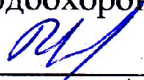


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення
спеціальності
протокол № 6 від «17.06» 2021 року
Голова групи  Герасимов О.І.

УЗГОДЖЕНО

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

СИЛЛАБУС

навчальної дисципліни

Технології контролю якості харчової та промислової продукції – част.1
(Радіаційний контроль та убезпечення продукції харчової
промисловості)

(назва навчальної дисципліни)

Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища
(шифр та назва спеціальності)

Технології захисту навколишнього середовища
(назва освітньої програми)

бакалавр
(рівень освіти)

денна
(форма навчання)

<u>3</u>	<u>6</u>	<u>6/180</u>	<u>залік</u>
(рік навчання)	(семестр навчання)	(кількість кредитів ЄКТС/годин)	(форма контролю)

кафедра загальної та теоретичної фізики
(кафедра)

Одеса, 2021 р.

Автори: Герасимов О. І., зав.каф. загальної та теоретичної фізики, д. ф.-м.н., проф.; Курятников В.В., доцент каф. загальної та теоретичної фізики, к.ф.-м.н., доцент; Кільян А.М., ас..

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

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри (назва кафедри) від «09» червня 2021 року, протокол № 11

Викладачі: – Герасимов О. І., д.ф.-м.н., проф.; Курятников В.В., к.ф.-м.н., доцент

Практичні заняття – Кільян А.М., ас.

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

Рецензент Софронков О.Н., зав. каф. хімії навк. сер., д.т.н., проф.

Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Надання знань щодо здійснювання за відомим алгоритмом контролю радіаційного стану технологічних об'єктів пов'язаних з виробництвом продуктів харчової промисловості, визначення основних дозоутворюючих радіонуклідів та вивчення методів їх реєстрації.
Компетентність	Код та зміст компетентності згідно з освітньою програмою: К25.1 Володіння методами контролю радіаційного стану продукції харчового та промислового виробництва за допомогою радіометричних та дозиметричних приладів різних систем, здатність визначати дозові навантаження від спожитої продукції.
Результати навчання	ПР22.1 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. ПР22.2 Вміти оцінювати безпечність і відповідність харчової та промислової продукції, технологій та технологічного обладнання державним і міжнародним нормативам та стандартам радіаційної безпеки.
Базові знання	1. Досліджувати радіаційну активність продуктів харчової промисловості і дозу випромінювання. 2. За відомим алгоритмом здійснювати контроль радіаційного стану технологічних об'єктів пов'язаних з виробництвом продуктів харчової промисловості.
Базові вміння	1. Використовуючи прилади радіоекологічної лабораторії та дані щодо показників якості води, визначити кількісні характеристики вмісту та розподілу радіонуклідів у продуктах харчової промисловості; 2. Проводити аналіз та ідентифікацію радіонуклідів; 3. Оцінювати безпечність і відповідність харчової продукції, технологій та технологічного обладнання державним і міжнародним нормативам та стандартам радіаційної безпеки.
Базові навички	- застосовувати фізичні методи та прилади у радіо-дозиметричних вимірюваннях характеристик якості продуктів харчової промисловості.
Пов'язані силлабуси	-

Попередня дисципліна	-
Наступна дисципліна	-
Кількість годин	лекції: 45 практичні заняття: 15 лабораторні заняття: 15 самостійна робота студентів: 105 залік

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Лекційні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	Дослідження радіаційної активності продуктів харчової промисловості і доз випромінювання		
	1.1 Радіаційне забруднення харчових продуктів і методи контролю. Терміни і визначення. Вимоги до організації контролю.	5	5
	1.2 Види харчових забруднюючих речовин.	5	5
	1.3 Вміст радіонуклідів у харчових продуктах	5	5
	1.4 Порядок відбору проб харчових продуктів та підготування проб харчових продуктів для вимірювання	5	5
	Підготовка до модульної контрольної роботи.		5
ЗМ-Л2	Контроль радіаційного стану технологічних об'єктів пов'язаних з виробництвом продуктів харчової промисловості.		
	2.1 Вимірювання радіоактивності харчових продуктів. Методи контролю та прилади.	5	6
	2.2 Вимірювання доз випромінювання. Взаємодія α -, β -, γ -, та нейтронного випромінювання з речовиною.	5	6
	2.3 Визначення відповідності харчових продуктів вимогам радіаційної безпеки	5	6
	2.4 Механічні та фізики-хімічні методи дезактивації. Електрохімічна, лазерна, ультразвукова дезактивація. Нормативні показники, що використовуються при дезактивації. (супутні заходи)	5	6
	2.5 Заходи покращення радіаційного стану	5	6

	технологічних об'єктів, пов'язаних з виробництвом продуктів харчової промисловості.		
	Підготовка до модульної контрольної роботи.		5
	Разом:	45	60

Консультації: Герасимов О. І., д. ф.-м. н., проф... каф. загальної та теоретичної фізики сер,15.30, ауд. 315

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

Практичні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П1	Лабораторні заняття		
	1.Проведення аналізу та ідентифікації радіонуклідів за допомогою радіометричного та дозиметричного обладнання.	3	4
	2.Порядок відбору проб харчових продуктів	3	4
	3.Використання приладів радіоекологічної лабораторії для отримання даних радіаційного забруднення води, як показників її якості.	3	4
	4. Вимірювання кількісних характеристик вмісту та розподілу радіонуклідів у харчовій продукції.	3	4
	5.Використання методів спектроскопії радіонуклідів у продуктах харчової промисловості.	3	4
ЗМ-П2	Практичні заняття		
	1.Вивчення норм та правил поводження з радіоактивно забрудненими продуктами згідно норм НРБУ-97 та основних санітарних правил.	3	4
	2.Оцінювання радіаційної безпечності і відповідності харчової продукції, а також, технологій та технологічного обладнання державним і міжнародним нормативам та стандартам радіаційної безпеки.	3	4
	3. Розрахунки радіоактивності та доз випромінювання основних продуктів	3	4
	4. Фізико-хімічні методи дезактивації. Електрохімічна, лазерна, ультразвукова дезактивація	3	4
	5.Моделювання вимірювань та дослідження гамма-спектрів за допомогою програмного комплексу ГАММАЛАБ.	3	4

	Разом:	30	40
--	--------	----	----

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.

Консультації: Кільян А.М.,ас., сер,15.30, ауд. 315

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

Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л1	- Підготовка до лекційних занять - МКР1 (обов'язковий)	25	1-7 тиждень
ЗМ-Л2	- Підготовка до лекційних занять - МКР2 (обов'язковий)	35	8-11 тиждень
ЗМ-П1	- Підготовка до лабораторних занять - Захист лабораторних робіт (обов'язковий)	20	1-14 тиждень
ЗМ-П2	- Підготовка до практичних занять - УО (обов'язковий)	20	1-14 тиждень
	Підготовка до ЗКР	5	
Разом:		105	

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. 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. Максимальна оцінка за виконання модульної контрольної роботи дорівнює 25 балам.

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

Виконання завдань модуля проводиться у вигляді опрацювання та виконання завдань у вигляді виконання лабораторних робіт. Оцінка за виконання робіт кожної теми -5 балів.

Максимальна оцінка за виконання модуля ЗМП1 дорівнює 25 балам.

Методика проведення та оцінювання контрольного заходу ЗМ-П2.

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

Максимальна оцінка за виконання модуля ЗМП2 дорівнює 25 балам.

5. Методика проведення та оцінювання заліку.

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

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

де ОЗ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) за змістовними модулями;

ОЗКР – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) залікової контрольної роботи.

Студент, який не має на початок заліково-екзаменаційної сесії заборгованості по дисципліні, що завершується заліком, отримує якісну оцінку («зараховано» або «не зараховано»), якщо має на останній день семестру інтегральну суму балів поточного контролю, достатню (60балів та більше) для отримання позитивної оцінки, та не менше 50 балів за залікову контрольну роботу.

Білет ЗКР у формі тестів складається з 20-питань, в які входять теми лекційних та практичних модулів. Максимальна можлива оцінка 100 балів еквівалентна 100% правильних відповідей.

3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Повчання по послідовному вивченню теоретичного матеріалу.

Модуль ЗМ-Л1. Дослідження радіаційної активності продуктів харчової промисловості і доз випромінювання

Тема 1.1 Радіаційне забруднення харчових продуктів і методи контролю.

Починаючи вивчати дисципліну, студентам потрібно виділити основні поняття дисципліни. Надати основні терміни і визначення. Їх потрібно ознайомити з вимогами до організації контролю

Студентам, які тільки що починають вивчати дисципліну, корисно зупинитися на основних визначеннях та положеннях дисципліни.

Радіаційний контроль продуктів харчування і розроблення науково

обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень проводиться задля запобігання негативним впливам на здоров'я людини й дотримання вимог екологічної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та забезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
4. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
4. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.* Що називається радіоактивністю?
- 2.*Що означає доза випромінювання?
- 3.*Які особливості має радіаційне забруднення харчових продуктів?
- 4.*Які вимірювання потребує радіаційний контроль продуктів споживання?

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

Тема 1.2 Види харчових забруднюючих речовин.

Потрібно розказати про види харчових забруднюючих речовин.

Чужорідні забруднювачі, які потрапляють у людський організм з продуктами харчування високотоксичні. До них відносять:

- металеві забруднення (ртуть, свинець, олово, цинк, мідь тощо);
- радіонукліди;
- пестициди;
- нітрати, нітроти;
- діоксини;
- метаболіти мікроорганізмів, які розвиваються у харчових продуктах.

У організм людини з їжею і напоями надходить до 80% шкідливих речовин. До них належать сполуки, що утворилися в процесі технологічної та кулінарної обробки, харчові добавки, а також побічні забруднювачі.

Останні діляться на дві основні групи: екзогенні та ендогенні.

До екзогенних належать сполуки, які потрапили в харчові продукти із зовнішнього середовища. Наприклад, у рослинну продукцію – внаслідок застосування понаднормативних доз мінеральних добрив, пестицидів; у тваринницьку – стимуляторів росту тварин, антибіотиків. До цієї ж групи належать екстракти тари, технологічного обладнання, рештки дезінфікуючих або мийних засобів, промислових відходів тощо.

До другої групи відносять ендogenous речовини, що утворюються у сировині й продукції під дією хімічних і фізичних факторів, а також внаслідок взаємодії складових частин та екзогенних речовин.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та забезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
4. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
4. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.*Назвіть основні види харчових забруднюючих речовин.
 2. *Скільки шкідливих речовин надходить у організм людини з їжею і напоями?
 3. Що називають екзогенними та ендogenous забруднювачами?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмінь, навичок).

Тема 1.3 Вміст радіонуклідів у харчових продуктах

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 радіоактивних речовин, ті, що переносяться 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 неділей.

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.

Одним із шляхів включення радіонуклідів у біологічні і харчові ланцюги може бути заковтування тваринами разом з кормом часток ґрунту, що містять радіонукліди.

Основними каналами виведення радіонуклідів з організму ссавців є шлунково-кишковий тракт і нирки, а у лактуючих тварин, крім того – молочні залози. Частина продуктів ділення, яка надійшла в організм лактуючих тварин, виводиться разом з молоком. Концентрація радіонуклідів у молоці завжди у 5 – 10 разів вища, ніж у плазмі крові.

Зменшення поступлення 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, при якому значна частина радіонуклідів переходить у відвар.

При смаженні м'яса та риби на поверхні з'являється коринка, котра перешкоджає виведенню радіонуклідів та інших шкідливих речовин. Тому при ймовірності забруднення харчових продуктів потрібно надавати перевагу відварним м'ясним та рибним стравам, а також стравам, приготованих на пару.

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 сирах 10% цезію і 45% стронцію. У вершковому маслі біля 2% цезію від його складу в молоці.

Миття і тушкування квасолі (10 хв. При температурі 96°C) сприяє зменшенню кількості стронцію на 56%. При очищенні помідорів від шкірки після занурення у гарячу воду (90°C на 3 хв.) вміст того ж радіоізоотопу зменшується на 39%. Стерилізація стручкової квасолі в домашніх умовах зумовлює зниження стронцію на 50%. Миття зелені і салатів 2% - ним розчином лимонної кислоти зменшує кількість цезію на 57% і стронцію на 19%. Фрукти і овочі, крім кулінарної обробки у домашніх умовах, у великій кількості переробляють у промислових умовах.

Особливий інтерес становить вплив технологічного режиму виробництва на плодові і овочеві консерви. При нормальній технологічній переробці основних фруктів і овочів вміст стронцію у готовому продукті зменшується майже у 6 разів порівняно із сировиною.

зменшується при консервуванні у такому порядку: молодого гороху – у 3, 5 разів, моркви – у 1,3, помідорів – 1,5 і персиків у 2 рази. При переробці у промислових умовах фруктів і овочів, забруднених радіонуклідами лише ззовні, рекомендується такий режим попередньої обробки:

- промивання протягом 1-2 хв. водяним струменем з метою усунення основної частини механічно затриманих радіонуклідів;
- обробка протягом 10 хв. десорбуючим розчином соляної кислоти (1%);
- повторне миття водним струменем протягом однієї хв. для усунення решти розчину з поверхні фруктів та овочів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та забезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
4. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
4. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. — К. : Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 121 с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.* Що є найбільш ефективним методом кулінарної обробки сировини в умовах підвищеного забруднення радіонуклідними речовинами?
 2. Що є основними каналами виведення радіонуклідів з організму ссавців?
 3. Чи змінюється при нормальній технологічній переробці основних фруктів і овочів вміст стронцію у готовому продукті?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 1.4 Порядок відбору проб харчових продуктів та підготування проб харчових продуктів для вимірювання

До основних етапів аналітичного дослідження відносно якісного і кількісного складу зразку відносять:

1. Відбір представницької проби досліджуваного зразку;
2. Отримання інформації стосовно якісного складу проби;
3. Вибір оптимального методу кількісного визначення відповідних компонентів;
4. Обробка проби для її перетворення в зручну;
5. Вимірювання аналітичного сигналу, за яким визначається кількість компоненту;

6. Обчислення і статистична обробка отриманих результатів.

Класифікація проб.

Реальні зразки зазвичай не бувають однорідними. Тому відбір середньої проби і правильна її підготовка мають важливе значення. Розрізняють наступні види проб:

Середня (або первинна) проба – невелика кількість речовини, середній склад якої ідентичний середньому хімічному складу всього досліджуваного об'єкту.

Спосіб відбору проб залежить від агрегатного стану і ступеня однорідності досліджуваного об'єкту. Найпростіше відбирати проби газів та рідин; найважче – проби крупнозернистих і великих шматків твердих матеріалів.

Відбір проби газів здійснюють за допомогою скляних (рідше металічних) газових піпеток. В системах, що знаходяться під вакуумом, проби відбирають в евакуйовані посудини – аспіратори. Верхня, центральна, нижня проба – відбирається із різних частин апарату або горизонтально розміщеної трубки.

Відбір проби рідин. Рідини можуть бути гомогенні і гетерогенні. Перші відбирають піпетками, бюретками чи мірними колбами. Інколи відбирають пробу на різній глибині батометрами, які являють собою циліндричну ємність 1 – 3 л, закриту зверху і знизу. Гетерогенні рідкі проби відбирають по об'єму і масі. Рідину або гомогенізують (змінюючи температуру, перемішуючи, піддаючи вібраційній дії) або, навпаки, дають осаду осісти.

Відбір проби твердих речовин. Тверді проби використовують у вигляді порошків, а також шматків різного розміру, стержнів, злитків, зазвичай – неоднорідних. Тому відбирають достатньо велику кількість первинної проби. Це надзвичайно відповідальний етап при проведенні хімічного аналізу. Найчастіше проводять три етапи підготовки проби до аналізу:

1. Висушування;
2. Розклад;
3. Видалення сторонніх (тих, що заважають аналізу) компонентів.

Для видалення води найчастіше зразок висушують в сушильних шафах до сталої маси при температурі 105 – 120 °С. Інколи пробу сушать в ексикаторах, наповнених $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ (драйєрит), CaCl_2 , P_2O_5 . Можна використати вакуумну сушку або мікрохвильове випромінювання.

При розчиненні проби слід врахувати її хімічний склад, хімічні властивості визначуваних компонентів, природу основи (матриці),

Розрізняють “сухі” (термічний розклад, сплавлення, спікання) і “мокрі” (розчинення в кислотах, лугах) способи розкладу проб.

Відбір зразків, формування та опрацювання баз даних

Питаннями цієї теми є:

Відбір зразків, формування та опрацювання баз даних.

Методики відбору зразків під час проведення спостережень за різними об'єктами моніторингу. Повторюваність вимірювань і відбору зразків. Математичне обґрунтування кількості вимірювань та відібраних зразків. Методи опрацювання отриманих результатів радіаційного моніторингу.

Радіохімічні методи використовують, дотримуючись певної послідовності:

- відбір і підготовка проб досліджуваних об'єктів;
- внесення носіїв та мінералізація проб; виділення радіонуклідів із проб;
- очистка виділених радіонуклідів від сторонніх нуклідів і супутніх мікроелементів;
- ідентифікація і перевірка радіохімічної чистоти;
- радіометрія виділених радіонуклідів;
- розрахунок активності і висновки.

Відібрані радіологічними відділами зразки проб повинні бути типовими для досліджуваного об'єкта, а маса – достатньою для проведення радіохімічного аналізу (після озолення – 20–40 г). Проби ґрунту, води, рослин важливо відбирати в місцях, які є репрезентативними для даної території, і радіоактивне забруднення яких має найбільшу ймовірність, а не в найбільш доступних місцях, тобто, наприклад, на вершині пагорбу, рівнині, де випав дощ, а не вздовж дороги або в канаві під деревами і т. ін. Проби поміщують у ємкості, які дозволяють, при необхідності, зберігати їх в різних умовах, та маркують із зазначенням природи зразка, місця, дати і часу відбору проби та групи відбору проб.

При відборі проб в контрольних пунктах вимірюють γ -фон приладом СРП-68-01 на відстані 0,7–1 м від ґрунту і 1–1,5 см від об'єкта.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та забезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
4. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.

4. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. — К. : Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 121 с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. * Що відносять до основних етапів аналітичного дослідження відносно якісного і кількісного складу зразку?
 2. *Що називається середньою (або первинною) пробойою?
 3. Як здійснюють відбір проби газів?
 4. Як здійснюють відбір проби рідин?
 5. Як здійснюють відбір проби твердих речовин?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Повчання по послідовному вивченню теоретичного матеріалу.

Модуль ЗМ-Л2 Контроль радіаційного стану технологічних об'єктів пов'язаних з виробництвом продуктів харчової промисловості.

Тема 2.1 Вимірювання радіоактивності харчових продуктів. Методи контролю та прилади.

Тут потрібно ознайомити слухачів з основними методами виявлення та реєстрації іонізуючих випромінювань. Надати методи проведення вимірювань. Надати сцинтиляційний, іонізаційний, напівпровідниковий методи. Ознайомити з основними типами детекторів.

Студенти мають володіти методами оцінювання радіації за допомогою радіометричних приладів різних систем; застосовувати методи контролю продуктів харчової промисловості, забруднених радіонуклідами.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та забезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
4. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
4. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.
5. Авсеєнко В.Ф. Дозиметрические и радиометрические приборы и измерения. К.Урожай, 1990, - 145 с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Назвіть основні методи проведення вимірювань.
 2. *У чому сутність сцинтиляційного методу?
 3. *У чому сутність іонізаційного методу?
 4. *У чому сутність напівпровідникового методу?
 5. Що називають детектором іонізуючого випромінювання?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 2.2 Вимірювання доз випромінювання. Взаємодія α -, β -, γ -, та нейтронного випромінювання з речовиною.

Розкриваючи цю тему потрібно розповісти про основні механізми взаємодії α -, β -, γ -, та нейтронного випромінювання з речовиною, основні принципи роботи радіометричного та дозиметричного обладнання. Розібрати роботу основних сучасних радіометрів та дозиметрів, показати, як працюють дозиметри «Стора» та «Терра».

Нарешті розібрати питання:

- реєстрація іонізуючого випромінювання;
- дозиметричні величини та одиниці їх вимірювання; гранично допустима доза випромінювання;

ЛІТЕРАТУРА:

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та забезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
3. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
4. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.
5. Авсеєнко В.Ф. Дозиметрические и радиометрические приборы и измерения. К.Урожай, 1990, - 145 с.
6. Курятников В.В., Кільян А.М. Конспект лекцій з дисципліни “ Системи та прилади контролю параметрів довкілля ”, Одеса, ОДЕКУ, 2018, 57 с
5. Курятников В.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Основи технологій захисту навколишнього середовища ”ч.2. Одеса : ОДЕКУ , 2021, -36с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Які прилади призначені для вимірювання радіоактивності?
2. *Які прилади призначені для вимірювання доз випромінювання?
3. *Які прилади призначені для вимірювання спектрів випромінювання?
4. *Основні механізми взаємодії α -, β -, з речовиною

5. *Основні механізми взаємодії γ - випромінювання з речовиною.
 6. *Основні механізми взаємодії нейтронного випромінювання з речовиною.
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмінь, навичок).

Тема 2.3 Визначення відповідності харчових продуктів вимогам радіаційної безпеки

Студенти мають ознайомитися: з основними документами, якими регламентується радіаційна безпека в Україні. Це - Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97 та Основні санітарні правила роботи з радіоактивними та іншими іонізуючими речовинами ОСП-72/87.

У НРБУ-97 наведено систему дозових меж та їх застосування, а також зазначено три категорії людей, які можуть зазнати опромінення:

- категорія А - персонал, який безпосередньо працює з радіоактивними речовинами;
- категорія Б - особи, що безпосередньо не працюють із радіоактивними речовинами, але за умови розміщення їх на робочих місцях або місцях проживання можуть потрапити під дію опромінення;
- категорія В - інше населення країни.

У цьому документі визначаються вимоги до відповідності об'єктів довкілля, зокрема, харчових продуктів умовам радіаційної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та убезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
4. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
4. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. — К. : Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 121 с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Якими основними документами регламентується радіаційна безпека в Україні?
 2. *Які категорії осіб виділяє НРБУ-97?
 3. Який ліміт дози випромінювання для категорії «В» прописаний у НРБУ-97?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмінь, навичок).

Тема 2.4 Механічні та фізико-хімічні методи дезактивації.

Електрохімічна, лазерна, ультразвукова дезактивація. Нормативні показники, що використовуються при дезактивації (супутні заходи)

Дезактивація – це вилучення радіоактивних речовин з озброєння, військової діяльності, техніки, одягу, харчових продуктів, місцевості, ґрунту та води. Дезактивація використовується як засіб захисту населення і об'єктів народного господарства від дії радіації.

Найпоширенішими методами дезактивації є видалення радіоактивних речовин розчинами, що знижують поверхневий натяг (мило та миючі засоби). Ефективним засобом видалення радіації зі спецодягу, рук, тіла є миття у проточній воді, душ, а коли такої можливості нема, то воду необхідно декілька разів міняти.

Для створення безпеки проживання населення в умовах радіаційного забруднення території при постійному вживанні для харчування місцевих продуктів необхідно дотримуватись низки простих правил. Їх дотримання і своєчасне здійснення виключає надходження до організму і накопичення радіонуклідів вище рівня допустимих норм.

Радіоактивні речовини, що потрапляють на поверхню Землі, включаються до біологічного перерозподілу речовин перш за все через рослини.

За умови радіаційного забруднення важлива особливість підготовки до використання чи послідувочої переробки продуктів рослинництва полягає в застосуванні нескладних заходів первинної дезактивації і технологічної обробки. Це такі загальноприйняті заходи, як миття у проточній воді овочів і фруктів, очищення овочів, картоплі, зрізання верхніх листків капусти, обрізання головок коренеплодів тощо. Ці заходи знижують радіоактивне забруднення продуктів у 2-10 разів.

Подальша переробка овочів і фруктів (соління, маринування тощо) зменшує вміст радіонуклідів у продуктах. При цьому розсоли і маринади вживати не рекомендується.

Картоплю перед використанням для харчування людини чи годівлі тварин необхідно ретельно очистити й відмити від ґрунту.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та забезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
4. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.

4. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. — К. : Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 121 с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.* Що називається дезактивацією?
 2. *Які Ви знаєте засоби дезактивації?
 3. * Назвіть засоби первинної дезактивації і технологічної обробки харчових продуктів.
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмінь, навичок).

Тема 2.5 Заходи покращення радіаційного стану технологічних об'єктів, пов'язаних з виробництвом продуктів харчової промисловості.

Чітке дотримання норм, правил, стандартів та умов використання ядерних матеріалів становить основу забезпечення радіаційної безпеки. Отже, ядерна та радіаційна безпека настільки тісно взаємопов'язані, що без дотримання і забезпечення першої не можна вести мову і сподіватися на забезпечення другої.

Норми, правила і стандарти з ядерної безпеки - це критерії, вимоги й умови забезпечення безпеки під час використання ядерної енергії. Їх дотримання є обов'язковим при здійсненні будь-якого виду діяльності у сфері використання ядерної енергії. Вимоги зазначених норм, правил та стандартів приймаються з урахуванням рекомендацій міжнародних організацій у сфері використання ядерної енергії.

Кодекс Аліментаріус, або харчовий кодекс, став глобальним орієнтиром для споживачів, виробників та переробників харчової продукції, національних органів з контролю якості харчових продуктів та міжнародної торгівлі харчовими продуктами. Його вплив розповсюджується на всі континенти, а внесок в охорону здоров'я населення та захист сумління в торгівлі харчовими продуктами дійсно не піддається вимірам.

Стандарти Кодексу включають вимоги до продовольства, спрямовані на гарантування споживачеві здорового, безпечного продукту харчування, вільного від фальсифікації, правильно маркованого і представленого. досягненню цілей Кодексу.

Стандарти Кодексу належать до характеристик продукту та можуть охоплювати усі властиві даному продукту характеристики, що регламентуються державою, або лише одну. Прикладом стандартів, що охоплюють лише одну характеристику, є гранично допустимий вміст у харчових продуктах залишків пестицидів.

Стандарт IFS орієнтований на забезпечення безпеки харчової продукції й упакування, застосовуваної при виробництві харчової продукції.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та убезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
4. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
4. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. — К. : Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 121 с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1.*Що становить основу забезпечення радіаційної безпеки?
 2. * Назвіть заходи покращення радіаційного стану технологічних об'єктів, пов'язаних з виробництвом продуктів харчової промисловості.
 3. Як, знаючи спектр іонізуючого випромінювання, можна визначити радіонукліди, яким він належить і їх концентрацію?
 4. Що у складі гамма-спектрометра перетворює спектр гамма-випромінювання в спектр амплітуд імпульсів напруги
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання -знань, вмінь, навичок).

ЗМ-П1. Повчання по послідовному вивченню практичного модуля

ЗМ-П1. Лабораторні заняття

Тема 3.1.1 Проведення аналізу та ідентифікації радіонуклідів за допомогою радіометричного та дозиметричного обладнання.

Ідентифікацію радіонуклідів проводять по їх спектрах випромінювання за допомогою спектрометричного обладнання.

Лабораторна робота № 1

Визначення за допомогою приладу СРП-68-01 потужності дози γ -випромінювання, створеного еталонним джерелом ^{137}Cs . Порядок виконання роботи: 1) підготувати рентгенометри до роботи згідно з інструкцією; 2) встановити зонд рентгенометра в свинцевий «будиночок»; 3) помістити у свинцевий «будиночок» еталонне джерело ^{137}Cs і провести вимірювання потужності дози γ -випромінювання, створеного еталонним джерелом, у мікрорентгенах на годину (мкР/год) або імпульсах за секунду (імп/с); 4) визначити потенційно можливу дозу ІВ від еталонного джерела за 6-

годинний робочий день; 5) дані досліджень занотувати у таблиці; 6) зробити висновки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рома В.В., Степова О.В. Навчальний посібник для вивчення дисципліни «Моніторинг довкілля» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». – Полтава: ПолтНТУ, 2016. 117 с.
2. 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
3. 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 називається коефіцієнтом поглинання ?
- 3.*Яке призначення бета-радіометра РУБ-01П ?
- 4.*Який принцип роботи детектора в радіометрі РУБ-01П ?
- 5.*Яке призначення фотоелектронного помножувача ФЕП ?
- 6.*Як здійснюється калібрування бета-радіометра ?
- 7.Як залежить активність радіоактивного препарату від часу ?
- 8.*Що називається періодом напіврозпаду ?
9. Яка одиниця коефіцієнту поглинання в системі СІ ?

Тема 3.1.2 Порядок відбору проб харчових продуктів

Лабораторна робота № 2

У реєстраційному журналі записують час, місце відбору проби, найменування проби, результати вимірювання.

Проби поміщають у поліетиленові мішечки. У ці ж мішечки поміщають і ідентифікаційну етикетку, на якій вказують назву рослин, фазу вегетації, місце відбору, дату взяття проби.

У сучасних умовах необхідно мати ефективні методи реєстрації і контролю радіоактивного забруднення води, ґрунту, кормів для тварин, продуктів харчування для людини і в цілому довкілля.

Відбір проб зерна

Проби зерна відбирають не менше ніж в шести- восьми точках на глибині до 0,5 м з використанням спеціального щупу. Середня проба повинна мати масу не менше 2 кг.

Відбір проб молока і молочних продуктів

Відбір проб здійснюють кружкою з довгою ручкою або спеціальним пробовідбірником. Величина середньої проби повинна становити 0,2... 1,0 л і залежить від маси всієї партії продукції.

Масло, сир відбирають на молочних заводах і холодокомбінатах. Проби масла відбирають по 0,3 кг, сиру по – 0,5 кг.

Відбір проб м'яса та субпродуктів Проби м'ясної продукції відбирають шматками по 30...50 г в області 4-5-го шийного хребців, лопатки, стегна і товстих частин м'язів спини. Загальна маса проби повинна становити 0,2... 0,3 кг.

Відбір проб риби Відбір проб риби проводять відбирають цілою, з крупної риби відбирають тільки середню частину. Маса середньої проби повинна становити 0,3... 0,5 кг. Кількість проб визначається розмірами партії.

Відбір проб яєць Відбір проб яєць становить 5... 10 яєць з кожної ферми, 3 яйця з кожної тисячі, 2 яйця від партії продажу на ринку.

Відбір проб натурального меду

Відбір проб меду здійснюється трубчастим алюмінієвим пробовідбірником якщо мед рідкий, або щупом для масла якщо мед густий. Проба відбирається з різних шарів меду. Маса проби повинна становити 150... 300 г.

Оцінювання безпечності і відповідності харчової продукції, а також, технологій та технологічного обладнання державним і міжнародним нормативам та стандартам радіаційної безпеки.

Користуючись нормами НРБУ-97, оцінити безпечність і відповідність харчової продукції нормативам та стандартам радіаційної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рома В.В., Степова О.В. Навчальний посібник для вивчення дисципліни «Моніторинг довкілля» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр».— Полтава: ПолтНТУ, 2016. 117 с.
2. 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
3. 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.
4. Давиденко В. М. Радіобіологія / В.М. Давиденко – Миколаїв: Видав.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Вкажіть класифікацію дозиметрів.
2. Вкажіть основні правила відбору проб для радіологічного аналізу.
3. Як здійснюється відбір проб молока і молочних продуктів?
4. Радіометрія це наука, що : - вивчає...?
5. Як здійснюється відбір проб м'яса та субпродуктів?

Тема 3.1.3 Використання приладів радіоекологічної лабораторії для отримання даних радіаційного забруднення води, як показників її якості.

Інструкція передбачає, що для отримання даних щодо показників якості води та радіаційного її забруднення при відборі проб потрібна маса проби:

- 1) Маса проби води для визначення сумарної бета-активності – 0,5 л
- 2) Маса проби води для радіохімічного аналізу - 20 л.

Мета дозиметричного і радіометричного контролю - оцінка потужності дози γ -фону при роботі з джерелами опромінення, а також визначення поверхневого забруднення різних об'єктів і обладнання РР.

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

Лабораторна робота № 3

Радіометрія (радіометри РУБ-01) Радіометр – це прилад для вимірювання радіації.

Мета роботи – навчитися вимірювати радіоактивність рідких та газоподібних речовин за допомогою радіометра РУБ-01П.

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

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 :

$$H_T = D_{wR}$$

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

Для вивчення теми рекомендовано користуватися методичними вказівками до практичних занять [3]. В цих вказівках наведені приклади лабораторних завдань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рома В.В., Степова О.В. Навчальний посібник для вивчення дисципліни «Моніторинг довкілля» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». – Полтава: ПолтНТУ, 2016. 117 с.
2. 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
3. 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.* Чому дорівнює період напіврозпаду цезію 137 ?
 - 2.* Що називається еквівалентною дозою?
 3. * Що називається експозиційною дозою та потужністю дози фотонного випромінювання.
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

Тема 3.1.4 Вимірювання кількісних характеристик вмісту та розподілу радіонуклідів у харчовій продукції.

Визначення радіаційного забруднення здійснюється за наступною послідовністю:

- відбір та підготовка проб для дослідження;
- підготовка приладу до роботи;
- вимірювання фону;
- вимірювання радіоактивного випромінювання від проби;
- розрахунок рівня забрудненості проби та зрівняння його з нормою.

Лабораторна робота № 4

Визначення поверхневого забруднення різних харчових продуктів бетта- та гамма-випромінюючими ізотопами.

Порядок виконання роботи: 1) підготувати радіометр-дозиметр (СРП-68 та їх аналоги) до роботи згідно з інструкцією; 2) визначити

середній результат випромінювання фону (імп/хв·см²); 3) пробу харчового продукту розмістити під зондом приладу; 4) декілька разів провести вимірювання проби; 5) із результатів вимірювання вирахувати значення фону; 6) знайти середнє значення даних вимірювань 7) визначити питому активність проби; 8) вимкнути прилад, вимити руки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рома В.В., Степова О.В. Навчальний посібник для вивчення дисципліни «Моніторинг довкілля» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». – Полтава: ПолтНТУ, 2016. 117 с.
2. 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
3. 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.
4. Давиденко В. М. Радіобіологія / В.М. Давиденко – Миколаїв: Видав. МДАУ, 2011. – 265 с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Охарактеризуйте суть і значення радіометрії.
2. *Вкажіть класифікацію дозиметрів.
3. *Вкажіть основні правила відбору проб для радіологічного аналізу.

Тема 3.1.5 Використання методів спектроскопії радіонуклідів у продуктах харчової промисловості.

Гамма-спектрометрія (віртуальна лабораторія ГАММАЛАБ)

Спектрометр іонізуючого випромінювання - це прилад, за допомогою якого можна визначити енергетичний або будь-який інший (наприклад розподіл імпульсів за часом) спектр іонізуючого випромінювання. Знаючи спектр іонізуючого випромінювання, можна визначити радіонукліди, яким він належить і їх концентрацію. У склад гамма-спектрометра входить детектор гамма-випромінювання, який перетворює спектр гамма-випромінювання в спектр амплітуд імпульсів напруги, і аналізатор імпульсів.

Програмний комплекс GammaLab, призначений для моделювання в реальному часі апаратурних гамма-спектрів напівпровідникових та сцинтиляційних детекторів під час вимірювань широкого кола джерел, довільної просторової конфігурації та радіонуклідного складу.

Лабораторна робота № 5 Калібрування гамма-спектрометра

Перед початком роботи прилад потрібно відкалібрувати.

Калібрування складається з двох етапів:

- енергетичне калібрування,
- визначення ефективності реєстрації спектрометра.

Мета роботи – навчитися роботі з гамма-спектрометром [2,3].

Енергетичне калібрування необхідне для того, щоб визначити ціну поділки шкали спектрометра, що дозволяє визначити склад проби за її спектром. Для енергетичного калібрування потрібно кілька зразкових джерел радіоактивного випромінювання. З отриманого від цих джерел спектру визначають ціну поділки шкали приладу, як відношення енергії центра ваги фотопіка (ЦВП) до номера каналу, у якому він знаходиться.

Знаючи спектральний склад і апаратний спектр, будують калібровану пряму, де на осі абсцис відкладаються номери каналів, а на осі ординат - відповідні їм енергії спектральних ліній. Пряма описується вираженням типу:

$$Y = KX + B,$$

де Y - енергія γ -квантів зразкового джерела;

X - номер каналу, в якому знаходиться ЦВП відповідного фотопіка,

B - поправочний коефіцієнт.

Після проведення енергетичного калібрування вимірюють фон приладу, що складається з власних шумів апаратури і з природного радіаційного фону.

Регулюванням підсилення домагаються запису фотопіку Cs-137 в 331 канал.

Вимірюємо спектр враховуючи, що мінімальна кількість імпульсів в ЦТП повинно бути не менш за 2000. Одночасно з цим в текстовому редакторі готуємо файл бібліотеки радіонуклідів, що використовуються при калібруванні, розширення файлу .lib. Цей файл містить назву радіонуклідів, період напіврозпаду, енергію γ -квантів, абсолютну інтенсивність і її похибку.

На базі отриманого спектра програма будує калібрувальну пряму. При цьому калібруванні оператор може скоректувати отриманий графік, добиваючись його максимальної лінеаризації. Ці дані автоматично запам'ятовуються програмою і зберігаються в пам'яті до наступного енергетичного калібрування.

Наступним етапом підготовки спектрометра є вимірювання спектра. Вимірювання фону здійснюють при відсутності в детекторі джерел іонізуючого випромінювання і при зачиненому свинцевому будиночку. Тривалість вимірювання фону повинна як мінімум в 5 разів перевищувати час вимірювання спектра. Після вимірювання фону відповідний файл зберігається для подальшого використання з розширенням .fon. Дані, що

записані в цьому файлі, потім віднімаються з даних спектрів при обробці. При цьому враховується час вимірювання спектра і час вимірювання фону.

Наступний етап калібрування - визначення ефективності реєстрації спектрометра. Принципова можливість кількісного визначення складу радіоізоотопів за даними обмірюваного гама-спектру препарату пов'язана з існуванням спектрів, що мають препарати з відомим радіонуклідним складом (Cs-137, Ra-226, Am-241, Co-60). Спектри повинні бути рівномірно розподіленими на всій ширині діапазону від 30 до 1500 KeV.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рома В.В., Степова О.В. Навчальний посібник для вивчення дисципліни «Моніторинг довкілля» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». – Полтава: ПолтНТУ, 2016. 117 с.
2. 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
3. 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.*Чим відрізняється апаратурний спектр імпульсів від енергетичного спектра ядерних частинок ?
 - 2.*Що описує функція відгуку ?
 - 3.*Що називається чутливістю гамма-спектрометра ?
 - 4.*Що називається енергетичним розділенням гамма-спектрометра ?
 - 5.*Як визначається "мертвий" час приладу ?
 - 6.*Що являє собою канал амплітудного аналізатора ?
 - 7.*Які функції виконує одноканальний амплітудний аналізатор ?
 - 8.*Скільки каналів містять в собі сучасні багатоканальні аналізатори ?
 - 9.Які функції виконує аналоговий цифровий перетворювач ?
- (* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

ЗМ-П2. Повчання по послідовному вивченню практичного модуля

ЗМ-П2. Практичні заняття

Тема 3.2.1 Вивчення норм та правил поводження з радіоактивно забрудненими продуктами згідно норм НРБУ-97 та основних санітарних правил.

Згідно норм НРБУ-97 та основних санітарних правил:

(а) Встановлені рівні дій •ППД (потужність поглиненої в повітрі дози) гамма-випромінювання в повітрі будинках та приміщеннях сформована за рахунок активності природних *радіонуклідів*, включаючи *природний радіаційний фон*.

(б) ППД всередині приміщень будівель та споруд, які проектується, будуються та реконструюються для експлуатації з постійним перебуванням людей \ *рівень дій* становить 4.4 нГр с^{-1} (30 мкР-год^{-1}), включаючи компоненту від природного фонового опромінення.

(в) ППД всередині приміщень будівель та споруд, які експлуатуються з постійним перебуванням людей, *рівень дій* становить $7,3 \text{ нГр-с}^{-1}$ (50 мкР'год^{-1}), включаючи компоненту від *природного радіаційного фону*, за виключенням дитячих. санаторно-курортних та оздоровчо-лікувальних закладів де *рівень дій* відповідає п.8.6.2.(б)

Середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність (ЕРОА) ізотопів радону в повітрі будівель:

(а) В приміщеннях будівель та споруд, які будуються та реконструюються для експлуатації з постійним перебуванням людей, *рівень дій* для середньорічної ЕРОА радону-222 в повітрі становить 50 Бк/м^3 . середньорічної ЕРОА радону-220 (торону)- 30 Бк/м^3 .

(б) *Рівень дій* для середньорічної ЕРОА радону-222 в зоні дихання в повітрі приміщень, які експлуатуються з постійним перебуванням людей становить 100 Бк/м^3 • а для ЕРОА радону-220 (торону) - 6 Бк/м^3 . за виключенням дитячих санаторно-курортних та оздоровчо-лікувальних закладів, приміщення дитячих закладів, санаторно-курортних та лікувально-оздоровчих.

(в) Якщо середньорічну сумарну ЕРОА радону-222 та радону-220. після проведення протирадонових заходів неможливо знизити нижче рівня 400 Бк/м^3 (*рівень дій безумовно виправданого втручання*), то прийняття рішення про подальші дії належить відповідним державним органам, порядок яких регламентується окремим документом.

Практичне завдання:

Завдання 1. Користуючись нормами НРБУ-97 знайти **рівні дій** для природних радіонуклідів у джерелах господарчо-питного водопостачання.

У разі використання води артезіанських свердловин для господарчо-питного водопостачання або реалізації води артезіанських та інших джерел через торговельну мережу кожне джерело (свердловина або група свердловин, що використовуються одночасно) повинно мати паспорт радіаційної якості води.

Завдання 2. Користуючись нормами НРБУ-97 знайти *питому активність* природних *радіонуклідів* у мінеральних добривах.

(а) Для добрив (гранульованих) *рівень дій* знайти суму питомих активностей урану та торію-232 - ($1,9 \text{ кБк/кг}$):

(б) Для добрив (негранульованих) -?

ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та забезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. 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
3. 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.
4. Давиденко В. М. Радіобіологія / В.М. Давиденко – Миколаїв: Видав. МДАУ, 2011. – 265 с.
5. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. — К. : Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 121 с.

Тема 3.2.2 Оцінювання радіаційної безпечності і відповідності харчової продукції, а також, технологій та технологічного обладнання державним і міжнародним нормативам та стандартам радіаційної безпеки.

Згідно норм НРБУ-97, основних санітарних правил, державних і міжнародних нормативів та стандартів радіаційної безпеки оцінити радіаційну безпечність елементів довкілля, зокрема, харчової продукції, води, їжі та повітря.

Практичне завдання:

Завдання 1 Визначити еквівалентну дозу для дорослих і дітей, якщо в атмосферному повітрі була зареєстрована об’ємна активність 100 Бк/м^3 . Час перебування в зоні дорівнює 1 добу.

Завдання 2

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 л на добу і об’ємна активність води зберігається на протязі року.

Завдання 3. Під час аварії на АЕС річний викид ізотопу йоду I^{131} в атмосферу складає $Q = 8.1 \cdot 10^{11} \text{ Бк}$.

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

ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та забезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. 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
3. 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.
4. Давиденко В. М. Радіобіологія / В.М. Давиденко – Миколаїв: Видав. МДАУ, 2011. – 265 с.
5. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. — К. : Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 121 с.

Тема 3.2.3 Розрахунки радіоактивності та доз випромінювання основних продуктів

1. Період напіврозпаду визначається формулою

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2 \cdot N}{a}, \quad N = N_A \cdot \frac{m}{M}$$

Де А – активність, N_A - число Авогадро, М - молярна маса.

2. 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.

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

Завдання 2

- 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.

ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та убезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. 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
3. 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.
4. Давиденко В. М. Радіобіологія / В.М. Давиденко – Миколаїв: Видав. МДАУ, 2011. – 265 с.
5. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. — К. : Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 121 с.

Тема 3.2.4 Фізико-хімічні методи дезактивації. Електрохімічна, лазерна, ультразвукова дезактивація

Радіоактивне забруднення зовнішніх поверхонь устаткування, апаратури, інструменту, лабораторного посуду, поверхонь робочих приміщень не повинно перевищувати допустимих рівнів загального забруднення, що встановлені НРБУ-97.

Практичне завдання:

Ознайомитися з методами дезактивації.

У приміщеннях постійного перебування персоналу, де працюють з джерелами у відкритому вигляді, має бути передбачений сталий запас дезактивуючих засобів і миючих розчинів, що добираються з урахуванням властивостей радіонуклідів та їхніх сполук, з якими йде робота, а також характеру поверхонь, що підлягають дезактивації.

Якщо забруднення трапилось порошковою сухою речовиною, то його збирають вологою ганчіркою, попередньо вимкнувши вентиляцію. Велику кількість розлитих радіоактивних рідин засипають стружкою. Після того, як основна їх кількість буде видалена, залишки забруднення знищують обробкою спеціальними миючими засобами. Дезактивацію

забруднених поверхонь проводять за допомогою м'яких щіток, тампонів, змочених миючими засобами, або способом змиву.

Як миючі засоби можуть використовуватись такі розчини:

- 1) пральний порошок - 10 мл, луг - 10 мл, вода - до 1 л.
- 2) щавелева кислота - 5 г, кухонна сіль - 50 г, миючий засіб ДС-РАС - 10 мл, вода - до 1 л.

Якщо не вдалося ефективно провести дезактивацію вказаними засобами, то для додаткової обробки поверхонь використовують розчин перманганат калію -40 г, кислоти сірчаної (питома маса - 1,84) - 5 мл, води - до 1 л.

Перманганат калію розчиняють в 1 л води підігрітої до 600С, потім охолоджують до кімнатної температури. У розчин доливають сірчану кислоту і перемішують.

Якщо оброблюваний матеріал нестійкий до розчинів, що містять кислоти, для дезактивації використовують лужний розчин їдкого натру -10 г, трилону Б- 10 г, води - до 1 л. Їдкий натр розчиняють у воді, додають трилон Б, перемішують до повного розчинення.

Для дезактивації цінного обладнання, приладів готують наступні розчини:

- лимонна кислота - 10 г, вода - до 1 л;
- щавелева кислота - 20 г, вода - до 1 л;
- натрію гексаметафосфат - 10-20 г, вода - до 1 л;
- миючий засіб ОП-7 - 4 г, соляна кислота - 20 мл, гексаметафосфат натрію - 4 г, вода - до 1 л.

Кислоту або гексаметафосфат натрію розчиняють, перемішуючи, в 1л води при кімнатній температурі.

При необхідності дезактивації поверхонь з лаково-фарбовим покриттям верхній шар знімають механічним (зчісування) або хімічним (за допомогою спеціальних розчинників) засобами.

Одяг (фартухи, наруківники та ін.) з поліхлорвінілу та поліетилену можна дезактивувати в розчині натрію гексаметафосфату - 10-20 г, води - до 1л.. Після дезактивації підлогу і обладнання ретельно промивають водою і протирають насухо ганчіркою.

Практичне завдання:

Завдання 1:Розрахувати гранично допустимі рівні вмісту радіонуклідів у продуктах харчування в одиницях системи СІ

Гранично допустимі рівні вмісту радіонуклідів у продуктах харчування.

Табл.1

Назва продуктів	Активність, Кі/кг	
	цезію	стронцію
Питна вода	$5 \cdot 10^{-10}$	10^{-10}
Молоко, молочні продукти	10^{-8}	10^{-8}
М'ясо, риба, птиця, яйця	$2 \cdot 10^{-8}$	-

Картопля, овочі	$1,6 \cdot 10^{-8}$	10^{-9}
Борошно, хліб, хлібопродукти, цукор	10^{-8}	10^{-9}
Свіжі ягоди, гриби	$4 \cdot 10^{-8}$	-
Продукти дитячого харчування	$5 \cdot 10^{-9}$	10^{-10}
Лікарські рослини	$2 \cdot 10^{-7}$	-

Завдання 2: Використовуючи закон зворотних квадратів, визначити відстань, що безпечна для роботи з радіоактивною речовиною за наступною формулою:

$$R = \sqrt{\frac{D_R}{D}},$$

де D_R - відома доза, виміряна на відстані R , D - ГДД за добу ($7 \cdot 10^{-3}$ Р),
 R - шукана безпечна відстань, см. Дози розрахувати за методом дозових коефіцієнтів, вважаючи, що активність A перевищує у 10 разів гранично допустимі рівні вмісту радіонуклідів, що надані у таблиці 1.

ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та забезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
2. 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
3. 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.
4. Давиденко В. М. Радіобіологія / В.М. Давиденко – Миколаїв: Видав. МДАУ, 2011. – 265 с.
5. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. — К.: Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 121 с.

Тема 3.2.5 Моделювання вимірювань та дослідження гамма-спектрів за допомогою програмного комплексу ГАММАЛАБ.

Завдання 1. Знайти енергетичне розділення спектрометра по Cs-137, якщо відомо, що ширина фотопіку на половині його висоти дорівнює 6 кеВ

ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та забезпечення продукції харчової

промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.

2. 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

3. 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.

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

5. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.

6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. — К. : Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 121 с.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

вивчення практичного модуля ЗМ-П2.

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. *Охарактеризуйте суть і значення радіометрії.

5. *Вкажіть класифікацію дозиметрів.

6. *Вкажіть основні правила відбору проб для радіологічного аналізу.

7. Радіометрія це наука, що : - вивчає фізичні і хімічні явища в природі;
- здійснює моніторинг радіаційного забруднення навколишнього середовища; - вивчає будову атома.

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

4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1

1. Які вимірювання потребує радіаційний контроль якості харчових продуктів?

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

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

Література: [1]- с.11-19, 23;

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

Література: [1]- с.7, 11;

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

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

5. У скільки разів біологічна еквівалентна доза кратна до поглинутої дози рентгенівського випромінювання?

Література: [1]- с.41 -42; [2]- с.36 -43, с.58;

6. Які процеси не є основними механізмами впливу іонізуючого випромінювання на речовину?

Література: [1]- с.11; [2]- с.8-34;

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

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

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

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

9. Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найменша ?

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

10. Що називається радіоактивністю ?

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

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

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

12. З яких частинок складається α - частинка?

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

13. Що є джерелом радіоактивного забруднення ?

Література: [1]- с.19; [2]- с.7-28;

14. Яка з доз випромінювання є лімітом дози для осіб категорії А згідно НРБУ-97?

Література: [1]- с.11-19, 23;

15. Що означає доза випромінювання?

Література: [1]- с.11-19, 23;

16. Які особливості має радіаційне забруднення харчових продуктів?

Література: [1]- с.11-19, 23;

17. Які вимірювання потребує радіаційний контроль продуктів споживання?

Література: [1]- с.11-19, 23;

18. Назвіть основні види харчових забруднюючих речовин.

Література: [1]- с.11-19, 23;

19. Скільки шкідливих речовин надходить у організм людини з їжею і напоями?

Література: [4]- с.74;

20. Що називають екзогенними та ендогенними забруднювачами?

Література: [4]- с.74;

21. Як називаються речовини, що утворюються у сировині й продукції під дією хімічних і фізичних факторів?

22. Як називаються речовини, що потрапили в харчові продукти із зовнішнього середовища?

Література: [4]- с.74;

23. Що є найбільш ефективним методом кулінарної обробки сировини в умовах підвищеного забруднення радіонуклідними речовинами?

Література: [4]- с.102;

24. Що є основними каналами виведення радіонуклідів з організму ссавців?

Література: [4]- с.74;

25. Чи змінюється при нормальній технологічній переробці основних фруктів і овочів вміст стронцію у готовому продукті?

Література: [4]- с.102;

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

Література: [3]- с.207;

27. Поверхнєве забруднення харчових продуктів радіонуклідами.

Література: [4]- с.74;

28. Структурне забруднення харчових продуктів радіонуклідами.

Література: [4]- с.74;

29. Що відносять до основних етапів аналітичного дослідження відносно якісного і кількісного складу зразку?

Література: [3]- с.214-217;

30. Що називається середньою (або первинною) пробойою?

Література: [3]- с.214-217;

31. Як здійснюють відбір проби газів?

Література: [3]- с.214-217;

32. Як здійснюють відбір проби рідин?

Література: [3]- с.214-217;

33. Як здійснюють відбір проби твердих речовин?

Література: [3]- с.214-217;

34. Що означає радіоекологічне нормування?

Література: [1]- с.11-19, 23;

35. Для яких речовин наданий нижче зростаючий порядок накопичення:

капуста, огірки, кабачки, томати, цибуля, перець солодкий, часник, салат, картопля, морква, буряк, редька, редис, горох, боби, квасоля, щавель?

Література: [4]- с.102;

36. Для яких плодово-ягідних культур більшою мірою схильні до радіоактивного забруднення (червона і чорна смородина, агрус, суниця садова, полуниця, малина, яблука, груші, вишня, слива, черешня).

Література: [4]- с.102;

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

Література: [1]- с.7, 11;

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

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34.

39. Бактерійні токсини

Література: [4]- с.80.

40. Мікотоксини

Література: [4]- с.85

41. Токсичні елементи

Література: [4]- с.9 2;

42. Радіоактивне забруднення

Література: [4]- с.101;

43. Діоксин і діоксиноподібні сполуки

Література: [4]- с.103;

44. Пестициди

Література: [4]- с.104.

45. Нітрати, нітрити, нітрозоаміни

Література: [4]- с.106;

46. Харчові добавки

Література: [4]- с.109.

47. Генетично модифіковані продукти

Література: [4]- с.126;

48. Основні показники безпеки харчової продукції

Література: [4]- с.41.

49. Результатом яких радіоекологічних наслідків засадничими чинниками є збільшення вмісту у продуктах харчування цезію-137 та стронцію-90?

Література: [4]- с.101;

50. У яких органах людини накопичується в кістковій тканині людини. стронцій-90?

Література: [4]- с.101;

Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л2

1. Назвіть основні методи проведення радіометричних вимірювань.

Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.

2. У чому сутність сцинтиляційного методу?

Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.

3. У чому сутність іонізаційного методу?

Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.

4. У чому сутність напівпровідникового методу?

Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.

5. Яка доза характеризує кількість енергії іонізуючого випромінювання, поглинутої одиницею маси речовини?

Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.

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

Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.

7. Система дозиметричних величин та основні радіаційно-гігієнічні регламентовані величини

Література: [1]- с.23; [2]- с.75-77.

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

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

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

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

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

Література: [2]- с.19;

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

Література: [2]- с.19;

12. Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найбільша ?

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

13. Як відбирають проби донних відкладень для радіоактивного аналізу?

Література: [2]- с.68-71,91; [3]-204- 206;

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

Література: [2]- с.72-75; [3]- с.210;

15. Які наслідки мала міграція радіонуклідів на екологічний стан країни?

Література: [2]- с.68-71,91; [3]- с.204- 206;

16. Що більше є радіаційно забрудненим – хвоя чи листя дерев?

Література: [2]- с.72-75; [3]- с.210;

17. Які прилади призначені для вимірювання радіоактивності?

Література: [1]- с.43; [2]- с.44-55; [3]- с. 218.

18. Які прилади призначені для вимірювання доз випромінювання?

Література: [1]- с.43; [2]- с.44-55; [3]- с.218.

19. Які прилади призначені для вимірювання спектрів випромінювання?

Література: [1]- с.43; [2]- с.44-55; [3]- с. 218.

20. Якими повинні бути відібрані зразки проб для радіаційного аналізу?

Література: [1]- с.45; [3]- с.213-217.

21. Якою повинна бути маса відібраних зразків проб для радіаційного аналізу?

Література: [1]- с.45; [3]- с.213-217.

22. Які прилади призначені для вимірювання гамма-спектрів?

Література: [1]- с.43; [2]- с.44-55; [3]- с.218.

23. Назвіть види іонізуючих випромінювань.

Література: [1]- с.23; [2]- с.83-89.

24. Яка небезпечність іонізуючих випромінювань?

Література: [1]- с.23; [2]- с.83-89.

25. У чому сутність радіаційно-гігієнічного моніторингу?

Література: [1]- с.23; [2]- с.83-89.

26. Як впливає іонізуюче випромінювання на живу клітину?

Література: [1]- с.23; [2]- с.83-89.

27. Показник відповідності харчових продуктів критеріям радіаційної безпеки та спосіб його визначення.

Література: [1]- с.65; [2]- с.83-89.

28. Що називають детектором іонізуючого випромінювання?

Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.

29. Основні механізми взаємодії α - β - випромінювань з речовиною

Література: [1]- с.43; [2]- с.44-55; [3]- с. 218.

30. Основні механізми взаємодії γ - випромінювання з речовиною.

Література: [1]- с.43; [2]- с.44-55; [3]- с. 218.

31. Основні механізми взаємодії нейтронного випромінювання з речовиною.

Література: [1]- с.43; [2]- с.44-55; [3]- с. 218.

32. Якими основними документами регламентується радіаційна безпека в Україні?

Література: [1]- с.11-19, 23;

33. Які категорії осіб виділяє НРБУ-97?

Література: [1]- с.11-19, 23;

34. Який ліміт дози випромінювання для категорії «В» прописаний у НРБУ-97?

Література: [1]- с.11-19, 23;

35. Що називається дезактивацією?

Література: [3]- с.219; [4]- с.92;

36. Найпоширенішими методами дезактивації є ...

Література: [3]- с.219; [4]- с.92;

37. Дезактивація – це...

Література: [3]- с.219; [4]- с.92;

38. Водоструминний спосіб дезактивації .

Література: [3]- с.219; [4]- с.92;

39. Які Ви знаєте засоби дезактивації?

Література: [3]- с.219; [4]- с.92;

40. Назвіть засоби первинної дезактивації і технологічної обробки харчових продуктів.

Література: [3]- с.219; [4]- с.92;

41. Чи можна позбавитись від основної частини радіонуклідів при переробці сметани і вершків на вершкове масло?

Література: [3]- с.210-220; [4]- с.92.

42. Як можна знизити вміст радіонуклідів у продуктах харчування?

Література: [3]- с.210-220; [4]- с.92.

43. Механічні способи зниження вмісту радіонуклідів у продуктах харчування

Література: [3]- с.210-220; [4]- с.92.

44. Методологія контролю якості харчової продукції

Література: [3]- с.210-220; [4]- с.45.

45. Використання органолептичних методів при оцінюванні якості харчової продукції

Література: [4]- с.52.

46. Що становить основу забезпечення радіаційної безпеки?

Література: [3]- с.210-220; [4]- с.45.

47. Назвіть заходи покращення радіаційного стану технологічних об'єктів, пов'язаних з виробництвом продуктів харчової промисловості.

Література: [3]- с.219; [4]- с.45, [5]- с.55.

48. Як, знаючи спектр іонізуючого випромінювання, можна визначити радіонукліди, яким він належить і їх концентрацію?

Література: [5]- с.63-70.

49. Що у складі гамма-спектрометра перетворює спектр гамма-випромінювання в спектр амплітуд імпульсів напруги?

Література: [5]- с.63-70.

50. Чому дорівнює період напіврозпаду цезію 137 ?

Література: [5]- с.63-70.

Приклади лабораторних робіт модуля ЗМП-1

Лабораторна робота 1

Визначення радіаційного забруднення харчових продуктів здійснюється за наступною послідовністю:

- відбір та підготовка проб для дослідження;
- підготовка приладу до роботи;
- вимірювання фону;
- вимірювання радіоактивного випромінювання від проби;
- розрахунок рівня забрудненості проби та зрівняння його з нормою.

Теоретичні відомості.

Певна частина радіонуклідів надходить до раціону людини з продуктами харчування, добутими у Світовому океані, тому що через високу мінералізацію морської води продукти моря забруднені стронцієм і цезієм.

Відносно чисті від радіонуклідів є артезіанські й деякі ґрунтові води. А талі, дощові та утворені з них підземні води можуть бути джерелом надходження деяких радіонуклідів до організму рослин, тварин, людини.

З хлібопродуктами до організму людини може надходити від однієї третини до половини радіонуклідів від їх загального надходження. Хоча хліб входить до числа факторів, здатних знижувати засвоєння стронцію, особливо коли він виготовлений з темних сортів борошна, яке містить фітин – органічний препарат фосфору. Фітин здатний зв'язувати цей радіоактивний елемент і перешкоджає всмоктуванню його в кишечнику. Але фітин одночасно зв'язує і кальцій, знижуючи його вміст в організмі.

Досить значним джерелом надходження радіонуклідів до організму людини може бути молоко.

Значну частину радіонуклідів накопичують картопля, м'ясо і риба, гриби. У рибі й молюсках концентрується досить значна кількість свинцю-210, полонію-210, тому люди, які споживають багато риби та інших дарів моря, одержують відносно значні дози інкорпорованої радіації. Накопичення радіонуклідів у риб різних видів у одній й тій же водоймі може розрізнятися у 2-3 рази. Для хижих видів риб, наприклад, щука, окунь, накопичення стронцію-90 мінімальні і дуже значні – цезію-137, а для рослиноїдних риб (короп, карась) навпаки максимальні накопичення стронцію і мінімальні цезію. Навіть станом на 2008 рік у деяких районах Київської області у грибах накопичується значна кількість радіонуклідів.

Найбільше їх у гриба польського (понад 1000 Бк при допустимій нормі 500 Бк), у білих грибів – до 800 Бк, в опеньках – менше 500 Бк. Найменше радіонуклідів в організмі гідробіонтів накопичується в прісних водоймах холодних кліматичних поясів, оскільки вода таких водойм слабо мінералізована. У таких водоймах порівняно легко одержувати екологічно чисті продукти.

Значному радіоактивному забрудненню гідробіонтів сприяє теплове

забруднення водойм, до яких здійснюються скиди води з теплових і атомних електростанцій. З підвищенням температури водойм особливо зростає накопичення цезію в організмі риби.

Населення північних регіонів, яке споживає багато м'яса оленів, теж накопичує більше інкорпорованих радіонуклідів. Це обумовлено тим, що олені поїдають багато лишайників, а ці рослини особливо багато концентрують в собі радіонуклідів (полонію, свинцю).

Встановлено, що найбільшу питому вагу серед природних джерел радіації займає газ радон. Радон – невидимий газ. Він не має запаху і смаку, у 7,5 разів тяжчий, ніж повітря. У природі радон зустрічається у двох основних видах: радон-222 і радон-220. Основна частина радіації виділяється не від самого радону, а від дочірніх продуктів розпаду. Значну частину дози опромінення людина одержує від радіонуклідів радону, що попадають до організму з повітрям.

Радон виділяється із земної кори повсюдно, тому максимальну частину опромінення від нього людина одержує, знаходячись у закритому, непровітреному приміщенні нижніх поверхів будинків, куди газ проникає через фундамент і підлогу. Концентрація його у закритих приміщеннях може бути у 8 разів вищою, ніж на вулиці, а на верхніх поверхах значно нижчою, ніж на першому чи у підвалах.

На надходження і накопичення радіонуклідів в організмі риб впливає “теплове” забруднення водойм, зокрема нагрівання води за рахунок гарячих зливів від теплових і атомних електростанцій тощо, що впливає на фізику і хімію радіонуклідів та біологічні властивості гідро біонтів.

Радіоактивні речовини проникають до організму через легені з атмосферним повітрям, через шлунково-кишковий тракт з продуктами харчування та водою, через рани на шкірі і навіть через неушкоджену шкіру. Потрапляючи до організму, радіонукліди затримуються там від декількох днів до десятків років і діють як мікрореактори, здійснюючи фізичний, хімічний, біологічний вплив на клітини, тканини, органи.

Розподіляються радіонукліди в організмі нерівномірно. Стронцій, барій, радій накопичується в кістках; лантанойди, плутоній – у печінці, селезінці, кістковому мозку; цезій, рубідій – у м'язах; рутеній – у нирках; радіоізотопи йоду – у щитовидній залозі.

Експериментальна частина

Визначення поверхневого забруднення різних харчових продуктів бетта- та гамма-випромінюючими ізотопами.

Порядок виконання роботи: 1) підготувати радіометр-дозиметр (СРП-68 та їх аналоги) до роботи згідно з інструкцією; 2) визначити середній результат випромінювання фону (імп/хв·см²); 3) пробу харчового продукту розмістити під зондом приладу; 4) декілька разів провести вимірювання проби; 5) провести вимірювання потужності дози γ-випромінювання, створеного еталонним джерелом, у мікрорентгенах на

годину (мкР/год) або імпульсах за секунду (імп/с); 6) із результатів вимірювання вирахувати значення фону; 7) знайти середнє значення даних вимірювань 8) визначити питому активність проби; 9) вимкнути прилад, вимити руки.

Лабораторна робота 2

Використання методів спектроскопії радіонуклідів у продуктах харчової промисловості

Для моделювання апаратурних спектрів у реальному часі використовується алгоритм швидкого моделювання, який полягає у перенормуванні розрахованих шаблонів з урахуванням конкретного розташування та орієнтації спектрометра відносно джерела випромінювання. Оскільки у загальному випадку вони відрізняються від розташування та орієнтації спектрометра, для яких були проведені розрахунки, застосовується спеціальна процедура інтерполяції та перенормування шаблонів. Перенормування полягає у врахуванні фактичної відстані між джерелом та детектором, а також оцінці відносної частини розгорнутої до детектора (із урахуванням використаного коліматора) поверхні джерела при заданому розташуванні та орієнтації спектрометра.

Процес генерації апаратурного спектра у реальному часі схематично можна описати наступним чином. На макеті робочого місця оператора відображаються детектор та джерело (одне або декілька). Трьохвимірний графік дозволяє оператору імітувати переміщення детектора та джерел, а також задавати зручнішу орієнтацію робочого стола. Після генерації "ідеального" апаратурного спектра за допомогою описаного вище алгоритму швидкого моделювання, він перетворюється на "реальний", враховуючи умови проведення вимірювань та текучий стан апаратури. Розроблені алгоритми генерації "реального" спектра дозволяють імітувати статистичний процес накопичування спектра, вплив оточуючого радіаційного фону (у тому числі і від інших джерел), а також стан апаратури та відповідні апаратурні ефекти (уширення піків, зсув піків, шуми електроніки, прорахунки) в залежності від завантаження, часу прогріву апаратури та наявності/відсутності високої напруги. Отриманий "реальний" спектр передається до штатної програми спектрометра із використанням протоколу передачі спектрометричних даних до вікна аналізатора, реалізований засобами операційної системи (технологія відкритого інтерфейсу).

Експериментальна частина

Практичні питання використання емуляції гамма-спектрів

Завдання 1. Моделювання апаратурних гамма-спектрів виглядає особливо перспективним для аналізу складних гамма-спектрів, потребуючих знання функції відгуку детектора у широкому діапазоні енергій. Експериментальне отримання еталонних спектрів для низки

важливих прикладних задач практично неможливе. Зокрема, це стосується гамма-спектрів для окремих радіонуклідів, які знаходяться у ланцюжку розпадів. В деяких випадках важко отримати еталонні спектри для чистих радіонуклідів, особливо короткоживучих, наприклад, ізотопів йоду. Все це сильно обмежує можливості метода еталонних спектрів.

Слід підкреслити, що отримання функції відгуку детектора у широкому діапазоні енергій є не тривіальною експериментальною задачею. Поперед все, це пов'язано з тим, що кількість придатних для калібрування радіонуклідів, які мають умовно моноенергетичне випромінювання - обмежена (це добре відомі джерела з набору ОСГІ - Am-241, Ce -139, Hg-203, Sn-113, Cs-137, Mn-54, Zn-115), а отримання функцій відгуку з використанням багатореперних джерел потребує застосування складних інтерполяційних процедур, які вносять додаткову невизначеність. У той ж час, розрахунок функцій відгуку та отримання еталонних спектрів можливе із застосуванням програмного комплексу GammaLab. Це, однак, потребує використання верифікованої математичної моделі детектора, для чого необхідна розробка спеціальної процедури.

Завдання 2. Тестування програм обробки гамма-спектрів

Практично важливою областю використання пакета GammaLab, може бути тестування методів, алгоритмів та програм обробки лінійчатих гамма-спектрів. Традиційний підхід до тестування має низку недоліків, серед яких:

- Потрібна наявність стандартних сертифікованих калібровочних зразків з завданням радіонуклідним складом та властивостями матриці.
- Результати тестування часто залежать від вибору апаратури, так як до вимірюного гамма-спектру накладаються неконтрольовані апаратурні ефекти.
- У той ж час, за допомогою пакета GammaLab можна підготувати набір тестових спектрів для різних джерел, типів детекторів та умов вимірювання.

Завдання 3. Побудова калібрувальної прямої

Шкала спектрометра (1024 канали) повинна бути відкаліброваною з ціною поділки в межах 1 - 3 (KeV / канал). Для цього використовують препарати з відомим радіонуклідним складом (Cs-137, Ra-226, Am-241, Co-60). Вони повинні бути рівномірно розподіленими на всій ширині діапазону спектра від 30 до 1500 KeV.

№	Ізотоп	Енергія γ-кванта, keV	Коефіцієнт γ-виходу, %	Номер каналу, де знаходиться центр фотопіку	Коефіцієнт ефективності реєстрації
1	Am-241	59,537	35,37	31	

2	Cs-137	661,660	85,08	331	
3	Co-60	1173,237	99,80	582	
		1332,502	99,9	662	

Регулюванням підсилення домагаються запису фотопіку Cs-137 в 331 канал.

Вимірюємо спектр враховуючи, що мінімальна кількість імпульсів в ЦТП повинно бути не менш за 2000. Одночасно з цим в текстовому редакторі готуємо файл бібліотеки радіонуклідів, що використовуються при калібруванні, розширення файлу .lib. Цей файл містить назву радіонуклідів, період напіврозпаду, енергію γ -квантів, абсолютну інтенсивність і її похибку.

На базі отриманого спектра програма будує калібрувальну пряму. При цьому калібруванні оператор може скоректувати отриманий графік, добиваючись його максимальної лінеаризації. Ці дані автоматично запам'ятовуються програмою і зберігаються в пам'яті до наступного енергетичного калібрування.

Приклади розв'язання задач практичного модуля ЗМ-П2

Завдання 1 Визначити еквівалентну дозу для дорослих і дітей, якщо в атмосферному повітрі була зареєстрована об'ємна активність 100 Бк/м³. Час перебування в зоні дорівнює 1 добу.

Розв'язання:

Дозовий коефіцієнт розраховується за формулою і для повітря він дорівнює

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

Швидкість споживання повітря V - це середня швидкість дихання. Для дорослих її вважають рівною 23 м³/добу; для дітей - 13 м³/добу, або $8,4 \cdot 10^3$ і $5,5 \cdot 10^3$ м³/рік відповідно.

Еквівалентна доза розраховується за формулою. 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 мЗв для дорослих і 0,44 мЗв для дітей.

Завдання 2

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

Розв'язання:

Дозовий коефіцієнт для води дорівнює

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

Використовуючи значення дозового коефіцієнта та об'єм річного споживання води $V = 2 \cdot 365 = 730$ л/рік $= 0,73$ м³/рік, 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 мЗв/рік

Завдання 3. 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/м³.

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.

Завдання 4. Знайти енергетичне розділення спектрометра по Cs-137, якщо відомо, що ширина фотопіку на половині його висоти дорівнює 6 кеВ

Розв'язання:

Енергетичне розділення визначається за формулою

$$R = \frac{N_{1/2}}{N_{\text{цтп}}} \cdot 100 \%,$$

де $N_{1/2}$ - ширина фотопіка на половині висоти піка,

$N_{\text{цтп}}$ - номер каналу, в якому знаходиться центр ваги даного фотопіка.

Знаходимо з таблиці 2.5.2 номер каналу

Підставляючи дані з умови задачі та номер каналу, отримаємо

$$R = 6 \cdot 100 / 661 = 1 \%$$

Відповідь: 1 %

Тестові завдання до залікової контрольної роботи

1. Які вимірювання потребує радіаційний контроль якості харчових продуктів?

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

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

Література: [1]- с.11-19, 23;

3. Що становить основу забезпечення радіаційної безпеки?

Література: [3]- с.210-220; [4]- с.45.

4. Заходи покращення радіаційного стану технологічних об'єктів, пов'язаних з виробництвом продуктів харчової промисловості.

Література: [3]- с.219; [4]- с.45, [5]- с.55.

5. Як, знаючи спектр іонізуючого випромінювання, можна визначити радіонукліди, яким він належить і їх концентрацію?

Література: [5]- с.63-70.

6. Що у складі гамма-спектрометра перетворює спектр гамма-випромінювання в спектр амплітуд імпульсів напруги?

Література: [5]- с.63-70.

7. Чому дорівнює період напіврозпаду цезію 137 ?

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

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

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

9. Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найменша ?

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

10. Що називається радіоактивністю ?

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

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

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

12. З яких частинок складається α - частинка?

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34;

13. Що є джерелом радіоактивного забруднення ?

Література: [1]- с.19; [2]- с.7-28;

14. Яка з доз випромінювання є лімітом дози для осіб категорії А згідно НРБУ-97?

Література: [1]- с.11-19, 23;

15. Що означає доза випромінювання?

Література: [1]- с.11-19, 23;

16. Які особливості має радіаційне забруднення харчових продуктів?

Література: [1]- с.11-19, 23;

17. Які вимірювання потребує радіаційний контроль продуктів споживання?

Література: [1]- с.11-19, 23;

18. Назвіть основні види харчових забруднюючих речовин.

Література: [1]- с.11-19, 23;

19. Скільки шкідливих речовин надходить у організм людини з їжею і напоями?

Література: [4]- с.74;

20. Що називають екзогенними та ендогенними забруднювачами?

Література: [4]- с.74;

21. Як називаються речовини, що утворюються у сировині й продукції під дією хімічних і фізичних факторів?

Література: [4]- с.74;

22. Як називаються речовини, що потрапили в харчові продукти із зовнішнього середовища?

Література: [4]- с.74;

23. Що є найбільш ефективним методом кулінарної обробки сировини в умовах підвищеного забруднення радіонуклідними речовинами?

Література: [4]- с.102;

24. Що є основними каналами виведення радіонуклідів з організму ссавців?

Література: [4]- с.74;

25. Чи змінюється при нормальній технологічній переробці основних фруктів і овочів вміст стронцію у готовому продукті?

Література: [4]- с.102;

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

Література: [3]- с.207;

27. Поверхнєве забруднення харчових продуктів радіонуклідами.

Література: [4]- с.74;

28. Структурне забруднення харчових продуктів радіонуклідами.

Література: [4]- с.74;

29. Що відносять до основних етапів аналітичного дослідження відносно якісного і кількісного складу зразку?

Література: [3]- с.214-217;

30. Що називається середньою (або первинною) пробойою?

Література: [3]- с.214-217;

31. Як здійснюють відбір проби газів?

Література: [3]- с.214-217;

32. Як здійснюють відбір проби рідин?

Література: [3]- с.214-217;

33. Як здійснюють відбір проби твердих речовин?

Література: [3]- с.214-217;

34. Що означає радіоекологічне нормування?

Література: [1]- с.11-19, 23;

35. Для яких речовин наданий нижче зростаючий порядок накопичення:

капуста, огірки, кабачки, томати, цибуля, перець солодкий, часник, салат, картопля, морква, буряк, редька, редис, горох, боби, квасоля, щавель?

Література: [4]- с.102;

36. Для яких плодово-ягідних культур більшою мірою схильні до радіоактивного забруднення (червона і чорна смородина, агрус, суниця садова, полуниця, малина, яблука, груші, вишня, слива, черешня).

Література: [4]- с.102;

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

Література: [1]- с.7, 11;

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

Література: [1]- с.7; [2]- с.8-34.

39. Бактерійні токсини

Література: [4]- с.80.

40. Мікотоксини

Література: [4]- с.85

41. Токсичні елементи

Література: [4]- с.9 2;

42. Радіоактивне забруднення

Література: [4]- с.101;

43. Діоксин і діоксиноподібні сполуки

Література: [4]- с.103;

44. Пестициди

Література: [4]- с.104.

45. Нітрати, нітрити, нітрозоаміни

Література: [4]- с.106;

46. Харчові добавки

Література: [4]- с.109.

47. Генетично модифіковані продукти

Література: [4]- с.126;

48. Основні показники безпеки харчової продукції

Література: [4]- с.41.

49. Результатом яких радіоекологічних наслідків засадничими чинниками є збільшення вмісту у продуктах харчування цезію-137 та стронцію-90?

Література: [4]- с.101;

50. У яких органах людини накопичується в кістковій тканині людини. стронцій-90?

Література: [4]- с.101;

51. Назвіть основні методи проведення радіометричних вимірювань.

Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.

52. У чому сутнісь сцинтиляційного методу?
Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.
53. У чому сутнісь іонізаційного методу?
Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.
54. У чому сутнісь напівпровідникового методу?
Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.
55. Яка доза характеризує кількість енергії іонізуючого випромінювання, поглинутої одиницею маси речовини?
Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.
56. На якому з ефектів заснований сцинтиляційний метод реєстрації радіації?
Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.
57. Система дозиметричних величин та основні радіаційно-гігієнічні регламентовані величини
Література: [1]- с.23; [2]- с.75-77.
58. За допомогою яких приладів визначали потужність дози випромінювання під час аварії на ЧАЕС?
Література: [2]- с.36-62,91; [3]- с.226- 227;
9. Як співвідносяться між собою одиниці поглинутої дози випромінювання 1 Грей і 1 рад?
Література: [2]- с.8,9-34; [3]- с. 8 -10, с.37;
60. Які радіонукліди після аварії на ЧАЕС найбільш небезпечні в даний час?
Література: [2]- с.19;
61. Які радіонукліди після аварії на ЧАЕС були найбільш небезпечні в перші дні після аварії?
Література: [2]- с.19;
62. Для якого іонізуючого випромінювання товщина захисних екранів найбільша ?
Література: [2]- с.75-77,83-90; [3]- 178 -197;
63. Які прилади призначені для вимірювання радіоактивності?
Література: [1]- с.43; [2]- с.44-55; [3]- с. 218.
64. Які прилади призначені для вимірювання доз випромінювання?
Література: [1]- с.43; [2]- с.44-55; [3]- с.218.
65. Які прилади призначені для вимірювання спектрів випромінювання?
Література: [1]- с.43; [2]- с.44-55; [3]- с. 218.
66. Назвіть види іонізуючих випромінювань.
Література: [1]- с.23; [2]- с.83-89.
67. Яка небезпечність іонізуючих випромінювань?
Література: [1]- с.23; [2]- с.83-89.

68. Показник відповідності харчових продуктів критеріям радіаційної безпеки та спосіб його визначення.
Література: [1]- с.65; [2]- с.83-89.
69. Що називають детектором іонізуючого випромінювання?
Література: [1]- с.41; [2]- с.36-43, с.58; [3]- с.165.
70. Основні механізми взаємодії γ - випромінювання з речовиною.
Література: [1]- с.43; [2]- с.44-55; [3]- с. 218.
71. Основні механізми взаємодії нейтронного випромінювання з речовиною.
Література: [1]- с.43; [2]- с.44-55; [3]- с. 218.
72. Якими основними документами регламентується радіаційна безпека в Україні?
Література: [1]- с.11-19, 23;
73. Які категорії осіб виділяє НРБУ-97?
Література: [1]- с.11-19, 23;
74. Який ліміт дози випромінювання для категорії «В» прописаний у НРБУ-97?
Література: [1]- с.11-19, 23;
75. Що називається дезактивацією?
Література: [3]- с.219; [4]- с.92;
76. Які Ви знаєте засоби дезактивації?
Література: [3]- с.219; [4]- с.92;
77. Назвіть засоби первинної дезактивації і технологічної обробки харчових продуктів.
Література: [3]- с.219; [4]- с.92;
78. Чи можна позбавитись від основної частини радіонуклідів при переробці сметани і вершків на вершкове масло?
Література: [3]- с.210-220; [4]- с.92.
79. Механічні способи зниження вмісту радіонуклідів у продуктах харчування
Література: [3]- с.210-220; [4]- с.92.
80. Використання органолептичних методів при оцінюванні якості харчової продукції
Література: [4]- с.52.

ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Основна література

1. Герасимов О. І., Андріанова І. С. Конспект лекцій з дисципліни “Радіаційний моніторинг ” для студентів 1-го курсу магістратури з спеціальності “Технології захисту навколишнього середовища ” - Одеса: ОДЕКУ, 2018р., 69 с., англ. та укр. мова.

2. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2016.- 100 с.
3. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища: підручник / Одеськ. держ. еколог. ун-т. Одеса: ТЕС, 2019.- 268 с.
4. Попова Н. В., Арсеньева Л. Ю., Мисюра Т. Г. Контроль якості та безпечності продукції галузі: Курс лекцій для студ. напряму 6.051701 "Харчові технології та інженерія" ден. та заоч. форм навч. -К.: НУХТ, 2012.- 175 с.
5. Герасимов О.І. Радіаційний контроль та забезпечення продукції харчової промисловості: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 109 с.
6. Електронний конспект лекцій /Технології контролю якості харчової та промислової продукції . Сайт кафедри загальної та теоретичної фізики ОДЕКУ. URL: www.dpt12s.odetu.edu.ua

Додаткова література

6. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія (Конспект лекцій). Одеса, ОДЕКУ. 2003. 134с.
7. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. — К. : Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 121 с.
8. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник.- Одеса: ТЕС, 2018. 228с.
9. Широков Ю. М., Юдин К. П. Ядерная физика. -М.: Наука, 1972.- 672с.
10. Герасимов О.І. та ін. Методичні вказівки до розв'язання задач з дисципліни «Радіоекологія» - Одеса: ОДЕКУ, 2012. 60с.
11. 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
12. Курятников В.В., Кільян А.М. 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.