


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення  
спеціальності  
протокол № 3 від «02.11» 2021 року  
Голова групи  Герасимов О.І.

УЗГОДЖЕНО

Декан природоохоронного факультету  
 Чугай А.В.  
(назва факультету, прізвище, ініціали)

**СИЛЛАБУС**

навчальної дисципліни

**Радіоекологія**

(назва навчальної дисципліни)

Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр та назва спеціальності)

Технології захисту навколишнього середовища

(назва освітньої програми)

бакалавр

(рівень освіти)

заочна

(форма навчання)

3

(рік навчання)

6/180

(семестр навчання)

(кількість кредитів ЄКТС/годин)

іспит

(форма контролю)

кафедра загальної та теоретичної фізики

(кафедра)

Одеса, 2021 р.

Автори: Герасимов О.І., зав. кафедри загальної та теоретичної фізики, д.ф.-м.н., проф.; Курятников В.В., доцент кафедри загальної та теоретичної фізики, к.ф.-м.н., доцент; Співак А.Я., ст. викл. кафедри загальної та теоретичної фізики, к.ф.-м.н.

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

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри загальної та теоретичної фізики від «13» жовтня 2021 року, протокол № 3.

Викладачі: Лекційні модулі – Співак А.Я., ст. викл. кафедри загальної та теоретичної фізики, к.ф.-м.н.

Практичні модулі – Співак А.Я., ст. викл. кафедри загальної та теоретичної фізики, к.ф.-м.н.

---

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

---

Рецензент \_\_\_\_\_ Софронков О.Н., зав. каф. хімії навколишнього середовища, 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	<p><b>Мета</b> дисципліни полягає у формуванні у студентів загального уявлення про закономірності міграції радіонуклідів в біосфері та про вплив іонізуючого випромінювання на біосистеми надорганізованого рівня організації. Програма дисципліни переслідує мету підготовки фахівців, що уміють грамотно і чітко вирішувати практичні і теоретичні важливі радіоекологічні задачі.</p>
Компетентність	<p><b>Код та зміст компетентності згідно з освітньою програмою:</b></p> <p><b>К01.</b>Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p><b>К09.</b> Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.</p> <p><b>К16.</b> Здатність до управління (розміщення і утилізація) відходами.</p> <p><b>К20.</b> Здатність застосовувати теоретичні концепції, що базуються на досягненнях фундаментальних наук до моделювання динаміки станів систем довкілля, оцінки та прогнозування наслідків впливу зовнішніх факторів з метою вибору адекватних заходів забезпечення елементів довкілля.</p> <p><b>К23.</b> Здатність оцінювати рівень екологічної загрози від радіаційного та інших техногенних випромінювань.</p> <p><b>К25.1</b> Володіння методами контролю радіаційного стану продукції харчового та промислового виробництва за допомогою радіометричних та дозиметричних приладів різних систем, здатність визначати відповідні дозові навантаження.</p> <p><b>К25.2</b> Володіння методами системної радіоекології, які включають здійснювання технологічного аудиту і радіаційного контролю систем захисту довкілля за допомогою радіометричних та дозиметричних приладів, здатність визначати дозові навантаження на основні елементи довкілля.</p>

Результат навчання	<p><b>ПР04</b> Обґрунтовувати природозахисні технології, базуючись на теоретичному змісті предметної області.</p> <p><b>ПР14</b> Вміти обґрунтовувати ступінь відповідності наявних або прогнозованих екологічних умов завданням захисту, збереження та відновлення навколишнього середовища.</p> <p><b>ПР15</b> Вміти здійснювати фізичне моделювання кінетичних процесів у задачах довкілля, прогнозування характеру міграції забруднюючих речовин у біосфері.</p> <p><b>ПР18</b> Знати та вміти застосовувати методи та прилади контролю у радіо-дозиметрії та спектроскопії іонізуючого випромінювання.</p> <p><b>ПР22.1</b> Вміти за відомими алгоритмами, використовуючи прилади радіоекологічної лабораторії, досліджувати радіаційну активність продуктів харчової промисловості та дози випромінювання. Здійснювати контроль радіаційного стану технологічних об'єктів, зв'язаних з виробництвом харчової продукції.</p> <p><b>ПР23.1</b> Вміти за відомим алгоритмом здійснювати технологічний аудит та контроль радіаційного стану технологічних об'єктів.</p>
Базові знання	<p>Закономірності, розподіли та шляхи міграції радіонуклідів у природних середовищах, в екосистемах та їх складових елементах ;</p> <p>Наслідки для біологічних систем радіоактивного забруднення; Механізми самоочищення екосистем від радіоактивного забруднення; Науково-обґрунтовані підходи до ліквідації наслідків радіоактивного забруднення навколишнього середовища.</p>
Базові вміння	<p>Оцінювати рівень небезпеки радіоактивного забруднення:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- розробляти схеми аналізу шляхів міграції радіонуклідів у природних середовищах і екосистемах ;</li> <li>-організовувати життєдіяльність в умовах радіоактивного забруднення, що забезпечує мінімізацію дозових навантажень.</li> </ul>
Базові навички	<p>1.Базова навичка - користуватися побутовими та дослідницькими приладами для вимірювання рівня радіоактивності;</p> <p>2.Базова навичка - застосовувати заходи захисту від радіації.</p>
Пов'язані силлабуси	-

Попередня дисципліна	-
Наступна дисципліна	Основи радіаційної безпеки
Кількість годин	Лекції (настановна): 2 Лабораторні 4 консультації: 8 самостійна робота студентів: 166 іспит

## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Лекційні модулі

Теоретичний матеріал з дисципліни «Радіоекологія» надає студентам заочної форми навчання можливість отримати в дистанційному режимі необхідний матеріал задля опанування означеного навчального курсу. У нижченаведеній таблиці представлена інформація щодо змісту лекційних модулів навчальної дисципліни.

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	<b>Загальні засади радіоекології</b>	1	
	1.Наукові основи радіоекології та історичні етапи її розвитку		6
	2.Характеристика сучасного радіаційного стану України. Наслідки аварії на Чорнобильській АЕС		6
	3.Основні поняття і принципи радіоекології		6
	4.Радіоекологія водних екосистем		6
	5.Радіоекологія лісових екосистем		6
	Підготовка до модульної контрольної роботи МКР1		5
ЗМ-Л2	<b>Міграція радіонуклідів</b>	1	
	1.Міграція радіонуклідів у відкритих та гірських ландшафтах		9
	2.Поведінка радіонуклідів в агроценозах		9
	3.Міграція радіонуклідів трофічними ланцюгами до людини		9
	4.Особливості надходження, розподілу і перерозподілу радіонуклідів в урбосистемах		9
	Підготовка до модульної контрольної роботи МКР2		5
Разом:		2(наставні)	76

**Настановна лекція** – 2 аудиторні години (за розкладом настановної

сесії). **Викладач:** – Співак А.Я., ст. викл. кафедри загальної та теоретичної фізики, канд. ф.-м. наук.

На настановній лекції студентам доводяться загальний огляд та особливості вивчення навчальної дисципліни, огляд програми навчальної дисципліни, в т.ч. графік її вивчення, перелік базових знань та вмінь (компетентності), огляд завдань на самостійну роботу, графік та форми їх контролю, форми спілкування з викладачем під час самостійного вивчення дисципліни, графік отримання завдань, відомості про систему доступу до навчально-методичних матеріалів, у тому числі через репозитарій електронної навчально-методичної та наукової літератури та систему дистанційного навчання університету тощо.

**Консультації:** Викладач: Співак А.Я., ст. викл. кафедри загальної та теоретичної фізики, канд. ф.-м. наук. (e-mail: [spivaka@ukr.net](mailto:spivaka@ukr.net)). Сайт кафедри загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ. URL: [www.dpt12s.odeku.edu.ua](http://www.dpt12s.odeku.edu.ua). Дні тижня: вівторок (15.00-16.00). Аудиторія 315 (НЛК №2).

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>Розрахунки перерозподілу радіоактивних речовин у довкіллі.</b> Практичні заняття-розв'язання задач			
	Тема1. Міграція радіонуклідів у водному середовищі.		6	
	Тема2. Дифузійні переноси через кордони «донні відкладення - водна товща».		6	
	Тема3. Джерела та шляхи надходження радіоактивних речовин в наземні екосистеми.		6	
	Тема4. Перерозподіл радіонуклідів в агроценозах		6	
	Тема5. Трофічні ланцюги міграції радіонуклідів		6	
	Разом:		30	

**Консультації:** Викладач: Співак А.Я., ст. викл. кафедри загальної та теоретичної фізики, канд. ф.-м. наук. (e-mail: [spivaka@ukr.net](mailto:spivaka@ukr.net) ). Сайт кафедри загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ. URL: [www.dpt12s.odeku.edu.ua](http://www.dpt12s.odeku.edu.ua). Дні тижня: вівторок (15.00-16.00). Аудиторія 315 (НЛК №2).

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

### Практичний модуль ЗМП-2

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
	<b>Лабораторні заняття</b>		
	1.Іонізаційні методи реєстрації ядерних частинок		8

ЗМ-П1	та гамма-квантів. Лічильник Гейгера-Мюллера.	4	8
	2. Сцинтиляційний метод реєстрації іонізуючого випромінювання.		
	3.Радіометрія. Радіометр РУБ-01. Визначення коефіцієнту поглинання бетта-випромінювання.		
	4.Елементи дозиметрії. Дозиметр «СТОРА». Визначення гамма-фону та густини потоку бетта-випромінювання.		
	5. Гамма-спектрометрія. Комп'ютерний комплекс ГАММАЛАБ.		
	Разом:	4	40

Консультації: Викладач: Співак А.Я., ст. викл. кафедри загальної та теоретичної фізики, канд. ф.-м. наук. (e-mail: [spivaka@ukr.net](mailto:spivaka@ukr.net)). Сайт кафедри загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ. URL: [www.dpt12s.odeku.edu.ua](http://www.dpt12s.odeku.edu.ua). Дні тижня: вівторок (15.00-16.00). Аудиторія 315 (НЛК №2).

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	<ul style="list-style-type: none"> <li>Самостійне вивчення тем теоретичної частини</li> <li>ПМКР1 (обов'язковий)</li> </ul>	30 5	Вересень-грудень 3-й рік навчання
ЗМ-Л2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Самостійне вивчення тем теоретичної частини</li> <li>ПМКР2 (обов'язковий)</li> </ul>	36 5	січень-квітень 3-й рік навчання
ЗМ-П1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Вивчення певних тем практичних модулів</li> <li>Розв'язання задач (обов'язковий)</li> </ul>	30	Вересень-квітень 3-й рік навчання
ЗМ-П2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Підготовка до лабораторних занять</li> <li>Захист робіт – (обов'язковий)</li> </ul>	40	квітень 3-й рік навчання
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Підготовка до іспиту</li> </ul>	20	
	Разом:	166	

**Навчальна практика** з “Радіоекології”, тривалість практики - 4 кредити, (120 годин), база практики – 1) лабораторії кафедри загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ; 2) Одеське відділення підприємства «Енергоатом» України; 3) Одеське відділення служби метрології України; 4) Товариство «Центр екологічної безпеки» (м.Одеса); 5) Експериментальна лабораторія радіометрії та дозиметрії

Експериментального центру ГП «Одесастандартметрологія»; б) Підприємства та служби з експлуатації телекомунікаційних мереж, м. Одеса; 7) За ініціативою студентів, що мають відповідні запрошення на проходження навчальної практики.

Зміст практики полягає у закріпленні теоретичних знань, отриманих під час лекційних занять, придбанні вмінь та навичок з питань іонізуючих випромінювань, радіометрії, спектрометрії та дозиметрії, навичок роботи з радіометричними та дозиметричними приладами, ознайомленні з гамма-спектрометричним устаткуванням.

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ**

Методика поточного та підсумкового контролю знань регламентує організацію контролю рівня знань, вмінь та навичок, набутих студентами при вивченні розділів дисциплін, які вивчаються в ОДЕКУ згідно з навчальним планом та робочої програми.

Освітній процес за заочною формою навчання складається з:

- настановної лекції;
- консультаційної сесії, під час якої можуть проводитися консультації тощо;
- другої частини заліково-екзаменаційної сесії, під час якої виконуються лабораторні роботи (за потреби та здійснюються семестрові контролюючі заходи);
- самостійної роботи студента з опанування теоретичним та практичним матеріалом і виконання інших завдань на самостійну роботу згідно з програмою навчальної дисципліни протягом навчального семестру або року.

Максимальна сума балів, яку може отримати студент, склавши всі теоретичні та практичні модулі на протязі семестру, береться рівною 100 балів.

Самостійна робота студента з дисципліни контролюється викладачем з використанням системи е-навчання, впровадженої в університеті.

Фактична сума балів, яку отримує студент за кожний модуль складається із підсумків виконання запланованих контрольних заходів, враховуючи своєчасність виконання студентом графіку навчального процесу.

Заплановано обов'язкове проведення 2-х модульних контрольних робіт з теоретичної частини.

### **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 модуля ЗМ-П1.**

Виконання завдань модуля проводиться у вигляді опрацювання та виконання завдань у вигляді розв'язування задач. Оцінка за виконання кожної теми -5 балів. Максимальна оцінка за виконання модуля - 25 балів.

## **4. Методика проведення та оцінювання модуля ЗМ-П2.**

Виконання завдань модуля проводиться у вигляді опрацювання та виконання лабораторних робіт. Формою контролю практичного модулю ЗМ-П2 є перевірка матеріалів виконаної лабораторної роботи. Заняття проводяться у лабораторіях кафедри загальної та теоретичної фізики.

**Перелік лабораторій:** Лабораторія радіоекології кафедри загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ.

1. Лабораторія – ауд.319 (навчально-лабораторний корпус 2).

Перелік лабораторного обладнання:

1. Обладнання 1 – радіо-дозиметричні прилади лабораторія радіоекології кафедри загальної та теоретичної фізики.

2. Обладнання 2 – гамма-спектрометрична комп'ютерна лабораторія.

Результати кожної лабораторної роботи підлягають захисту згідно діючих правил і норм. Максимальна оцінка за виконання кожної теми -5 балів. Максимальна оцінка за виконання модуля ЗМ-П2 -25 балів.

## **5. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для семестрового іспиту**

Контроль поточних знань виконується на базі кредитно-модульної системи організації навчання.

Якщо студент, який на дату контролюючого заходу не має заборгованості по виконанню міжсесійних та сесійних контролюючих заходів, то:

по дисципліні, яка завершується іспитом, має можливість скласти письмовий іспит.

Суми балів, які отримав студент за всіма змістовними модулями

навчальної дисципліни, формують інтегральну оцінку поточного контролю студента з навчальної дисципліни.

Інтегральна оцінка поточного контролю знань та вмінь студентів із навчальної дисципліни заочної форми навчання складається з оцінок обов'язкових контролюючих заходів теоретичного матеріалу та практичних завдань (ЗМ-Л, ЗМ-П) і є підставою для допуску до семестрового контролюючого заходу. Підсумковим контролем є іспит. Студент вважається допущеним до підсумкового семестрового контролю - Іспит, якщо він виконав практичну частину і набрав не менше 25 балів від загальної суми передбаченої за цей вид роботи.

В іншому випадку студент не допускається до іспиту. Загальна кількість балів підсумкового контролю складає **100 балів**.

Накопичена підсумкова оцінка засвоєння студентом заочної форми навчання навчальної дисципліни розраховується для дисциплін, що закінчуються іспитом, як:

$$ПО = 0,5ОПК + 0,5(ОЗЕ + ОМ).$$

де:

ОПК – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходу підсумкового контролю;

ОЗЕ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС під час проведення аудиторних занять;

ОМ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС у міжсесійний період.

Одержана накопичена підсумкова оцінка виставляється викладачем у заліково-екзаменаційну відомість встановленого зразка.

Заходи семестрового контролю (заліки або екзамени) можуть проводитися з використанням системи е-навчання; у цьому разі перелік цих заліків та екзаменів визначається наказом по університету. Підсумковий контроль (іспит) з дисципліни проводиться в період заліково-екзаменаційної сесії і складається з тестових завдань закритого типу, які потребують від студента вибору правильних відповідей з чотирьох запропонованих у запитанні. Тестові питання формуються по всьому переліку сформованих у навчальній дисципліні знань (в першу чергу базової компоненти), а їх загальна кількість складає 20 завдань. Повна правильна відповідь на 1 тестове завдання оцінюється у 5 балів. Оцінка успішності виконання студентом цього заходу здійснюється у формі кількісної оцінки (бал успішності) та максимально складає 100 балів. Іспит передбачає дві форми оцінювання успішності засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни: 1) кількісна оцінка (бал успішності); 2) якісна оцінка. Перехід від кількісної оцінки до якісної оцінки здійснюється за 4-х бальною системою відповідно до наступної шкали - за правильну відповідь: на 18-20 тестів, це 90-100 балів (90-100%) – «відмінно»; на 15-17 тестів, це 75-85 балів (74-89%) – «добре»; на 12-14 тестів, це 70-60 балів

(60-73%) – 60%) – «задовільно»; на менш ніж 12 тестів, це менше 60 балів («незадовільно»).

Якщо студент отримав на іспиті незадовільну оцінку, або не мав допуску до іспиту, він після ліквідації своєї заборгованості проходить тестування на комісії по тестах на базові знання та вміння.

Оцінка за іспит є середньоарифметичною з оцінок у відсотках за кожне питання.

Шкала переходу від оцінок за національною системою до системи ЄКТАС наведена у таблиці:

Критерії оцінювання екзаменаційних робіт за системою ECTS та системою університету

За шкалою ECTS	За національною системою	Визначення	За системою університету (у відсотках)
A	5 (відмінно)	відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90 - 100
B	4 (добре)	вище середнього рівня з кількома помилками	82 - 89
C	4 (добре)	в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	74 - 81
D	3 (задовільно)	непогано, але зі значною кількістю помилок	64 - 73
E	3 (задовільно)	виконання задовольняє мінімальним критеріям	60 - 63
FX	2 (незадовільно)	з можливістю перескласти	35 - 59
F	2 (незадовільно)	з обов'язковим повторним курсом навчання	1 - 34

Підсумковий семестровий контроль (ПСК) передбачає оцінювання успішності засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни у формі іспиту.

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

**Повчання по послідовному вивченню теоретичного матеріалу.**

**Модуль ЗМ-Л1 Загальні засади радіоекології**

***Тема 1.1 Наукові основи радіоекології та історичні етапи її розвитку***

Деякі речовини є небезпечними, оскільки дають іонізуючі випромінювання. Радіоекологія – це наука про розповсюдження радіоактивного забруднення у довкіллі і вплив радіації на здоров'я людини та людства в цілому. Шкідливі навантаження, радіаційний фон ускладнюють умови існування та життя і діяльності людини.

Промислове виробництво й інші види господарської діяльності людей супроводжуються забруднюванням, зокрема, радіаційним довкіллям.

Наукові основи радіоекології складають принципи та закони фізичних та біологічних явищ. Етапи її розвитку пов'язані з відкриттям у 1898 р. А.Беккерелем явища радіоактивності, роботами М.Кюрі, початком роботи у 1908 р. Петербурзького інституту радіологічних досліджень, відкриттям у 1910 р. в Одесі на вул.Пастера лабораторії радіобіологічних досліджень.

#### *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 з перелічених антропогенних забруднень належать до енергетичних?
  - 2.\*Які з перелічених антропогенних забруднень належать до матеріальних?
  - 3.\*Що вивчає радіоекологія?
  4. \*Що називається радіоекологією?
  5. \*Що називається радіоактивністю?
  6. \*Назвіть основні види іонізуючого випромінювання?
  7. \*Назвіть основні етапи розвитку радіоекології.
- (\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

### **Тема 1.2 Характеристика сучасного радіаційного стану України. Наслідки аварії на Чорнобильській АЕС**

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  $SiO_2$ .

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.\*Як захиститися від дисперсних аерозолів з рідкими частинками?
2. \*Який метод очищення повітря від аерозольних домішок ефективніший – гравітаційний чи відцентровий?
3. \*Який з радіонуклідів був найбільш небезпечним у перший тиждень після аварії на ЧАЕС?
4. Який з радіонуклідів після аварії на ЧАЕС є найбільш небезпечним у наш час?
5. Що було причиною аварії на ЧАЕС?

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

#### **Тема 1.3 Основні поняття і принципи радіоекології**

Серед основних понять радіоекології – іонізуючі випромінювання та їх небезпечність.

Ці випромінювання утворюють так звані джерела. Джерелами

іонізуючого випромінювання можуть бути радіоактивні відходи.

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

Їх збір і ліквідація регламентуються спеціальними санітарними правилами.

При вивченні цього розділу потрібно розглянути питання біологічного впливу радіації.

Так, наприклад цю дію 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.

Це 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.

Для того, щоб уникнути цих тяжких наслідків і підтримувати якість середовища, відбувається модернізація існуючого і розробка нових видів технологічного устаткування, в якому здійснена повна герметизація, автоматизація, дистанційне керування. Впроваджується безвідходна технологія, при якій виключаються викиди в атмосферу, виникають нові методи очищення повітря та води, розробляється і застосовується нове технологічне устаткування, до складу якого входять вбудовані агрегати для видалення і знешкодження шкідливих речовин.

#### *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. \*Яка біологічна дія радіації?

2. \*Як називається речовина, добавка якої дозволяє знизити швидкість хімічної реакції?
3. \*Який вплив малих доз радіації?
4. Що дає безвідходна технологія?
5. Які види іонізуючого випромінювання найбільш небезпечні?
6. Від яких видів іонізуючого випромінювання найбільш складно захиститись?

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

#### **Тема 1.4 Радіоекологія водних екосистем**

**Міграція радіонуклідів у водоймах.** У воду рік радіонукліди можуть потрапляти з гірських порід, що в різних кількостях містять радіоактивні елементи та продукти їх розпаду (уран, торій, калій-40, радон тощо). Радіоактивність поверхневих вод завжди значно нижча, ніж підземних. Найбільше урану, радію, торію міститься в підземних водах уранових покладів. Зі збільшенням глибини підземних водних джерел концентрація радіонуклідів в них підвищується.

У воді підземних джерел, що використовується для пиття людиною і тваринами, допускається вміст радіонуклідів тільки природного походження і в кількості, що не перевищує максимально допустимі норми для відкритих водойм.

У воду можуть потрапляти радіонукліди штучного походження, що потрапляють з атмосфери, з дощовими і талими водами, з відходами атомних реакторів, з підприємств радіохімічної промисловості і різних інших, що застосовують радіоізотопи.

Міграція радіонуклідів у водоймах забезпечується течіями, зоогідробіонтами, які поїдають фітогідробіонтів забруднених радіонуклідами.

У водоймах можуть зустрічатися тритій, цезій, цирконій, стронцій тощо.

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. Станом на 1965-1966 роки у водах Тихого океану концентрація стронцію-90 у поверхневому шарі води спостерігалась у 1,5 вищою, ніж на глибині 1000 м.

У ґрунті дна водойм концентрація радіонуклідів у десятки разів вища, ніж у воді, внаслідок їх адсорбції на поверхні мінеральних і органічних речовин. Тому гідробіонти, 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. Найбільші надходження радіонуклідів у моря й океани були під час випробувань ядерної зброї в 1950-1960 рр. Додаткове локальне

забруднення морських екосистем відбувається від скидань і викидів ядерних реакторів, заводів із виробництва ядерного палива, від захоронення у морях радіоактивних відходів, аварій та ін.

Більшість ядерних військових випробувань проводилися на континентальному шельфі й островах Тихого океану в 1946-1962 рр. Так, Великобританія провела кілька ядерних випробувань на Тихому океані в 1952-1958 рр., Росія проводила ядерні випробування на полігонах у полярних морях біля Кольського півострова і на Новій Землі.

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.

Інший важливий чинник міграції радіонуклідів у морях і океанах - хімічний склад води. Встановлено, що вміст Н, О, Na, С1 досягає 10-19 г/л, а К і Са - 380-400 мкг (у прісній воді їх вміст становить близько 10-8 г). Унаслідок цього прісноводні організми, у тому числі риби, поглинають значно більше Cs-137 і Sr-90, ніж морські.

#### *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. Як радіонукліди з гірських порід можуть потрапляти у море?
2. Що є найважливішою складовою поверхневого стоку радіонуклідів у морські екосистеми?
3. Коли відбулися найбільші надходження радіонуклідів у моря й океани?
4. Де вища концентрація радіонуклідів – у водоймі чи у ґрунті дна водойм?



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

### **Тема 1. 5. Радіоекологія лісових екосистем**

*Міграція радіонуклідів в лісі.* Серед природно-кліматичних зон ліс є такою, що найбільшою мірою накопичує радіонукліди, окрім того, ліс найдовше їх утримує. Найінтенсивніше радіонукліди накопичуються в рослинах. Так, у рослин до таких частин відносяться листя, плоди, ягоди, молоді пагони, внутрішня частина кори, колючки, а найменше радіонуклідів у деревині.

Рослини є основними переносниками радіоактивних речовин з ґрунту в організм тварин і людини. Хоча на переході ґрунт – рослина можна досить істотно впливати на нагромадження радіоактивних речовин сільськогосподарськими рослинами. Радіонукліди надходять у рослини тоді, коли вони переходять у ґрунтові розчини..

Радіоактивне забруднення продукції рослинництва залежить не тільки від ступеня забруднення ґрунту, але й від його здатності до зв'язування і утримування радіонуклідів. Ця здатність визначається фізико-хімічними та агрохімічними властивостями ґрунтів. Наприклад, на Поліссі вона найслабкіша, значно вища – у сірих лісових, ще вища - у чорноземів Лісостепу.

Накопичення радіонуклідів залежить також від фітомаси. Так, завжди радіонуклідів більше в наземній частині рослини, а серед наземної – в ягодах, плодах. Щодо тварин, то їх найбільше в шерсті, шкірі, червоному кістковому мозку, у паренхімі залоз внутрішньої секреції.

Накопичення радіонуклідів проходить інтенсивніше в умовах вологого клімату. Кількість опадів, вологість ґрунту впливають на міграцію радіонуклідів.

Міграція радіонуклідів повною мірою відповідає закону В.І. Вернадського про біогенну міграцію атомів, що формулюється так: міграція хімічних елементів на земній поверхні і в біосфері в цілому здійснюється або при безпосередній участі живої речовини (біогенна міграція), або ж протікає у середовищі, геохімічні особливості якого зумовлені живою речовиною, як тією, яка нині населяє біосферу, так і тією, яка діяла на Землі протягом всієї геологічної історії. Цей закон з особливою силою проявляється на такій природній арені, до якої відноситься ліс.

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

### **Лекційний модуль ЗМ-Л2 Міграція радіонуклідів**

#### **Тема 2.1 Міграція радіонуклідів у відкритих та гірських ландшафтах**

Промислові підприємства, об'єкти енергетики, зв'язки і транспорт є основними джерелами енергетичного забруднення промислових регіонів, міського середовища, будинків та природних зон. До джерел забруднення відносять дії радіонуклідів і іонізуючих випромінювань.

Студенти мають знати типи ландшафтів і перерозподіл радіонуклідів на них. Вони мають розрізняти, які ландшафти є автономними.

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 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 є основними джерелами енергетичного забруднення промислових регіонів?
  2. \*Які типи ландшафтів Ви знаєте?
  3. Як відбувається перерозподіл радіонуклідів на ландшафтах?
  4. \*Що називається внутрішнім опроміненням?
  5. \*Що називається зовнішнім опроміненням?
- (\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

### **Тема 2.2 Поведінка радіонуклідів в агроценозах**

Для професійної підготовки студентів питання перерозподілу радіонуклідів в агроценозах є предметом вивчення, метою якого є знайомство з сільськогосподарською радіоекологією, впливом радіоактивності мінеральних добрив, міграцією радіоізотопів у ґрунті.

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. Є повідомлення про те, що, наприклад, рапс підіймає радіонукліди глибини на поверхню ґрунту, здійснюючи якби вертикальну міграцію радіонуклідів у ґрунті.

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

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.

## *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. Еквівалентом якої одиниці є одиниця ефективної біологічної дози 1бер?

8. Що є джерелом радіоактивного забруднення ?

9. \*Як може здійснюватися міграція радіонуклідів у ґрунті?

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

### **Тема 2.3 Міграція радіонуклідів трофічними ланцюгами до людини**

Закономірності міграції радіонуклідів по харчових ланцюгах та накопичення радіонуклідів на різних трофічних рівнях.

Перед тим як потрапити в організм людини, радіоактивні речовини проходять складний шлях у навколишньому середовищі. Виникнення у біосфері продуктів ділення та включення їх у харчові ланцюги, зумовило надходження радіонуклідів у живі організми і стало причиною додаткового опромінення рослин, тварин та людини. Можна виділити наступні шляхи потрапляння радіонуклідів в організм людини через продукти харчування: рослина – людина; рослина – тварина – молоко – людина; рослина – тварина – м'ясо – людина; атмосфера – опади – водойми – риба – людина.

Розрізняють поверхневе та структурне забруднення харчових продуктів радіонуклідами. При поверхневому забрудненні радіоактивні речовини, перенесені повітряним середовищем осідають на поверхні продуктів, частково проникаючи всередину рослинної тканини. Більш ефективно радіоактивні речовини утримуються на рослинах з ворсистим покривом, в складках листя суцвіть. При цьому затримуються не тільки розчинні форми радіоактивних з'єднань, а й нерозчинні. Однак поверхневе забруднення легко видаляється навіть через декілька тижнів. Структурне забруднення обумовлене фізико-хімічними властивостями радіоактивних речовин, складом ґрунту, фізіологічними особливостями рослин. При

надходженні радіонуклідів з ґрунту через кореневу систему рослин, внаслідок дії сорбційних сил ґрунтового поглинального комплексу, відбувається сепарація радіонуклідів. Одні з них перебувають у ґрунті у порівняно доступному для рослин стані і тому велика їх кількість надходить у наземні частини рослин, а та частина, що міцно фіксується твердою фазою ґрунту, мало доступна для рослин.

Внесок грибів у біологічний кругообіг  $^{137}\text{Cs}$  у кілька разів перевищує внесок деревного і трав'янисто-чагарникового ярусу. Гриби є одним із головних факторів, що визначають роль підстилки як біохімічного бар'єру на шляху вертикальної міграції радіонуклідів у лісових екосистемах.

Зменшення кількості потрапляння радіонуклідів в організм з їжею можна досягти шляхом зменшення їх кількості в продуктах харчування за допомогою різних технологічних та кулінарних обробок харчової сировини. За рахунок обробки харчової сировини – ретельного миття, чистки продуктів, відділення малоцінних частин можливо видалити від 20 до 60 % радіонуклідів.

Найбільш ефективним методом кулінарної обробки сировини в умовах підвищеного забруднення радіонуклідними речовинами є варіння.

Зниження складу радіонуклідів у молочних продуктах можна досягти шляхом отримання із молока жирових та білкових концентратів. При переробці молока у вершки залишається не більше 9 % цезію і 5 % стронцію, в сирі – 21 % цезію та 27 % стронцію, в твердих сирах 10 % цезію і 45 % стронцію. У вершковому маслі близько 2 % цезію від його складу в молоці.

Фрукти і овочі, крім кулінарної обробки у домашніх умовах, у великій кількості переробляють у промислових умовах. Особливий інтерес становить вплив технологічного режиму виробництва на плодови і овочеві консерви. При нормальній технологічній переробці основних фруктів і овочів вміст стронцію у готовому продукті зменшується майже у 6 разів порівняно із сировиною.

Отже, щоб запобігти забрудненню продуктів харчування, необхідний їх радіаційний контроль.

Методи контролю харчових продуктів (МКХП) застосовують для проведення гігієнічного контролю, а також для оцінки радіаційної безпеки харчових продуктів. За допомогою (МКХП) встановлюють вимоги до відбору проб, методом лабораторних досліджень.

#### *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. \*На якому рівні відбувається вплив іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти?
2. \*Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найменша ?
3. \*У скільки разів зменшується активність радіоактивної речовини за один період напіврозпаду?
4. Чим відрізняється поверхневе та структурне забруднення харчових продуктів радіонуклідами?
5. Яким шляхом можна досягти зниження складу радіонуклідів у молочних продуктах?

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

#### **Тема 2.4 Особливості надходження, розподілу і перерозподілу радіонуклідів в урбосистемах**

Урбанізовані території характеризуються концентрацією техногенних джерел забруднення, а їх функціонування є головним чинником зміни довкілля.

Разом з антропогенними основні природні фактори є причиною формування екологічної ситуації на території міста.

Загрозами зовнішньому середовищу є чинники, які спроможні завдати шкоди навколишньому середовищу міста і зумовити погіршення в ньому безпечного для здоров'я людей стану.

Одеса – це велике багатофункціональне місто, антропогенне навантаження на яке є вкрай різноманітним, що зумовлює формування несприятливої екологічної ситуації.

Існуючі загрози урбанізованим територіям міста Одеса:

- високий рівень забруднення повітря викидами від Одеської ТЕЦ, яка палить вугілля, від пересувних, в основному автомобільний транспорт, і стаціонарних джерел забруднення;
- забруднення морського середовища радіаційно небезпечними товарами, які морськими судами потрапляють у Одеський торговий порт;
- забруднення морського середовища скидами забруднюючих речовин у складі стічних та інших зворотних вод і поверхневим стоком, будівництво атомних електростанцій вдовж узбережжя Чорного моря (проектуються у Туреччині);

- незадовільний стан водопровідної і каналізаційної мереж внаслідок бездіяльності керівництва містом, потрапляння забрудненої води у Чорне море, поблизу пляжів;
- недостатня якість питних вод з поверхневих та підземних джерел водопостачання внаслідок масових порушень природного стану ґрунту;
- забрудненість ґрунтового покриву важкими металами та нафтопродуктами;
- недостатній рівень озеленення окремих районів міста і незадовільний стан в них зелених насаджень, несанкціоноване спилювання дерев;
- формування техногенних ґрунтових вод і підтоплення значної частини території міста (Суворівський район);
- розвиток небезпечних геологічних процесів на узбережжі міста внаслідок несанкціонованого будівництва та знищення захисних зелених насаджень;
- наявність небезпечних джерел акустичного і електромагнітного забруднення (високовольтні лінії електропередач понад дахами жилих будинків);
- незадовільний стан радіаційного контролю продуктів споживання, які привозять з радіаційно небезпечних районів України;
- край незадовільний стан поводження з відходами виробництва та споживання, відсутність підприємств, що переробляють сміття, звалище сміття на краю міста;
- наявність екологічно небезпечних промислових об'єктів та незадовільний стан здоров'я жителів міста та як наслідок, збільшення смертності та зменшення народжуваності;
- низький рівень екологічної культури населення, забруднення вулиць міста побутовими відходами, недостатній транспорт для вивезення сміття;
- низький епідеміологічний стан міста, особливо у літній період, коли до моря приїжджає велика кількість людей, зруйновані служби СЕС, що були відповідні за цій стан;
- відсутність захисту населення від загроз пандемії;
- відсутність технологічних проектів захисту населення та навколишнього середовища від існуючих та можливих загроз;
- відсутність захисту населення від дій осіб, які задля свого збагачення несуть шкоду здоров'ю населення та навколишньому середовищу (знищують зелені насадження, палять багаття та ін. ), і це є навмисні ушкодження, які поки що, на жаль, не підлягають юридичному покаранню.

Але Одеса – це не тільки велике місто, антропогенне навантаження якого є вкрай різноманітним, але й територія, що зумовлює формування несприятливої екологічної ситуації в Україні.

Основні зусилля для поліпшення екологічної ситуації в місті мають бути спрямовані на охорону повітря, модернізацію водопостачання і водовідведення, попередження розвитку небезпечних геологічних процесів

на узбережжі Чорного моря у м. Одеса, удосконалення системи поводження з відходами виробництва та споживання,

Урбанізовані території є окремими джерелами забруднення та є одним із головних чинників зміни довкілля.

На одних кафедрах ОДЕКУ [6] запропонований SWOT-аналіз, який полягає у виявленні сильних (S) і слабких (W) сторін внутрішнього середовища об'єкта дослідження, можливостей (O) і загроз (T) зовнішнього середовища, а також встановлення зв'язків між ними. До речі, вони [6] не достатньо оцінюють радіаційні загрози місту.

На інших кафедрах вчені ОДЕКУ [1],[2],[3–4],[5] намагаються довести, що створення систем захисту людей і навколишнього середовища є зараз невідкладною задачею. Технологічні проекти захисту поки що відсутні, і це є дуже небезпечним. Пройшов час, коли велись балачки та політичні суперечки, і вже край потрібним є створення конкретних технологічних проектів захисту людей та довкілля.

Діяльність спеціальних організацій, які здійснюють утилізацію та захоронення радіоактивних відходів, відбувається на базі Українського державного підприємства «Радон».

Підприємство «Радон» є одним із спеціальних комбінатів України по захороненню радіоактивних відходів.

Питання переробки та утилізації радіоактивних відходів на пунктах захоронення стосуються розташування пунктів захоронення радіоактивних відходів, вимог до розміщення та обладнання пунктів захоронення.

#### 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. Сафранов, Т. А. and Приходько, В. Ю. and Шаніна, Т. П. and Гусєва, К. Д. (2019) *SWOT-аналіз екологічної складової урбанізованої території (на прикладі міста Одеса)*. Український гідрометеорологічний журнал, 23. pp. 121-134. ISSN 2311-0902
7. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97. К.1997. -209 с.

#### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що розуміють під урбанізованими територіями?
2. Які основні загрози існують для урбанізованих територій?



3. Які основні загрози для території м. Одеса є радіаційно небезпечними?
4. У яких спеціальних організаціях здійснюють утилізацію та захоронення радіоактивних відходів?
5. Чи є задовільним стан радіаційного контролю продуктів споживання, які привозять з радіаційно небезпечних районів України до м. Одеса?

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

#### **Розрахунки перерозподілу радіоактивних речовин у довкіллі.**

##### **Тема1. Міграція радіонуклідів у водному середовищі.**

На практичних заняттях потрібно надати слухачам базові знання: Радіація. Радіоактивність природних вод. Шляхи і форми надходження радіоактивних речовин у водні екосистеми . Розподіл радіонуклідів між рідкою і твердою фазами у водному середовищі . Механізми розподілу.

Рекомендується розв'язання задач про міграцію радіонуклідів у водному середовищі. Приклади задач наведені у наступному розділі силлабуса.

##### **Тема2. Дифузійні переноси через кордони « донні відкладення - водна товща ».**

Програмою ОПП рекомендується розібрати наступні питання: Рециклінг радіонуклідів з донних відкладень у воду. Механізми рециклінгу: ресуспензія опадів; перемішування опадів (фізичний масопереніс і біотурбації ) ; кореневе живлення вищих водних рослин; десорбція радіоцезію внаслідок конкурентних взаємин з іоном амонію. Роль деструкційної діяльності донної бактеріофлори в накопиченні амонію в донних відкладеннях. Механізми самоочищення. Самоочисний потенціал водних екосистем різного типу. Рекомендується розібрати задачу дифузії. Приклади задач наведені у наступному розділі силлабуса.

##### **Тема3. Джерела та шляхи надходження радіоактивних речовин в наземні екосистеми.**

Програмою ОПП рекомендується розібрати наступні питання: Пряме надходження. Загальна схема міграції радіонуклідів в наземному середовищі.

Міграція радіонуклідів у ґрунті. Горизонтальна міграція та її механізми (стік поверхневих вод; паводкові і дощові потоки ; міграція тварин; господарська діяльність людини). Міграція в ґрунтовому шарі ( вертикальна міграція ). Механізми розподілу радіонуклідів між твердою і рідкою фазами ґрунту , фактори, що регулюють розподіл. Коефіцієнт розподілу. Міграція з ґрунтовими частинками. Міграція через розчини. Поведінка в ґрунті основних дозоутворюючих « постчорнобильських » елементів - радіоізотопів цезію та стронцію. Аеральне забруднення рослин. Адсорбція твердих аерозольних частинок на поверхні рослин. Абсорбція радіонуклідів листям і включення в метаболізм. Найкращою формою практичних занять є розв'язання задач з даної теми.

##### **Тема4. Перерозподіл радіонуклідів в агроценозах**

Питання, які рекомендовано розібрати по даній темі: Надходження радіонуклідів з ґрунту через кореневу систему. Коефіцієнт накопичення (коефіцієнт переходу). Коефіцієнт дискримінації. Вплив фізико-хімічних властивостей радіонуклідів на перехід їх з ґрунту в рослину. Вплив властивостей ґрунту на надходження радіонуклідів в рослину. Вплив біологічних властивостей рослин на накопичення радіонуклідів з ґрунту. Прийоми, що обмежують надходження радіонуклідів в рослини (фіто меліорація; перепрофілювання рослинництва; підбір культур; внесення добрив; захист рослин; регулювання водного режиму ґрунтів).

#### **Тема 5. Трофічні ланцюги міграції радіонуклідів**

Для магістерської програми освітніми стандартами підготовки рекомендовано розібрати наступні окремі питання радіоекології: Перенесення радіонуклідів в тіло тварин і включення їх в метаболізм. Раціональне ведення тваринництва на забруднених територіях, що забезпечує зниження дозових навантажень на людину. Особливості накопичення радіонуклідів мисливськими видами тварин. Включення радіонуклідів у біотичний кругообіг. Механізми включення: біоасимиляція та фізико-хімічні процеси сорбції. Міграція радіонуклідів по харчових ланцюгах. Закономірності накопичення радіонуклідів на різних трофічних рівнях. Перенесення радіонуклідів до людини.

При розв'язанні екологічних задач стає зрозумілим, що їхня складність та мультипараметричність вимагають для свого вирішення системного залучення досвіду точних наук, перш за все фізики та хімії.

Природні екологічні системи є надзвичайно складними, у яких весь час відбувається складний енергетичний обмін. Це перш за все тепловий та матеріальний обмін. Ці процеси потребують знань термодинамічних методів розрахунків складних систем, законів екологічної фізики.

Для вивчення теми рекомендовано користуватися методичними вказівками до практичних занять [4], [5]. В цих вказівках наведені приклади розв'язаних задач, а також запропонований ряд задач для розв'язання студентами.

Студенти мають вміти моделювати та розраховувати термодинамічні задачі тепло-масообміну природних систем.

Тому при розв'язанні практичних задач магістрам потрібні знання методів теоретичної та математичної фізики та вміння моделювати процеси в задачах довкілля.

#### *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. 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.\* 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.
3. \*Визначити експозиційну дозу та потужність дози фотонного випромінювання.
- 4.\* Знайти товщину залізного екрану від бета-випромінювання з енергією частинок 1МеВ ?
- 5.\* Визначити період напіврозпаду за даними вимірювання питомої активності ізотопів?
- 6.\* Яка частина  $\gamma$ - випромінювання пройде через екран зі свинцю завтовшки  $d = 1$  см, якщо коефіцієнт поглинання випромінювання  $\mu = 0.50$  1/см?
7. \*Записати закон поглинання  $\gamma$ -випромінювання.  
(\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмінь, навичок).

### **Практичний модуль ЗМ-П2. Повчання до лабораторних занять**

#### **Тема 1. Іонізаційні методи реєстрації ядерних частинок та гамма-квантів. Лічильник Гейгера-Мюллера.**

**Мета роботи** - це вивчення іонізаційних методів і засобів вимірювання радіоактивності на прикладі лічильника Гейгера - Мюллера.

Лічильник Гейгера-Мюллера являє собою циліндричний конденсатор, що поміщений у скляну трубку, яка наповнена газом при тиску порядку 100 мм, рт. ст.

Одним електродом служить металева нитка, іншим – провідний шар, нанесений на внутрішню поверхню трубки.

У роботі з лічильником Гейгера – Мюллера необхідно виконати дві вправи:

Вправа №1

Зняття лічильної характеристики по космічному випромінюванню.  
Вправа №2

Визначення «мертвого часу» лічильника методом двох препаратів.

Для вивчення теми рекомендовано користуватися методичними вказівками до лабораторних занять [1,2]. В цих вказівках наведені приклади лабораторних завдань.

#### *ЛІТЕРАТУРА*

1. 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
2. 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

#### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

- 1.\*Які механізми взаємодії бета-випромінювання з речовиною ?
- 2.\* Що являє собою лічильник Гейгера-Мюлера?
- 3.\*Який принцип роботи лічильнику Гейгера-Мюлера?

#### **Тема 2. Сцинтиляційний метод реєстрації іонізуючого випромінювання.**

**Метою роботи** є вивчення сцинтиляційних методів і засобів реєстрації іонізуючого випромінювання.

Сцинтиляційний лічильник являє собою сукупність сцинтиляційного детектора з фотоелектронним помножувачем (ФЕП), який призначений для перетворення спалахів світла, що виникають у сцинтиляторі під дією випромінювання, в електричний сигнал.

Під дією випромінювання в сцинтиляційному детекторі виникають спалахи світлу, що попадають на чуттєвий шар (найчастіше сурм'яно-цезієвий) фотокатода і вибивають з нього фотоелектрони. За допомогою фокусуючого електрода фотоелектрони попадають на перший динод, з якого вони вибивають у результаті вторинної емісії додаткові електрони.

Фотоелектрони і додаткові електрони надходять на наступний динод, і знову відбувається подальше збільшення потоку електронів і т.д. Таким чином, у ФЕП відбувається множення електронів, інакше - посилення електронного потоку. З останнього динода електрони попадають на анод, зв'язаний з радіотехнічним пристроєм для посилення і реєстрації струму.

ФЕП має до 15 динодів, живлення ФЕП здійснюється від блоку високої напруги за допомогою дільника напруги, коефіцієнт підсилення досягає  $10^3$ .

Принцип роботи сцинтиляційних детекторів заснований на здатності іонізуючого випромінювання збуджувати атоми і молекули середовища.

Для вивчення теми рекомендовано користуватися методичними вказівками до лабораторних занять [1,2]. В цих вказівках наведені приклади лабораторних завдань.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. 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
2. 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

#### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.\*Які механізми взаємодії бета-випромінювання з речовиною ?
- 2.\*Яке призначення дозиметра СРП-68 ?
- 3.\*Який принцип роботи детектора в дозиметрі СРП-68?
- 4.\*Як працює фотоелектронний помножувач ФЕП ?

#### **Тема 3.Радіометрія. Радіометр РУБ-01. Визначення коефіцієнту поглинання бета-випромінювання.**

**Метою роботи** є вивчення роботи бета-радіометра РУБ-01П, калібрування приладу і визначення за допомогою бета-радіометра коефіцієнту поглинання бета-випромінювання різними речовинами.

Проходження бета-частинок через речовину супроводжується пружними і непружними співударяннями бета-частинок з ядрами і електронами середовища.

Пружне розсіяння на ядрах здійснюється при відносно низьких енергіях ( $E < 0,5$  MeV) бета-частинок. При енергії бета-частинок більше енергії зв'язку електронів і до 1 MeV основним механізмом втрат енергії є непружне розсіяння на зв'язаних електронах, що веде до іонізації і збудження атомів речовини.

Бета-радіометр РУБ-01П призначений для виміру питомої і об'ємної активності бета-випромінюючих нуклідів у пробах природного середовища. Бета-радіометр може застосовуватися для комплексного санітарного контролю в лабораторних і польових умовах.

Принцип дії бета-радіометра заснований на перетворенні світлових спалахів у чуттєвому об'ємі детектора в імпульси струму.

Прилад дозволяє проводити експресні виміри об'ємної активності проб рідин і газів, питомої активності сипучих харчових продуктів і ґрунту, а також питомої активності проб, приготуваних з використанням

методів концентрування і радіохімічного виділення. З цією метою бета-радіометр постачається відповідними блоками детектування.

До складу приладу РУБ-01П входять:

блок детектування: БДЖБ-05П1 - призначений для виміру об'ємної активності проб рідин і газів;

блоки БДЖБ-06П і БДЖБ-06П1 - призначені для виміру питомої активності проб;

пристрій вимірювальний УИ-38П1;

блок автономного живлення БНН-268П2.

### ***Експериментальна частина: Визначення коефіцієнту поглинання бета-випромінювання***

Між зразковим радіоактивним джерелом і детектором встановлюють металеві пластини, для яких визначається коефіцієнт поглинання бета-випромінювання.

### ***ЛІТЕРАТУРА***

1. 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
2. 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

### ***ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ***

- 1.\* При яких енергіях бета-частинок здійснюється пружне розсіяння на ядрах атомів речовини?
- 2.\* Яке призначення радіометра РУБ-01 ?
- 3.\* Який принцип роботи детектора в радіометрі РУБ-01 ?
- 4.\* Як працює фотоелектронний помножувач ФЕП ?

### **Тема 4. Елементи дозиметрії. Дозиметр «СТОРА». Визначення гамма-фону та густини потоку бетта-випромінювання.**

Радіометр - дозиметр гамма-бета випромінювань РКС-01 "СТОРА" (далі радіометр) призначений для індивідуального та колективного користування при вимірюванні потужності експозиційної дози (ПЕД) гамма-випромінювання, а також щільності потоку бета-частинок. Радіометр 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-Мюллера.

Експериментальна частина

**Вправа 1.** Вимірювання щільності потоку бета-частинок.

Вимірювання щільності потоку бета-частинок здійснюються в тому ж порядку, як і вимірювання ПЕД. Вимірювання здійснюють двічі: один раз з відкритим отвором бета-екрану, а другий раз із закритим отвором. Результат вимірювання щільності потоку в одиницях «част, / $(\text{хв см}^2)$ » розраховується за формулою:

$$П = (P1 - P2) \cdot K,$$

де P1 (мР/год) - результати першого вимірювання (отвір бета-екрану відкритий);

P2 (мР/год) - результати другого вимірювання (отвір бета-екрану закритий),

K (част/хв \*  $\text{см}^2$ ) (мР/год)) - калібрувальний коефіцієнт, значення якого визначається при перевірці (дорівнює 614.0).

Порядок роботи в автоматичному режимі: В приладі передбачено режим автоматичного запуску лічення по закінченні попереднього інтервалу вимірювання. При цьому прилад буде на протязі 5 с висвічувати результат вимірювань, а потім автоматично переходити в режим вимірювання.

**Вправа 2.** Вимірювання "мертвого" часу дозиметру

Для визначення мертвого часу

- 1) спочатку три рази вимірюється ПЕД від контрольного препарату 1 у режимі а) і розраховується середнє арифметичне з результатів вимірювання  $P_1$ ,
- 2) потім три рази вимірюється ПЕД від контрольного препарату 2 у режимі а) і також розраховується середнє арифметичне з результатів вимірювання  $P_2$ ,
- 3) останні три рази вимірюється ПЕД разом від обох контрольних препаратів 1 та 2 у режимі а), розраховується середнє арифметичне з результатів вимірювання  $P_{1,2}$ ,

Для вивчення теми рекомендовано користуватися методичними вказівками до лабораторних занять [1,2]. В цих вказівках наведені приклади лабораторних завдань.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. 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
2. 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

### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

- 1.\*Що являє собою радіометр - дозиметр гамма-бета випромінювань РКС-01 "СТОРА" ?
- 2.\*Яке призначення дозиметра РКС-01 "СТОРА" ?
- 3.\*Який принцип роботи детектора в дозиметрі РКС-01 "СТОРА" ?

### **Тема 5. Гамма-спектрометрія. Комп'ютерний комплекс ГАММАЛАБ.**

**Мета роботи** - ознайомитися з принципом роботи гамма-спектрометра, навчитися проводити його енергетичне калібрування, визначити ефективність реєстрації спектрометра.

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.

Для вивчення теми рекомендовано користуватися методичними вказівками до лабораторних занять [1,2]. В цих вказівках наведені приклади лабораторних завдань.

### *ЛІТЕРАТУРА*

1. 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
2. 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

### *ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

- 1.\* 1. На яких процесах засновується робота приладів, що реєструють іонізуюче випромінювання ?
- 2.\*Що являє собою сцинтиляційний лічильник ?
- 3.\*Чим відрізняється апаратурний спектр імпульсів від енергетичного спектра ядерних частинок ?
- 4.\*Що описує функція відгуку ?
- 5.Що називається чутливістю гамма-спектрометра ?
- 6.Що називається енергетичним розділенням гамма-спектрометра ?



7. Як визначається "мертвий" час приладу ?
8. Що являє собою канал амплітудного аналізатора ?
9. Які функції виконує одноканальний амплітудний аналізатор ?
10. Скільки каналів містять в собі сучасні багатоканальні аналізатори ?
11. Які функції виконує аналоговий цифровий перетворювач ?
12. Що являє собою енергетичне калібрування спектрометра ?
13. Як можна визначити ефективність реєстрації спектрометра ?

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

##### **Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1 МКР-1**

1. 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;
2. 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;
3. 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;
4. 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;
5. 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;
6. Як називається вплив іонізуючого випромінювання на потомство опроміненої людини ?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;
7. 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;
8. Яка їжа – рослинна чи тваринна, містить більше радіонуклідів та чому?  
*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;
9. За допомогою яких приладів визначають потужність дози випромінювання?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90 -93; [3]- с.207-210;
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. Шляхи потрапляння радіонуклідів в організм людини через продукти

харчування.

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

12. Поверхнєве та структурне забруднення харчових продуктів радіонуклідами

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

13. Як відбувається перерозподіл радіонуклідів в урбосистемах?

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

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

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

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

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

16. 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;

17. 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;

18. При електронному бета-розпаді випромінюється...

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

19. Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найменша ?

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

20. 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;

21. Що називається радіоактивністю ?

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

22. 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;

23. 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;

24. 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;

25. 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;
26. Елементи, ядра яких мають однакову кількість протонів, називаються...
- Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
27. Що є умовою радіоактивної рівноваги ?
- Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
28. Що не є джерелом радіоактивного забруднення ?
- Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
29. 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;
- 30.Електронний бета-розпад супроводжується...
- Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
31. 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;
32. 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;
33. Які з елементів не починають радіоактивні ряди ?
- Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
34. Яка модель атомного ядра пояснює процес поділу важких ядер ?
- Література:* [1]- с.75-77,83-90; [2]- с.72-73; [3]- с.178 -197;
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 є властивістю ядерних сил ?
- Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;

42. До якої моделі атомного ядра відноситься поняття магічних чисел ?  
*Література:* [1]- с.75-77,83-90; [2]- с.72-73; [3]- с.178 -197;
43. Як при  $\alpha$  - розпаді змінюється масове число ?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
44. 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;
45. За два періоди напіврозпаду активність радіоактивної речовини...  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
- 46.Що являє собою саркофаг над реактором 4-го енергоблока ЧАЕС?  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
47. 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;
- 48.Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найбільша ?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
- 49.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;
50. 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;
51. Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найбільша ?  
*Література:* [1]- с.75-77,83-90; [2]- с.72-73; [3]- с.178 -197;
52. Причини аварії на ЧАЕС.  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
53. 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;
54. Що означає ТВЕЛ?  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
- 55.Системність сучасних радіоекологічних досліджень.  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;

**Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л2  
МКР-2**

1. На яких елементах ландшафту інтенсивність міграції радіонуклідів мінімальна ?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
2. Що відноситься до шляхів міграції радіонуклідів в біосфері?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
3. На яких елементах ландшафту інтенсивність міграції радіонуклідів не

залежить від оточуючих ландшафтів?

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

4. 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;

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

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

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

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

7. Як відбувається водна міграція радіонуклідів на забрудненій території?

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

8. 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;

9. 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;

10. Які ландшафти називають автономними?

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

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

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

12. Чи відносяться дії терористів до шляхів міграції радіонуклідів в біосфері?

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

13. Як відбувається переніс радіонуклідів птахами та тваринами на забрудненій території?

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

14. Який ґрунт найбільш затримує радіонукліди при їх міграції?

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

15. 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;

16. Що являють собою донні відкладення радіонуклідів?

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

17. 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;

18. Як відбирають проби донних відкладень для радіоактивного аналізу?

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

### Приклади розв'язання задач практичного модуля ЗМ-ПІ

#### Задача 1

Знайти питому активність радіоактивного ізотопу за даними значеннями періоду його напіврозпаду  $T_{1/2}$  (таблиця1).

Таблиця 1

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ізотоп	Sr <sup>90</sup>	I <sup>131</sup>	Cs <sup>137</sup>	C <sup>14</sup>	Po <sup>210</sup>	Rn <sup>222</sup>	Ra <sup>226</sup>	U <sup>235</sup>	U <sup>238</sup>	Pu <sup>242</sup>
$T_{1/2}$	28 роки	8 діб	30 років	5730 років	138 діб	3,82 діб	1590 років	$7,1 \cdot 10^8$ років	$4,5 \cdot 10^9$ років	$3,8 \cdot 10^5$ років

#### Розв'язання:

Період напіврозпаду  $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ ,

де  $\lambda$  - постійна розпаду.

Питома активність

$$q = \frac{a}{m},$$

де  $a$  - активність,  $m$  - маса ізотопу.

$$a = \lambda \cdot N,$$

де  $N$  – кількість радіоактивних ядер.

Звідси

$$q = \frac{\ln 2 \cdot N_A}{A \cdot T_{1/2}}.$$

де  $N_A$  - число Авогадро,  $q$  –питома активність,  $A$  – атомна маса

Підставляючи в останню формулу значення періоду напіврозпаду, які наведені у таблиці, знаходимо питому активність.

#### Задача 2

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

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

де  $N = N_A \cdot \frac{m}{M}$ ,

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

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

**Відповідь:** 30 років.

### Задача 3

Внаслідок радіоактивного розпаду уран 238 перетворюється в ізотоп свинцю 206. Скільки альфа- та бетта-розпадів відбувається при цьому?

### Розв'язання:

Кількість альфа-розпадів дорівнює

$$n_\alpha = \frac{\Delta A}{4} = \frac{238 - 206}{4} = 8,$$

кількість бетта-розпадів дорівнює

$$n_\beta = 2n_\alpha - \Delta Z = 2 \cdot 8 - (92 - 82) = 6$$

**Відповідь:**  $n_\alpha = 8$ ,  $n_\beta = 6$ .

### Задача 4

#### *Розрахунки доз радіації та дозових навантажень*

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.

#### **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

Визначити еквівалентну дозу для дорослих і дітей, якщо в атмосферному повітрі була зареєстрована об'ємна активність  $100 \text{ Бк/м}^3$ . Час перебування в зоні дорівнює 1 добу.

#### Розв'язання:

Дозовий коефіцієнт розраховується за формулою (4.4) і для повітря він дорівнює

$$B_{ih} = 0,33 \cdot 10^{-7} \text{ Зв/Бк.}$$

Швидкість споживання повітря  $V$ - це середня швидкість дихання. Для дорослих її вважають рівною  $23 \text{ м}^3/\text{добу}$ ; для дітей -  $13 \text{ м}^3/\text{добу}$ , або  $8,4 \cdot 10^3$  і  $5,5 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{рік}$  відповідно.

Еквівалентна доза розраховується за формулою (4.3). Для дорослих вона дорівнює

$$H_T = 100 \cdot 0,33 \cdot 10^{-7} \cdot 23 = 0,08 \text{ мЗв,}$$

для дітей

$$H_T = 100 \cdot 0,33 \cdot 10^{-7} \cdot 13 \cdot 1 = 0,44 \text{ мЗв.}$$

**Відповідь:** Еквівалентна доза дорівнює  $0,08 \text{ мЗв}$  для дорослих і  $0,44 \text{ мЗв}$  для дітей.

### Задача 6

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

#### Розв'язання:

Дозовий коефіцієнт розраховується за формулою і для води він дорівнює

$$B_{ig} = \Gamma_D / \Gamma_{РП} = 10^{-3} / 7,1 \cdot 10^4 = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ (Зв/Бк).}$$

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

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

**Відповідь:** еквівалентна доза дорівнює  $3,7 \text{ мЗв/рік}$

### Задача 7

Розрахувати активність води на відстані  $X = 5 \text{ км}$  від місця викиду змуленого радіонукліда в річку. Активність радіонукліда на місці викиду дорівнює  $500 \text{ Бк/л}$ . Швидкість річки  $U = 0,5 \text{ М/с}$ . Константа осадження частинок  $b = 5 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ , константа розпаду  $\lambda = 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ .

#### Розв'язання:

Радіаційна активність води пропорційна концентрації радіонукліда у

воді. Тому на відстані  $X$  від місця викиду активність  $A$  води дорівнює

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{x}{u}(b+\lambda)} = 112 \cdot 10^3 \text{ Бк/м}^3$$

**Відповідь:** активність води дорівнює 112 тисяч Бк/м<sup>3</sup>

### Задача 8

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

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

де  $t = 3,16 \cdot 10^7$  с = 1 рік.

Еквівалентна доза розраховується за формулою

$$H_T = A_v \cdot V_i \cdot v,$$

і дорівнює

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

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

### Приклади лабораторних робіт практичного модуля ЗМ-П2

#### Лабораторна робота 1. Іонізаційні методи реєстрації ядерних частинок та гамма-квантів. Лічильник Гейгера-Мюллера.

Залежність кількості імпульсів від прикладеної напруги при постійної дії джерела радіоактивного випромінювання називається лічильною характеристикою.

#### Експериментальна частина.

У роботі з лічильником Гейгера – Мюллера необхідно виконати дві вправи:

**Вправа №1** Зняття лічильної характеристики по космічному випромінюванню.

Порядок роботи:

Установлюють мінімальну напругу і перерахунковий коефіцієнт 1х1. Кнопкою «скидання» гасять неонові лампочки лічильника імпульсів. Визначають напругу на початку рахунку, для цього включають тумблер «пуск» і повільно обертаючи регулятор напруги високовольтного випрямляча, поступово підвищують напругу на лічильнику доти, поки лічильник не почне реєструвати імпульси (неонові лампочки загоряються). Записують напругу, що відповідає граничній чутливості перерахункової схеми і встановлюють механічний лічильник на нуль. Збільшують напругу на 50 В, включають тумблер «пуск» і одночасно секундомір. Вимірюють час не менш, ніж 500 імпульсів і визначають кількість імпульсів у хвилину.

Аналогічні виміри повторюють через кожних 50 В.

**Вправа №2** Визначення «мертвого часу» лічильника методом двох препаратів.

Якщо «мертвий час»  $\tau$  відомий, то неважко визначити кількість частинок  $N$ , що потрапили у лічильник за 1 сек. Так як реєстрація кожної частинки має «мертвий час», то загальний «мертвий час» буде дорівнювати

$$\Delta t = \tau \cdot N_{\text{вим.}}$$

Реальна кількість частинок визначається з співвідношення:

$$N = N_{\text{вим.}} + N \cdot \Delta t.$$

Звідси:

$$N = \frac{N_{\text{вим.}}}{1 - N_{\text{вим.}} \cdot \tau}$$

Останнє співвідношення може бути використаним також для визначення «мертвого часу» лічильника.

### **Порядок роботи**

Роботу роблять в області Гейгера (напруга на лічильнику вказується лаборантом).

Беруть два радіоактивних препарати. Один з них дає  $N_1$  частинок, а інший  $N_2$  частинок за хвилину.

1. Розміщують препарат №1 під лічильник. Знімають показання лічильника за 1 хв.

$$N = \frac{N_{1\text{вим.}}}{1 - N_{1\text{вим.}} \cdot \tau} \quad (1)$$

2. Розміщують препарат №2 під лічильник і знімають показання лічильника за 1хв.

$$N = \frac{N_{2\text{вим.}}}{1 - N_{2\text{вим.}} \cdot \tau} \quad (2)$$

3. Розміщують одночасно два препарати і знімають показання лічильника за той же проміжок часу (1 хв.)

$$N_{12} = \frac{N_{12\text{вим.}}}{1 - N_{12\text{вим.}} \cdot \tau} \quad (3)$$

4. Визначають фон лічильника. Для цього роблять рахунок частинок без препаратів за час 1 хв. Дійсне випромінювання від двох препаратів дорівнює сумі  $N_1 + N_2$  дійсних випромінювань кожного препарату.

Підставляючи сюди значення  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_{12}$  і вирішуючи їх відносно  $\tau$ , одержимо остаточно:

$$\tau = \frac{N_{1\text{вим.}} + N_{2\text{вим.}} - N_{12\text{вим.}}}{2 \cdot N_{1\text{вим.}} \cdot N_{2\text{вим.}}} . \quad (4)$$

Обчислюють розрізнявальну здатність лічильника

$$\beta = \frac{1}{\tau} . \quad (5)$$

5. За формулами 1, 2, 3 обчислюємо дійсні випромінювання обох препаратів і їхнє спільне випромінювання.
6. Проводимо порівняння спільного випромінювання  $N_{12}$  із сумою  $N_1 + N_2$ .

### Тестові завдання екзаменаційної роботи

1. 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;
2. 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;
3. Елементи, ядра яких мають однакову кількість нейтронів, називаються...  
*Література:* [1]- с.8,9,34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
4. За два періоди напіврозпаду активність радіоактивної речовини...  
*Література:* [1]- с.8,9,34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
5. 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;
6. 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;
7. Які дози радіації називають малими?  
*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;
8. 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;
9. При електронному бета-розпаді випромінюється...  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
10. Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найменша ?  
*Література:* [1]- с.75-77,83-90; [2]- с.72-73; [3]- с.178 -197;
11. 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;

12. Що називається радіоактивністю ?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
13. Розподіл радіонуклідів ЧАЕС в урбосистемах.  
*Література:* [1]- с.81; [2]- с.113 -122; [3]- с.219-222;
14. 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;
15. З яких частинок складається  $\alpha$  - частинка?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
16. 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;
17. 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;
18. Що називають трофічними ланцюгами потрапляння радіонуклідів в організм людини?  
*Література:* [1]- с.80-81,91; [2]- с.70-71; [3]- с.210- 219;
19. Чому основною одиницею дози випромінювання для урбосистем є 1 людино-Зіверт?  
*Література:* [1]- с.81; [2]- с.113 -122; [3]- с.219-222;
20. 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;
21. Що є умовою радіоактивної рівноваги ?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
22. Що є джерелом радіоактивного забруднення ?  
*Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
23. 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;
24. Електронний бета-розпад супроводжується...  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
25. 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;
26. 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;
27. Які з елементів не починають радіоактивні ряди ?  
*Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
28. Яка модель атомного ядра пояснює процес поділу важких ядер ?

- Література:* [1]- с.75-77,83-90; [2]- с.72-73; [3]- с.178 -197;
29. 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;
30. 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;
31. Що є властивістю ядерних сил ?
- Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
32. До якої моделі атомного ядра відноситься поняття магічних чисел ?
- Література:* [1]- с.75-77,83-90; [2]- с.72-73; [3]- с.178 -197;
33. Як при  $\alpha$  - розпаді змінюється масове число ?
- Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
34. 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;
- 35.Що являє собою саркофаг над реактором 4-го енергоблока ЧАЕС?
- Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
36. 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;
- 37.Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найбільша ?
- Література:* [1]- с.8,9-34; [2]- с.7-16; [3]- с.8 -10, с.37;
38. Причини аварії на ЧАЕС.
- Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
39. 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;
40. Що означає ТВЕЛ?
- Література:* [1]- с.36-62,91; [2]- с.17-28; [3]- с.226- 227;
41. На яких елементах ландшафту інтенсивність міграції радіонуклідів мінімальна ?
- Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
42. На яких елементах ландшафту інтенсивність міграції радіонуклідів не залежить від оточуючих ландшафтів?
- Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
43. 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;
44. Чи відносяться сільськогосподарчі роботи на забрудненій території до шляхів міграції радіонуклідів в біосфері?
- Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;

45. Як відбувається водна міграція радіонуклідів на забрудненій території?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;
46. 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;
47. 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;
48. Які ландшафти називають автономними?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
49. Де інтенсивніше відбувається міграція радіонуклідів - у лісі чи на пагорбі?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
50. Як відбувається переніс радіонуклідів птахами та тваринами на забрудненій території?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
51. Який ґрунт найбільш затримує радіонукліди при їх міграції?  
*Література:* [1]- с.71; [2]- с.90-93; [3]- с.207;
52. 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;
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. Як відбирають проби донних відкладень для радіоактивного аналізу?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;
56. Чи містять у собі радіонукліди донні відкладення Дніпровського басейну?  
*Література:* [1]- с.68-71,91; [2]- с.108,125-128; [3]- с.204- 206;
57. Як відбувається затримання радіонуклідів лісовими системами на забрудненій території?  
*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;
58. Що більше поглинає радіонукліди – стовбур дерева, чи його листя?  
*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;
59. 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;
60. 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;
61. Яку небезпеку має пожежа у радіаційно забрудненому лісі?  
*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;
62. 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;
63. Міграція радіонуклідів у лісі.  
*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;
64. Яке місце у міграції радіонуклідів у лісових системах має хвоя?  
*Література:* [1]- с.72-75; [3]- с.210;
65. Яке місце мають гриби у перерозподілі радіонуклідів у 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 отримає 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;

81. Одиницею якої дози випромінювання є 1 людина - Зіверт?

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

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

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

83. 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;

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

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

85. Поверхнєве та структурне забруднення харчових продуктів радіонуклідами

*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. Одеса: ТЕС, 2016. 100с.
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. Одеса: ТЕС, 2019. 268с.
4. Герасимов О.І. та ін. Радіоекологія : Методичні вказівки до розв'язання задач. Одеса: Екологія, 2012. 60с.
5. Сайт кафедри загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ. URL: [www.dpt12s.odeku.edu.ua](http://www.dpt12s.odeku.edu.ua)

### Додаткова література

1. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля : Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144с.
2. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища : Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
3. 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. 48 с.
4. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Фізичні основи радіометрії та дозиметрії : Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2008. 34с.
5. Курятников В.В., Кільян А.М. Радіоекологія : Методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса: ОДЕКУ. 35 с.
6. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. 2-е, перераб. М.: Наука, 1980. 728с.
7. Шеин Е.В. Курс физики почв : Учебник. М.: Изд. МГУ, 2005. 432с.
8. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97); Державні гігієнічні нормативи. Київ: Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. 121с.