

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

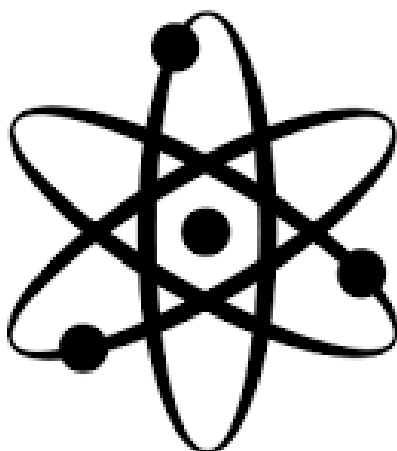
САДІВНИЦТВА

Факультет плодовоовочівництва, екології та захисту рослин

Кафедра екології
та безпеки життєдіяльності
Кафедра біології

ПРАКТИКУМ З ЕКОЛОГІЇ І РАДІОБІОЛОГІЇ

Методичні вказівки до виконання практичних занять з екології і радіобіології студентами освітнього рівня «Бакалавр» спеціальності 202 – «Захист і карантин рослин» та 203 – «Садівництво і виноградарство»



Умань–2020

Методичні вказівки підготували:

А.В. Балабак – к. с.-г. н., доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності;

О.І. Заболотний – к. с.-г. н., доцент кафедри біології

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри екології та безпеки життєдіяльності (протокол від «4» лютого 2020 року № 6) та засіданні кафедри біології (протокол від «06» лютого 2020 року № 8).

Схвалено науково-методичною комісією факультету плодоовочівництва, екології та захисту рослин

Протокол від «10» лютого 2020 року № 3

Рецензент: доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри плодівництва і виноградарства Уманського національного університету садівництва Заморський В.В.

Балабак А.В., Заболотний О. І.

Практикум з екології і радіобіології. Методичні вказівки до виконання практичних занять з екології і радіобіології студентами освітнього рівня «Бакалавр» спеціальності 202 – «Захист і карантин рослин» та 203 – «Садівництво і виноградарство». – Умань, 2020. –80 с.

ЗМІСТ

Передмова	4
Практичне заняття №1. Оцінка ступеня забрудненості атмосферного повітря відпрацьованими газами на ділянці магістральної вулиці (за концентрацією СО)	5
Практичне заняття №2. Накопичення нітратів у рослинній продукції	9
Практичне заняття №3. Біотичні та антропогенні чинники середовища	15
Практичне заняття №4. Розрахунок місткості полігону для твердих побутових відходів	22
Практичне заняття №5. Еколого-соціологічне дослідження місцевості	27
Практичне заняття №6. Визначення поверхневого забруднення дозиметром ТЕРРА-П	28
Практичне заняття №7. Фізичні основи радіобіології.	32
Практичне заняття №8. Радіоактивність, види та одиниці вимірювання радіоактивного випромінювання.	35
Практичне заняття №9. Види іонізуючого випромінювання.	40
Практичне заняття №10. Принципи радіометрії іонізуючих випромінювань.	46
Практичне заняття №11. Порядок відбору і підготовки проб води, ґрунту, рослин та продуктів харчування для радіометрії.	53
Практичне заняття №12. Радіохімічні методи визначення вмісту радіонуклідів в ґрунтах і рослинах.	55
Практичне заняття №13. Прогнозування можливого радіонуклідного забруднення продукції рослинництва.	59
Практичне заняття №14. Визначення радіонуклідного забруднення продукції рослинництва.	66
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	72
ДОДАТКИ	74

Передмова

Метою викладання дисципліни «Екологія і радіобіологія» є вивчення закономірностей біологічної дії іонізуючих випромінювань на живий організм, навчитись керувати його відповідними реакціями на цей фактор. Забезпечити студентам сукупність знань в досягненнях ядерної фізики та атомної енергетики у лісовому і сільськогосподарському виробництві, а також для ведення лісового і сільського господарства і отримання продукції рослинництва і тваринництва в екстремальних умовах, пов'язаних із радіоактивним забрудненням навколишнього середовища.

Основні завдання екології і радіобіології – вивчення чутливості рослин і тварин до іонізуючих випромінювань; розробка способів захисту їх від радіаційного ураження; дослідження шляхів міграції і біологічної дії інкорпорованих рослинами і тваринами радіоактивних речовин; пошук шляхів використання іонізуючих випромінювань у лісовому і сільськогосподарському виробництві. Вона передбачає також коротке висвітлення деяких питань радіобіології тваринного світу, які певною мірою пов'язані з радіологією рослин, а також тих питань, значення яких потрібні кожному спеціалісту лісового і сільського господарства.

Програмні компетентності:

Загальні компетентності

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- навички здійснення безпечної діяльності.
- прагнення до збереження навколишнього середовища.

Фахові компетентності:

- здатність координувати фітосанітарний моніторинг щодо виявлення, ідентифікації та визначення особливостей біології та екології шкідливих організмів в Україні.

Програмні результати навчання:

- володіти знаннями, що сприяють розвитку загальної культури та активності, формуванню національної гідності, патріотизму, соціалізації особистості.
- володіти знаннями з фундаментальних розділів математики, хімії, і природничих наук в обсязі, необхідному для розуміння процесів зі спеціальності захист і карантин рослин.
- володіти знаннями з дотримання безпечних умов праці та охорони навколишнього середовища.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1
ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕНOSTІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
ВІДПРАЦЬОВАНИМИ ГАЗАМИ НА ДІЛЯНЦІ МАГІСТРАЛЬНОЇ
ВУЛИЦІ (ЗА КОНЦЕНТРАЦІЄЮ СО)

Мета роботи: визначити ступінь забрудненості повітря автотранспортом.

Автотранспорт, чисельність якого на вулицях міст і сіл України постійно зростає, негативно впливає на самопочуття їх мешканців, чинячи як пряму, так і опосередковану дію: шум, забруднення повітря й грантів, ущільнення грантів тощо. Викиди автотранспорту, що містять вуглеводні, оксиди нітрогену, сульфату, карбону, сажу, надзвичайно небезпечний бензпірен тощо, зумовлюють появу смогів та кислотних дощів, почастищення респіраторних захворювань населення. Особливо значне забруднення спостерігається поблизу перехресть вулиць, де автомобілі змінюють швидкість або мотори працюють на холостому ході.

Викиди шкідливих речовин у відпрацьованих газах автотранспорту регламентуються стандартами; вміст свинцю і оксидів сульфату обмежуються стандартами на пальне. Останнім часом з метою зменшення негативного впливу автотранспорту на довкілля і здоров'я людей вживають заходи, серед яких і заборона на використання домішок тетраетилплумбуму (тетраетилсвинцю) в пальне, перехід на природний газ.

Оцінку завантаженості вулиць автотранспортом визначають за інтенсивністю руху:

- низька інтенсивність руху – 2,7–3,6 тис. автомобілів за добу;
- середня інтенсивність руху – 8–17 тис. автомобілів за добу;
- висока інтенсивність руху – 18–27 тис. автомобілів за добу.

Практичне завдання.

Для визначення рівня забруднення повітря в м. Умань оксидом вуглецю (СО) необхідно:

1) порахувати автомобілі різних типів, що проїзять по головних вулицях міста (пропонується взяти вулицю з інтенсивним рухом автомобілів поблизу місця проживання) за такою схемою: 3 рази по 20 хв під час кожного терміну вимірювань (о 8-й, 13-й і 18-й год.). Записи заносять у таблицю:

Тип автомобіля	Кількість автомобілів в різний період доби, шт.		
	8 год.	13 год.	18 год.
1. Легковий			
2. Легкі вантажівки (типу «Газель»)			
3. Середні вантажівки			
4. Важкі вантажівки			
5. Автобуси			
Всього:			

2) за результатами підрахунків здійснити оцінку інтенсивності руху транспорту на окремих вулицях міста, побудувати графіки;

3) розрахувати ступінь забруднення повітря оксидом вуглецю (СО) на висоті людського зросту;

4) за результатами розрахунків подати свої пропозиції щодо способів зменшення негативного впливу транспорту на стан довкілля.

Хід роботи:

Ступінь забрудненості повітря автотранспортом залежить не лише від інтенсивності руху, вантажності машин, кількості та характеру викидів, а й типу забудови, рельєфу місцевості, напрямку вітру, вологості й температури повітря. Тому всі ці особливості слід зазначати.

Зазначають наявність насаджень, які поглинають пил та інші забруднення, зменшують шумове навантаження, регулюють мікроклімат (вміст вологи, кисню, СО₂, іонів, фітонцидів).

Усі ці впливи різних чинників під час визначення концентрації СО

необхідно враховувати. Наближено розрахувати максимальну (поблизу дороги) концентрацію CO (CO_{max}) можна згідно формули

$$CO_{max} = (A + 0,01 * N * K_m) * K_a * K_n * K_c * K_v * K_p,$$

де CO_{max} – концентрація CO з краю дороги, мг/м³ повітря; A – фонове забруднення атмосферного повітря ($A = 0,5$ мг/м³); N – сумарна інтенсивність руху автомобілів на ділянці вулиці (шт./год.); K_m – коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами в повітря CO; K_a – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості; K_n – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосферного повітря оксидом карбону, залежно від величини поздовжнього нахилу; K_c – те саме відносно швидкості вітру; K_v – те саме відносно вологості повітря; K_p – коефіцієнт збільшення забрудненості атмосферного повітря оксидом карбону біля перехресть.

Коефіцієнт токсичності автомобілів K_m визначають за таблицею:

Тип автомобіля	Коефіцієнт K_m
Важкий вантажний	2,3
Середній вантажний	2,9
Легкий вантажний	0,2
Автобус	3,7
Легковий	1,0

Значення коефіцієнта K_a , що враховує аерацію місцевості, визначають за таблицею:

Тип місцевості за ступенем аерації	Коефіцієнт K_a
Транспортні тунелі	2,7
Магістральні вулиці і дороги з багатоповисловою забудовою з обох боків	1,0
Вулиці та дороги з одноповисловою забудовою	0,6
Міські вулиці та дороги з однобічною забудовою, набережні, естакади, високі насипи	0,4
Пішохідні тунелі	0,3

Для магістральної вулиці $K_a - 1$

Значення коефіцієнта K_n , що враховує зміни забруднення повітря СО відповідно величини повздовжнього нахилу вулиці, визначають за таблицею:

Повздовжній ухил, град	Коефіцієнта K_n
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Коефіцієнт K_c , що враховує вплив швидкості вітру на вміст СО в повітрі, визначають за таблицею:

Швидкість вітру, м/с	Коефіцієнт K_c
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Коефіцієнт K_v (враховує вплив відносної вологості повітря на концентрацію СО) поданий у таблиці:

Відносна вологість повітря, %	Коефіцієнт K_v
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75
40	0,60

Значення коефіцієнта K_n для різних типів перехресть наведені в таблиці:

Тип перехрестя	Коефіцієнта K_n
Регульоване перехрестя:	
світлофорами звичайне	1,8
світлофорами регульоване	2,1
світлофорами регульоване	2,0
Нерегульоване:	
зі зниженою швидкістю	1,9
кільцеве	2,2
з обов'язковою зупинкою	3,0

Підставивши значення наведених коефіцієнтів, обчислюють концентрацію оксиду карбону на певній ділянці магістралі за різних метеорологічних умов або на ділянках з різною забудовою. Доходять висновків, які чинники більше, а які менше впливають на забрудненість повітря оксидом карбону, що міститься у викидах автотранспорту.

Питання для самоконтролю:

1. Який негативний вплив чинить автотранспорт?
2. Що можна зробити для зменшення шумового навантаження ?
3. Що б ви запропонували для зменшення забруднення повітря і ґрунтів викидами автотранспорту?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

НАКОПИЧЕННЯ НІТРАТІВ У РОСЛИННІЙ ПРОДУКЦІЇ

Мета роботи: визначити вміст нітратів у рослинній продукції. Оцінити відповідність вмісту нітратів максимально допустимому рівню (МДР). Визначити добову дозу надходження нітратів в організм разом з продуктами харчування і водою.

Нітрати – це солі азотної (NaNO_3), а нітрити – азотистої (NaNO_2) кислот. У ґрунті нітратів більше, ніж в інших середовищах у зв'язку з внесенням у нього мінеральних та органічних добрив, потраплянням відходів переробки сировини різних підприємств, розкладом органічних речовин та ін. З ґрунту нітрати проникають у воду і рослини, а з водою продуктами рослинництва – в організм людини.

У ґрунті нітрати потрапляють також через дощову воду, яка фіксує сполуки Нітрогену з повітря. Особливо цими сполуками багата дощова вода у регіонах з розвинутою промисловістю внаслідок викиду у повітря кисневих сполук Нітрогену.

Окремі види рослин характеризуються різною здатністю накопичувати нітрати. Деякі овочі, плоди акумулюють дуже мало нітратів, інші можуть їх містити значно більше, до 2,5% сухої маси (зелень петрушки, кропу, редиска, капуста тощо).

Можна стверджувати, що накопичення нітратів у плодах і овочах є нормальним фізіологічним явищем у зв'язку з тим, що Нітроген (так само, як Фосфор і Калій) – це основа живлення рослин.

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) встановила *допустиму дозу нітратів – 5мг/кг ваги людини*. При розрахунках добової норми нітратів враховують споживання не лише продуктів харчування, а й води. За стандартом, в 1л питної води може міститись до 50 мг нітратів і до 9 мг нітритів.

На жаль, на більшості території України колодязна вода може містити нітратів навіть до 10 ГДК. Центральним водопостачанням забезпечено ж лише четверту частину сіл України.

Самі нітрати малотоксичні. Потенційна їх небезпечність зумовлена тим, що в надмірних кількостях в організмі нітрати перетворюються на нітрити, які і викликають порушення роботи організму. Нітрати погіршують імунітет, засвоєння вітаміну А, порушують діяльність щитоподібної залози, серця,

центральної нервової системи. При хронічному впливі нітрати і нітрити в кислому середовищі шлунка поєднуються з амінокислотами, утворюючи канцерогенні речовини – нітрузоаміни. Вони виникають також при інтенсивному нагріванні продуктів харчування. Вважається, що з їжею ми вживаємо в середньому 0,5 мкг/день нітрузоаміну; у разі викурювання 20 сигарет – 10–20 мкг. При дослідженні було експериментально доведено, що нітрузосполуки зумовлюють утворення пухлин у всіх органах, крім кісток. Крім прямого канцерогенезу, деякі з них (N – нітрузометилсечовина, N – нітрузоетилсечовина) викликають вади розвитку організму.

На накопичення нітратів впливають:

- надмірна кількість азотних добрив, незбалансованість живлення рослин за основними макро- та мікроелементами;
- тип ґрунтів (важкі ґрунти збільшують накопичення, як і кислі ґрунти);
- коливання температур;
- висока вологість ґрунтів і повітря; (зрошення зменшує кількість нітратів, але варто врахувати якість води);
- недостатня кількість сонячного світла (збільшує вміст нітратів у 2-3 рази);
- біологічні особливості культур і сортів; найбільше накопичення спостерігається в салаті, селері, шпинаті, капусті, ревені, редьці, петрушці, редисці (до 4000 мг/кг), найменше накопичують томати, ріпчаста цибуля, баклажани, огірки, яблука, кавуни (близько 40–60 мг/кг). Сортові відмінності менше виражені, вони складають 2–5 разів. Різне накопичення нітратів також у різних частинах продукту;
- технологія виробництва (загущеність посівів, засміченість, рівномірність розподілу добрив по полю, шкідники, хвороби); строки збирання врожаю.

Зменшення кількості нітратів у продуктах можливе такими шляхами:

- добір сортів, що менше накопичують нітрати, використання повільно діючих гранульованих добрив, внесення добрив за 1–2 місяці до збирання врожаю;

- збереження продукції у герметичних поліетиленових пакетах при температурі 0–10С;
- термічна та кулінарна обробка (варіння, соління, квашення);
- миття з замочуванням;
- контроль с.-г. продукції з періодичністю 10–120 днів у залежності від уживаності продуктів.

Для зменшення токсичності нітратів за умови їхнього надмірного надходження в організм вважається за доцільне збільшити споживання продуктів, що містять вітамін С, оскільки він зв'язує нітрати в організмі і не дає змогу їм перетворюватись на більш токсичний нітрит чи нітросоаміни. Клітковина, яка міститься в овочах і плодах, затримує всмоктування нітросоамінів у кров.

Якщо концентрація нітратів у продукті перевищує норму, але не більше, ніж у два рази, такі продукти дозволяється використовувати для соління, квашення або проварювання.

Визначення вмісту нітратів експрес – методом за допомогою тестера. Нітратомір СОЭКС NUC-019-1 (рис.2.1) призначений для експрес-аналізу, в побутових умовах, концентрації нітратів у свіжих овочах, фруктах і м'ясі. Принцип роботи нітрат-тестера заснований на вимірюванні електропровідності середовища фруктів, овочів і м'яса.



Рис. 2.1. Нітрат-тестер СОЭКС NUC–019–1

Визначення концентрації нітратів проводиться шляхом вимірювання провідності змінного високочастотного струму у продукті й виводиться на ЖК – дисплей нітратоміру СОЭКС NUC–019–1.

Визначення добової дози вживання нітратів

Важливо не лише знати про безпечність певного продукту, а й оцінити добову дозу нітратів у всьому раціоні харчування.

Визначити добове надходження нітратів можна таким чином:

$$H_{NO_3} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot k_{ri} \cdot k_{ki} \cdot c_i$$

де m – маса продукту, спожитого за добу, кг; n – кількість спожитих продуктів;

c_i – вміст нітратів у фруктах і овочах, мг/кг (результати вимірювання чи табл. 3);

Kr – коефіцієнт їстівної частини продукту (табл.2.1);

Kk – коефіцієнт втрати нітратів при кулінарній обробці

2.1. Вміст нітратів у продуктах харчування

Овочі, плоди	Коефіцієнт їстівної частини, Kr	Коефіцієнт втрати нітратів при кулінарній обробці, Kk	Вміст нітратів, мг/кг	
			Середній	Реальний
			C_i	C_i
Картопля	0,72	0,5 – варена 0,85 – смажена	108,7	5–220,9
Морква	0,8	0,7	253,2	9–334
Капуста	0,8	0,7 – свіжа 0,4 – квашена	337,7	10–1900
Буряки ст.	0,8	0,7	1049,7	400–3200
Томати	0,95	0,9 – свіжі 1,5 – солоні	76,4	6,8–237
Огірки	0,93	0,9 – свіжі 0,7 – солоні	165,5	110–656,2
Баклажани	0,9	0,7	300,0	3–380
Редиска	0,8	0,9	1002,5	7,9–4838
Редька	0,85	0,9	1200,6	700–2520
Кабачки	0,9	0,7	300,0	8–240
Перець сол.	0,75	0,9	150,0	6,6–300

Цибуля	0,8	0,9	237,9 Р	3,8–600
			381,6 П	
Салат	0,8	0,9	2001	240–3600
Шпинат	0,74	0,9	1035	784–1122
Щавель	0,8	0,9	1820,3	7,2–2300
Кріп	0,8	0,9	1900,6	7,2–2300
Петрушка	0,8	0,9	1903	2508
Яблука	0,88	0,95	39,7	1,2–99,2
Груші	0,9	0,95	36,5	1,5–70
Виноград	0,87	0,9	35,6	1–70
Дині	0,64	0,7	83,3	35–101
Кавуни	0,6	0,65	37,9	10–300
Ковбасні вироби	0,98	0,95	150–300	
Сир	0,99	1,0	100–150	
Пиво	1	1	150–200	
Вода питна	1	1	0,5 – 2,8	4–400
Молоко	1	1	12	7–800
Кисломолочні вироби	1	1	25	10–250
Вино	1	1	25	1–47,8
Хліб	1	1	25	20–30

За даними розрахунку зробіть висновок про допустимість розрахованої кількості нітратів у раціоні.

Добова допустима доза становить 5 мг нітратів на 1 кг маси тіла людини.

Приклад розрахунку дози нітратів. Сніданок людини складався з 200 г картоплі пюре, 1 солоного огірка (120 г), однієї сосиски (50 г), одного курячого крильця (200 г), чашки чаю (250 г), одного яблука (150 г).

Отже, для розрахунку вмісту нітратів у пюре $c_i=108,7$ мг/кг,

$K_r=0,72$, $K_k=0,5$, $m=0,2$ кг. $H\ NO_3=7,83$ мг

Вміст нітратів у огірку: $c_i=165,5$ мг/кг, $K_r=0,93$, $K_k=0,7$, $m=0,12$ кг. $H\ NO_3=12,93$ мг

Вміст нітратів у сосисці: $c_i=150$ мг/кг, $K_r=0,98$, $K_k=0,5$, $m=0,05$ кг. $H\ NO_3=3,68$ мг

Вміст нітратів у курячому крильці $H\ NO_3=0$ мг

Вміст нітратів у чаї (бюветна вода): $c_i=7,8$ мг/кг, $K_r=1$, $K_k=1$, $m=0,25$ кг. $H_{NO_3}=1,95$ мг

Вміст нітратів у яблуку: $c_i=39,7$ мг/кг, $K_r=0,88$, $K_k=0,95$, $m=0,15$ кг. $H_{NO_3}=4,98$ мг

Отже, сумарне надходження нітратів зі сніданком склало 31,37 мг. За ваги людини 60 кг, добова доза складає $60 \text{ кг} \times 5 \text{ мг/кг} = 300 \text{ мг}$. Таким чином, доза нітратів є безпечною для цієї людини, основну частку нітратів отримано з картоплі і огірка. Такий же розрахунок необхідно провести ще і для обіду та вечері.

Питання для самоконтролю:

1. Які хімічні властивості нітратів?
2. Які джерела надходження нітратів у продукти харчування?
3. Які особливості впливу нітратів на організм людини?
4. Як визначити добове надходження нітратів в організм?
5. Які фактори впливають на метаболічні перетворення нітратів в організмі?
6. Як утворюються та як впливають на роботу організму нітросоаміни?
7. Як запобігти отруєнню нітратами?
8. Як зменшити накопичення нітратів у рослинній продукції?
9. На яких підставах роблять висновок про безпечність продуктів харчування?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

БІОТИЧНІ ТА АНТРОПОГЕННІ ЧИННИКИ СЕРЕДОВИЩА

Мета роботи: розглянути прояви різних біотичних взаємин у екосистемах та їх вплив на процеси життєдіяльності живих організмів.

Біотичні чинники середовища — це вплив одних видів організмів на інші. До біотичних чинників можна віднести і антропогенні (вплив людини на

функціонування екосистеми в цілому чи її окремих компонент). Біотичними чинниками є наявність їжі, присутність чи відсутність ворогів, конкурентів, паразитів тощо.

Біотичні чинники поділяють на:

- *зоогенні* (вплив тварин; наприклад, витоштування луку);
- *фітогенні* (вплив рослин, зокрема виділення фітонцидів для знищення бактерій);
- *мікробогенні* (поява хвороб, зумовлених хвороботворними мікроорганізмами);
- *антропогенні* – сукупність різних видів впливу людини на природне середовище, рослинний і тваринний світ та на саму себе:
 - вирубування лісів;
 - розорювання цілинних земель;
 - полювання на окремі види тварин і птахів;
 - забруднення водойм і загибель риби;
 - зміна стану довкілля і зростання захворюваності людей.

Поділяють на прямі та опосередковані.

Форми зв'язків між організмами. За В.Беклемішевим, форми зв'язків між організмами в біоценозі поділяють на:

- *топічні* – виникають завдяки створенню одними організмами сприятливого середовища для існування інших (бобові рослини збагачують ґрунт сполуками нітрогену за рахунок бульбочкових бактерій, сприяючи розвитку інших видів);
- *трофічні* – особини одного виду використовують інший вид, продукти його життєдіяльності чи мертві рештки як джерело їжі;
- *фабричні* – зв'язки, за яких особини одного виду використовують особини іншого виду або їх частини для побудови гнізд чи схованок (утворення галів);
- *форичні* – зв'язки, що забезпечують перенесення особин одного виду особинами іншого виду (водорості на шерсті лінивця).

Окремо можуть бути розглянуті відношення у системі «хижак-жертва». Кожен учасник набуває численних пристосувань, які дають йому змогу вийти переможцем. Хижак має міцні зуби, довгі кігті, міцний дзьоб, прудкі ноги (вовк, тигр, орел, леопард). Тварина-жертва має ще більше пристосувань, щоб урятувати життя.

Форми взаємовпливів живих організмів різних видів один на одного:

– *безпосередні* – одні живі організми є їжею для інших, середовищем перебування інших, сприяють розмноженню, здійснюють хімічні, механічні та інші впливи;

– *опосередковані* – зміна умов навколишньої неживої природи (мікроклімат під пологом лісу).

Форми взаємодії між особинами живих організмів:

– *внутрішньовидові* – відношення між особинами одного виду;

– *міжвидові* – взаємозв'язки між особинами різних видів;

– *антагоністичні* – конкуренція, хижацтво, паразитизм, канібалізм,

– *взаємовигідні* – муталізм, взаємодопомога;

– *нейтральні* – без шкідливого впливу одного виду організму на інший.

Антропогенні фактори підрозділяються на:

– *непрямі* – зміни фізичного стану та хімізму атмосфери і водойм будови поверхні землі, рослинного та тваринного світу – змінюють і порушують трофічні, едафічні, температурні, мікрокліматичні та біоценотичні умови існування організмів;

– *прямі* – прямий вплив, направлений безпосередньо на живі організми;

– *позитивні* – створення сприятливих умов для розвитку тих чи інших організмів;

– *негативні* – обумовлюють пригнічення або вимирання організмів.

Живі організми як особливе середовище існування

В процесі еволюції органічного світу виникли різноманітні форми взаємовідносин між організмами різних видів – від взаємовигідних до

антагоністичних. В природі часто одні організми використовують інші як середовище існування і місце розмноження.

Організм, на відміну від наземно-повітряного і водного середовища та ґрунту, є особливим середовищем існування для інших живих організмів. Він відрізняється від попередніх середовищ існування своїми властивостями, тому що екологічні фактори впливають лише на ті організми, які живуть на поверхні інших істот, а на ті що мешкають усередині організму хазяїна, діють лише через його організм.

Поняття про симбіоз

Симбіозом називають усі форми тривалого співіснування різних видів, коли хоч один з них отримує при цьому певну користь. Ґрунтується симбіоз на трофічних або просторових взаємозв'язках.

Трофічні взаємозв'язки – симбіонт живиться організмом хазяїна, залишками його їжі або продуктами життєдіяльності.

Просторові взаємозв'язки – один організм оселяється всередині або на поверхні тіла іншого чи симбіонти спільно використовують певні місце існування.

Розрізняють симбіоз:

облігатний (обов'язковий) – коли принаймні один вид не може існувати без другого (терміти і джгутиконосці, що живуть у їхньому кишковому тракті; гриби, що входять до складу лишайників, стьожкові черви - паразити кишечника хребетних тварин тощо);

факультативний (необов'язковий) – кожний з двох видів може існувати самостійно (напр., рак-самітник і актинія);

паразитичний – один вид організмів тривалий час використовує інший вид як джерело живлення та середовище існування (напр., плоскі й круглі черви в організмах хребетних).

Типи симбіозу

1) *Мутуалізм (співпраця)* – одна з форм співжиття організмів різних видів, при якій кожен з організмів, що живуть разом, приносить іншому користь. У

рослиноїдних тварин прикладом партнерства у живленні є симбіоз із мікроорганізмами, які оселяються в їхній травній системі, не лише поліпшуючи травлення, а й забезпечуючи тварин вітамінами, амінокислотами та іншими біологічно активними речовинами. Завдяки наявності цих бактерій жуйні тварини можуть засвоювати целюлозу. Одноклітинні джгутикові в кишечнику термітів і тарганів джгутикові розщеплюють целюлозу, а комахи забезпечують їх їжею і захищають від несприятливих умов. Актинія використовує рака-самітника як засіб пересування і харчується залишками його їжі, а в свою чергу забезпечує рака маскування і надійний захист у вигляді жалких клітин. Бульбочкові бактерії зв'язують атмосферний Нітроген і забезпечують ним бобові рослини, а від них одержують необхідні бактеріям органічні речовини. У лишайника гриб постачає клітинам водорості воду та мінеральні солі, а водорість забезпечує гриб синтезованими нею органічними сполуками.

2) *Коменсалізм* – особлива форма взаємовідносин між двома видами тварин, коли один із них (*коменсал*) користується якимись перевагами за рахунок другого (хазяїна), не завдаючи йому безпосередньої шкоди. Коменсал може використовувати хазяїна для захисту, як місце оселення, засіб пересування або може житися рештками його їжі.

Квартиранство – синоїкія (грец. *сін* – разом, *ойкос* – будинок, житло) – співжиття, за якого один партнер використовує організм іншого як житло. Коменсал використовує для оселення організм хазяїна або частину середовища його існування (поселення на поверхні дерев орхідей; деяких олігохет в порожнині двостулкових молюсків).

Прикладом також можуть бути гали, що утворюються на гілках, черешках та листових пластинках дерев, рідше – на корінні. Комахи виділяють у них речовини, які прискорюють ріст клітин, унаслідок чого утворюються химерні нарости різних форм, де комахи відкладають, яйця. В порожніх стеблах рослин мурахи влаштовують свої житла, навіть «ферми», де ростуть гриби.

Нахлібництво – використання коменсалом решток їжі хазяїни (напр., інфузорії у шлунку жуйних тварин, що живляться симбіотичними бактеріями).

Риба-прилипала, що прикріплюється до шкіри акул, є одночасно і квартирантом, і нахлібником.

3) *Паразитизм* – одна з форм співжиття організмів різних видів, за яких один (паразит) живе за рахунок іншого (хазяїна, живителі), використовуючи його як джерело живлення та середовище існування.

Виникли паразити в процесі еволюції організмів від вільно живучих форм. Серед паразитів є представники всіх царств живої природи. Віруси, бактерії, гриби, найпростіші і нематоди є збудниками хвороб рослин, тварин і людини; плоскі, круглі, кільчасті черви, молюски, членистоногі – паразитують на організмі і в організм тварин і людини.

Протягом спряженої еволюції паразита і хазяїна відбувається їхнє взаємне пристосування, а гострота антагоністичних взаємозв'язків зменшується – передчасна загибель хазяїна може спричинити загибель паразита.

Серед паразитів виділяють такі категорії:

облігатні (обов'язкові) можуть існувати тільки в організмі хазяїна (бичачий і свинячий ціп'яки можуть існувати лише в тонкому кишечнику людини);

факультативні (необов'язкові) – можуть існувати як в організмі хазяїна, так і поза ним;

екзопаразити – мешкають на поверхні організму хазяїна (пір'яні кліщі, воші, блохи);

ендопаразити – мешкають всередині організму хазяїна (малярійний плазмодій, трипаносома, стьожкові та круглі черви, сисуни);

неклітинні паразити – віруси рослин і тварин.

Пристосування до паразитизму

Становлення паразитизму супроводжувалось появою відповідних морфологічних пристосувань:

- добре розвинена статевая система, надзвичайна плодючість (самка людської аскариди продукує до 240 тис. яєць на добу), гермафродитизм (сисуни);

- наявність непрямого розвитку, складного життєвого циклу у паразитів, що мають двох або трьох хазяїв із статевим розмноженням паразита в *остаточному* хазяїні, нестатеве або партеногенетичне в *проміжних* (для бичачого цїп'яка людина – остаточний хазяїв, велика рогата худоба – проміжний);

- різноманітні органи фіксації в місцях локалізації (*присоски* – печінковий сисун, бичачий цїп'як; *гачки* – свинячий цїп'як);

- товсті оболонки тіла, непроникні для їдких рідин хазяїна;

- відсутність або недорозвиненість певних органів чи систем органів у ендопаразитів (у бичачого цїп'яка відсутні органи травлення і поживні речовини надходять через покриви тіла; редуковані органи чуттів і нервова система);

- анаеробне розщеплення запасних поживних речовин (глікогену) ендопаразитами в умовах нестачі або повної відсутності Оксигену (цїп'яки, людська аскарида).

Метаболічна регуляція – це вплив продуктів метаболізму на чисельність особин того самого чи іншого виду. Він характерний як для рослин (алелопатія), так і для тварин.

Ще Теофраст, якого називають батьком ботаніки, помітив вплив летких виділень однієї рослини на ріст і розвиток іншої. Саме в його трактатах сказано, що навколо грецького горіха погано ростуть інші плодові дерева. **Алелопатією** пояснюють те, що ріст винограду пригнічує сусідство капусти, редьки, лавру, а от фіалка навпаки, сприяє росту і розвитку винограду. У ґрунті нечасто спостерігається зростання коренів – переважно вони рівномірно розподілені, але різна форма і довжина дають змогу корінню діставати воду і поживні речовини з різних площ та різних глибин. У пошуках води корені злаків проникають на глибину 1–1,5 м, кукурудзи – до 2,5 м, дерев – до 10–20 м, степової люцерни – до 18 м; в ширину – хлібні злаки до 60–80 см, диня – 6–8 м, дерева – 10–18 м, кукурудза – 2–2,5 м. Жовті глечики запобігають «цвітінню»

води: витяжка з них у співвідношенні 1:6000 викликає загибель синьозелених водоростей.

Хід роботи (завдання):

1. На основі теоретичного матеріалу заповніть таблицю:

Групи біотичних взаємин	Типи (форми) біотичних взаємин	Приклади біотичних взаємин
-------------------------	--------------------------------	----------------------------

2. Вичленіть біотичні взаємини, притаманні рослинним популяціям чи угрупованням.

Питання для самоконтролю:

1. Охарактеризуйте поняття «біотичні чинники середовища».
2. На які групи поділяють біотичні чинники?
3. Які існують форми зв'язків між організмами?
4. Приведіть приклад форичних трофічних, фабричних, топічних зв'язків.
5. Приведіть приклад внутрішньо-, міжвидових, антагоністичних, взаємовигідних, нейтральних зв'язків між організмами.
6. Охарактеризуйте поняття «симбіоз».
7. Які існують типи симбіотичних взаємин?
8. Охарактеризуйте поняття «паразитизм».
9. Які типи паразитичних взаємин ви знаєте?
10. Приведіть приклад алелопатичних відношень.
11. Приведіть приклади зоогенних чинників.
12. Приведіть приклад фітогенних чинників.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

РОЗРАХУНОК МІСТКОСТІ ПОЛІГОНУ ДЛЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Мета роботи: навчитися проводити розрахунок місткості полігону для твердих побутових відходів.

Незалежно від методу переробки відходів, тверді побутові відходи (ТПВ) традиційно ліквідовують за допомогою звалищ (полігонів). По наявним оцінкам, навіть при сучасних технологіях проста ліквідація відходів на звалищах як мінімум на 66% дешевше за будь-який інший спосіб переробки.

Під розміщенням відходів розуміють зберігання і поховання відходів. Зберігання (складування) включає вміщення їх в спеціально влаштованих накопичувачах з тимчасовою нейтралізацією, що спрямована на зниження негативної дії відходів на довкілля. Розміщення відходів здійснюють на полігонах загальноміського значення; полігонах підприємств; відвалах і звалищах (санкціонованих і несанкціонованих). Санкціоновані звалища – це дозволені органами влади місця для розміщення промислових і твердих побутових відходів, але не облаштовані, і що експлуатуються з відхиленнями від вимог санітарно-епідеміологічного нагляду. Вони є тимчасовими і підлягають облаштуванню або закриттю. Полігон є природоохоронною спорудою для централізованого збору відходів. Полігони для ТПВ розміщують за межами міст, на відстані не менше ніж 500 м від житлової забудови (СНІП 2.07.01–89), а території, відведені для розміщення небезпечних відходів, повинні знаходитися на відстані 3 км і більше від меж населених пунктів.

Сучасні полігони – це комплекси споруд для складування, ізоляції і знешкодження ТПВ, що забезпечують захист від забруднення атмосфери, ґрунтів і вод та перешкоджають поширенню гризунів, комах, хвороботворних мікроорганізмів. Під полігони відводять відпрацьовані кар'єри, яри, ділянки в лісі. Не можна використовувати болота, ділянки з виходом ґрунтових вод, місця геологічних розломів, території ближче 15 км від аеропорту.

Висновок про придатність ділянки під полігон видають органи охорони природи і санітарно-епідеміологічний нагляд. Полігон включає споруди для відведення і скидання фільтрату і біогазу, а також перекриття. Біогаз – продукт анаеробного розкладання органічних відходів, до складу якого входить метан (CH_4), – 65%, вуглекислий газ – 33%, сірковуглець (H_2S) – 1%, а також незначна кількість інших газів: азот, кисень, водень, закис вуглецю. Система збору

біогазу – це декілька рядів вертикальних і горизонтальних перфорованих труб в тілі полігону. Приблизний склад забруднюючих речовин у фільтраті приведений в таблиці 1.

Дані таблиці 4.1 свідчать, що за характером складу і вмісту речовин у фільтраті, полігон може істотно впливати на довкілля, в першу чергу на ґрунт, поверхневі і підземні води. Тому відповідно СНіП 2.01.28–85 полігон повинен розташовуватись в 50 м від лісових масивів і в 200 м від сільськогосподарських угідь; коефіцієнт фільтрації ґрунту під полігоном має бути не вище 0,00001 см/с, а рівень залягання ґрунтових вод не менше 2 м.

Санітарно-захисна зона від контура накопичення до населених місць визначається класом небезпеки відходів і має розміри: 3000 м – 1 клас; 1000 м – 2 клас; 500 м – 3 клас і 300 м – 4 клас. До токсичних відносяться відходи, у складі яких є: берилій, свинець, ртуть, миш'як, хром, фосфор, кобальт, кадмій, нікель; сурма і її з'єднання; гідрати літію, натрію, калію, бору, алюмінію. Відходи вважаються безпечними, якщо вміст хімічних речовин в них не перевищує фоновий вміст аналогічних елементів в основних типах ґрунтів.

4.1. Вміст забруднюючих речовин у фільтраті з тіла полігону ТПВ

Забруднююча речовина	Вміст речовин у фільтраті, мг/л	Забруднююча речовина	Вміст речовин у фільтраті, мг/л
Ртуть	0,00007	ХСК	1650
Цинк	0,33	Сухий залишок	3876
Мідь	0,063	Завислі	545
Марганець	0,4	Хлориди	1600
Нікель	0,05	Сульфати	507
Свинець	0,11	Азот аміаку	194
Миш'як	0,004	Нітрити	0,68
Кадмій	0,0002	Нітрати	12,5
Кобальт	0,11	Поверхнево-активні речовини	0,35
Хром	0,074	Фосфати	13,3
БСК	690	Нафтопродукти	0,39

Практика функціонування полігонів показала, що їх проектують і будують 3 роки, експлуатують 15–30 років, закривають впродовж 1–2 років, моніторинг

після закриття – 30 років і більше. Полігони будують за проектом, виконаним проектною організацією у відповідності зі СНіП. Основною частиною проекту є розрахунок місткості полігону для ТПВ $U_{\text{П}}$ (т), який проводять за формулою:

$$U_{\text{П}} = (n_{\text{T}_1} + n_{\text{T}_2}) / 2 d_{\text{ТПВ}} * (N_1 + N_2) * T / 2 * K_1 * K_2 \quad (1.1)$$

де n_{T_1} , n_{T_2} – питомі річні норми накопичення відходів в першій і наступні роки експлуатації полігону, т/люд; приблизні норми накопичення ТПВ приведені в таблиці 2; $d_{\text{ТПВ}}$ – щільність ТПВ після ущільнення; $d_{\text{ТПВ}} = 0,6–0,8$ т/м³; N_1 , N_2 – чисельність населення, що обслуговується полігоном на першій і останній роки експлуатації, люд; T – розрахунковий термін експлуатації полігону в роках, $T = 15–30$ років; K_1 – коефіцієнт ущільнення ТПВ, рівний відношенню щільності ТПВ після ущільнення ($d_{\text{ТПВ}} = 0,6–0,8$ т/м³) до щільності ТПВ, що доставляє сміттєвоз ($d_{\text{ТПВ}} = 0,2 - 0,3$ т/м³); K_2 – коефіцієнт обліку збільшення об'єму полігону за рахунок створення зовнішніх і внутрішніх ізолюючих шарів. $K_2 = 1$ (мінеральний ґрунт), $K_2 = 1,16–1,37$ (привізний ґрунт).

Слід враховувати, що норми накопичення ТПВ в часі приблизно рівні 3% в рік, тобто зміну річного об'єму накопичення ТПВ на T -й рік складе: $n_{\text{T}_2} = n_{\text{T}_1} * (1,03)^T$, а демографічні флуктуації чисельності населення оцінюють за виразом: $N_2 = (1,0 / 1,4) * N_1$

Приклад. Визначити місткість полігону для твердих побутових відходів.

Вихідні дані. Питомі річні норми накопичення відходів в перший рік експлуатації полігону $n_{\text{T}_1} = 0,112$ т/люд. Щільність ТПВ після ущільнення $d_{\text{ТПВ}} = 0,75$ т/м³. Чисельність населення на перший рік експлуатації полігону $N_1 = 95000$ люд. Термін експлуатації полігону $T = 29$ років. Щільність що доставляється сміттєвозом ТПВ – $0,25$ т/м³. Ґрунт для полігону – привізний.

Розв'язок. Визначаємо коефіцієнт ущільнення ТПВ: $K_1 = 0,75 / 0,25 = 3$. Оскільки для ізоляції тіла полігону використовується привізний ґрунт, то приймаємо $K_2 = 1,16$. Знаходимо норму накопичення ТПВ на останній рік

експлуатації полігону: $n_{T_2} = 0,112 \times (1,03)^{29} = 0,264$ т/люд. Встановлюємо чисельність населення в останній рік експлуатації полігону: $N_2 = 1,3 \times 95000 = 1235000$ люд. Обчислюємо місткість полігону за формулою: $U_{II} = 228211$ т.

4.2. Завдання для самостійної роботи (за варіантами)

№ варіанту	НТІ, т/люд	d _{ТПВ} , т/м ³ після ущільнення	Н ₁ , люд	Т, років	d _{ТПВ} , т/м ³ у сміттєвозі	К ₂
1	0,112	0,75	95000	29	0,25	1,16
2	0,225	0,75	300000	30	0,25	1
3	0,180	0,75	120000	20	0,25	1,16
4	0,218	0,75	250000	30	0,25	1
5	0,185	0,75	150000	28	0,25	1,20
6	0,195	0,75	200000	30	0,25	1
7	0,200	0,75	210000	30	0,25	1,37
8	0,210	0,75	220000	30	0,25	1
9	0,205	0,75	215000	30	0,25	1,22
10	0,207	0,75	217000	30	0,25	1
11	0,187	0,75	155000	20	0,25	1,28
12	0,189	0,75	160000	29	0,25	1
13	0,190	0,75	165000	29	0,25	1,30
14	0,192	0,75	167000	29	0,25	1,35
15	0,197	0,75	170000	30	0,25	1
16	0,211	0,75	205000	29	0,25	1,29
17	0,181	0,75	100000	28	0,25	1,22
18	0,183	0,75	105000	28	0,25	1,32
19	0,184	0,75	107000	28	0,25	1
20	0,186	0,75	98000	28	0,25	1,34
21	0,188	0,75	103000	28	0,25	1,23
22	0,191	0,75	207000	30	0,25	1,25
23	0,203	0,75	225000	30	0,25	1,34
24	0,185	0,75	98000	20	0,25	1
25	0,187	0,75	97000	20	0,25	1,25

Питання для самоконтролю:

1. Що таке тверді побутові відходи? Класифікація відходів.
2. Сучасні полігони – це....
3. Що таке система збору біогазу?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

ЕКОЛОГО-СОЦІОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІСЦЕВОСТІ

Мета роботи: встановити тривалі зміни біологічного різноманіття за умов впливу на них антропогенного фактору.

Встановіть тривалі зміни кліматичних умов місцевості та біологічного різноманіття за допомогою опитування місцевих жителів старшого віку. Для цього складіть анкету для проведення опитування. Загальна схема анкетних питань може бути такою:

1. Ваші прізвище, ім'я та по-батькові.
2. Скільки років ви проживаєте у цій місцевості?
3. Які зміни клімату відбулися за цей час:
 - а) чи став він більш вологим чи сухим або не змінився?
 - б) чи стали зими більш холодними і сніжними або м'якшими?
 - в) чи відбулися якісь помітні зміни рівня ґрунтових вод, рівня води у річці і ставках?
4. Які зміни рослинності відбулися? Які види дикорослих рослин зникли, а які нові з'явилися?
5. Які зміни відбулися у тваринному світі? Які види диких тварин перестали зустрічатися, а які, можливо, з'явилися останнім часом?
6. Чи збільшилась кількість шкідників?
7. Які зміни відбулися у сільськогосподарському виробництві району?
8. Які стихійні лиха та їх наслідки Ви можете пригадати (пожежі, повені, буревії, сильні морози, посухи, тощо)?

9. Чи можете Ви пригадати випадки масового розмноження якихось тварин (комах, птахів, гризунів) або рослин і які кліматичні явища їх супроводжували?

10. Які, на Вашу думку, заходи могли б поліпшити стан довкілля у цій місцевості?

Завдання.

1. За результатами опитувань складіть загальну картину тривалих екологічних змін місцевості.

2. Зробіть аналіз цих змін, пов'яжіть їх із господарською діяльністю людини, спробуйте розробити прогноз розвитку екологічної ситуації, запропонуйте заходи для її поліпшення або збереження біологічного різноманіття у даному регіоні.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОЗИМЕТРОМ ТЕРРА-П

Мета роботи: засвоїти основні поняття, які пов'язані з дозиметричним контролем місцевості; виробити вміння користуватися приладом ТЕРРА-П, визначити рівень радіаційного фону місцевості і порівняти результати з нормативними даними.

Іонізація – це акт поділу електрично нейтрального атома на дві протилежно заряджених частинки: негативний електрон і позитивний іон. Іонізуючим випромінюванням називається будь-яке випромінювання, яке викликає іонізацію середовища.

До природних іонізуючих випромінювань відносять космічне випромінювання, природні джерела Землі, а також їх створюють радіоактивні речовини. Штучними джерелами іонізуючих випромінювань є ядерні реактори, штучні радіоактивні ізотопи, ядерні вибухи, рентгенівське обладнання та ін.

Контакт з іонізуючими випромінюваннями є небезпечним для людини. Але при дотриманні відповідних технічних та організаційних вимог шкідливого впливу радіоактивних речовин можна уникнути.

Іонізуюче випромінювання буває електромагнітним (фотонним) і корпускулярним. До електромагнітного випромінювання відноситься гамма-випромінювання та рентгенівське випромінювання. Корпускулярне випромінювання – це потік частинок з масою спокою, наближеною до нуля (α - і β -частинки, протони, нейтрони та ін.).

Гамма-випромінювання – це електромагнітне (фотонне) випромінювання з великою проникаюю і малою іонізуючою здатністю з енергією 0,001–3 МеВ.

Альфа-випромінювання – це потік ядер гелія, що випромінюється речовиною при радіоактивному розпаді ядер з енергією, що не перевищує кількох мегаелектровольт (МеВ). Ці частинки мають високу іонізуючу та низьку проникну здатність.

Бета-частинки - це потік електронів та протонів. Проникна здатність (2,5 см в живих тканинах і в повітрі – до 18 м) бета-частинок вища, а іонізуюча – нижча, ніж у альфа-частинок.

Нейтрони та протони утворюються тільки в зоні ядерного вибуху, їх іонізуюче випромінювання може викликати ураження людей як при внутрішньому, так і при зовнішньому опромінюванні викликають іонізацію речовини та вторинне випромінювання, яке складається із заряджених частинок і гамма-квантів. Проникна здатність залежить від енергії та від складу речовин, що взаємодіють.

Явище самостійного розпаду нестабільного нукліду називається радіоактивним розпадом – радіоактивністю, а сам нуклід – радіонуклідом. Радіоактивність пов'язана з перетвореннями, які відбуваються в ядрах деяких ізотопів, а саме випромінювання і є тим, що називається радіацією.

Радіоактивне забруднення оточуючого середовища діє на людину шляхом зовнішнього та внутрішнього опромінювання.

Груповий контроль щодо опромінення застосовується для груп людей, які спільно діють в однакових умовах радіоактивного ураження, з метою отримання даних про працездатність. Індивідуальний контроль щодо опромінення проводиться з метою отримання даних про дози опромінення кожної людини.

Ступінь біологічного впливу іонізуючого випромінювання залежить від поглинання живою тканиною енергії та іонізації молекул, що виникає при цьому.

Під час іонізації в організмі виникає збудження молекул клітин. Це зумовлює розрив молекулярних зв'язків та утворення нових хімічних зв'язків, невластивих здоровій тканині. Під впливом іонізуючого випромінювання в організмі порушуються функції кровотворних органів, зростає крихкість та проникність судин, порушується діяльність шлунково-кишкового тракту, знижується опірність організму, він виснажується. Нормальні клітини перероджуються в злоякісні, виникають лейкози, променева хвороба.

Одноразове опромінення дозою 25–50 бер (1 Зв=100 бер) зумовлює зворотні зміни крові. При 80–120 бер з'являються початкові ознаки променевої хвороби. Гостра променева хвороба виникає при дозі опромінення 270–300 бер.

Радіаційна безпека – це комплекс заходів та засобів спрямованих на забезпечення захисту від іонізуючого опромінення окремих осіб, їх потомства і людства в цілому, і в той же час створення відповідних умов для необхідної практичної діяльності людини, під час якої люди можуть потрапляти під дію іонізуючих випромінювань.

Захист від іонізуючих випромінювань може здійснюватись шляхом використання наступних принципів:

- використання джерел з мінімальним випромінюванням шляхом переходу на менш активні джерела, зменшення кількості ізотопу;
- скорочення часу роботи з джерелом іонізуючого випромінювання;
- віддалення робочого місця від джерела іонізуючого випромінювання;
- екранування джерела іонізуючого випромінювання.

Дієвим захисним засобом є використання телевізійних систем спостережень, дистанційного керування, маніпуляторів, роботизованих комплексів.

Технологія і техніка виконання експериментів

1. Ознайомитись з теоретичними відомостями (радіаційна безпека, методи вимірювання радіації, дозиметричний контроль місцевості).

2. Вивчити будову та технічні характеристики приладу ТЕРРА–П.

3. За вказівкою викладача та згідно рекомендацій інструкції до роботи підготуйте прилад ТЕРРА–П до роботи.

4. Користуючись інструктивними матеріалами до роботи, засвоїть порядок роботи з приладом ТЕРРА–П.

5. Виміряйте радіаційний фон навколишнього середовища (потужність еквівалентної та експозиційної доз згідно ходу роботи) та запишіть одержані значення.

Хід роботи

Необхідно визначити потужність польової еквівалентної дози гамма-випромінювання за допомогою дозиметра ТЕРРА–П. Провести виміри у трьох точках приміщення і в одній точці на вулиці (у кожній точці по 3 рази) та обчислити середнє арифметичне значення. Виходячи з отриманих даних, розрахувати, яку дозу отримає людина за усе життя (за 70 років, в берах), та чи відповідає вона допустимим нормам.

Дані приладів занести у таблицю 6.1.

Далі визначають середнє значення показань приладу і знаходимо потужність польової еквівалентної дози гама-випромінювання (I) у [мкЗв/год]:

6.1. Дані дозиметричних вимірювань по корпусу №1

№	Місце розташування	Дані приладів		
1	Корпус №1, 3 поверх, коридор			
2	Корпус №1, 2 поверх, аудиторія			
3	Корпус №1, 1 поверх, вестибюль			

4	на вулиці, біля входу у приміщення корпусу №1			
---	---	--	--	--

у добу: мкЗв;

у рік: мкЗв;

за 70 років: мкЗв \approx Зв = бер

Висновок.

Питання для самоконтролю:

1. Які випромінювання називають іонізуючими?
2. Як в Україні регламентуються допустимі рівні опромінення?
3. Назвіть основні джерела випромінювань.
4. Які особливості формування радіаційного фону середовища?
5. Що розуміють під внутрішнім та зовнішнім опроміненням?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №7 ФІЗИЧНІ ОСНОВИ РАДІОБІОЛОГІЇ

Мета роботи: ознайомитися з структурною будовою атома, його складовими елементами.

Будова атома. З грецької слово «атом» перекладається як неподільний. Проте, відкриття носія негативного електричного заряду – електрона, дозволило Джозефу Томсону висунути модель внутрішньої будови атома.

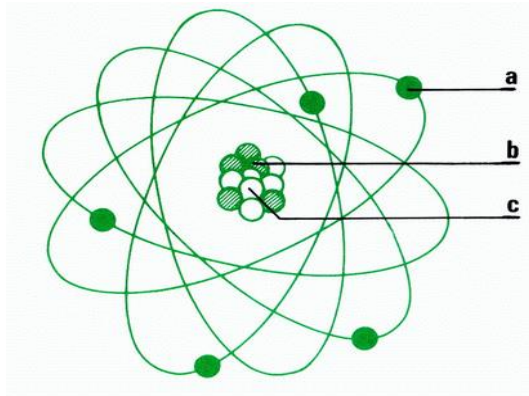


Рис. 7.1. Схема будови атома:

a – електрон;

b – протон;

c – нейтрон.

Атом – найдрібніша частинка хімічного елементу, що зберігає всі його властивості. За своєю структурою атом є складною системою:

- центр атома – позитивно заряджене ядро (10^{-13} см);
- негативно заряджені електрони, що обертаються навколо ядра на різних орбітах;
- негативний заряд електронів відповідає позитивному заряду ядра тому атом загалом є електрично-нейтральним;

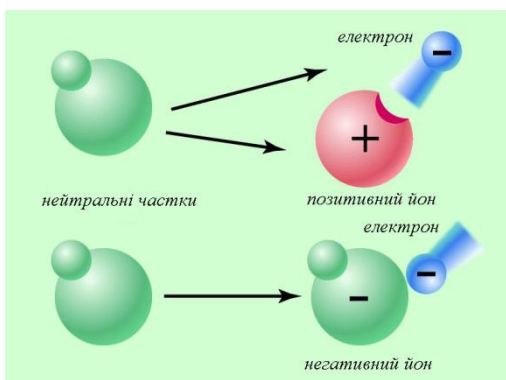


Рис. 7.2. Утворення позитивних і негативних іонів з нейтральних частинок

Будь-який атом складається з трьох типів елементарних частинок:

- протони;
- нейтрони;
- електрони.

Протон (походить від грецького слова *protos* – перший) – стійка елементарна заряджена частинка з абсолютною масою спокою $1,6726 \times 10^{-27}$ кг. Кількість протонів у ядрі стала і дорівнює порядковому або атомному номеру елемента у Періодичній таблиці Менделєєва. Протон входить до складу будь-якого ядра і несе позитивний заряд (+).

Нейтрон (походить від латинського слова *neutron* – ні те ні інше) – електрично нейтральна частинка з масою спокою $1,6749 \times 10^{-27}$ кг. У ядрі нейтрон стабільний, а поза ним – нестійкий і розпадається на протон, електрон та позитрон. Так як нейтрон не має заряду, він не відхиляється у магнітному полі та не відштовхується від ядра атома. Тому він має високу проникну здатність, що є небезпечним фактором біологічної дії іонізуючого нейтронного

випромінювання. Нейтрон відсутній лише в ядрі легкого водню, яке складається лише з одного протона.

Загальна назва протонів і нейтронів – нуклони (від латинського *nucleus* – ядро). Нуклони створюють компактні ядра і знаходяться у постійному русі, між ними виникають сили тяжіння але на дуже малих відстанях – $1,1 \times 10^{-13}$ см.

Електрон – стабільна елементарна частинка, носій найменшої маси та найменшого електричного заряду в природі. Абсолютна його маса становить $9,31 \times 10^{-31}$ кг. Маса електрона приблизно в 1840 разів менша від маси протона, а заряд чисельно дорівнює заряду протона зі знаком (–). Електрон входить до складу атома і рухається по стаціонарних орбітах навколо ядра, не випромінюючи електромагнітних хвиль і тому що має чітко визначену величину енергії для кожної орбіталі. При переході електрона з однієї орбіти на іншу його енергія змінюється з виділенням електромагнітного випромінювання певної частоти у вигляді фотона.

Кожна елементарна частинка у вільному стані характеризується такими показниками:

- маса;
- електричний заряд;
- стійкість.

Протон і електрон належать до стійких і стабільних частинок. Нейтрон є стабільним лише тоді, коли знаходиться в ядрі.

Масу ядер і елементарних частинок виражають в атомних одиницях маси (А.О.М.). За атомну одиницю маси (фізичну) прийнято 1/12 маси ізотопу атома ^{12}C . Одна атомна одиниця маси дорівнює $1,67 \times 10^{-27}$ кг. Маса атома (99,9%) зосереджена у центрі атома – ядрі.

Ядро одного й того ж хімічного елемента завжди має однакове число протонів, хоча число нейтронів може бути різним:

1. У ядрі атома кальцію ($^{20}_{40}\text{Ca}$) міститься 40 нуклонів, з них 20 протонів і 20 нейтронів.

2. У ядрі атома урану (${}_{92}^{238}\text{U}$) міститься 238 нуклонів, з них 92 протонів і 146 нейтронів.

Атоми, що мають ядра з однаковим числом протонів, але з різним числом нейтронів є різновидністю того самого хімічного елементу і називаються ізотопами цього хімічного елементу.

Ядра всіх ізотопів хімічних елементів прийнято називати нуклідами.

Радіонукліди – це радіоактивні атоми з певним масовим числом і атомним номером, тобто із визначеним енергетичним станом атомного ядра.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке атом, основні його складові ?
2. Охарактеризувати властивості електрона.
3. Охарактеризувати властивості протона.
4. Охарактеризувати властивості нейтрона.
5. Що таке атомна маса, ізотоп, нуклід ?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №8

РАДІОАКТИВНІСТЬ, ВИДИ ТА ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ РАДІОАКТИВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Мета роботи: ознайомитися з поняттям радіоактивності, її видами та одиницями вимірювання.

Радіоактивність – це штучне перетворення ядра атома нестійкого ізотопу одного хімічного елементу з основного стану в ізотоп іншого елементу, що супроводжується виділенням енергії шляхом втрати атомом елементарних частинок або ядер.

8.1. Схема радіоактивного розпаду ядер

Вид випромінення		Нуклід	Період напіврозпаду
	○	Уран-238	4,47 млрд років
α	↓		
	○	Торій -234	24,1 доба
β	↓		
	○	Протоактиній-234	1,17 хвилин
β	↓		
	○	Уран-234	245 000 років
α	↓		
	○	Торій-230	8 000 років
α	↓		
	○	Радій-226	1 600 років
α	↓		
	○	Радон-222	3,823 доби
α	↓		
	○	Полоній-218	3,05 годин
α	↓		
	○	Свинець-214	26,8 хвилин
β	↓		
	○	Вісмут-214	19,7 хвилин
β	↓		
	○	Полоній-214	0,000164 секунди
α	↓		
	○	Свинець-210	22,3 роки
β	↓		
	○	Вісмут-210	5,01 доби
β	↓		
	○	Полоній-210	138,4 доби
α	↓		
	○	Свинець-206	Стабільний

Перетворення або розпад радіоактивних ядер супроводжується іонізуючим випромінюванням. У результаті радіоактивного розпаду вивіряються:

γ -кванти (γ -розпад);

електрони (β^- – розпад);

позитрони (β^+ – розпад);

α -частинки (α – розпад).

α -випромінювання – потік позитивно заряджених частинок (ядер атомів гелію), що рухаються зі швидкістю близько 200 000 км/с. ці частинки мають велику масу і значну енергію. Проникаюча здатність частинок у твердому та рідкому середовищі становить соті долі міліметра.

β -випромінювання – потік негативно заряджених часток (електронів). β -промені в електричному полі відхиляються до позитивного полюсу. Їх швидкість наближається до швидкості світла. ці частинки мають незначну масу але володіють великою проникаючою здатністю. У повітрі вони можуть долати відстань від 10 см до кількох метрів, а у м'яких тканинах максимальна проникаюча здатність цих частинок сягає лише кількох сантиметрів.

γ -випромінювання являє собою короткохвильове електромагнітне випромінювання. Ці промені не здатні відхилитися ні в електричному ні у магнітному полях.

γ -промені за своїми властивостями близькі до рентгенівських, але мають значно вищу швидкість та енергію. Вони поширюються зі швидкістю світла. Характерною особливістю γ -променів є велика проникаюча здатність: у повітрі – до 100 м, у м'яких тканинах – 10–80 см.

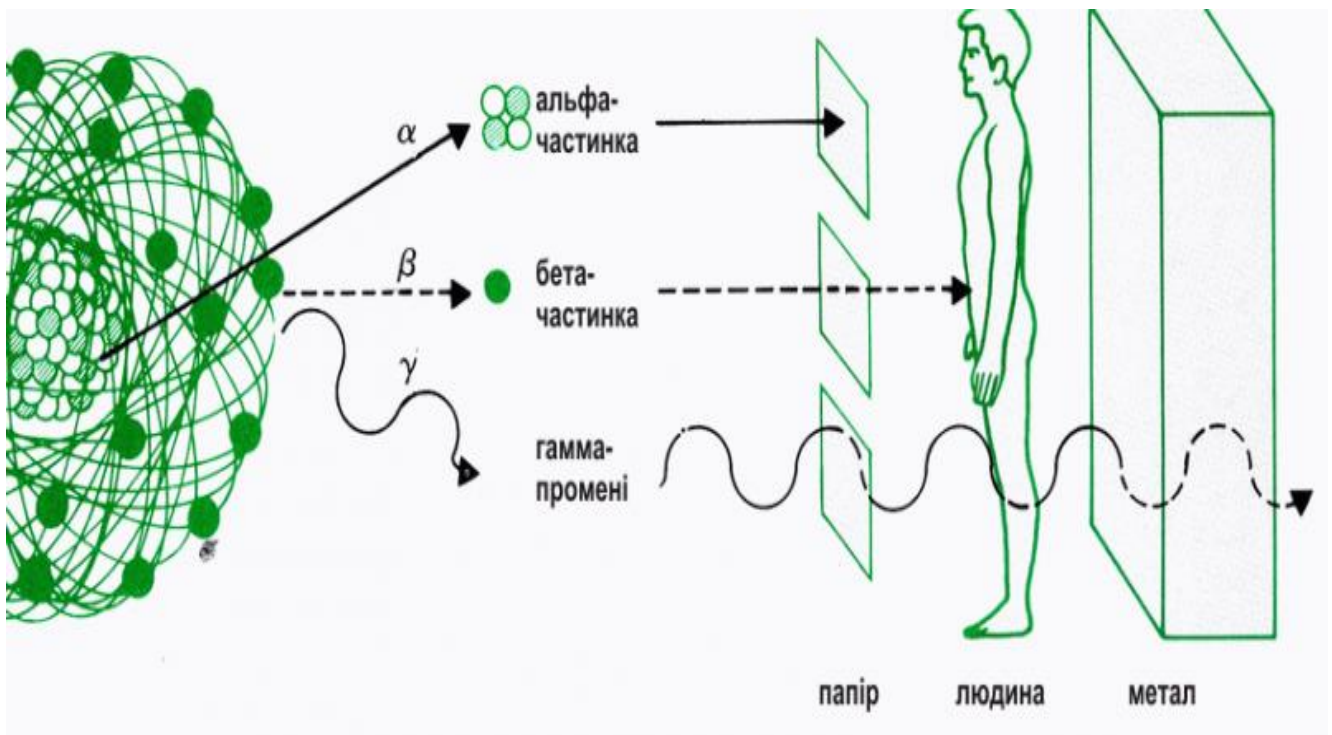


Рис. 8.1. Проникаюча здатність випромінювань залежно від їх типу

Інтенсивність ядерних перетворень (розпадів) характеризується їх числом за певний проміжок часу. У кожного радіоактивного ізотопу (радіонукліда) розпад – це час, впродовж якого число ядер за одиницю часу буде постійною величиною. Для характеристики радіонуклідів використовують показник *періоду напіврозпаду* радіонукліда.

Період даного радіонукліда у результаті самовільних ядерних перетворень (напіврозпад) зменшується у 2 рази. Радіоактивний розпад не може бути прискореним або зупиненим.

Активність – це міра кількості радіоактивної речовини, яка характеризує число радіоактивних перетворень за певний проміжок часу.

Одиниці активності:

- кюрі (Ки) – $3,7 \cdot 10^{10}$ ядерних перетворень за 1 секунду;
- пікокюрі (1пКи = 10^{-12} Ки);
- нанокюрі (1 нКи = 10^{-9} Ки);
- мікрокюрі (1 мКи = 10^{-6} Ки);
- мілікюрі (1 мКи = 10^{-3} Ки);
- кілокюрі (1 кКи = 10^3 Ки);
- мегакюрі (1 МКі = 10^6 Ки);
- беккерель (Бк) – одне ядерне перетворення за секунду (система СІ);
- кілобеккерель (1кБк = 10^3 Бк);
- мегабеккерель (1 МБк = 10^6 Бк).

Співвідношення між вказаними одиницями вимірювання радіоактивності складає: $1\text{Бк} = 27\text{пКи}$.

Концентрація радіоактивних речовин виражається в одиницях активності в перерахунку на одиницю маси (пКи/кг; мКи/кг; кБк/кг) або на одиницю об'єму (пКи/м³; мКи/дм³; кБк/л).

Для характеристики міграції ^{90}Sr і ^{137}Cs використовують стронцієві та цезієві одиниці (відповідно с.о. та ц.о.).

8.2. Співвідношення між одиницями активності

Показник	Одиниці активності		Співвідношення між одиницями активності
	Одиниця СІ і її позначення	Позасистемна одиниця і її позначення	
Активність (А)	Бк (Беккерель)	Ки (Кюрі)	$1 \text{ Бк} = 1 \text{ розпад/с} = 2,0703 \times 10^{-10} \text{ Ки}$ $1 \text{ Ки} = 3,7 \times 10^{10} \text{ розпад/с} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Бек}$
Поглинена доза (D)	Гр (Грей)	Рад	$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ Рад};$ $1 \text{ Рад} = 0,01 \text{ Гр}$
Потужність поглиненої дози (D)	Гр/с	Рад/с	$1 \text{ Гр/с} = 1 \text{ Дж/(кг} \times \text{сек)} = 100 \text{ рад/с}$ $1 \text{ Рад/с} = 0,01 \text{ Гр/с} = 0,01 \text{ Дж/(кг} \times \text{с)}$
Еквівалентна доза (H)	Зв (Зіверт)	Бер	$1 \text{ Зв} = \frac{1 \text{ Гр}}{\text{К}} = \frac{1 \text{ Дж/кг}}{\text{К}} = \frac{100 \text{ Рад}}{\text{К}} = 100 \text{ Бер}$ $1 \text{ Бер} = \frac{1 \text{ рад}}{\text{К}} = \frac{1 \cdot 10^{-2} \text{ Дж/гк}}{\text{К}} =$ $= \frac{1 \cdot 10^{-2} \text{ Гр}}{\text{К}} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Зв}$
Потужність еквівалентної дози (H)	Зв/с	Бер/с	$1 \text{ Зв/с} = 100 \text{ Бер/с}$ $1 \text{ Бер/с} = 0,01 \text{ Зв/сек}$
Експозиційна доза (X)	Кл/кг	Р (Рентген)	$1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \cdot 10^3 \text{ Р}$
Потужність експозиційної дози (X)	Кл/(кг·с)	Р/с	$1 \text{ Кл/(кг} \cdot \text{сек)} = 3,88 \times 10^3 \text{ Р/сек}$ $1 \text{ Р/сек} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл/(кг} \times \text{сек)}$

Питання для самоконтролю:

1. Дати визначення радіоактивності.
2. Охарактеризувати α -випромінювання.
3. Охарактеризувати β -випромінювання.
4. Охарактеризувати γ - випромінювання.
5. Що таке період напіврозпаду.
6. Основні одиниці активності, що визначають концентрацію радіоактивних речовин.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №9

ВИДИ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Мета роботи: ознайомитися з різницею між видами іонізуючого випромінювання.

Іонізуюче випромінювання – це випромінювання, при взаємодії якого з речовиною утворюються позитивно та негативно заряджені іони. До іонізуючого випромінювання належать усі типи випромінювань. Дозою іонізуючого випромінювання є спеціальні одиниці виміру – Рентгени.

Експозиційна доза – характеризує іонізуючу здатність випромінювання у повітрі, тобто потенційні можливості іонізуючого випромінювання. За одиницю дози у системі СІ прийнятий Кулон, поділений на кілограм (Кл/кг) – це така доза випромінювання, при якій в 1 кг сухого повітря виникає така кількість іонів, що мають заряд 1 кулон електрики кожного знаку. Позасистемною одиницею експозиційної дози є рентген (Р) – одна з найпоширеніших одиниць вимірювання радіоактивності.

Поглинута доза – характеризує енергію іонізуючого випромінювання (незалежно від виду випромінювання), яка поглинута одиницею маси опроміненого середовища. Одиниця вимірювання поглинутої дози в системі СІ – грей (Гр), позасистемна одиниця – рад. При підрахунках експозиційну дозу прирівнюють до поглинутої $1\text{Р}=1\text{рад}$, проте для точних розрахунків необхідно враховувати, що 1 Р відповідає поглинутій дозі у повітрі – 0,87 рад, у воді та живій тканині – 0,93 рад.

Біологічний ефект іонізуючого випромінювання надзвичайно сильний і не може бути порівняним з дією будь-якого іншого виду енергії. Однократна смертельна доза іонізуючого випромінювання для людини становить 5 Гр, тобто відповідає поглиненій енергії випромінювання 5 Дж/кг. Така кількість теплової енергії витрачається на нагрівання склянки води до 1000 C^0 або на нагрівання тіла людини не більше, ніж на $0,0010\text{ C}^0$.

У цілому розрізняють два види іонізуючого випромінювання:

1. Електромагнітне випромінювання (ультрафіолетове, рентгенівське і γ -випромінювання). Фотонне випромінювання має квантову природу, воно випромінюється ядрами атомів певними порціями – квантами. Квант не має маси спокою та електричного заряду; частота його електромагнітних коливань має довжину хвилі 10^{-12} – 10^{-8} см; має постійну швидкість руху у вакуумі, що рівна швидкості світла.

2. Корпускулярне випромінювання (α - і β -частинки, нейтрони, протони). Корпускулярне випромінювання характеризується масою спокою, наявністю або відсутністю заряду та швидкістю руху у вакуумі.

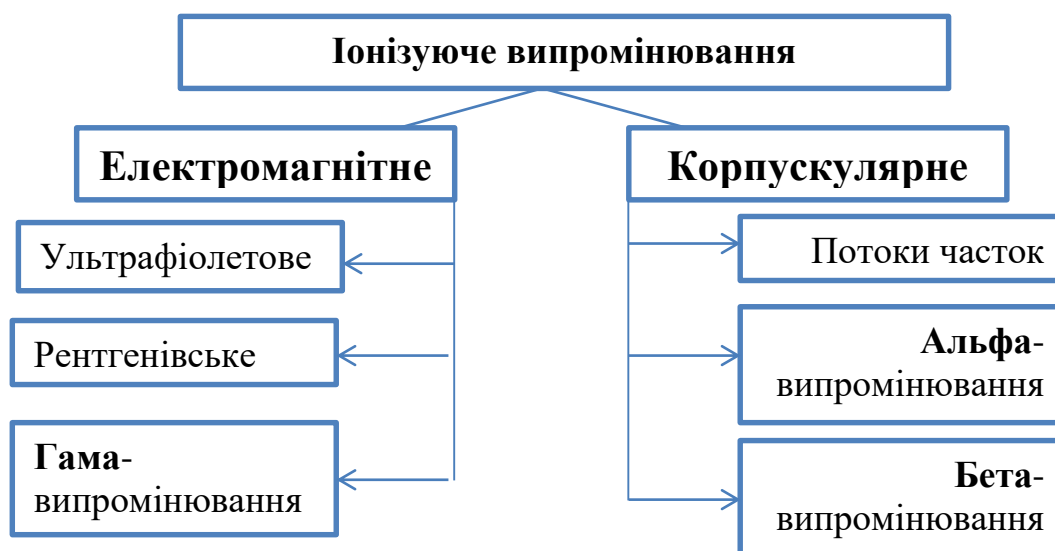


Рис. 9.1. Види іонізуючого випромінювання

Електромагнітне випромінювання – це сукупність змінного електричного і магнітного полів, що поширюються у просторі у вигляді хвиль.

Електромагнітні випромінювання характеризуються наступними параметрами: напруженістю електричного і магнітного полів, частотою коливань (ν), довжиною хвилі (λ).

До іонізуючого електромагнітного випромінювання належать:

- а) ультрафіолетові промені ($\lambda = 400$ – 500 нм);
- б) рентгенівські промені ($\lambda = 50$ – $0,1$ нм);
- в) гамма-випромінювання ($\lambda = 0,01$ нм);

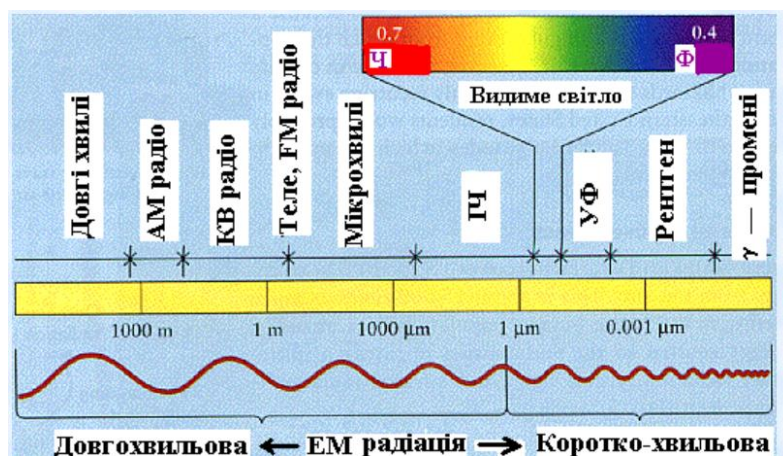


Рис. 9.2. Види електромагнітної радіації

а) Ультрафіолетове випромінювання – це найбільша короткохвильова частина спектра сонячного світла, генерується атомами чи молекулами внаслідок зміни стану електронів на зовнішніх оболонках.

б) Рентгенівське випромінювання – це електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі 50–0,1 нм, для генерації цього виду випромінювання використовують рентгенівські апарати.

Рентгенівські промені виникають за умов гальмування швидких електронів у певних речовинах (переважно металах), де індукується електричний перехід внутрішніх електронів атома після їх збудження електронами, іонами або фотонами. Використовується вольфрам або молібден. Чим вища напруга на променевої трубки, в якій прискорюються електрони, тим менша довжина хвилі і більша енергія фотонів рентгенівського випромінювання. Короткохвильове рентгенівське випромінювання належить до «жорсткого» випромінювання, а довгохвильове – до «м'якого».

в) Гамма-випромінювання – це короткохвильове електромагнітне випромінювання, що виникає у разі заміни електричного стану атомних ядер, що утворюються внаслідок радіоактивного розпаду.

Як джерело даного типу випромінювання використовують радіоактивні ізотопи кобальту (^{60}Co) та цезію (^{137}Cs).

Для дослідження триволої дії γ -променів на рослини використовують гамма-поля. Це польові ділянки, обладнані джерелом γ -випромінювання, яке створює поле випромінювання по місцю вирощування рослин. Гамма-поле використовується у дослідженнях з вивчення радіаційної генетики, а також для вивчення наслідків хронічного опромінення штучних і природних біоценозів.

Гальмівне випромінювання – електромагнітне випромінювання заряджених частинок при зіткненні з іншими частинками. Заряджена частинка, що рухається рівномірно, не випромінює електромагнітних хвиль. Створені нею електричне і магнітне поля залишаються близькими і не відриваються від частинки, утворюючи незалежну хвилю. Випромінювання з'являється тоді, коли заряджена частинка рухається із прискоренням. Однією з причин прискореного руху може бути зіткнення з іншою частинкою, в результаті якого міняється траєкторія руху. Таке випромінювання називають гальмівним, бо воно забирає із собою частину енергії зарядженої частинки, додатково гальмуючи її. Зокрема гальмівне випромінювання виникає при зіткненні пучка електронів з речовиною електрода. Спектр гальмівного випромінювання неперервний, а його максимальна частота визначається енергією зарядженої частинки. Якщо електрон прискорити в потенціалі в десятки кіловольтів, то при гальмуванні такого електрона виникнуть електромагнітні хвилі в рентгенівському діапазоні.

Синхротронне випромінювання – випромінювання електромагнітних хвиль релятивістськими зарядженими частинками, що рухаються криволінійною траєкторією. Синхротронне випромінювання виникає в синхротронах, накопичувальних кільцях прискорювачів, при русі заряджених частинок через ондулятор. Частота такого випромінювання може охоплювати дуже широкий спектральний діапазон, від радіохвиль, до рентгенівського випромінювання. Завдяки синхротронному випромінюванню прискорювачі заряджених частинок стали використовуватися як потужні джерела світла, особливо в тих частотних діапазонах, де створення інших джерел, наприклад, лазерів, пов'язано з труднощами.

Спектр синхротронного випромінювання безперервний, розтягнутий на широкий інтервал електромагнітних хвиль. Взаємодія синхротронного випромінювання з речовиною характеризується високою ефективністю.

3. Корпускулярне випромінювання.

Корпускулярне випромінювання – сюди відносяться альфа-випромінювання (ядра атомів гелію), бета-випромінювання (електрони β^- і позитрони β^+), протони (p), нейтрони (n^0) та інші.

а) Альфа випромінювання – це випромінювання, що складаються з α -частинок і утворюються під час альфа-розпаду радіоактивних ізотопів. **α -частинки** – це ядра атомів гелію, що складаються з 4 нуклонів – двох протонів та двох нейтронів. Основним джерелом альфа-променів є важкі радіоактивні елементи ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{210}Po , ізотопи U. Відомо більше 25 природних і 100 штучних радіоактивних ізотопів, розпад яких супроводжується випромінюванням α -частинок.

б) Бета-випромінювання – це потік прискорених електронів (β^- -частинок) або античастинок електрона (позитронів), які утворюються під час розпаду відповідних радіоактивних ізотопів. Бета-випромінювання мають складний безперервний спектр. Форма розподілу β^- -частинок за їхньою енергією залежить від типу їх розпаду, хоча в цілому подібна для різних радіоізотопів, що зазнають радіоактивного перетворення.

в) Протони. До іонізуючого випромінювання належить потік прискорених протонів (ядер атомів водню з масовим числом 1). Потоки протонів генеруються в прискорювачах заряджених частинок – синхрофізотронах та протонних синхротронах. До джерел швидких протонів належить значна частина ядерних реакцій – космічні потоки, а також ядра дейтерію та тритію (ізотопи водню).

г) Мезони – це нестабільні елементарні частинки, маса яких більш за масу електрона, але менша від маси протона. Мезони є електрично нейтральними. Розрізняють π -мезони (піони) – кванти ядерного поля та K-мезони (каони).

Завдяки піонам відбувається зв'язок нуклонів у ядрах атомів. Час існування мезонів менший за мільйонну частку секунди.

Також до корпускулярного випромінювання належать нестабільні елементарні частинки (швидкі ядра хімічних елементів, мюони та оже-електрони). Для їх отримання використовують різноманітні прискорювачі руху.

За характером траєкторії прискорюваних заряджених частинок розрізняють:

- лінійні прискорювачі (траєкторії частинок близькі до прямої лінії);
- циклічні прискорювачі (траєкторії частинок нагадують коло або спіраль);
- циклотрони, синхротрони, синхрофазотрони, бетатрони;
- резонансні (частинки рухаються у резонансі зі змінами поля);
- нерезонансні (напрямок поля за час прискорення частинок є незмінним).

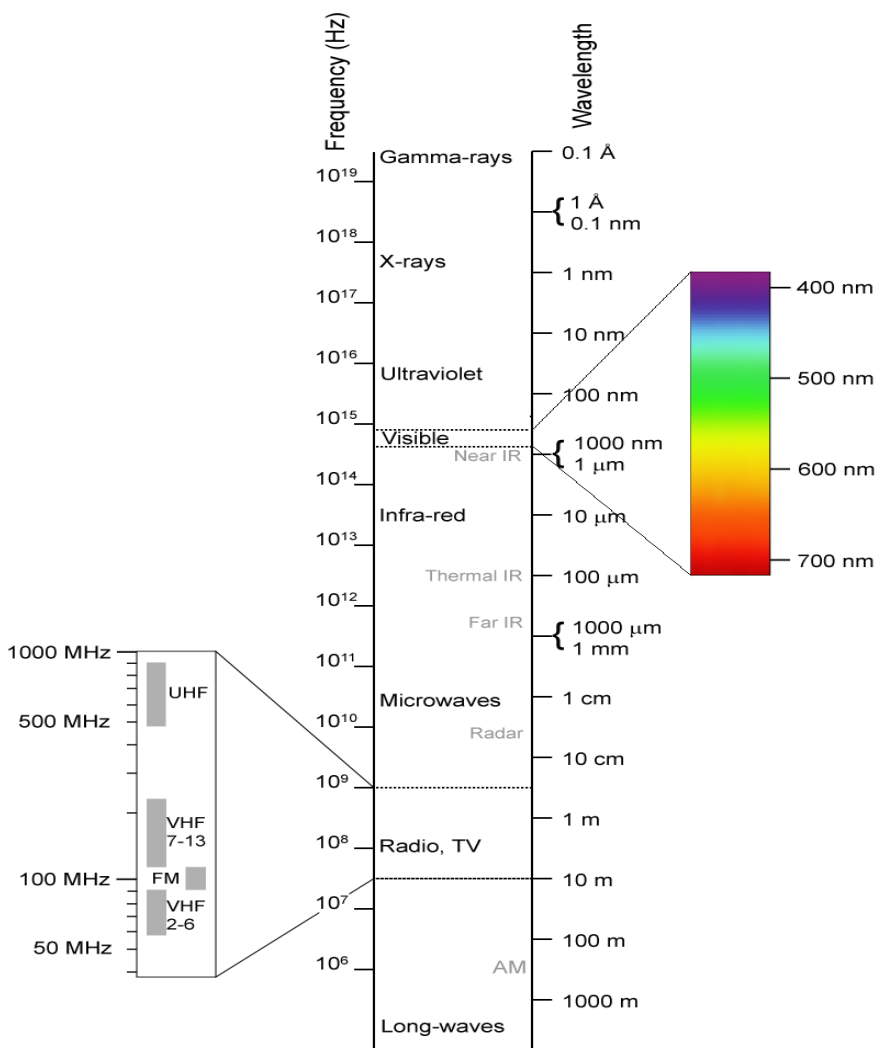


Рис. 9.3. Діапазони різного електромагнітного випромінювання

Вид хвилі

Радіо- та ТВ хвилі	Radio- and TVwaves
ультракороткі	Microwaves
надвисокі частоти	Longwaves
інфрачервоні	Intra-red
видимі	Visible
ультрафіолетові	Ultraviolet
рентгенівські	X-rays
гамма-випромінювання	Gamma-rays
космічні промені	cosmic rays

Питання для самоконтролю:

1. Дати визначення іонізуючого випромінювання, експозиційної та поглинутої дози.
2. Охарактеризувати електромагнітне випромінювання.
3. Охарактеризувати корпускулярне випромінювання.
4. Види електромагнітного випромінювання.
5. Види корпускулярного випромінювання.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 10

ПРИНЦИПИ РАДІОМЕТРІЇ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

Мета роботи: зрозуміти докорінну різницю між методами реєстрації, тобто виявлення присутності іонізуючого випромінювання, та методами уже кількісного визначення цього випромінювання, ознайомитися з трьома основними методами визначення кількості жорсткого випромінювання. Мати уявлення про сучасну класифікацію, будову та призначення радіометричних та дозиметричних приладів.

Радіометрія – розділ прикладної ядерної фізики і радіобіології, що розробляє теорію і практику вимірювання радіоактивності і ідентифікації радіоактивних ізотопів.

Для радіометрії випромінювань використовують радіометри – прилади, призначені для вимірювання активності або концентрації радіонуклідів в різних середовищах за кількістю часток або квантів, зареєстрованих детектором за одиницю часу. За допомогою радіометрів вимірюють об'ємну, питому або масову активність різних радіоактивних речовин.

Слід зазначити, що застосовуючи будь-які лічильники, ми не можемо з упевненістю стверджувати, що виміряли активність даної проби. Адже вимірюємо, фіксуємо ми, чи то в камері іонізаційного детектора, чи то в люмінесцентному шарі сцинтиляційного лічильника усього лише імпульси в секунду, тобто кількість частинок іонізуючого випромінювання, що зреагували

Реальну активність препарату, проби біоматеріалу в радіобіології визначають трьома способами: **абсолютним, розрахунковим і відносним.**

1) Абсолютний спосіб – це визначення активності спеціальними детекторами, що мають чотирипійну геометрію (куля), пробу розташовують всередині кулеподібного детектора, щоб детектор з усіх боків оточував саму пробу. У цьому випадку, у якому б напрямку частинка не летіла, вона неодмінно потрапить на детектор, і зчитується повне число іонізаційних частинок атомів, що розпадаються, а самий рахунок, завдяки вищесказаному, йде вже не в імпульсах у секунду, а в одиницях активності.

Для подібних прямих досліджень слугують газо-проточні лічильники, або сцинтиляційні, у яких проба розчиняється в рідкому сцинтиляті (люмінофорі).

2) Розрахунковий спосіб – застосовується для виміру α - β -випромінювачів. Суть методу полягає в тому, що виміри проводять звичайним датчиком, а результат, одержуваний в імпульсах у секунду перераховують, вводячи ряд поправочних коефіцієнтів, відповідно до формули:

$$A = \frac{N}{\omega \cdot \varepsilon \cdot k \cdot \rho \cdot q \cdot r \cdot \gamma \cdot t \cdot 2,22 \cdot 10^{12}} = Ku / \kappa z$$

де: A – абсолютна активність;

N – швидкість лічби за відрахуванням фона (імп\сек);

ω – поправка на геометрію датчика;
 ε – поправка на вирішення детектора;
 k – поправка на поглинання в повітрі і вікні датчика;
 ρ – поправка на самопоглинання в товщі проби;
 q – поправка на обернене розсіювання;
 r – поправка на схему розпаду;
 γ – поправка на гамма-складову при змішаному випромінюванні;
 m – наважка проби в мг;
 $2,22 \times 10^{12}$ – коефіцієнт переведення імп/сек у Ки.

Пояснення перемінних:

схема розпаду ^{45}Ca дає 100 % бета-випромінювання, відповідно $r=1$;
 ^{40}K – 12 % ядер розпадається по типу електронного захоплення, а значить бета-частинок є 88 %, тоді $r = 0,88$.

3) Відносний або порівняльний спосіб. Заснований на порівнянні активності досліджуваної проби й активності стандартного препарату. У основному застосовується в практиці цей метод, тому що він має достатню вірогідність при простоті й оперативності.

При цьому необхідною умовою є достатній збіг схеми розпаду, енергії і виду випромінювання ізотопів досліджуваної проби й еталона.

Ізотопи еталони повинні бути такими, що довго живуть. При визначенні сумарної бета-активності в об'єктах радіаційного ветнагляду, у вигляді еталона застосовують ^{40}K , ^{90}Sr , ^{90}Y , ^{234}Th .

Необхідно обов'язково дотримуватись однаковості по всіх параметрах, приведених у коефіцієнтах (товщина прошарку проби, метал підложки і т.д.)

Що стосується всього спектру існуючої дозиметричної та радіометричної апаратури, то відповідно до видів дозиметричного контролю апаратура ділиться на **шість** груп.

До **першої** групи відносяться прилади, призначені для виміру потужності дози гамма-променів і потоків нейтронів. Для виміру потужності дози гамма-променів від 0,5 мкР/с і вище використовуються мікрорентгенометри –

переносні прилади з живленням від мережі перемінного току (типу "Кактус") і батарейним живленням. Датчиками в них є іонізаційні камери, стінки яких виготовлені з плексигласу. Це рентгенометри типу РМ-1 і КРМ-1, датчиками яких є малі іонізаційні камери різноманітних обсягів, із стінками різноманітної товщини.

Для виміру малих потужностей доз гамма-випромінення від природного фону і вище використовуються прилади типу "Постріл" із газонаповненим лічильником, або прилад "Свет-3" із сцинтиляційним лічильником.

Промисловість випускає два типи приладів для реєстрації повільних (теплових) і швидких нейтронів при гамма-фоні до 200 мкР/год (мережевий "Ефір-1" і переносний "Ефір-2").

До **другої** групи відносяться прилади з датчиками виміру потоків альфа- і бета-частинок із забруднених поверхонь. Прилад типу "Тисс", укомплектовані сигнальним пристроєм із перемінним порогом спрацьовування сигналізації.

Існують прилади, що слугують для сигналізації про перевищення припустимих рівнів забруднення тіла і спецодягу бета- і гамма-активними речовинами. Установка СУ-1 такого типу має 12 каналів і 12 датчиків у вигляді груп бета-лічильників у кожусі, що захищає від зовнішнього гамма-випромінення.

До **третьої** групи приладів відносяться установки для виміру забруднення повітря радіоактивними газами і радіоактивними аерозолями. Для виміру значних концентрацій альфа- і бета-активних газів у повітрі застосовуються іонізаційні камери, сполучені з чутливими електрометрами. Найбільше точні виміри концентрації бета-активних газів у повітрі роблять за допомогою бета-лічильників, поміщених у замкнутому обсязі, наповненому забрудненим повітрям.

Методом виміру концентрацій у повітрі альфа- і бета- активних аерозолів є або їхнє уловлювання за допомогою мембранних фільтрів, при прокачуванні через елемент, що фільтрує, (паперовий, картонний, азбестовий), або їхньому

осадженні на електроді-мішені, методом електроосадження. Останній метод використовують у електрофільтрах.

До **четвертої** групи відносяться радіометричні пристрої з датчиками у вигляді газонаповнених або сцинтиляційних лічильників, що слугують для виміру абсолютної активності проб води і харчових продуктів.

До **п'ятої** групи відносяться комплекти апаратури для виміру індивідуальних доз гамма-випромінювання і нейтронів. До групи приладів індивідуального дозиметричного контролю відносять апарати типу КІД-1, КІД-2, ДК-0,2, ДП-23-А, ДП-22-В, ДП-24 і інші. Для виміру доз гамма-променів застосовуються:

1) малі іонізаційні камери з повітро-еквівалентного матеріалу. Дози гамма-променів визначаються по спаду потенціалу центрального електроду камери в діапазоні від 0,02 до 20 Р для енергій гамма-квантів від 0,1 до 2 МЕВ;

2) кишенькові дозиметри на три діапазони до: 0,2 Р (КД-0,2), 5Р (КД-5) і 50Р (КД-50).

3) індивідуальні люмінесцентні дозиметри (ІЛК), що використовують вспышечні (спалахуючі) кристалофосфори. Ці фосфори мають властивість накопичувати енергію впливу іонізуючого випромінювання, причому строго пропорційно дозі, і достатньо тривалий час зберігати цю енергію, а потім швидко визволяти, але вже у видимім спектрі, під дією імпульсу інфрачервоного світла.

4) індивідуальний фотоплівковий контроль (ІФК) застосовується досить широко для визначення безпеки при роботі з гамма-випромінюванням і заснований на взаємодії радіоактивного випромінювання з фотоемульсією рентгенівської плівки. Під впливом випромінювання фотоплівка чорніє пропорційно дозі випромінювання.

До **шостої** групи відносяться установки для виміру зовнішнього випромінювання від людей і виміру активності видихуваного повітря, такі як СЧ. Крім того, існують установки, для визначення рівня радіоактивних речовин в організмі по активності видихуваного повітря.

За способом експлуатації радіометри поділяються на стаціонарні (лабораторні) і переносні, по виду реєстрованих випромінювань – на універсальні і призначені для реєстрації одного виду іонізованих випромінювань, по типу застосованих детекторів – на сцинтиляційні і газорозрядні.

В загальному вигляді робоча блок-схема радіометрів складається із блоку живлення, детектора випромінювань, імпульсного підсилювача, перерахункового і реєструючого приладів.

За призначенням радіометри можна розділити на чотири основні групи:

1. Прилади для контролю радіоактивного забруднення води, ґрунту, рослинності і харчових продуктів методом “прямого” вимірювання. Вони дозволяють проводити вимірювання при концентрації менше $3,7 \cdot 10^2$ кБк/л, кБк/кг по радіонуклідах, вказаних в технічних умовах до різних типів радіометрів. Для інспекційного контролю, що проводиться безпосередньо на місцевості, застосовують радіометри: КРБ–1, МКС–О1Р та прилад СРП–68. Масовий вибіркового контроль продукції сільськогосподарського виробництва і лабораторний контроль, що здійснюється в спеціалізованих приміщеннях, можна проводити радіометрами ДП–100 і його модифікаціями – ДП–100–М, ДП–100–АД–М; “Бета”, РКБ4–1еМ, КРК–1, РЖС–05, УИМК–2 та ін.

2. Прилади для контролю радіоактивних забруднень поверхні транспортних засобів, особистого одягу, шкіряних покривів персоналу і обмеженої частини населення: КРБ–1, СЗБ–04, “Тисс”, КРА–1, РЗБ–05 та ін.

3. Прилади для проведення спеціальних досліджень у біології та медицині – МСГ–01, гамма-томографи, автоматичні бета- і гамма-лічильники типу “Бета–2”, “Гамма–12” та ін.

4. Прилади для проведення аналізів радіонуклідного складу проб спектрометричними методами: АИ 1024–95–05, АМ–А–02–Ф1 та ін. з автоматизованою обробкою інформації на ЕОМ.

До приладів індивідуального дозиметричного контролю відносяться:

- дозиметр кишеньковий ДК–0,2;

- індивідуальні дозиметри ДКП-50-А;
- індивідуальний дозиметр КІД-1;
- комплект індивідуального фотоконтролю ІФК-2,3;
- комплект ІФКУ;
- комплект термолюмінесцентних дозиметрів КДТ-1;
- дозиметр КДТ-2;
- дозиметр ІКС-А;
- дозиметр-сигналізатор індивідуальний ДУГ-2-01;
- індивідуальний дозиметр типу ДКС-04"Стриж";
- дозиметр-сигналізатор ДЕГ-07.

До приладів загального дозиметричного контролю відносяться: переносний універсальний рентгенометр-радіометр РУП-1; вимірювач швидкості відліку з автоматичним перемиканням піддіапазонів типу УІМ-2-2.

Питання для самоконтролю:

1. Дати визначення поняття радіометрія.
2. Охарактеризувати абсолютний спосіб визначення активності проби біоматеріалу.
3. Охарактеризувати розрахунковий спосіб визначення активності проби біоматеріалу.
4. Охарактеризувати відносний спосіб визначення активності проби біоматеріалу.
5. Поділ дозиметричної та радіометричної апаратури на групи залежно від виду дозиметричного контролю.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 11

ПОРЯДОК ВІДБОРУ І ПІДГОТОВКИ ПРОБ ВОДИ, ГРУНТУ, РОСЛИН ТА ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ ДЛЯ РАДІОМЕТРІЇ

Мета роботи: навчитися робити відбір і підготовку проб води, ґрунту, рослин та продуктів харчування для радіометрії.

• контроль радіоактивного забруднення об'єктів навколишнього середовища передбачає визначення концентрації радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, що мають пряме відношення до життєдіяльності людини: у повітрі, воді, ґрунті, продукції рослинництва і тваринництва.

На основі радіометричних, спектрометричних і хімічних досліджень приймаються рішення про можливість їх практичного використання.

За допомогою радіохімічних і гамма-спектрометричних методів досліджень радіологічні відділи визначають вміст ^3H , ^{14}C , ^{89}Sr і ^{90}Sr , ^{90}Y , ^{95}Zr , ^{103}Ru і ^{106}Ru , ^{131}I , ^{134}Cs і ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{141}Ce і ^{144}Ce , ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{232}Th , ^{238}U , ^{239}Pu та ін.

• середню пробу формують з 8–10 «точкових проб». Кожну відібрану середню пробу зважують, поміщають в чисту тару (скляна банка, пляшка, поліетиленовий або паперовий пакет), запаковують в ящик, опечатують. До тари прикріплюють етикетку, де вказують назву проби, місце і дату взяття, її масу, а у випадку висушування проби вказують масу сирої і сухої проб. Крім того, при взятті проби складається акт в двох екземплярах, в якому вказують необхідні дані:

- а) ким взяті проби (установа, посада, прізвище);
- б) місце і дата відбору проби;
- в) назва продукту;
- г) опис взятих проб, номери проб і їх маса;
- д) куди направляються проби; мета дослідження;
- е) підписи особи, яка проводила відбір, і представника господарства.

Результати визначення радіоактивності обробляють математично: визначають середню арифметичну величину вимірювань (M), величину її похибки (m), достовірність різниці між середніми арифметичними за роками (P – критерій Стьюдента).

11.1. Строки і норми відбору проб різних об'єктів для оцінки радіоактивності і вмісту радіонуклідів

Назва об'єкту	Строки відбору проб	Маса проби	
		для визначення сумарної β -активності	для радіохімічного аналізу
Грунт	Весна, літо, осінь	150–300 г	1,5–2 кг
Трава	Весна, літо, осінь	150–300 г	4–5 кг
Зерно	Літо	100–200 г	2–3 кг
Грубі корми	Осінь	100–200 г	2–3 кг
Силос, сінаж	По мірі згодовування	100–200 г	4–5 кг
Овочі	По мірі надходження	100–200 г	3–6 кг
Корене- і бульбоплоди	Осінь	150–300 г	3–6 кг
Концентровані корми	--/	100–200 г	2–3 кг
Молоко	Не рідше 1 разу на місяць	50–100 мл	5–6 л
М'ясо	Весна, літо, осінь, зима	100–200 г	2–3 кг
Кістки	Те саме	100–200 г	0,5 кг
Риба свіжа	По мірі надходження	100–200 г	3 кг
Вода	Весна, літо, осінь	0,5 л	20 л
Птиця	По мірі надходження	100–200 г	1 тушка
Яйця	Те саме	3–6 шт.	10 шт.
Мед	--/	150–300 г	0,5–1,0 кг
Шерсть	--/	20–40 г	0,2–0,5 кг
Лісова підстилка	Осінь	100–200 г	2–3 кг
Кора	При рубці лісу	100–200 г	2–3 кг
Ягоди, фрукти	По мірі надходження	100–200 г	3–6 кг
Гриби свіжі	Те саме	100–200 г	4–5 кг
Гриби сухі	--/	50–100 г	2–3 кг

Питання для самоконтролю:

1. Що визначають при контролі радіоактивного забруднення об'єктів навколишнього середовища ?
2. На основі чого приймається рішення про можливість використання продуктів харчування, питної води і т.д. ?
3. Яка послідовність відбору проб води, ґрунту, рослин для радіометрії ?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 12

РАДІОХІМІЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ РАДІОНУКЛІДІВ В ҐРУНТАХ І РОСЛИНАХ

Мета роботи: навчитися готувати зразки для аналізу на вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs в пробах ґрунту, води, рослин та продукції сільськогосподарського виробництва.

Найбільшу небезпеку як штучні радіоактивні забруднювачі навколишнього середовища, як вже наголошувалося, є довго живучі радіоактивні ізотопи ^{90}Sr і ^{137}Cs , періоди напіврозпаду яких складають 29 і 30 років відповідно. Існують різні прийоми і методи радіохімічного аналізу для оцінки їх вмісту в ґрунтах, рослинах, воді, продукції рослинництва і тваринництва і інших об'єктах. Але кожний з них передбачає наступні основні етапи:

- 1) відділення радіонуклідів від елементів, що становлять пробу;
- 2) розділення радіонуклідів, схожих по своїх хімічних властивостях;
- 3) відділення шуканого радіонукліда;
- 4) перевірка його радіохімічної чистоти;
- 5) оцінка змісту радіонукліда;
- 6) визначення хімічного виходу носія (речовина, що є стабільним ізотопом даного радіонукліда або його хімічним аналогом, що додається в пробу при низьких концентраціях радіонукліда).

Для аналізу змісту ^{90}Sr в ґрунтах і рослинах найчастіше використовується так званий «оксалатний» метод. У цій же пробі можливо визначені ^{137}Cs у вигляді подвійної солі сурм'яно-йодистого цезію.

Хімічний вихід стронцію- і цезію-носія визначають ваговим методом, за допомогою полум'яної атомно-адсорбційної фотометрії і ін.

1. Визначення вмісту ^{90}Sr

Оксалатний метод визначення ^{90}Sr заснований на властивості елементів II і III аналітичні групи при взаємодії з щавлевою кислотою утворювати оксалати – нерозчинні у воді солі, на відміну від елементів інших груп. При осадженні з кислотного розчину ґрунту або золи проби оксалатів елементів II і III групи, в які входять ^{90}Sr і його дочірній елемент ^{90}Y (ітрій), можна відокремити їх від елементів інших груп. При цьому ^{137}Cs і розчинні оксалати інших металів залишаються в розчині.

Потім ітрій і лантан, що входить до III аналітичної групи елементів, відокремлюють від стронцію, кальцію і інших елементів III групи осадженням їх безвугільним (що не містить CO_2) розчином аміаку у вигляді нерозчинних у воді гідроксидів ітрію і лантану. Для формування осаду гідроксидов перед внесенням аміаку до розчину додають солі марганцю, заліза (III) і перекис водню. Перекис необхідний для перекладу іонів Fe^{3+} і Mn^{2+} в «вищий окислений стан». При цьому з рихлим осадом гідроксидів заліза і марганцю осідатимуть ^{90}Y , ^{210}Pb , ^{238}U , ^{232}Th і деякі інші радіонукліди, а ^{90}Sr залишиться в розчині.

Таким чином відбувається відділення ^{90}Sr від ^{90}Y , і з цієї миті весь ітрій, що утворився, буде продуктом розпаду ^{90}Sr , виділеного в ході аналізу. Через 14 днів, тобто після закінчення п'яти періодів напіврозпаду ^{90}Y (64 год.), наступить рівновага: кількість того, що розпадається ^{90}Y заповнюватиметься за рахунок розпаду ^{90}Sr . Після цього знов проводять розділення радіонуклідів і по активності ітрію оцінюють активність стронцію в пробі.

Але чому в результаті аналізу робиться висновок про питому активність проби по ^{90}Sr , тоді як з неї виділяється дочірній продукт ^{90}Sr ізотопу ^{90}Y ,

проводиться його радіометрична оцінка? Вважається, що ^{90}Sr знаходиться в рівноважному по радіоактивності стані з ^{90}Y , а це означає, що рівні їх радіоактивності однакові.

Проте, слід пам'ятати, що ця рівновага непостійна і може порушуватися. У живих організмах, наприклад, обмін ^{90}Sr і ^{90}Y відбувається по-різному. У зразках свіжо зрізаних рослин, свіжого молока, м'яса і кісток такої рівноваги нема і встановлюється вона не раніше, чим через 14 діб після припинення біологічних процесів. Вказані проби можна піддавати радіохімічному аналізу тільки після цього терміну. У зразках ґрунту, сіна, соломи і інших описана рівновага між радіонуклідами ^{90}Sr і ^{90}Y зберігається, і підготовлені зольні залишки їх проб можуть бути відразу використані для проведення аналізу.

2. Визначення вмісту ^{137}Cs

Цезій – хімічний елемент I аналітичної групи. Природний цезій складається з одного стабільного ізотопу ^{133}Cs . Штучним шляхом одержані 15 його радіоактивних ізотопів, з яких найбільш стійкими є ^{134}Cs і ^{137}Cs з періодами напіврозпаду, відповідно, 2,062 роки і 30 років, ядра яких при β -розпаді випромінюють β -частинки і γ -кванти.

Цезій є рідкісним елементом. Його участь у фізіолого-біохімічних процесах не відома. Але, будучи хімічним аналогом калія і утворюючи добре розчинні у воді хлориди, нітрати, сульфати, карбонати та інші з'єднання. Він активно поступає в рослини як через коріння, так і наземні органи. Володіючи великою рухливістю, цезій швидко і достатньо рівномірно розподіляється між різними органами рослини. З кормами цезій поступає в організм тварин, з продуктами харчування рослинного і тваринного походження – в організм людини, де добре всмоктується в шлунково-кишковому тракті, розноситься кров'ю по організму і порівняно швидко виводиться з нього.

З радіоактивних ізотопів цезію найбільшу біологічну небезпеку представляє його довго живучий ізотоп ^{137}Cs . І хоча по ступеню радіотоксичності ^{137}Cs відноситься до групи В (середня радіотоксичність), він залучаючись разом з калієм в процеси метаболізму, беручи участь разом з ним в

регуляції синтезу і функцій багатьох білків, ферментів, гормонів, може обумовлювати істотне внутрішнє опромінювання критичних органів. Саме тому оцінка вмісту ^{137}Cs в різних об'єктах представляється дуже важливою.

Виділення ^{137}Cs при проведенні радіохімічного аналізу можливо декількома методами. Найбільш поширеним серед них є сурмяно-йодидний метод визначення ^{137}Cs з попередньою концентрацією його у вигляді ферроціаниду цезію нікелю.

Метод заснований на концентрації ^{137}Cs з носієм у кислотному розчині проби золи у вигляді комплексного з'єднання подвійної солі ферроціаниду

Визначенню заважає присутність окислювачів, тому при проведенні аналізу необхідно стежити за кислотністю розчинів.

Цей метод дозволяє виділити ^{137}Cs в радіохімічно чистому вигляді з порівняно невеликих об'ємів розчинів проби золи з високим вмістом солей. Істотною перевагою методу є можливість виділення з одної наважки ґрунту або золи рослинного матеріалу і ^{90}Sr , і ^{137}Cs . Це дозволяє істотно прискорити радіохімічний аналіз і провести його з обмеженою кількістю золи проб, що вельми важливо при дослідницькій роботі або аналізі матеріалу з невеликим виходом радіонуклідів.

Черговість визначення радіонуклідів істотного значення не має. В даному випадку рекомендується проводити визначення ^{137}Cs з фільтрату, одержаного при визначенні ^{90}Sr методом оксалатного осадження, тобто при аналізі зразків ґрунту після завершення операцій визначення змісту ^{90}Sr у ґрунті.

Питання для самоконтролю:

1. Основні етапи методів радіохімічного аналізу.
2. На чому базується оксалатний метод визначення ^{90}Sr ?
3. Який ізотоп цезію є найбільш небезпечним ?
4. На чому базується сурмяно-йодидний метод визначення ^{137}Cs ?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 13
ПРОГНОЗУВАННЯ МОЖЛИВОГО РАДІОНУКЛІДНОГО
ЗАБРУДНЕННЯ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

Мета роботи: навчитися вирішувати ситуаційні задачі з прогнозування можливого радіонуклідного забруднення продукції рослинництва.

Приклад розв'язку задач

Умова: Визначити вміст ^{137}Cs в зерні вівса, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонукліду у рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 624 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,3 г/см³, товщина забрудненого шару – 25 см, вміст калію – 2 мг/100 г.

Вирішення:

1. Вираховуємо масу забрудненого шару ґрунту на 1 м² для чого перемножуємо показники площі ґрунту, товщини шару і питомої маси:

$$100 \text{ см} \times 100 \text{ см} \times 25 \text{ см} \times 1,3 \text{ г/см}^3 = 325000 \text{ г} = 325 \text{ кг}$$

2. Знаходимо вміст ^{137}Cs на 1 м², для чого забруднення 1 кг множимо на визначену масу ґрунту:

$$624 \text{ Бк/кг} \times 325 \text{ кг} = 202800 \text{ Бк} = 202,8 \text{ кБк}$$

3. Визначаємо забруднення території в Кі/км², для чого ділимо отримане забруднення на забруднення при 1 Кі (1 Кі/км² = 37 кБк/м²):

$$202,8 \text{ кБк/м}^2 / 37 \text{ кБк/м}^2 = 5,48 \text{ Кі/км}^2$$

4. Знаходимо коефіцієнт переходу ^{137}Cs в зерно вівса на дерново-підзолистих ґрунтах при вмісті калію 2 мг/100 г (додаток В). Він становить 57 Бк/кг при щільності забруднення 1 Кі/км².

5. Визначаємо забруднення зерна вівса, для цього отримане забруднення території 5,48 Кі/км² множимо на знайдений коефіцієнт для 1 Кі:

$$5,48 \times 57 \text{ Бк/кг} = 312,36 \text{ Бк/кг.}$$

6. Визначаємо придатність отриманої продукції, для цього у додатку знаходимо допустимий рівень забруднення за ^{137}Cs згідно ДР-97. Для хліба і хлібопродуктів він становить 20 Бк/кг.

Перший висновок: отже, продукція непридатна для використання, оскільки її забруднення за ^{137}Cs перевищує допустимий рівень у 15,62 рази (312,36 Бк/кг/ 20 Бк/кг=15,62).

Далі розпочинаємо дії щодо можливого використання угіддя для вирощування вівса чи іншої продукції, яка б відповідала вимогам ДР-97.

7. Визначаємо необхідний коефіцієнт переходу для отримання придатної продукції, для чого коефіцієнт переходу 57 Бк/кг ділимо на 15,62:

$$57 \text{ Бк/кг} / 15,62 = 3,65$$

8. Знаходимо у додатку В в колонці для вівса таке або менше за нього значення коефіцієнта переходу при відповідному вмісті калію в ґрунті. Найменший коефіцієнт для вівса становить 5,7 навіть при максимальній кількості – 20 мг на 100 г калію.

Другий висновок: таким чином, отримати зерно вівса, придатне для виробництва хліба і хлібопродуктів, у даній ситуації неможливо.

Одним з варіантів подальшого вирішення може бути підбір культури, близької за господарським значенням, але з меншим коефіцієнтом переходу ^{137}Cs . Такою культурою може бути ячмінь.

9. У додатку В знаходимо коефіцієнт переходу ^{137}Cs в зерно ячменю на дерново-підзолистих ґрунтах при вмісті калію 2 мг/100 г. Він становить 10 Бк/кг при 1 Кі/км².

10. Визначаємо можливе забруднення зерна ячменю, для цього отримане забруднення території за ^{137}Cs (5,47 Кі/км², пункт 3) множимо на коефіцієнт переходу для 1 Кі/км² – (10 Бк/кг):

$$5,47 \times 10 = 54,7 \text{ Бк/кг.}$$

Третій висновок: отже, зерно ячменю теж непридатне для використання на хлібопродукти, оскільки перевищує рівень забруднення за ^{137}Cs у 2,7 рази (54,7 Бк/кг/20 Бк/кг=2,7).

11. Визначаємо необхідний коефіцієнт переходу для отримання придатного зерна, для чого коефіцієнт 10 Бк/кг ділимо на 2,7:

$$10 \text{ Бк/кг} / 2,7 = 3,7$$

12. Знаходимо у додатках при якому вмісті калію на дерново-підзолистих ґрунтах коефіцієнт переходу ^{137}Cs у зерно ячменю буде становити 3,7 Бк/кг або менше. При вмісті калію 7 мг на 100 г коефіцієнт буде становити 2,9.

13. Визначаємо дефіцит калію в ґрунті, для чого від необхідних 7 мг віднімаємо 2 мг наявного в ґрунті калію за умовою задачі:

$$7 - 2 = 5 \text{ мг.}$$

Відомо, що для підвищення вмісту калію на 1 мг у 100 г в орному шарі ґрунту необхідно внести 30 кг калійних добрив за діючою речовиною.

14. Визначаємо необхідну кількість внесення калійних добрив за діючою речовиною: $30 \text{ кг} \times 5 = 150 \text{ кг}$.

15. Визначаємо прогнозоване забруднення зерна ячменю після внесення калійних добрив, для чого очікуваний коефіцієнт переходу 2,9 Бк/кг для 1 Кі/км^2 перемножаємо на забруднення території – $5,47 \text{ Кі/км}^2$

$$2,9 \times 5,47 = 15,9 \text{ Бк/кг}$$

Висновок: на даній території можна отримати придатне зерно ячменю після внесення 150 кг калійних добрив за діючою речовиною; при цьому його забруднення за ^{137}Cs буде в 1,26 раза нижче за допустимий рівень ($20 : 15,9 = 1,26$).

Умова: Визначити вміст ^{137}Cs в огірках сорту Конкурент, придатність їх до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонукліда у рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 870 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,3 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 27 см, вміст калію – 3 мг на 100 г.

Вирішення:

1. Вираховуємо масу забрудненого шару ґрунту на 1 м^2 , для чого перемножуємо показники площі ґрунту, товщини шару і питомої маси:

$$100 \text{ см} \cdot 100 \text{ см} \times 27 \text{ см} \times 1,3 \text{ г/см}^3 = 351000 \text{ г} = 351 \text{ кг.}$$

2. Визначаємо вміст ^{137}Cs на 1 м^2 ґрунту, для чого забруднення 1 кг перемножаємо на кількість кілограм у 1 м^2 :

$$870 \text{ Бк/кг} \times 351 \text{ кг} = 305370 \text{ Бк} = 305,37 \text{ кБк.}$$

3. Вираховуємо забруднення території в Ки/км^2 , для чого ділимо отримане забруднення 1 м^2 на забруднення при 1 Ки ($1 \text{ Ки/км}^2 = 37 \text{ кБк/м}^2$):

$$305,37 \text{ кБк/м}^2 / 37 \text{ кБк/м}^2 = 8,25 \text{ Ки/км}^2$$

4. Знаходимо коефіцієнт переходу (**Кп**) ^{137}Cs в огірки сорту «Конкурент» на дерново-підзолистих ґрунтах при вмісті калію 3 мг на 100 г (додаток 1) Він становить $5,4 \text{ Бк/кг}$ при щільності забруднення 1 Ки/км^2 .

5. Визначаємо імовірне забруднення огірків, для чого отримане забруднення території $8,25 \text{ Ки/км}^2$ множимо на знайдений коефіцієнт переходу для 1 Ки :

$$8,25 \times 5,4 \text{ Бк/кг} = 44,55 \text{ Бк/кг.}$$

6. Визначаємо придатність отриманої продукції, для чого в таблиці 4 знаходимо допустимий рівень забруднення огірків за ^{137}Cs (згідно ДР–97). Для овочів він становить 40 Бк/кг .

Отже, отримана продукція огірків непридатна до вживання, оскільки перевищує допустимий рівень вмісту ^{137}Cs в $1,1$ рази ($44,55/40=1,1$).

Далі розпочинаємо дії щодо можливого використання угіддя для вирощування огірків чи іншої продукції, яка б відповідала вимогам ДР–97.

7. Визначаємо необхідний коефіцієнт переходу для отримання придатних для вживання огірків, для чого коефіцієнт, визначений у дії 4 ($5,4 \text{ Бк/кг}$) розділимо на $1,1$:

$$5,4 \text{ Бк/кг} / 1,1 = 4,9.$$

8. Знаходимо, при якому вмісті калію на дерново-підзолистих ґрунтах коефіцієнт переходу ^{137}Cs в огірки буде становити 4,9 Бк/кг або менше (додаток 1). При вмісті калію 5 мг на 100 г коефіцієнт буде становити 4,1.

9. Визначаємо дефіцит калію в ґрунті для чого від необхідних 5мг віднімаємо 3 мг наявних у ґрунті:

$$5-3=2 \text{ мг .}$$

Відомо, що для підвищення вмісту калію на 1 мг на 100 г в орному шарі ґрунту необхідно внести 30 кг калійних добрив за діючою речовиною.

10. Визначаємо необхідну кількість внесення калію, для цього 30кг перемножимо на дефіцит калію 2 мг:

$$30 \text{ кг} \times 2 = 60 \text{ кг калійних добрив за діючою речовиною.}$$

11. Визначаємо прогнозовану забрудненість огірків після внесення калійних добрив, для чого очікуваний коефіцієнт переходу (4,1 Бк/кг для 1 $\text{Ki}/\text{км}^2$) перемножимо на забрудненість території (8,25 $\text{Ki}/\text{км}^2$).

$$4,1 \times 8,25 = 33,8 \text{ Бк/кг}$$

Висновок: на даній території можна отримати придатні за вмістом ^{137}Cs огірки після внесення 60 кг калійних добрив за діючою речовиною, при цьому їх забруднення буде в 1,2 раза нижче за допустимі рівні ($40/33,8=1,2$).

Умова: Визначити вміст ^{137}Cs в картоплі сорту Світанок, придатність її до використання, рекомендації щодо переробки з метою дезактивації та можливі заходи щодо зниження надходження радіонукліда у рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 1700 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,3 \text{ г}/\text{см}^3$, товщина забрудненого шару – 25 см, вміст калію – 1 мг/100 г.

Вирішення:

1. Вираховуємо масу забрудненого шару ґрунту на 1 м^2 , для чого перемножуємо показники площі ґрунту, глибини шару і питомої маси:

$$100 \text{ см} \times 100 \text{ см} \times 25 \text{ см} \times 1,3 \text{ г}/\text{см}^3 = 325000 \text{ г} = 325 \text{ кг}$$

2. Знаходимо вміст ^{137}Cs на 1 м^2 , для чого забруднення 1 кг перемножимо на масу забрудненого шару ґрунту:

$$1700 \text{ Бк/кг} \times 325 \text{ кг/м}^2 = 552500 \text{ Бк} = 552,5 \text{ кБк}$$

3. Визначаємо забруднення території в Кі/км^2 , для чого розділимо отримане забруднення на забруднення при 1 Кі ($1 \text{ Кі/км}^2 = 37 \text{ кБк/м}^2$):

$$552,5 \text{ кБк/м}^2 / 37 \text{ кБк/м}^2 = 14,9 \text{ Кі/км}^2$$

4. Знаходимо коефіцієнт переходу ^{137}Cs в картоплю сорту Світанок на дерново-підзолистих ґрунтах при вмісті калію 1 мг/100 г (додаток В). Він становить 44 Бк/кг при щільності забруднення 1 Кі/км^2

5. Визначаємо забруднення бульб картоплі, для цього отримане забруднення території $14,9 \text{ Кі/км}^2$ перемножимо на знайдений коефіцієнт для 1 Кі :

$$14,9 \times 44 \text{ Бк/кг} = 655,6 \text{ Бк/кг}$$

6. Визначаємо придатність отриманої продукції, для чого в додатку 1 знаходимо допустимий рівень вмісту в картоплі ^{137}Cs згідно з ДР-97. Він становить 60 Бк/кг .

Отже, продукція непридатна для використання, оскільки забруднення за ^{137}Cs перевищує допустимий рівень в $10,9$ рази ($655,6 \text{ Бк/кг} / 60 \text{ Бк/кг} = 10,9$).

Далі розпочинаємо дії щодо можливого використання угіддя для вирощування картоплі чи іншої продукції, яка б відповідала вимогам ДР-97.

7. Визначаємо необхідний коефіцієнт переходу для отримання придатної продукції, для чого коефіцієнт переходу 44 Бк/кг розділимо на $10,9$:

$$44 \text{ Бк/кг} / 10,9 = 3,3.$$

8. Знаходимо (додаток 1), при якому вмісті калію в ґрунті буде такий коефіцієнт у даній ситуації або менший. При вмісті калію в ґрунті 15 мг на 100 г коефіцієнт буде $3,0$.

9. Визначаємо дефіцит калію в ґрунті, для чого від необхідних 15 мг віднімаємо 1 мг наявного в ґрунті:

$$15 - 1 = 14 \text{ мг.}$$

Відомо, що для підвищення вмісту калію на 1 мг на 100 г в орному шарі ґрунту необхідно внести 30 кг калійних добрив за діючою речовиною.

10. Визначаємо необхідну кількість внесення калію, для чого 30кг для 1 мг на 100 г множимо на дефіцит калію:

$$30 \text{ кг} \times 14 = 420 \text{ кг.}$$

У перерахунку на мінеральні калійні добрива це становить близько 800–1000 кг/га. Внесення такої кількості добрив недоцільне, нерентабельне і навіть шкідливе.

Одним з варіантів подальшого вирішення задачі може бути підбір іншого сорту або іншої культури, близької за господарським значенням, але з меншим коефіцієнтом переходу ^{137}Cs . Для даної ситуації вони мало підходять. З одного боку, в зв'язку з тим, що через велику норму посадки знайти садивний матеріал у необхідній кількості важко. З іншого – замінити картоплю іншою культурою в умовах України практично неможливо.

Але, отриманий урожай картоплі, забруднення якої перевищує допустимий рівень в 10,9 рази, може бути перероблений на крохмаль. У процесі технологічної переробки добре розчинні у воді радіонукліди видаляються і одержаний продукт – крохмаль у середньому містить ^{137}Cs у 50 разів менше, ніж картопля. Такий крохмаль можна використовувати без обмежень як домішку при виготовленні харчових продуктів у м'ясній та кондитерській промисловості.

Крім цього, картопля може бути використана для виготовлення спирту, який буде практично чистим від ^{137}Cs , оскільки при отриманні спирту радіонукліди залишаються у бродильному середовищі.

Висновок: у заданих умовах забруднення ґрунту за ^{137}Cs картопля може вирощуватись для технічних цілей – одержання крохмалю і спирту.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 14
ВИЗНАЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРОДУКЦІЇ
РОСЛИННИЦТВА

Мета роботи: вирішити ситуаційну задачу з прогнозування можливого радіонуклідного забруднення продукції рослинництва.

Умови:

1. Визначити вміст ^{137}Cs в зерні гороху, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 750 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,3 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 22 см, вміст калію – 5 мг/100 г.
2. Визначити вміст ^{137}Cs в зерні кукурудзи, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 900 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,3 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 23 см, вміст калію – 6 мг/100 г.
3. Визначити вміст ^{137}Cs в зерні вівса, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 798 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,2 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 24 см, вміст калію – 3 мг/100 г.
4. Визначити вміст ^{137}Cs в зерні ячменю, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 600 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,3 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 25 см, вміст калію – 4 мг/100 г.
5. Визначити вміст ^{137}Cs в зерні озимого жита, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження

радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 560 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,3 г/см³, товщина забрудненого шару – 24 см, вміст калію – 7 мг/100 г.

6. Визначити вміст ¹³⁷Cs в зерні озимої пшениці, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 912 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,2 г/см³, товщина забрудненого шару – 22 см, вміст калію – 5 мг/100 г.
7. Визначити вміст ¹³⁷Cs в плодах томатів, придатність їх до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів в рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 705 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,4 г/см³, товщина забрудненого шару – 24 см, вміст калію – 2 мг/100 г.
8. Визначити вміст ¹³⁷Cs в цибулі ріпчастій, придатність її до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 602 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,3 г/см³, товщина забрудненого шару – 27 см, вміст калію – 9 мг/100 г.
9. Визначити вміст ¹³⁷Cs в бульбах картоплі, придатність їх до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 627 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,2 г/см³, товщина забрудненого шару – 25 см, вміст калію – 5 мг/100 г.
10. Визначити вміст ¹³⁷Cs в коренеплодах моркви, придатність їх до споживання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 531 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,3 г/см³, товщина забрудненого шару – 25 см, вміст калію – 4 мг/100 г.
11. Визначити вміст ¹³⁷Cs в коренеплодах столових буряків, придатність їх до використання та можливі заходи щодо зниження надходження

радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих легкосуглинкових ґрунтах зі ступенем забруднення 544 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,4 г/см³, товщина забрудненого шару – 24 см, вміст калію – 5 мг/100 г.

12. Визначити вміст ¹³⁷Cs в капусті, придатність її до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих легкосуглинкових ґрунтах зі ступенем забруднення 717 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,4 г/см³, товщина забрудненого шару – 21 см, вміст калію – 5 мг/100 г.
13. Визначити вміст ¹³⁷Cs в насінні гороху, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих легко-суглинкових ґрунтах зі ступенем забруднення 616 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,2 г/см³, товщина забрудненого шару – 22 см, вміст калію – 3 мг/100 г.
14. Визначити вміст ¹³⁷Cs в насінні сої, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих легко-суглинкових ґрунтах зі ступенем забруднення 516 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,4 г/см³, товщина забрудненого шару – 23 см, вміст калію – 3 мг/100 г.
15. Визначити вміст ¹³⁷Cs в зерні кукурудзи, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих легко-суглинкових ґрунтах зі ступенем забруднення 770 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,4 г/см³, товщина забрудненого шару – 23 см, вміст калію – 2 мг/100 г.
16. Визначити вміст ¹³⁷Cs в зерні вівса, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих легко-суглинкових ґрунтах зі ступенем забруднення 575 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,4 г/см³, товщина забрудненого шару – 23 см, вміст калію – 3 мг/100 г.
17. Визначити вміст ¹³⁷Cs в зерні ячменю, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів в рослини на

дерново-підзолистих легко-суглинкових ґрунтах зі ступенем забруднення 589 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,4 г/см³, товщина забрудненого шару – 26 см, вміст калію – 4 мг/100 г.

18. Визначити вміст ¹³⁷Cs в зерні озимого жита, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих легко-суглинкових ґрунтах зі ступенем забруднення 527 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,4 г/см³, товщина забрудненого шару – 25 см, вміст калію – 7 мг/100 г.
19. Визначити вміст ¹³⁷Cs в зерні озимої пшениці, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих легко-суглинкових ґрунтах зі ступенем забруднення 452 Бк/кг. Питома маса ґрунту - 1,4 г/см³, товщина забрудненого шару – 27 см, вміст калію – 8 мг/100 г.
20. Визначити вміст ¹³⁷Cs в плодах томатів, придатність їх до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих легко-суглинкових ґрунтах зі ступенем забруднення 495 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,4 г/см³, товщина забрудненого шару – 24 см, вміст калію – 6 мг/100 г.
21. Визначити вміст ¹³⁷Cs в цибулі, придатність її до споживання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих легко-суглинкових ґрунтах зі ступенем забруднення 574 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,4 г/см³, товщина забрудненого шару – 22 см, вміст калію – 2 мг/100 г.
22. Визначити вміст ¹³⁷Cs в бульбах картоплі сорту Світанок, придатність її до використання, рекомендації стосовно переробки з метою дезактивації та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих легко-суглинкових ґрунтах зі ступенем забруднення 1670 Бк/кг. Питома маса ґрунту – 1,4 г/см³, товщина забрудненого шару – 23 см, вміст калію – 2 мг/100 г.

23. Визначити вміст ^{137}Cs в бульбах картоплі, придатність їх до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах зі ступенем забруднення 727 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,3 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 22 см, вміст калію – 5 мг/100 г.
24. Визначити вміст ^{137}Cs в коренеплодах столових буряків, придатність їх до споживання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах зі ступенем забруднення 463 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,2 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 24 см, вміст калію – 6 мг/100 г.
25. Визначити вміст ^{137}Cs в капусті, придатність її до споживання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах зі ступенем забруднення 565 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,2 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 25 см, вміст калію – 5 мг/100 г.
26. Визначити вміст ^{137}Cs в зерні гороху, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах зі ступенем забруднення 818 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,2 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 20 см, вміст калію – 7 мг/100 г.
27. Визначити вміст ^{137}Cs в зерні озимого жита, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах зі ступенем забруднення 760 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,5 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 23 см, вміст калію – 8 мг/100 г.
28. Визначити вміст ^{137}Cs в зерні гречки, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах зі ступенем забруднення 462 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,2 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 20 см, вміст калію – 10 мг/100 г.

29. Визначити вміст ^{137}Cs в кабачках сорту Грибовський 37, придатність їх до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах зі ступенем забруднення 567 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,2 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 25 см, вмісту калію – 5 мг/100 г.
30. Визначити вміст ^{137}Cs в огірках сорту Конкурент, придатність їх до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах зі ступенем забруднення 515 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,2 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 22 см, вміст калію – 3 мг/100 г.
31. Визначити вміст ^{137}Cs у часнику, придатність його до використання та можливі заходи щодо зниження надходження радіонуклідів у рослини на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах зі ступенем забруднення 470 Бк/кг. Питома маса ґрунту – $1,2 \text{ г/см}^3$, товщина забрудненого шару – 20 см, вміст калію – 4 мг/100 г.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Білявський Г. О. Основи загальної екології. К.: Либідь, 1993. 304 с.
2. Бойчук Ю. Д., Солошенко О. В., Бугай Е. М. Екологія і охорона навколишнього середовища: Навч. посіб. Суми; Київ. Універс.книга; ВД «Княжна Ольга», 2005. 304 с.
3. Гайченко В. А., Гудков І. М., Кашпаров В. О., Кічно В. О., Лазарєв М. М. Практикум з радіобіології та радіоекології. Херсон: Олді Плюс, 2014. 278 с.
4. Гудков І. М.. Радіобіологія: Підручник для вищ. навчальних закладів. К.: НУБіП України, 2016. 485 с.
5. Гудков И. Н., Кудяшева А. Г., Москалёв А. А. Радиобиология с основами радиоэкологии. Сыктывкар: Изд-во СГУ, 2015. 512 с.
6. Гудков І. М., Гайченко В. А., Кашпаров В. О., Кутлахмедов Ю. А., Гудков Д. І., Лазарєв М. М. Радіоекологія. Херсон: Олді Плюс, 2013. 467 с.
7. Гродзинський Д. М. Радіобіологія. К.: Либідь, 2000. 448 с.
8. Давиденко В. М. Радіобіологія. Миколаїв: Видав. МДАУ, 2011. 265 с.
9. Дудок К. П., Старикович Л. С., Дацюк Л. О. Радіобіологія: Навчально-методичний посібник. Львів: Вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 118 с.
10. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: К.: Т-во "Знання", КОО, 2007. 422 с.
11. Добровольський В. В. Основи теорії екологічних систем. Навч.пос. К.: ВД «Професіонал», 2005. 272 с.
12. Дуднікова І. І., Пушкін С. П. Екологія. Навч. посібник. К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2006. 288 с.
13. Злобін Ю.А., Кочубей Н.В. Загальна екологія: навч. посібник. Суми: Унів. к-га, 2003. – 416 с.
14. Кучерявий В.П. Екологія. Львів: Світ, 2000. 500 с.
15. Мороз П.І. Словник-довідник екологічних термінів і понять. Умань. УСГА, 2000. 68с.

16. Мороз П. І., Косенко І. С. Екологічні основи природокористування. Навчальний посібник. Умань: УДАА, 2001. 456 с.

17. Сухарєв С. М., Чундак С. Ю., Сухарєва О. Ю. Основи екології та охорони довкілля. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. К.: Центр навчальної літератури, 2006. 394 с.

18. Сытник К. М., Брайон А. В., Городецкий А. В. Биосфера. Экология. Охрана природы. К.: Наук. думка, 1989. 176 с.

19. Царенко О. М., Злобін Ю. А. Навколишнє середовище та економіка природокористування. К.: Вища школа, 1999. 176 с.

Додатки

Довідкові матеріали для вирішення задач

1. Середньобагаторічні значення Кп ^{137}Cs для різних культур залежно від вмісту обмінного калію в дерново-підзолистому ґрунті, (Бк/кг)/(Кі/км²)

Вміст обмін. К, мг/100 г	Зернові та зернобобові (зерно)														
	Кукурудза	Пшениця озима	Ячмінь	Тритика ле	Пшениця яра	Просо	Жито	Овес	Боби	Гречка	Соя	Горох	Вика	Люпин жовтий	
0,5	33	44	41	67	56	70	81	230	330	420	340	370	48	240	
1	17	22	20	34	28	35	40	110	160	210	180	190	24	120	
2	8,3	11	10	17	14	18	20	57	82	100	86	94	12	600	
3	4,4	5,8	5,4	8,8	7,4	9,2	11	30	43	55	45	49	63	320	
4	4,1	5,5	5,1	8,4	7,0	8,8	10	29	41	52	43	47	60	300	
5	3,3	4,4	4,1	6,7	5,6	7,0	8,1	23	33	42	34	37	48	240	
7	2,3	3,1	2,9	4,7	3,9	4,9	5,7	16	23	29	24	26	33	170	
9	1,8	2,4	2,2	3,7	3,1	3,8	4,4	13	18	23	19	21	26	130	
11	1,5	2,0	1,9	3,1	2,6	3,2	3,7	11	15	19	16	17	22	110	
13	1,3	1,7	1,6	2,6	2,2	2,7	3,2	8,9	13	16	13	15	19	95	
15	1,1	1,5	1,4	2,3	1,9	2,4	2,8	7,8	11	14	12	13	16	83	
20	0,82	1,1	1,0	1,7	1,4	1,8	2,0	5,7	8,2	10	8,6	9,4	12	61	

Овочеві

Вміст обмін. К, мг/100 г	Баклажани	Цибуля ріпчаста, зелень	Цибуля батун, перо	Цибуля шніт, перо	Цибуля ріпчаста	Перець Ратунда	Перець солодкий	Кабачки Цукіні	Кабачки Одеські 52	Кабачки Грибовські 37	Гарбуз Мускатний	Гарбуз Великоплідний
0,5	4,8	12	15	11	15	19	26	22	19	22	22	33
1	2,4	6,1	7,4	5,6	7,4	9,3	13	11,1	9,25	11,1	11,1	16,7
2	1,2	3,1	3,7	2,8	3,7	4,6	6,5	5,6	4,6	5,6	5,6	8,3
3	0,63	1,6	2,0	1,5	2,0	2,4	3,4	2,9	2,4	2,9	2,9	4,4
4	0,6	1,5	1,9	1,4	1,9	2,3	3,2	2,8	2,3	2,8	2,8	4,2
5	0,48	1,2	1,5	1,1	1,5	1,9	2,6	2,2	1,9	2,2	2,2	3,3
7	0,34	0,85	1,0	0,78	1,0	1,3	1,8	1,6	1,3	1,6	1,6	2,3
9	0,26	0,67	0,81	0,61	0,81	1,0	1,4	1,2	1,0	1,2	1,2	1,8
11	0,23	0,56	0,69	0,52	0,69	0,85	1,2	1,8	0,85	1,8	1,8	1,5
13	0,19	0,48	0,58	0,43	0,58	0,72	1,0	0,87	0,72	0,87	0,87	1,3
15	0,16	0,41	0,5	0,38	0,5	0,63	0,89	0,75	0,63	0,75	0,75	1,1
20	0,12	0,39	0,37	0,28	0,37	0,46	0,65	0,56	0,46	0,56	0,56	0,83

Вміст обмін. К, мг/100 г	Овочеві											
	Патисони	Часник	Томати					Огірки Конкурент	Огірки Далекосхідні	Фізалис сунічний	Фізалис мексиканський	
			Українець тепличний	Світанок	Іскорка	Заказний 280	Лідер					
0,5	33	33	15	30	37	37	44	41	67	33	41	
1	17	17	7,4	15	19	19	22	20	33	17	20	
2	8,3	8,3	3,7	7,4	9,3	9,3	11	10	17	8,3	10	
3	4,4	4,4	2,0	3,9	4,9	4,9	5,9	5,4	8,8	4,4	5,4	
4	4,2	4,2	1,9	3,7	4,6	4,6	5,6	5,1	8,3	4,2	5,1	
5	3,3	3,3	1,5	3,0	3,7	3,7	4,4	4,1	6,7	3,3	4,1	
7	2,3	2,3	1,0	2,1	2,6	2,6	3,1	2,9	4,7	2,3	2,9	
9	1,8	1,8	0,81	1,6	2,0	2,0	2,4	2,2	3,7	1,8	2,2	
11	1,5	1,5	0,68	1,4	1,7	1,7	2,0	1,9	3,1	1,5	1,9	
13	1,3	1,3	0,58	1,2	1,4	1,4	1,7	1,6	2,6	1,3	1,6	
15	1,1	1,1	0,5	1,0	1,3	1,3	1,5	1,4	2,3	1,1	1,4	
20	0,83	0,83	0,37	0,74	0,93	0,93	1,8	1,0	1,7	0,83	1,0	
Вміст обмін. К, мг/100 г	Овочеві											
	Шпинат	Морква Нантська	Морква Артек	Редиска			Петрушка	Коріандр	Календула	Капуста		
				Заря	Червоний Велет	Червона з білим кінчиком				Амагер 611	Брауншвейзька	Савойська
0,5	41	48	56	56	67	110	37	63	63	63	59	67
1	20	24	28	28	33	54	19	32	32	32	30	33
2	10	12	14	14	17	27	9	16	16	16	15	17
3	5,4	6,3	7,3	7,3	8,8	14	4,9	8,4	8,4	8,4	7,8	8,5
4	5,1	6,0	6,9	6,9	8,3	13	4,6	7,9	7,9	7,9	7,4	8,3
5	4,1	4,8	5,6	5,6	6,7	11	3,7	6,3	6,3	6,3	5,9	6,7
7	2,9	3,4	3,9	3,9	4,7	7,5	2,6	4,4	4,4	4,4	4,1	4,7
9	2,2	2,7	3,1	3,1	3,7	5,9	2,0	3,5	3,5	3,5	3,3	3,7
11	1,9	2,2	2,6	2,6	3,1	4,9	1,7	2,9	2,9	2,9	2,7	3,1
13	1,6	1,9	2,2	2,2	2,6	4,2	1,4	2,5	2,5	2,5	2,4	2,6
15	1,4	1,6	1,9	1,9	2,3	3,7	1,3	2,1	2,1	2,1	2,0	2,3
20	1,0	1,2	1,4	1,4	1,7	2,7	9,3	1,6	1,6	1,6	1,5	1,7

Вміст обмін. К, мг/100 г	Овочеві											
	Капуста							Перець гіркий	Пастернак	Фенхель овочевий	Кріп Грибовський	Цибуля Духмяна
	Червонокочан на	Білосніжка	Брюссельська	Цвітна	Рання	Кольрабі	Гілляста					
0,5	70	81	130	63	110	120	120	74	78	89	89	100
1	35	41	65	32	54	59	59	37	39	44	44	50
2	18	20	32	16	27	30	30	19	19	22	22	25
3	9,3	11	17	8,3	14	16	16	9,8	10	12	12	13
4	8,8	10	16	7,9	13	15	15	9,3	9,7	11	11	13
5	7,0	8,1	13	6,3	11	12	12	7,4	7,8	8,9	8,9	10
7	4,9	5,7	9,1	4,4	7,5	8,3	8,3	5,2	5,4	6,2	6,2	7,0
9	3,9	4,5	7,1	3,5	5,9	6,5	6,5	4,1	4,3	4,9	4,9	5,5
11	3,2	3,7	6,0	2,9	4,9	5,5	5,5	3,5	3,6	4,1	4,1	4,6
13	2,7	3,2	5,1	2,5	4,2	4,6	4,6	2,9	3,0	3,5	3,5	3,9
15	2,4	2,8	4,4	2,1	3,7	4,0	4,0	2,5	2,6	3,0	3,0	3,4
20	1,8	2,0	3,2	1,6	2,7	3,0	3,0	1,9	1,9	2,2	2,2	2,5
Вміст обмін. К, мг/100 г	Овочеві											
	Салат	Буряк столовий				Чорнушка	Ісол	Щавель	Чабер	Змієголовик	Крес-салат	Гірчиця салатна
		Бордо 237	Носівський	Червона куля	Раннє диво							
0,5	100	110	100	130	140	120	140	140	85	230	240	320
1	52	54	50	63	69	61	72	72	93	110	120	59
2	26	27	25	32	34	31	36	36	46	57	59	80
3	14	14	13	17	18	16	19	19	24	30	31	42
4	13	13	13	16	17	15	18	18	23	29	30	40
5	10	11	10	13	14	12	14	14	19	23	24	32
7	7,3	7,5	7,0	8,8	9,6	8,6	10	10	13	16	17	22
9	5,7	5,9	5,5	6,9	7,5	6,7	7,9	7,9	10	13	13	18
11	4,8	4,9	4,6	5,8	6,3	5,6	6,6	6,6	8,5	11	11	15
13	4,0	4,2	3,9	4,9	5,3	4,8	5,6	5,6	7,2	9,0	9,2	12
15	3,5	3,7	3,4	4,3	4,7	4,2	4,9	4,9	6,3	7,8	8,1	11
20	2,6	2,7	2,5	3,2	3,4	3,1	3,6	3,6	4,6	5,7	5,9	8,0

Вміст обмін. К, мг/100 г	Овочеві					
	Картопля, сорти					Топінамбур
	Невська	Незбудка	Луговська	Світанок	Каскад	
0,5	63	63	63	89	44	63
1	32	32	32	44	22	32
2	16	16	16	22	11	16
3	8,3	8,3	8,3	12	5,9	8,3
4	7,9	7,9	7,9	11	5,6	7,9
5	6,3	6,3	6,3	8,9	4,4	6,3
7	4,4	4,4	4,4	6,2	3,1	4,4
9	3,5	3,5	3,5	4,9	2,4	3,5
11	2,9	2,9	2,9	4,1	2,0	2,9
13	2,5	2,5	2,5	3,5	1,7	2,5
15	2,1	2,1	2,1	3,0	1,5	2,1
20	1,6	1,6	1,6	2,2	1,8	1,6

2. Середньобагаторічні значення Кп ^{137}Cs для кормових культур (зелений корм) залежно від вмісту обмінного калію в дерново-підзолистому ґрунті, (Бк/кг)/(Кі/км²)

Вміст обмін. К, мг/100 г	Кукурудза	Тимофійка	Корм збірний	Редька олійна	Капуста	Ріпак озимий	Конюшина червона	Соняшник	Люпин жовтий
0,5	55	84	100	110	160	170	200	220	550
1	28	42	51	55	79	84	99	110	280
2	14	21	26	28	39	42	50	55	140
3	7,2	11	14	15	21	22	26	29	73
4	6,7	11	13	14	20	21	25	28	69
5	5,5	8,4	10	11	16	17	20	22	55
7	3,8	5,9	7,2	7,7	11	12	14	15	39
9	3,0	4,6	5,6	6,1	8,7	9,3	11	12	30
11	2,5	3,9	4,7	5,1	7,2	7,8	9,1	10	25
13	2,1	3,3	4,0	4,3	6,1	6,6	7,7	8,6	22
15	1,9	2,9	3,5	3,7	5,4	5,7	6,7	7,5	19
20	1,4	2,1	2,6	2,8	3,9	4,2	5,0	5,5	14

3. Середньобагаторічні значення Кп ^{137}Cs для технічних культур у стадії господарської стиглості залежно від вмісту обмінного калію в ґрунті, (Бк/кг)/(Кі/км²)

Вміст обмінного К, мг/100 г	Льон, насіння	Льон, соломка	Соняшник	Редька олійна	Буряк цукровий
0,5	67	85	222	207	126
1	33	43	110	100	63
2	17	21	56	52	32
3	8,8	11	29	27	17
4	8,3	11	28	26	16
5	6,7	8,5	22	21	13
7	4,7	6,0	16	15	8,8
9	3,4	4,7	12	11	6,9
11	3,1	3,9	10	9,5	5,8
13	2,6	3,3	8,7	8,1	4,9
15	2,3	2,9	7,6	7,0	4,3
20	1,7	2,1	5,6	5,2	3,2

4. Значення допустимих рівнів вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР-97), Бк/кг (Бк/л)

№ п/п	Назва продукту	^{137}Cs	^{90}Sr
1.	Хліб і хлібопродукти	20	5
2.	Картопля	60	20
3.	Овочі (листові, коренеплоди, столова зелень)	40	20
4.	Фрукти	70	10
5.	М'ясо і м'ясні продукти	200	20
6.	Риба і рибні продукти	150	35
7.	Молоко і молочні продукти	100	20
8.	Яйця (шт.)	6	2
9.	Вода	2	2
10.	Молоко згущене і концентроване	300	60
11.	Молоко сухе	500	100
12.	Свіжі дикоростучі ягоди і гриби	500	50
13.	Сушені дикоростучі ягоди і гриби	2500	250
14.	Лікарські рослини	600	200
15.	Спеціальні продукти дитячого харчування	40	5
16.	Інші продукти	600	200

