя?

*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;

63. Чи відбулося радіаційне забруднення вод Тихого океану внаслідок водної міграції радіонуклідів після аварії на АЕС у м. Фукусіма?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

64. Де накопичення радіонуклідів відбувається більше – у гумусі лісу, чи у балці або у байраку?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

65. Яку небезпеку має пожежа у радіаційно забрудненому лісі?

*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;

66. Які наслідки має пожежа у радіаційно забрудненому лісі?

*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;

67. На яких геологічних ландшафтах міграція радіонуклідів інтенсивніша – на автономних, чи геологічно підлеглих?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

68. На яких геологічних ландшафтах відбувається змивання радіонуклідів під час дощу?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

69. Міграція якого ізотопу більша – розчиненого у воді цезію, чи



дисперсного стронцію?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

70. Як відбувається міграція радіонуклідів ґрунтовими водами?

*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;

71. При радіаційному опромінюванні живих організмів летальна доза 50 на 30 (LD 50/30) означає, що

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;

72. Які середні значення річної ефективної дози, що отримує людина у розвинутих країнах світу?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;

73. Що називають трофічними ланцюгами потрапляння радіонуклідів в організм людини?

*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;

74. В яких продуктах споживання міститься максимальна кількість радіоактивних речовин?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;

75. Заходи зменшення радіонуклідів в урбосистемах після аварії на ЧАЕС.

*Література:* [1]- с.81; [2]- с.113 -122; [3]- с.219-222;

76. Методи кулінарної обробки сировини в умовах підвищеного забруднення радіонуклідними речовинами.

*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;

77. Яку середню ефективну дозу випромінювання на Україні отримує людина щорічно внаслідок природного  $\gamma$ -фону?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;

78. Як називається вплив іонізуючого випромінювання на потомство опроміненої людини?

*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210.

79. Чи зменшується вміст радіоізоотопу при консервуванні?

*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;

80. Сепарація радіонуклідів при надходженні радіонуклідів з ґрунту через кореневу систему рослин

*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;

## **ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Основна література**

1. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. - Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
2. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). – Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
3. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т.- Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.

### Додаткова література

1. Герасимов.О.І. та ін. Методичні вказівки до розв'язання задач з дисципліни «Радіоекологія» - Одеса: ОДЕКУ, 2012. 60с.
2. Сайт кафедри загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ. URL: [www.dpt12s.odeku.edu.ua](http://www.dpt12s.odeku.edu.ua)
3. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. - Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
4. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник.- Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
5. Gerasymov O. I., Andrianova I.S. Radiation safety: Textbook. Odesa: Odessa State Environmental University, 2020. 137.
6. Курятников В.В. Методичні вказівки для практичних занять з дисципліни “Основи технологій захисту навколишнього середовища”, частина 1: “Методи контролю та очищення довкілля від фізичних забруднень” для студентів рівня вищої освіти «бакалавр» за спеціальністю «Технології захисту навколишнього середовища», -Одеса, ОДЕКУ, 2020 р., 48 с.
7. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт з дисципліни „Фізичні основи радіометрії та дозиметрії”для студентів 4-го курсу денної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища». - Одеса: ОДЕКУ, 2008р., 33 с. укр. Мова
8. Курятников В.В., Кільян Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Радіоекологія” для студентів 3-го курсу очної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища» – Одеса: ОДЕКУ, 35 с. укр. Мова
9. Герасимов О. І., Андріанова І. С., Курятников В. В.,Співак А. Я. Посібник для пошукувачів рівня підготовки доктор філософії за спеціальністю Технології захисту навколишнього середовища: навчальний посібник. Одеса, Одеський державний екологічний університет, 2021. 213 с. ISBN 978-966-186-180-9
10. Герасимов О.І., Курятников В.В., Кудашкіна Л.С., Співак А.Я., Кільян А.М. Методи організації радіаційної безпеки: навчальний посібник. Одеса : Одеський державний екологічний університет. 2022. 183 с. ISBN 978-966-186-213-4
11. Широков Ю. М., Юдин К. П. Ядерная физика. -М.: Наука, 1972.- 672с.
12. Шеин Е.В. Курс физики почв.: Учебник. - М.: Изд. МГУ, 2005. – 432 с.
13. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К: 1997. -209 с.

## ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

### Основна література

1. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. - Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
2. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). – Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134с.
3. Герасимов О.І., Курятников В.В., Кудашкіна Л.С., Співак А.Я., Кільян А.М. Методи організації радіаційної безпеки: навчальний посібник. Одеса : Одеський державний екологічний університет, 2022. 183 с.
4. Герасимов О.І. Радіаційна безпека при здійсненні окремих видів діяльності в сфері використання ядерної енергії: посібник Одес. держ. еколог. ун-т. – Одеса : 2022. – 80 с.
5. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т.- Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.

### Додаткова література

1. Герасимов.О.І. та ін. Методичні вказівки до розв'язання задач з дисципліни «Радіоекологія» - Одеса: ОДЕКУ, 2012. 60с.
2. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля. Навчальний посібник. - Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
3. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник.- Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
4. Gerasymov O. I., Andrianova I.S. Radiation safety: Textbook. Odesa: Odessa State Environmental University, 2020. 137.
5. Курятников В.В. Методичні вказівки для практичних занять з дисципліни “Основи технологій захисту навколишнього середовища”, частина 1: “Методи контролю та очищення довкілля від фізичних забруднень ” для студентів рівня вищої освіти «бакалавр» за спеціальністю «Технології захисту навколишнього середовища», -Одеса, ОДЕКУ, 2020 р., 48 с.
6. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт з дисципліни „Фізичні основи радіометрії та дозиметрії”для студентів 4-го курсу денної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища». - Одеса: ОДЕКУ, 2008р., 33 с. укр. Мова
7. Курятников В.В., Кільян Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Радіоекологія” для студентів 3-го курсу очної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища» – Одеса: ОДЕКУ, 35 с. укр. Мова

8. Широков Ю. М., Юдин К. П. Ядерная физика. - М.: Наука, 1972.- 672с.
9. Шейн Е.В. Курс физики почв.: Учебник. - М.: Изд. МГУ, 2005. – 432 с.
10. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К: 1997. -209 с.
11. Сайт кафедри загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ. URL:  
[www.dpt12s.odeku.edu.ua](http://www.dpt12s.odeku.edu.ua)