

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою  
Кафедра водних біоресурсів

**05-03-202М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних та самостійних робіт  
з навчальної дисципліни  
**«Гідрорадіобіологія»**  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійною програмою  
«Водні біоресурси та аквакультура»  
спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»  
денної і заочної форм навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості  
ННІАЗ  
Протокол № 9 від 08.01.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з навчальної дисципліни «Гідрорадіобіологія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водні біоресурси та аквакультура» спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура» денної і заочної форм навчання [Електронне видання] / Гриб Й. В., Войтишина Д. Й., Ковальчук С. В. – Рівне : НУВГП, 2025. – 56 с.

Укладачі: Гриб Й. В., доктор біологічних наук, професор кафедри водних біоресурсів;  
Войтишина Д. Й., пошукач; Ковальчук С. В., к.с.г.н., доцент.

Відповідальний за випуск: Полтавченко Т. В., кандидат ветеринарних наук, доцент, завідувачка кафедри водних біоресурсів.

Керівник групи забезпечення зі спеціальності 207  
«Водні біоресурси та аквакультура» Петрук А. М.

© Й. В. Гриб,  
Д. Й. Войтишина,  
С. В. Ковальчук, 2025  
© НУВГП, 2025

## Зміст

Вступ	4
Практична робота № 1. Оцінка розподілу радіонуклідів у компонентах екосистем рибогосподарських водойм	5
Практична робота № 2. Прогноз вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції	18
Практична робота № 3 Характеристика заходів, спрямованих на зменшення надходження Cs-137 в продукцію рослинництва	29
Практична робота № 4. Основні принципи ведення тваринництва на радіоактивно забруднених територіях	32
Практична робота № 5. Методика побудови порівняльної діаграмікологічного стану водних об'єктів	35
Практична робота № 6. Особливості ведення рибальства на водоймах в умовах радіоактивного забруднення	40
Практична робота № 7. Оцінка радіаційного стану водного басейну	42
Практична робота № 8. Дозиметрія іонізуючих випромінювань, одиниці випромінювання дози	44
Практична робота № 9. Радіаційна експертиза об'єктів водного середовища	47
Практична робота № 10. Визначення сумарної радіоактивності низькоактивних проб на "Бета" – Радіометрі	53
Список використаної літератури	56

## **Вступ**

Після аварії на Чорнобильській АЕС в навколишнє середовище було викинуто багато радіоактивних ізотопів різних хімічних елементів. Основна маса їх мала малий період напіврозпаду і розклалася в через декілька місяців після аварії. Проте залишилися довгоживучі ізотопи, такі як цезій-137 і стронцій-90.

Цезій являється елементом - аналогом калію, хімічного елемента, який відіграє ключову роль в обмінних процесах в клітинах живих організмів, тому він швидко накопичується в м'язовій тканині. Стронцій є аналогом кальцію, тому він накопичується в основному в кістковій тканині.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

### Тема: Оцінка розподілу радіонуклідів у компонентах екосистем рибогосподарських водойм

#### Теоретична частина

Особливості розподілу радіонуклідів у компонентах екосистем рибогосподарських водойм, як фактори, що формують забруднення ними риб

В залежності від рівня радіоактивного забруднення, існує наступна градація територій:

Зона відчуження (I) - ( $^{137}\text{Cs}$  - 15  $\text{кі}/\text{км}^2$  та  $^{90}\text{Sr}$  - більше 2  $\text{кі}/\text{км}^2$ );

Зона обов'язкового відселення населення (II) - ( $^{137}\text{Cs}$  - 5-15  $\text{кі}/\text{км}^2$  та  $^{90}\text{Sr}$  - 0,5-2  $\text{кі}/\text{км}^2$ );

Зона добровільного гарантованого відселення (III) - ( $^{137}\text{Cs}$  - 2-5  $\text{кі}/\text{км}^2$  та  $^{90}\text{Sr}$  - 0,2-0,5  $\text{кі}/\text{км}^2$ );

Зона посиленого радіаційного контролю (IV) - ( $^{137}\text{Cs}$  - менше 2  $\text{кі}/\text{км}^2$  та  $^{90}\text{Sr}$  - менше 0,2  $\text{кі}/\text{км}^2$ ).

Ведення рибного господарства можливе в III - IV зонах при дотриманні певних правил і виконання запобіжних заходів. Радіоекологічна ситуація у водоймах являється функцією стану поверхні водозбору. Система «водне середовище - організм риби» є визначальною при оцінці екологічної ситуації у об'єктах водного середовища. Розглядається при цьому наступне положення - надходження радіонуклідів в організм риб визначається потребою у мінеральних компонентах за рахунок надходження з води та корму, тобто відбувається на основі фізіологічного обміну. У рибі концентруються переважно такі радіонукліди:  $^{37}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ .

Можливість міграції радіонуклідів залежить також від періоду піврозпаду радіонуклідів (діб). Внутрішнє опромінення водних організмів залежить від вмісту радіонуклідів, що проникають з питною водою та їжею. Особливості накопичення радіонуклідів.

1) Концентрація радіонуклідів визначається і часом перебування риб у забрудненому середовищі, особливо це стосується короткоживучих ізотопів радіонуклідів.

2) Найбільше інтенсивне накопичення спостерігається у молоді риб у перший місяць життя - до 80% від загального їх вмісту.

3) Солоність води. У прісній воді радіонукліди засвоюються більш інтенсивно ніж у солоній (у 50 разів). При підвищенні солоності води до 7‰ зменшується накопичення стронцію і цезію

4) В слабомінеральних водах концентрація  $^{137}\text{Cs}$  в водяних рослинах вища в 2 - 3 рази, а накопичення у риби - в сотні разів. Відповідно, поліські регіони найбільш піддаються впливу радіонуклідів.

5) Вплив елементів - аналогів. Накопичення  $^{90}\text{Sr}$  залежить від концентрації у воді іона кальцію, а  $^{137}\text{Cs}$  від концентрації іона калію. Чим вищий вміст елемента - аналога, тим менше накопичується радіонуклід у риби і біоті

6) Температура води. Такі радіонукліди, як  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  у теплій воді накопичуються в 2 - 3 рази інтенсивніше

7) Зона оптимального існування риб  $t^{\circ}$  - +18 ...+ 23 С. Зниження температури сприяє виведенню радіонуклідів.

8) Показник рН води (залежить від вмісту гумінових кислот, амінокислот). Оптимальне значення рН = 6,5 - 8,5. Накопичення радіонуклідів збільшується при рН < 6, тобто в кислому середовищі

рухливість іонів радіонуклідів вища. Для зменшення накопичення радіонуклідів необхідне лужне середовище (вапнування).

9) Вплив важких металів - іони свинцю поглинаються важче у м'якій воді.

10) Вплив розчиненого кисню (РК). При низьких значеннях РК інтенсивність обміну менша, відповідно засвоєння радіонуклідів менше.

11) Ефект виведення: спостерігається виведення стронцію - 20% через 15-20 діб, цезію - вдвічі повільніше.

12) При відсутності активних джерел забруднення водного середовища радіонуклідами, вони накопичуються у донних відкладах і вищій водяній рослинності.

### Забруднення рибоводних ставків

Спостерігається перерозподіл радіонуклідів у системі «вода - зависі» ( $^{137}\text{Cs}$ ) 0,01 Бк/л, 800 Бк/кг). Допустимий вміст радіонуклідів у воді 2 Бк/л, у рибі -  $^{137}\text{Cs}$  -150 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  - 35 Бк/кг. Фактично у досліджуваних зонах Житомирська область карась (ставкова риба) вміст  $^{137}\text{Cs}$  = 30 Бк/кг, тобто не перевищував допустимих рівнів.

У Рівненській області досліджувались водойми у північних регіонах (III зона забруднення):

1) Став поблизу с. Переброди (Дубровицький р-н.); 2) Ставкове господарство Миколаєве - Гольє; 3) Оз. Біле поблизу с. Біле (Володимирецький р-н.);

4) Став поблизу с. Великі Телковичі (Володимирецький р-н.);

5) Став поблизу с. Янівка (Сарненський р-н.);

6) Став поблизу с. Дерть (Рокити івський р-н.). Крім Сарненського району, всі об'єкти знаходяться в III зоні забруднення.

Особливістю накопичення радіонуклідів в водних екосистемах регіону є депонування їх у верхньому шарі донних відкладів.

Особливості накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослинах (ВВР): вміст радіонуклідів вищий у занурених рослинах таких як рдесник гребінчастий (*Potamogetonpectinatus* L.), рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia* L.), ситняг болотний (*Elcochariseupalustris* Linab.) та ін.

Мули під повітряно-водними рослинами значно більше забруднені радіонуклідами, ніж під відкритою водою що пов'язано з накопиченням радіонуклідів в відмерлих рештках цих рослин, та інтенсивним мулоутворенням.

Риба в ставі Миколаєво-Гольє (вміст у коропі 49,1 Бк/кг за  $^{137}\text{Cs}$ ). Перевищення нормативів вмісту за  $^{137}\text{Cs}$  у рибах: оз. Біле: окунь -  $656 \pm 98,4$  Бк/кг, плітка - 1146 Бк/кг; Рокитненський р-н. Карась сріблястий перевищення у 3 рази.

За  $^{90}\text{Sr}$  незначні концентрації у риби 0,4 - 21,3 Бк/кг. Радіоактивне забруднення Рівненської і Житомирської областей сформоване в основному  $^{137}\text{Cs}$ .

Загальна схема розподілу радіонуклідів у водному середовищі ставів північних і західних регіонів Рівненської і Волинської областей представлені на рис. 1 та 2.

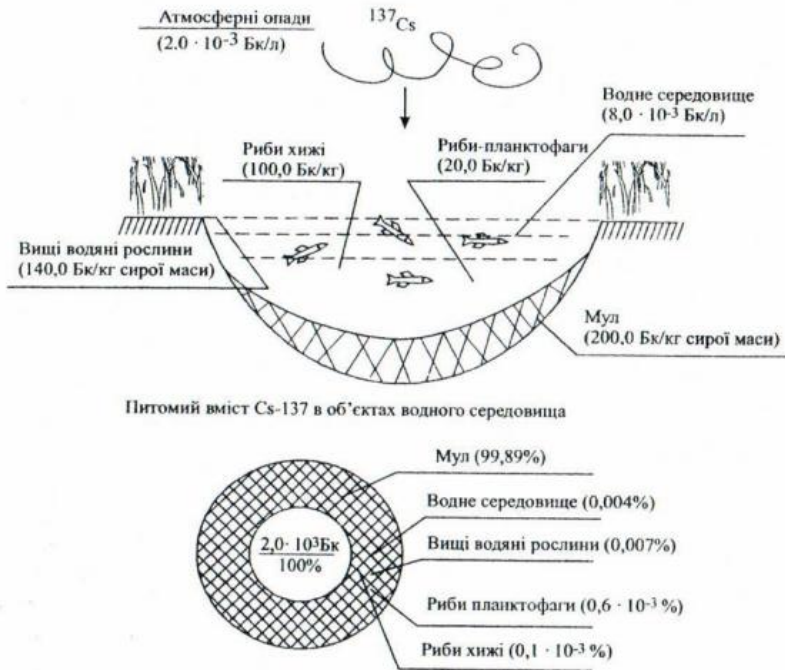


Рис. 1. Схема міграції  $^{137}\text{Cs}$  у водному середовищі водойми (за Грибом І.В. та Кленусом В.Г.)

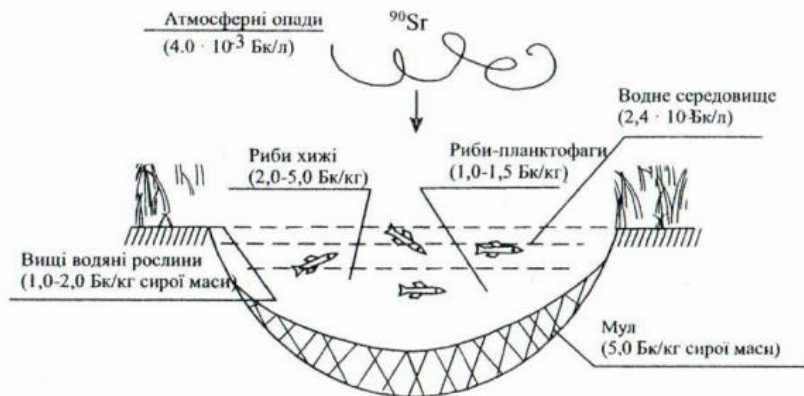
Розподіл радіонуклідів у водному середовищі відбувається за двома складовими:

- біотична (за трофічним ланцюгом);
- абіотична (за розчиненням, осадженням та розкладом, десорбція, вилугування).

1. Розподіл  $^{137}\text{Cs}$  у водному середовищі водойм відбувається за наступною схемою.

Коефіцієнт накопичення: вищі водяні рослини -  $17,5 \cdot 10^3$ ; риби- планктофаги -  $2,5 \cdot 10^3$ ; риби хижі -  $12,5 \cdot 10^3$ ; мул -  $25,0 \cdot 10^3$ .





Питомий вміст Sr-90 в об'єктах водного середовища



Рис. 2. Схема міграції  $^{90}\text{Sr}$  в водному середовищі водойми (за Грибом І.В. та Кленусом В.Г.)

2. Розподіл  $^{37}\text{Cs}$  в об'єктах водного середовища: мул - 99,89%; вища - 0,004%; вищі водяні рослини - 0,007%; риби-планктофаги - 0,6%; риби-хижаки -  $0,110^{-5}$ %.

3. Розподіл  $^{90}\text{Sr}$  у водному середовищі природних водойм відбувається за наступною схемою.

Коефіцієнт накопичення: вищі водяні рослини -  $0,83 \cdot 10^2$ ; риби-планктофаги -  $0,5 \cdot 10^2$ ; риби хижі -  $2,08 \cdot 10^2$ ; мул -  $2,08 \cdot 10^2$ .

4. Питомий розподіл  $^{90}\text{Sr}$  в водному середовищі: мул - 95,32%; водне середовище - 4,6%; вищі водяні рослини - 0.001%; риби-планктофаги -  $0,57 \cdot 10^{-5}$ %; риби хижі -  $0,1 \cdot 10^{-5}$ %.

Баланс вмісту радіонуклідів в водному ставу розраховується

за наступними складовими :

*А. Прихідна частина*

1. З атмосферними опадами на водне дзеркало ставу.
2. З поверхневим стоком.
3. Із свіжою водою , що подається на водообмін.
4. З кормами.

*Б. Витратна частина*

1. Винесення з скидною водою.
2. Винесення з рибою, що виловлюється.
3. Видалення з фітомасою вищої водяної рослинності, якщо така викошується.

4. Засвоєння вищою водяною рослинністю на біоплато.

*В. Залишок у рибоводному ставу.*

1. Накопичення в мулі.
2. Накопичення у вищій водяній рослинності.
3. Накопичення у рибі.
4. Накопичення на завислих речовинах і розчинено у воді.

Завдання

1. Розрахувати матеріальний баланс вмісту радіонуклідів за складовими «А», «Б», і «В».

2. Скласти колову діаграму питомого розподілу стронцію-90 і цезію-137 у рибоводному ставу.

3. Розрахувати зменшення вмісту радіонуклідів у рибоводному став внаслідок проведення запобіжних заходів (влаштування обвідних каналів, вапнування, влаштування біоплато, видалення надлишку фітомаси ВВР, видалення мулу, покращення якості кормів.

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунків

Характеристики	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Площа ставу, га	5,0	10,0	15,0	10,0	12,0	20,0	10,0	8,0	10,0	5,0
2. Площа поверхні водозбору, км <sup>1</sup>	1,0	2,0	5,0	5,0	8,0	10,0	12,0	9,0	10,0	5,0
3. Об'єм води,	60,0	120,	200,	100,0	150,0	220,0	120,	100,0	90,0	60,0
4. Кратність	5	4	4	4	4	5	6	6	5	6
5. Розрахунковий період, діб	150	180	150	180	150	180	170	160	150	160

6. Густина посадки, шт/га	коропа	800	1000	900	800	900	600	700	600	700	800
	говстола	60	70	60	50	60	80	60	60	70	60
	амура білого	10	20	20	30	20	30	20	10	20	30
7 Розрахунок ваги товарної	коропа	1,0	1.1	1.2	1.0	1,1	1,3	1,1	1.0	1,0	1.0
	говстола	0,8	1,2	1,4	1.5	1,4	1.2	1.1	1.3	1,2	1.1
	амура білого	3,0	4,0	3.0	4,0	3,0	2.0	3,0	4,0	5.0	5.0
8 Атмосферні опади, мм/рік		500	550	600	500	550	600	500	600	500	650
9 Коефіцієнт поверхневого стоку		2,0	1,8	2,2	2,5	1,8	1,9	1,5	2,0	2,1	2,0
10. Добовий раціон коропа, кг/добу	пророщені відходи	0,02	0,015	0,02	0,02	0,02	0,025	0,02	0,02	0,03	0,02
	комбікор	0,01	0,03	0,02	0,025	0,025	0,015	0,03	0,03	0,02	0,03
	ВВР	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,015	0,02	0,01	0,01	0,01
	донні відклади	0,01	0,01	0,02	0,015	0,01	0,01	0,015	0,015	0,02	0,01
11. Добовий раціон говстола, кг/добу мікрозоопланктон		0,5	0,4	0,3	0,4	0,25	0,3	0,4	0,5	0,4	0,2
12. Добовий раціон амура білого	кг ВВР на 1	0,8	0,6	0,7	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,7	0,6
	кг конюшини на	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,1	0,1
13. Фітомаса вищої водної рослинності у		2.0	3,0	5.0	8,0	6,0	5,0	10,0	8,0	7,0	6.0
14. Маса мулу в ставу кг. сирі ваги/га верхній 5		1200	1500	1100	1500	1400	2000	1100	2000	1500	1200
15. Вміст вода		0,1	0,2	0,15	0,1	0,05	0,08	0,1	0,11	0,12	0,15
137Cs в водному середовищі та кормах. Бк/кг,	мул	100,	200,	150,	100,0	150,0	50,0	80,0	100,0	90,0	110.
	вищі водні риби	80,0	70,0	100,0	80,0	110,0	150,0	180,0	100,0	80,0	70,0
	планкт	10,0	20,0	11,0	15,0	10,0	12,0	15,0	18,0	10,0	11,0
	риби	80	90	110	90	80	70	110	90	80	100

Бк/дмЗ	короп	20,0	30,0	40,0	50,0	80,0	70,0	90,0	80,0	70,0	20,0	
	товстол	30,0	10,0	20,0	15,0	20,0	30,0	40,0	30,0	20,0	10,0	
	амур	40,0	30,0	20,0	80,0	70,0	90,0	100,0	110,0	25,0	30,0	
	атмосферні	0,003	0,004	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001	0,004	0,003	0,004	
	поверхневий	0,03	0,05	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,025	0,03	
	відходи зерна	2	3	5	4	8	10	5	7	6	8	
	комбік	1	20	5	10	15	20	25	20	4	10	
	коннош	5	8	10	15	20	25	30	40	50	10	
	фітозоо-	3	5	4	7	6	5	4	2	3	3	
	вола	2	1	2	1	3	4	2	1	2	2	
	вода відпра-	0,05	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,015	0,01	
	зависі вода	10,02	30,03	20,04	40,05	50,03	20,02	10,02	30,01	20,03	10,01	
	16 Вміст 90Sg в водному середовищі та кормах, Бк/кг, Бк/дм³	мул	3,0	5,0	10,0	5,0	5,0	8,0	10,0	3,0	5,0	5,0
вищі водяні		1,0	2,0	3,0	4,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,0	
риби планкт		0,3	0,5	1,0	0,2	0,5	1,0	0,5	0,8	1,0	1,0	
риби		3,0	2,0	5,0	5,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	
короп		10,0	5,0	8,0	7,0	5,0	3,0	2,0	5,0	8,0	10,0	
товстол		5,0	10,0	8,0	7,0	6,0	3,0	1,0	4,0	3,0	5,0	
амур		10,0	12,0	15,0	10,0	8,0	7,0	6,0	5,0	10,0	7,0	
атмосферні		0,04	0,03	0,02	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03	
поверхневий		0,07	0,08	0,09	0,06	0,05	0,09	0,07	0,09	0,06	0,05	
відходи зерна		10,0	1	10,0	8,0	7,0	9,0	10,0	1	10,0	12,0	10,0
комбік	20,0	15,0	20,0	15,0	10,0	20,0	15,0	20,0	30,0	40,0		
Конюшина	15,0	10,0	8,0	3,0	5,0	1	10,0	12,0	9,0	10,0	1	1,0
фітозоопланктон	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	1,0	3,0	2,0	4,0	1,0		

	вола вхідна	0,5	1,0	0,8	1,0	5,0	2,0	10,0	8,0	7,0	6,0
	вода відпра цьован зависі	0,03	0,05	0,03	0,05	0,08	0,10	0,15	0,3	0,2	0,1 5
		0,02	0,1	0,05	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	or
17. Період напіввивед ення, діб	цезію- 137	40	50	60	35	40	45	50	60	50	40
	Строн цію-90	75	80	90	70	80	75	70	80	90	80
18. Біомаса вищої водяної рослинності, т/га		10,0	20,0	20,0	15,0	20,0	10,0	12,0	15,0	20,0	10,0
і 9, Площа буферного ставу-		5,0	2,0	1 1,0	10,0	12,0	3,0	5,0	8,0	6,0	5,0
20. Біомаса видаленої вищої водяної рослинності, % від		40,0	50,0	50,0	70,0	30,0	40,0	50,0	60,0	80,0	70,0
21 Зависі, мг/дм <sup>3</sup>		2,0	5,0	10,0	3,0	4,0	5,0	1,0	10,0	3,0	2,0

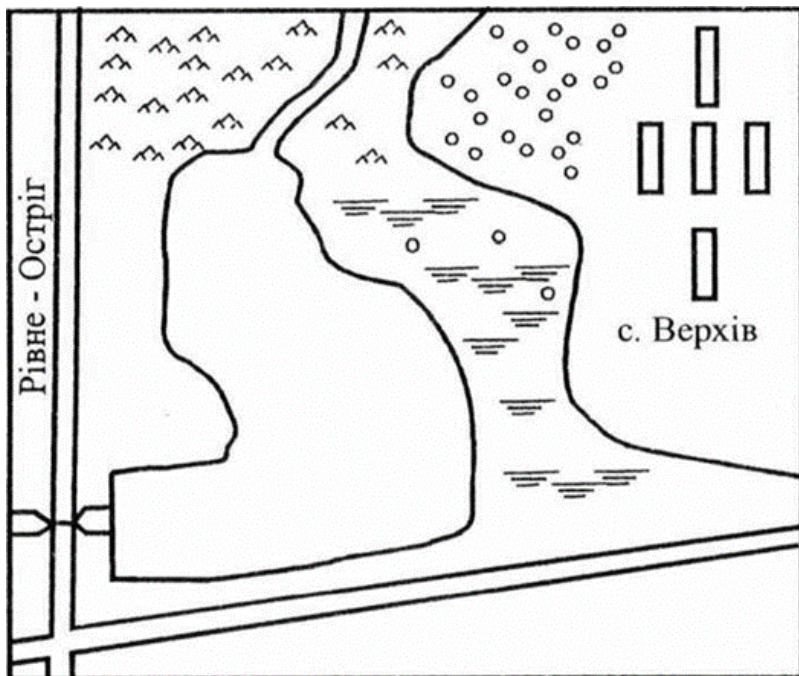


Рис. 3. Схема ставу у селі Верхів Острозького району.

Заходи із зменшення впливу радіонуклідів на рибоводні стави:

- а) будівництво обвідного каналу (виключення попадання поверхневого стоку);
- б) будівництво буферного ставу (накопичення фітомасою ВВР);
- в) переселення риби у чисту водойму;
- г) видалення мулу

#### *Приклад розрахунку*

Розрахунок матеріального балансу  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  в рибоводному ставу с. Верхів Острозького району.

#### **Вихідні дані**

Площа ставу - 86,0 га;

Площа поверхні водозбору -  $18,0 \text{ км}^2$ ;  
Об'єм накопиченої води -  $2\,000\,000 \text{ м}^3$ ;  
Кратність водообміну - 6  
Розрахунковий період вегетації - 150 діб;  
Густота посадки коропа - 100 шт/га;  
Густота посадки окуня дворічки - 20 шт/га;  
Розрахункова вага товарної риби, кг:

- коропа-3,0 кг;
- окуня-0,1 кг;

Атмосферні опади - 550 мм в рік;  
Коефіцієнт поверхневого стоку -  $2,3 \text{ л} \cdot \text{с} / \text{км}^2$ ;  
Добовий раціон коропа:

- відходів зерна - 0,01 кг;
- комбікорму - 0,02 кг;
- донних відкладів - 0,02 кг;

Фітомаса вищої водної рослинності - 2,0 т/га;  
Маса мулу в ставу, тонах сирової ваги - 50 000,0 т;  
(верхній шар товщиною 1,0 см).  
Завісі - 2 мг/л;  
Вміст  $^{137}\text{Cs}$  у водному середовищі, Бк/кг, Бк/дм<sup>3</sup>:  
Завісі - 10,0 Бк/кг;  
Вода-0,003 Бк/л;  
Мул - 10,0 Бк/кг;  
Окунь - 20,0 Бк/кг;  
Короп - 11,0 Бк/кг;  
Атмосферні опади - 0,002 Бк/дм<sup>3</sup>;  
Поверхневий стік - 0,001 Бк/дм<sup>3</sup>;  
Відходи зерна - 0,2 Бк/кг;  
Вода вхідна - 0,01 Бк/дм<sup>3</sup>;  
Вода вихідна - 0,006 Бк/дм<sup>3</sup>;  
Біомаса ВВР на мілководді біоплато - 10,0 т/га;  
Площа біоплато - 10,0 га;  
Вміст  $^{137}\text{Cs}$  в атмосферних опадах - 0,002 Бк/дм<sup>3</sup>;  
Вміст  $^{137}\text{Cs}$  у ВВР на біоплато - 100 Бк/кг = 100 кБк/т;  
Вміст  $^{90}\text{Sr}$  у ВВР на біоплато - 50 Бк/кг = 50 кБк/т;  
Вміст  $^{90}\text{Sr}$  в атмосферних опадах - 0,01 Бк/дм<sup>3</sup>;  
Вміст  $^{90}\text{Sr}$  у водному середовищі Бк/кг, Бк/дм<sup>3</sup>;

Вода-0,002 Бк/дм<sup>3</sup>;  
 Зависі - 1,0 Бк/кг;  
 Мул - 1,0 Бк/кг;  
 Окунь - 2,0 Бк/кг;  
 Короп - 2,0 Бк/кг;  
 Атмосферні опади - 0,001 Бк/л;  
 Поверхневий стік - 0,002 Бк/л;  
 Відходи зерна -50,0 Бк/кг;  
 Вода вхідна - 0,011 Бк/дм<sup>3</sup>;  
 Вода вихідна 0,01 Бк/дм<sup>3</sup>;  
 Біомаса ВВР на мілководді біоплато - 10,0 т/га;  
 Площа біоплато - 10,0 га;

### А. Прихідна частина

1. *Надходження радіонуклідів з атмосферними опадами на водне дзеркало ставу*

$$C_{R-n.опади} = F, \text{Бк}; (1)$$

де F - площа водного дзеркала, га (в м<sup>2</sup>); n - атмосферні опади, м; C - вміст радіонуклідів; Бк/м<sup>3</sup>;

Надходження з атмосферними опадами на водне дзеркало ставу<sup>37</sup>Cs.

$$C_{Cs.опади} = 0,55 \text{ м} * 860 \text{ 000 м}^2 * 2,0 \text{ Бк/м}^3 = 946 \text{ 000 Бк} = 946 \text{ кБк};$$

Надходження з атмосферними опадами <sup>90</sup>Sr.

$$C_{Cs5.опади} = 0,55 \text{ м} * 860 \text{ 000 м}^2 * 2,0 \text{ Бк/м}^3 = 473000 \text{ Бк} = 473 \text{ кБк};$$

2. *Надходження радіонуклідів з поверхневим стоком.*

$$C_{R-n.опади} = Fk3153600 (\text{Бк}); (2)$$

де F - площа поверхні водозбору, км<sup>2</sup>; k - коефіцієнт поверхневого стоку, л-с/км<sup>2</sup>; 31536000 - кількість секунд в 1 році; c - вміст радіонукліда, Бк/л;

*Надходження з поверхневим стоком* <sup>137</sup>Cs.

$$C_{Cs.пов.стік} = 18,0 \text{ км}^2 * 2,3 \text{ л с/км}^2 * 31536000 \text{ с} * 0,001 \text{ Бк/л} = 1305,6 \text{ кБк}.$$

*Надходження з поверхневим стоком* <sup>90</sup>Sr.

$$C_{Cs.пов.стік} = 18,0 \text{ км}^2 * 2,3 \text{ л-с/км}^2 * 31536000 \text{ с} * 0,002 \text{ Бк/л} = 2661,2 \text{ кБк}$$

3. *Надходження радіонуклідів з свіжою водою.*

$$C_{R-n.сн. вода} W_{пс}; (3)$$



де  $W$  - об'єм накопиченої води,  $\text{м}^3$ ;  $n$  - кратність водообміну;  
 $c$  - вміст радіонукліда,  $\text{Бк}/\text{м}^3$ .

$$C_{R-П.СВ.ВОДА} = 2\,000\,000 \text{ м}^3 \cdot 6 \cdot 1,0 \text{ кБк}/\text{м}^3 = 120\,000 \text{ кБк}$$

$$C_{R-П.СВ.ВОДА} = 2\,000\,000 \text{ м}^3 \cdot 6 \cdot 1,5 \text{ кБк}/\text{м}^3 = 132\,000 \text{ кБк}$$

#### 4. Надходження радіонуклідів з кормами

Витрата кормів ( $P$ ).

$$P = m \cdot \gamma \cdot F \cdot t, (4)$$

де  $m$  - витрати зерна на корм коропа в день,  $\text{кг}$ ;  $\gamma$  - густина посадки риби,  $\text{шт}/\text{га}$ ;  $F$  - поверхня водного дзеркала,  $\text{га}$ ;  $t$  - час кормління,  $\text{дб}$ .

$$P = 0,01 \text{ кг} \cdot 100 \text{ шт}/\text{га} \cdot 86 \text{ га} \cdot 150 \text{ дб} = 12900 \text{ кг}$$

Вміст радіонуклідів в кормах

$$C_{R-НКОРМИ} = P \cdot c, (5)$$

де  $P$  - витрата кормів,  $\text{кг}$ ;  $c$  - вміст радіонукліда,  $\text{Бк}/\text{кг}$ ;

Вміст  $^{137}\text{Cs}$  в кормах

$$C_{R-П.КОРМИ} = 12900 \text{ кг} \cdot 20,0 \text{ Бк}/\text{кг} = 258 \text{ кБк}$$

Вміст  $^{90}\text{Sr}$  в кормах.

$$C_{R-П.КОРМИ} = 12900 \text{ кг} \cdot 50,0 \text{ Бк}/\text{кг} = 645 \text{ кБк}$$

Сумарне надходження радіонуклідів

$$C_{R-П.ПРИХІД} = C_{R-П.ОПАДИ} + C_{R-П.ПОВ.СТІК} + C_{R-П.СВ.ВОДА} + C_{R-П.КОРМИ} (6)$$

Сумарне надходження за  $^{137}\text{Cs}$ .

$$C_{R-П.ПРИХІД} = 946 + 1305,6 + 120\,000 + 258 = 122\,509,6 \text{ кБк}$$

Сумарне надходження за  $^{90}\text{Sr}$ .

$$C_{R-П.ПРИХІД} = 473 + 2\,611,2 + 132\,000 + 645 = 135\,729,2 \text{ кБк}$$

Отже, переважна частина забруднень надходять із свіжою водою, що викликає необхідність її очищення.

### Б. Витратна частина

#### 1. Винесення радіонуклідів з скидною водою

$$C_{R-Н.СКВАДИ} = W \cdot n \cdot c, (7)$$

де  $W$  - об'єм накопиченої води,  $\text{м}^3$ ;  $n$  - кратність водообміну;  
 $c$  - вміст радіонукліда,  $\text{Бк}/\text{м}^3$ ;

$$C_{R-П.СК.ВОДИ} = 2\,000\,000 \text{ м}^3 \cdot 6 \cdot 6,0 \text{ Бк}/\text{м}^3 = 72\,000 \text{ кБк}$$

$$C_{R-П.СК.ВОДИ} = 2\,000\,000 \text{ м}^3 \cdot 6 \cdot 10,0 \text{ Бк}/\text{м}^3 = 120\,000 \text{ кБк}$$

#### 2. Накопичення на біоплато.

$$C_{R-П.СК.БЮПЛАТО} = B \cdot c = F \cdot t \cdot c, (8)$$

де  $F$  - площа біоплато,  $\text{га}$ ;  $c$  - вміст радіонукліда,  $\text{Бк}/\text{т}$ ;  $m$  - біомаса ВВР на мілководді біоплато,  $\text{т}$ ,

$$C_{R-п.біоплато} = 10,0 \text{ га} * 10,0 \text{ т/га} * 100 \text{ Бк/т} = 10000 \text{ кБк}$$

$$C_{Sr-біоплато} = 10,0 \text{ га} * 10,0 \text{ т/га} * 50 \text{ Бк/т} = 5000 \text{ кБк}$$

Сумарний вміст радіонуклідів

$$C_{Сс \text{ витрата}} = 72000 \text{ кБк} + 10000 \text{ кБк} = 82000 \text{ кБк}$$

$$C_{Sr \text{ витрата}} = 120000 \text{ кБк} + 5000 \text{ кБк} = 125000 \text{ кБк}$$

## **В. Залишок радіонукліда у рибоводному ставу**

### *1. Накопичення в мулі*

$$C_{R-п.мул} = Mc, \quad (9)$$

де М - маса мулу в ставу, тон сирі ваги/га (верхній 5-ти сантиметровий шар); с - вміст радіонукліда, Бк/кг;

$$C_{Cс \text{ мул}} = 50 \text{ 000 т} * 10 \text{ Бк/кг} * 1 \text{ 000} = 50000000 \text{ Бк} = 50000 \text{ кБк}$$

$$C_{Cс \text{ мул}} = 50 \text{ 000 т} * 1 \text{ Бк/кг} * 1 \text{ 000} = 5000000 \text{ Бк} = 5000 \text{ кБк}$$

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА №2**

### **Тема: Прогноз вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції**

Мета роботи: Ознайомитися та засвоїти методику прогнозування радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції.

*Основні поняття.* Рослини є важливою ланкою більшості біологічних ланцюгів, по яких мігрують радіонукліди у природі, та початковою ланкою харчових ланцюгів, які визначають надходження радіоактивних елементів у організми тварин та людини. Із багатьох радіоактивних елементів найбільшу біологічну небезпеку становлять довгоживучі радіоізотопи цезію та стронцію, котрі мають період напіврозкладу до 30 років і активно включаються у процеси біологічної міграції. Надходження цих радіоактивних речовин в організм людини з продуктами харчування проходить в результаті переходу Sr-90, Cs-137 з ґрунту та води в рослини, а потім у продукцію рослинництва та тваринництва.

Цезій-137 є аналогом калію, тому аналогічно цьому елементу бере участь в усіх реакціях обміну в рослинах, організмі тварини та людини, біологічно дуже рухомий і порівняно з іншими радіонуклідами швидко виводиться з організму тварин

та людини.

Стронцій-90 — хімічний аналог кальцію. Для нього характерна висока засвоюваність рослинами та тваринами, повільно виводиться з організму та накопичується в кісткових тканинах.

На накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими рослинами впливають фізико-хімічні характеристики радіонуклідів, властивості ґрунту, біологічні особливості рослин і агротехніка вирощування культур.

Сам рівень забруднення сільськогосподарської продукції прямо пропорційний щільності забруднення ґрунтів. Щільність забруднення ґрунту вимірюється кількістю розпадів радіоактивних атомів, які проходять за одиницю часу на одиниці поверхні ґрунту.

При розробці структури посівних площ можна попередньо розрахувати очікуваний вміст цезію-137 і стронцію-90 у майбутньому врожаї. Існує декілька методів прогнозу вмісту цих радіонуклідів у врожаї сільськогосподарських культур при вирощуванні їх на забруднених землях.

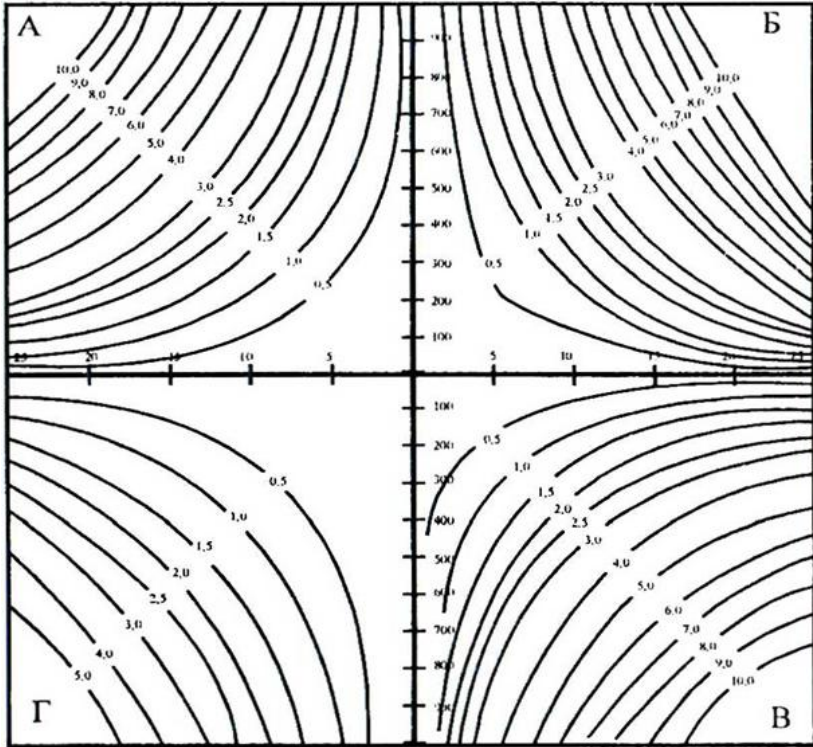


Рис. 4. Номограма визначення вмісту Cs-137(nCi/kg) у сільськогосподарських культурах в дерново-підзолистих ґрунтах різного гранулометричного складу (вміст фізичної глини, %) при різній щільності забруднення (nCi/км<sup>2</sup>)

А - картопля; Б - жито; В - кукурудза на зелену масу; Г - льон.

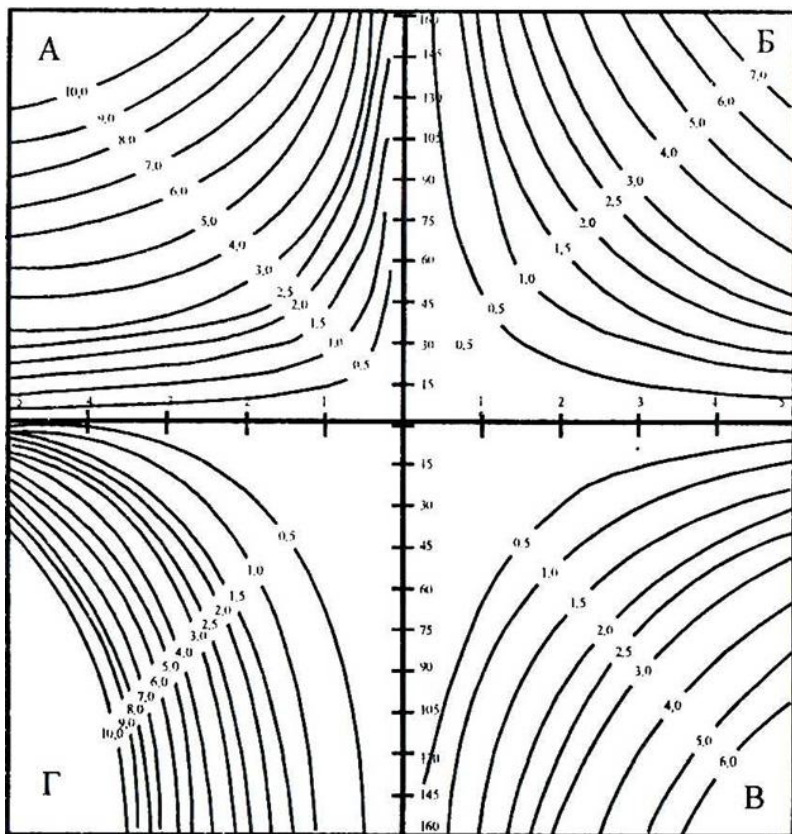


Рис. 5. Номограма визначення вмісту Cs-137(пКі/кг) в сільськогосподарській продукції для легкосуглинкових ґрунтів у залежності від вмісту гумусу при різних рівнях забруднення (пКі/км<sup>2</sup>). А - жито; Б - картопля; В - кукурудза на зелену масу; Г - льон

Розглянемо розрахунок прогнозу вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції з використанням коефіцієнта переходу (Кп). В основі цього методу прогнозу закладені фактичні результати польових досліджень рівня забруднення ґрунту та рослин, котрі росли на ньому

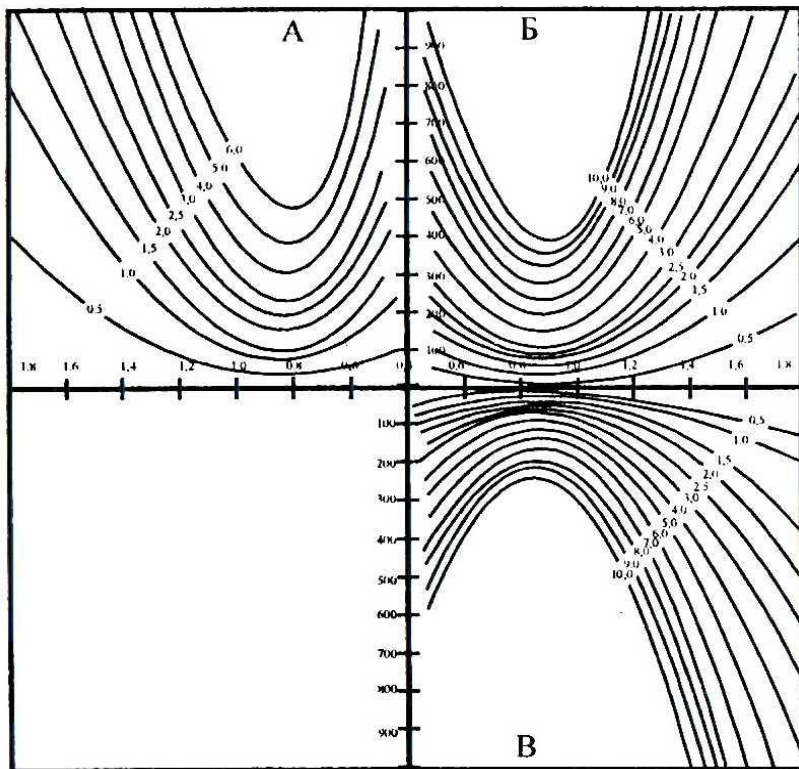


Рис. 6. Номограма визначення вмісту Sr-137(nCi/kg) в сільськогосподарській продукції в залежності від ступеня оглеєності. GI- глибиназалагання глеєвого горизонту; А - льон; Б - картопля, жито; В – кукурудза на зелену масу.

Застосування цього методу прогнозу раціональне, тому що коефіцієнт пропорційності можна попередньо визначити для різних сільськогосподарських культур. Коефіцієнт переходу радіонуклідів у рослини залежить від типу та кислотності ґрунтів, вмісту в них гумусу, обмінного кальцію та калію, видових та сортових особливостей рослин.

Вміст радіонуклідів в урожаї (С) можна розрахувати за формулою

$$C = Kn * D, \text{ Бк/кг} \quad (2.1)$$

де  $K_p$  - коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту в рослину ( $\frac{Bк/кг}{Bк/м^2}$ );  $D$  - щільність забруднення ґрунту.

Таким чином, рівні забруднення врожаю одної і тієї ж культури залежить як від щільності забруднення ґрунту, так і від агрохімічних властивостей ґрунтів. Чим вища окультуреність ґрунту, тим менше накопичення радіонуклідів у врожаї. У зв'язку з цим розміщення культур із врахуванням щільності забруднення ґрунту, а також біологічних особливостей рослин різних культур дозволяє регулювати півні забруднення врожаю та вирощувати продукцію з вмістом радіонуклідів значно нижче тимчасових допустимих рівнів. Номограми визначення вмісту  $Cs-137$  у об'єктах див. рис. 4, 5, 6.

### Хід роботи

Таблиця 3

Виписати вихідні дані згідно з варіантом

Остання цифра залікової	0	1	2	3	4	5	6	7
Тип ґрунту	Дерново-підзолистий супіщаний							
Номер культури	1,7	2,8	3,2	4,13	5,9	10,17	11,14	51,5
	12,19	20,35	36,43	37,22	18,33	23,32	24,26	66,87
	34,38	39,46	48,6	40,50	44,49	47,25	31,45	69,8
Тип ґрунту	Дерн.-підзол-піщаний		Горфово-глесвий		Чорнозем суглинистий		Сірий лісовий	
Номер культури	52,56	68,64	52,56	68,69	71,70	61,60	51,52	62,61
	60,61	70,71	60,61	70,71	39,68	56,52	66,65	60,59
	62,67	56,52	62,67	56,60	67,62	68,67	64,63	58,57
Передостання цифра залікової книжки	0	1	2	3	4	5	6	7
Щільність забруднення ґрунту $PCi/км^2$								
Варіант 1	14,9	10,5	12,6	4,5	5,0	8,4	7,8	5,9
Варіант 1	15,0	13,0	8,0	0,0	2,8	3,7	6,8	7,1

2. Охарактеризувати тип ґрунту та навести основні його агрохімічні характеристики (рН, величину гідролітичної

кислотності, вміст азоту, фосфору, калію та кальцію, гумусу).

3. Визначити коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту в культури (табл. 3, 4) та оцінити біологічні особливості кожної культури щодо накопичення радіонуклідів.

Таблиця 4

Коефіцієнти переходу ( $K_n$ ) цезію – 137 в рослинах з дерново-підзолистого супіщаного ґрунту

Номер культури	$K_n \cdot \left( \frac{B_k/\text{кг}}{B_k/\text{м}^2} \right)$	
	Основна продукція	Побічна продукція
Зернові та зернобобові		
1. Кукурудза	0,07	0,27
2. Озима пшениця	0,17	0,43
3. Ячмінь	0,13	0,19
4. Тритикале	0,16	0,25
1. Яра пшениця	0,16	0,33
2. Просо	0,24	0,81
3. Жито	0,24	0,28
4. Овес	0,35	0,81
5. Боби	0,52	1,26
6. Гречка	0,76	0,8
7. Соя	0,88	1,2
8. Горох	0,91	12
9. Вика	0,29	1,45
10. Люпин жовтий	4,5	1,48
Овочеві		
11. Баклажани	0,013	-



12. Цибуля ріпчаста	0,017	-
13. Цибуля батан	0,03	-
14. Перець солодкий	0,05	-
15. Кабачки Цукіні	0,06	-
16. Кабачки Грибовські	0,06	-
17. Гарбуз	0,06	-
18. Патисон	0,09	-
19. Часник	0,09	-
20. Помідори	0,04-0,12	-
21. Морква	0,13-0,15	-
22. Редиска	0,15	-
23. Петрушка	0,10	-
24. Коріандр	0,17	-
25. Календула	0,17	-
26. Капуста червонокочанна	0,19	-
27. Капуста білокочанна	0,22	-
28. Капуста брусельська	0,35	-
29. Капуста колрабі	0,32	-
30. Кольорова капуста	0,17	-

Номер культури	$K_n, \left(\frac{B_k}{kg}\right)$ $\left(\frac{B_k}{m^2}\right)$	
	Основна продукція	Побічна продукція
35. Столовий буряк	0,29	-
36. Щавель	0,39	-
37. Картопля	0,17-0,24	-
Кормові		
38. Кukuрудза	0,15	-
39. Тимофіївка	0,23	-
40. Редька олійна	0,3	-
41. Кормова капуста	0,43	-
42. Рапс озимий	0,46	-
43. Конюшина червона	0,54	-
44. Соняшник	0,6	-
4 5. Люпин жовтий	1,5	-
Технічні		
46. Льон	0,13	-
47. Льон соломка	0,19	-
48. Соняшник	0,42	-
49. Редька олійна	0,42	-
50. Цукровий буряк	0,34	-
36. Щавель	0,39	-
37. Картопля	0,17-0,24	-
Кормові		
38. Кukuрудза	0,15	-
39. Тимофіївка	0,23	-
40. Редька олійна	0,3	-
41. Кормова капуста	0,43	-
42. Рапс озимий	0,46	-
43. Конюшина червона	0,54	-
44. Соняшник	0,6	-
4 5. Люпин жовтий	1,5	-
Технічні		
46. Льон	0,13	-
47. Льон соломка	0,19	-
48. Соняшник	0,42	-
49. Редька олійна	0,42	-
50. Цукровий буряк	0,34	-

Таблиця 5

Коефіцієнт переходу цезію-137 в культури на різних тинах  
грунтів  $K_p, \left(\frac{Bк/кг}{Bк/м^2}\right)$

Номер культури	Група ґрунтів					
	дерн,- підзол, супіщані	де рн.- підзол ,	осу шені торфов о-	важко - суглин. чорнозем	чорно земи	сірі лісові
51. Люцерна	0,9	-	-	-	0,1	0,2
52. Конюшина	0,3-	0,9	8,0	0,2	0,1	0,3
53. Вика	1.1-	-	-	-	0.2	0.4
54. Люпин	0.9-	-	-	-	0.1	0.3
55. Горох	0.5	-	-	-	0.2	0.3
56. Кукурудза	0.6	0.2	1.6	0.05	0.1	0.3
57. Озима	0.5	-	-	-	0.05	0.2
58. Озиме жито	0.4	-	-	-	0.07	0.1
59. Озимий	0.3	-	-	-	0.01	0.1
60. Картопля	0.3	0.2	0.8	0.05	0.04	0.1
61. Буряк	0.6	0.4	2.7	0.08	0.06	0.3
62. Капуста	0.3	1.3	20.0	0.2	0.04	0.1
63. Помідори	0.2	-	-	-	0.03	0.0
64. Огірки	0.1	-	-	-	0.03	0.0
65. Цибуля	0.6	-	-	-	0.11	0.2
66. Морква	0.3	-	-	-	0.05	0.1
67. Рапс	-	0.8	8.0	0.1	-	-
68. Злакові	-	0.4	4.0	0.05	-	-
69. Бобові	-	0.8	8.0	0.2	-	-
70. Овес	-	0.2	4.0	0.05	-	-
71. Ячмінь	-	0.2	0.8	0.05	-	-

Таблиця 6

Тимчасові допустимі рівні вмісту цезію-137 в  
сільськогосподарській продукції

№ з/п	Продукція	Вміст цезію-137 Бк/кг
1.	Вода	18.5
2.	Сіно та солома	1850
3.	Зерно фуражне	1850
4.	Буряк кормовий	370

5.	Картопля	592
6.	Зерно харчове	592
7.	Зерно зернобобових	370
8.	Круп'яні	370
9.	Овочі та фрукти	592

4. Користуючись формулою, розрахувати прогнозний рівень забруднення врожаю сільськогосподарських культур.

5. Одержані прогнозні рівні порівняти з тимчасовими допустимими рівнями вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції та визначити відсоток перевищення, коли такий існує.

6. Результати розрахунків представити у табличній формі (табл. 7).

Таблиця 7

Прогнозний вміст радіонуклідів у сільськогосподарській продукції

Культура	Щільність забруднення ґрунту, Д, Бк/кв.м	Коефіцієнт переходу, Кп, $\frac{Бк/кг}{Бк/м^2}$	Вміст радіонуклідів у врожаї, Сс, Бк/кг	ТДР, Бк/кг	Відсоток перевищення ТДР, %
1	2	4	5	6	

7. Підібрати культури, які можна вирощувати при даному рівні забруднення ґрунту. Обґрунтувати вилучення деяких культур з вирощування на даній території.

8. Зробити висновок.

9. Захистити роботу.

### Питання для самоконтролю

1. Назвіть та охарактеризуйте найбільш небезпечні з точки зору сільськогосподарського виробництва радіонукліди.

2. Що таке коефіцієнт переходу та від яких факторів він залежить?

3. Що лежить в основі методу прогнозу радіонуклідів у сільськогосподарській продукції?

### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

#### **Тема: Характеристика заходів, спрямованих на зменшення надходження Cs-137 в продукцію рослинництва**

*Мета роботи.* Ознайомитися з основними заходами, які спрямовані на зменшення забруднення Cs-137 сільськогосподарської продукції, та навчитися прогнозувати ці заходи для конкретних умов.

*Основні поняття.* Сільськогосподарське виробництво на території, яка зазнала радіоактивного забруднення в результаті аварії на ЧАЕС, спрямоване на вирішення однієї із основних задач - введення у виробництво заходів щодо зниження вмісту радіонуклідів у продукції до встановлених норм з урахуванням їх економічної доцільності.

Товарне сільськогосподарське виробництво на території з щільністю забруднення цезієм-137 вище  $15 \text{ Ки/км}^2$  забороняється на всіх типах ґрунтів, на торфових та торфоболотних ґрунтах цей показник може бути обмежений до  $5 \text{ Ки/км}^2$ .

На сучасному етапі ґрунт є основним джерелом надходження радіонуклідів у сільськогосподарську продукцію. Ґрунт здійснює значний вплив на міграцію радіонуклідів. З однієї сторони, проходить сорбція радіонуклідів твердою фазою ґрунту, з іншої - ідуть процеси перерозподілу їх в більш глибокі шари. Швидкість цих процесів залежить від таких властивостей ґрунту, як механічний та мінералогічний склад, вміст органічної речовини, ємність вбирання.

Деякі ґрунти Українського Полісся (дерново-підзолисті піщані, слабогумусні піски) характеризуються дуже низьким вмістом глинистих мінералів, це викликає слабке протікання процесів необхідного поглинання Cs-137. Тому цезій-137 в цих та органомених (торфово-болотних) ґрунтах характеризується різко підвищеними значеннями міграційної здатності та біологічної доступності. Зниженню накопичення радіонуклідів у рослинах сприяє підвищений вміст гумусу в ґрунтах. Вплив

гумусу на поведінку радіонуклідів пояснюється не тільки підвищеною ємністю вбирання, а також зниженням активної та гідролітичної кислотності ґрунту, утворенням комплексних сполук або елементів органічних з'єднань, в складі яких радіонукліди не можуть бути засвоєні коренями.

Виходячи з того, розроблений комплекс заходів для одержання рослинницької продукції, яка відповідає радіологічним стандартам.

Внесення вапна ефективно в дозах, які забезпечують нейтралізацію кислої реакції ґрунтового розчину. Дози вапна розраховують по гідролітичній кислотності даного ґрунту. В зоні з щільністю забруднення ґрунту до 15 Кі/км<sup>2</sup> вапно вносять в одній дозі за гідролітичною кислотністю. Надлишкове внесення вапна додатково не зменшує надходження радіонуклідів і може впливати на продуктивність таких культур, як льон, картопля, люпин. В перші роки після внесення вапна на полях необхідно розміщувати кормові боби, конюшину, горох, кукурудзу, озиму пшеницю.

На дерново-підзолистих та сірих лісових ґрунтах при вмісті гумусу до 3% потребу у вапні можна визначити за рН сольової витяжки з ґрунту та механічному складі (табл. 3.1).

В умовах Полісся при можливості ефективно замість вапна використовують доломітову муку. Терміни повторного вапнування ґрунтів встановлюються в міру підкислення ґрунтового розчину.

*Застосування мінеральних та органічних добрив.* Вплив мінеральних добрив на накопичення радіонуклідів у врожаї різних культур в одних і тих же ґрунтових умовах різних.

Таблиця 7.

Нормальні дози вапна в перерахунку на чистий та сухий вуглекислий кальцій (в т на 1 га)

Механічний склад ґрунту	рН сольової витяжки з ґрунту				
	4,5	4.6	4.8	5.0	5.2; 5.4-6.0
Супіщані, легко-суглинисті	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0; 2.0
Середньо- та важко-суглинисті	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0; 3.5

Азотні добрива в деяких випадках можуть сприяти накопиченню радіонуклідів у врожаї. Тому азотні добрива слід застосовувати тільки в складі комплексного добрива в кількості, яка забезпечує одержання запланованого врожаю. При застосуванні комплексного мінерального добрива рекомендується відношення N:P:K= 1:1,5:2.

Застосування органічних добрив викликає як підвищення врожаю, так і зниження накопичення в ньому радіоактивних речовин. Органічні добрива застосовують в дозах 60-100 т/га залежно від культури (гній, сапропель, дефекація від переробки цукросировини).

*Розміщення культур.* Рівні забруднення врожаю сільськогосподарських культур залежать від біологічних особливостей рослин. Так, зернові та зернобобові культури в міру збільшення рівнів накопичення радіоцезію в урожаї зерна на одному і тому ж ґрунті можна розмістити в ряд: кукурудза, тритикале, просо, ячмінь, пшениця, жито, овес, горох, квасоля, боби, соя, гречка. Перевищення накопичення радіоцезію в зерні кукурудзи та гречки складає 18 разів. Кормові культури в міру збільшення рівнів забруднення зеленої маси розміщуються в наступному порядку: кукурудза, тимофіївка, конюшина, соняшник, вика, кормова капуста, люпин жовтий. Це необхідно враховувати при підборі нетрадиційних кормів при годівлі худоби, а також риб.

Таким чином, розміщення культур з урахуванням щільності забруднення ґрунту, а також біологічних особливостей рослин дозволяє регулювати рівні забруднення врожаю та вирощувати продукцію з вмістом радіонуклідів значно нижче ТДР.

### **Хід роботи**

1. На основі вихідних даних лабораторної роботи „Прогноз вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції” оцінити радіоактивну ситуацію на території, охарактеризувати тип ґрунту.

2. Оцінити кислотність ґрунту та розрахувати необхідну кількість внесення вапна за гідролітичною кислотністю або спираючись на дані табл. 1 обґрунтувати спосіб розрахунку.

Розрахунок норми вапна за гідролітичною кислотністю

$$H_p = 1.5Г_k, \quad (3.1)$$

де  $H_p$  - норма вапна, т/га;  $Г_k$  - величина гідролітичної кислотності, мг-екв/100г ґрунту; 1.5 - коефіцієнт перерахунку гідролітичної кислотності на  $CaCO_3$ , т/га.

3. Запропонувати оптимальні дози добрив для конкретної культури з урахуванням типу ґрунту та рівнів радіоактивного забруднення.

4. Охарактеризувати розміщення культур, виходячи з їх біологічних особливостей.

5. Зробити висновки.

6. Захистити роботу.

### **Питання для самоконтролю**

1. Від яких факторів залежить міграція Cs-137 в системі „ґрунт-рослина”?

2. Назвіть основні заходи щодо зниження надходження Cs-137 в продукцію рослинництва.

3. На основі яких показників розраховують дози внесення вапна?

4. Роль добрив в отриманні „умовно чистої” продукції?

### **ПРАКТИЧНА РОБОТА №4**

#### **Тема: Основні принципи ведення тваринництва на радіоактивно забруднених територіях**

*Мета роботи.* Ознайомитися з основними принципами ведення тваринництва на забруднених землях і навчитися прогнозувати вміст цезію-137 в продуктах тваринництва.

*Основні поняття.* В господарствах, які розміщені на забруднених радіонуклідами територіях, ступінь забруднення продукції тваринництва буде залежати від складу раціону та способу утримання тварин. При складанні раціонів необхідно



приймати до уваги те, що важливе значення для зниження переходу радіонуклідів цезію та стронцію в продукцію тваринництва має збалансоване мінеральне харчування.

Наприклад, дефіцит кальцію в раціоні тварин викликає підвищене накопичення стронцію-90 в молоці. Тому при складанні раціону для продуктивних тварин, птахів необхідно рекомендувати раціон повноцінний та збагачений кальцієм. При забрудненні території радіоактивним цезієм раціон тварин повинен бути збалансований за калієм.

Виведення радіонуклідів з молоком залежить від періоду лактації та продуктивних якостей тварин: чим вищий добовий удій корови, тим менша концентрація радіонуклідів у молоці. Концентрація цезію-137 у молоці визначається кількістю радіонуклідів у добовому раціоні. Перехід Cs-137 з раціону в молоко в середньому рівний 1% від вмісту радіонукліда в добовому раціоні. Основним шляхом зменшення вмісту цезію-137 у молоці є переведення корів на максимально „чисті” корми.

В організмі тварин радіоактивний цезій концентрується в м'язах, а стронцій-90 — в кістках. Порівняно з молоком концентрація Cs-137 в м'язах приблизно в 4 рази вище, а Sr-90 - 1.5 рази нижче. Для характеристики швидкості виведення радіоцезію з м'язів використовують „час напіввиведення”, тобто проміжок часу, за який вміст радіонукліда зменшується у два рази. Період напіввиведення для жуйних тварин залежно від віку та продуктивності рівних 20-30 дням. Основний метод зниження вмісту радіоцезію у м'ясі полягає у відгодівлі тварин на завершальному етапі максимально „чистим” кормом. В табл. 4.1 наведені допустимі рівні вмісту цезію-137 у раціоні, який забезпечує одержання продукції тваринництва в межах ТДР.

Таблиця 8

Прогноз вмісту цезію-137 в продуктах тваринництва

Продукти	Допустимий вміст цезію-137		% переходу з добового раціону в 1 кг продукції
	в продукті, Бк/кг	в раціоні тварин, Бк	
Молоко	370	37000	1

М'ясо яловичини	740	18500	4
М'ясо свинини	740	5180	15
М'ясо бараняче	740	5180	15
М'ясо куряче	740	163	50

### Хід роботи

1. Виписати вихідні дані згідно з варіантом з табл. 9
2. Розрахувати вміст радіонуклідів у запропонованому раціоні для відгодівлі телят.

Таблиця 9

### Вихідні дані

Раціон	Вміст цезію-137 в кормах (остання цифра номера залікової книжки)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сіно, 2 кг (1п)	550	600	480	7100	3900	500	4100	300	5100	580
	0	0	0	4200	7000	0	5550	0	4880	0
(2п)	450	500	520			300		400	4880	360
Силос кукурудза	370	355	420	350	329	428	299	350	410	360
Кормовий буряк	300	325	410	400	452	250	360	385	300	310
Концентр	310	370	300	370	400	30	400	29	300	29

\* 1п — сіно затовлене на полі №1; 2п — сіно заготовлене на полі №2. Силос - 15 кг, кормовий буряк - 6 кг, концентрати - 3 кг.

*Порядок складання раціону за вмістом в ньому цезію-137. Раціон, який складений за поживністю, вираховують для визначення вмісту в ньому радіонуклідів за формулою*

$$A P(A) + B P(B) + P(\text{раціону}), \text{ Бк/кг}, \quad (4.2)$$

де А - кількість корму А в раціоні, кг; P(A) — вміст

радіонуклідів у кормі А, Бк/кг; В — кількість корму В в раціоні, кг; Р(В) — вміст радіонуклідів у кормі В, Бк/кг.

3. Порівняти одержаний результат з допустимим вмістом цезію-137 в раціоні тварин.

Якщо вміст радіонуклідів у раціоні більший, як показники табл. 1, то необхідно замінити корми або зменшити кількість найбільш „забрудненого” корму.

4. Зробити висновки.

5. Захистити роботу.

#### **Питання для самоконтролю**

1. Від яких факторів залежить накопичення радіонуклідів в організмі тварини?

2. Яким чином розраховують вміст радіонуклідів у раціоні тварин?

### **ПРАКТИЧНА РОБОТА №5**

#### **Тема: Особливості ведення рибальства на водоймах в умовах радіоактивного забруднення**

*Мета роботи.* Проаналізувати радіоекологічну ситуацію на поверхні водозабору водного об'єкту за  $Cs^{137}$   $Sr^{90}$ , їх вміст у підсистемах, порівняти отримані дані з нормативними показниками, розробити заходи з забезпечення отримання рибної продукції, що відповідає споживчим вимогам.

*Теоретична частина.* Цезій-137 та стронцій-90 у сольових формах достатньо розчинні (хлориди, сульфати), досить вільно мігрують у розчинах та водному середовищі. Сорбується на колоїдних та дольних субстратах, накопичуються у рослинності та живих організмах. У рибній продукції накопичується у кістковій тканині, плавцях, лусці, зябрах.

При тривалому споживання забрудненої риби у людини відбувається накопичення радіонуклідів у щитовидній залозі, кістковій тканині, печінці при коефіцієнті переході від 0,3 (у молоді) та 0,02 + 0,05 (у старшого покоління).

Схема попадання радіонуклідів у водне середовище представлена на рис. 8.



Рис. 8. Схема проникнення Rn у водне середовище ставів

Розподіл та міграція Rn у водному середовищі ставів матиме вигляд (рис. 9).



Рис. 9. Міграція Rn у водному середовищі

Розподіл та міграція Rn у водному середовищі річкових систем матиме вигляд (рис. 10.).

В сучасний період щільність забруднення Rn складатиме 0,5-1,0 кюрі на км<sup>2</sup>, вміст у рослинах - до 12-100 мккюрі на кг, у водному середовищі - 1,0 - 10,0 мк.кюрі/дм<sup>3</sup>. Допустимий вміст Rn у рибі складає за Cs<sup>137</sup> та Sr<sup>90</sup> 150 та 300 Бк/кг відповідно. Коефіцієнт переходу - 0,3, коефіцієнт накопичення - 10,0.

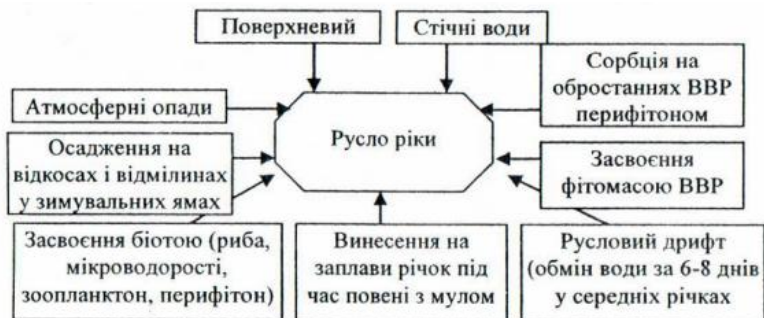


Рис. 10. Схема формування матеріального балансу  $R_n$

Запобіжні заходи при веденні товарного рибництва на радіоактивно забруднених територіях складають:

- попередня підготовка свіжої води, що попадає на водообмін (біоплато, стави, ветленди);
- формування обвідних каналів;
- створення ловчих кишень для вловлювання мулу;
- створення замкнених систем водопостачання або перехід на локальні джерела;
- вапнування ставків;
- видалення мулу та фітомаси ВВР;
- пересадка товарної риби на два місяці у чисті стави для обеззараження;
- створення захисних прибережних смуг.

*Обладнання та прилади:*

1. Радіометр-дозиметр - I.
2. Радіометр-дозиметр - I.
3. Сушильна шафа 1.
4. Фільтрувальний папір темна смужка.
5. Вага аналітична.
6. Рамка 1 x 1 для визначення щільності заростання ВВР, вміст  $R_n$  у водному середовищі, мулах, рибі.

### **Порядок проведення роботи**

1. Зібрати вихідні дані: морфометричні характеристики водного об'єкту, щільність заростання ВВР, вміст  $R_n$  у водному

середовищі, мулах, риби.

2. Скласти схему міграції  $Rn$  у басейні водного об'єкту та водному середовищі.

3. Розрахувати параметри відстійника для вловлення завесів.

4. Розрахувати біоплато.

5. Розрахувати осадження завесів у заплаві русла, водоподаючого каналу чи ріки.

6. Розробити заходи з оптимізації ведення товарного рибного господарства.

### **Загальні відомості з техніки безпеки під час роботи в радіобіологічній лабораторії**

У кожній країні організація робіт із джерелами іонізуючого випромінювання й радіоактивними речовинами регламентується відповідними санітарними нормами та правилами. Їх мета - оптимізація прийомів і технологічних процесів під час роботи з джерелами радіації на рівні, що мінімізує дозові навантаження на кожну людину. Один із таких заходів є встановлення контрольних рівнів опромінення, нижчих, ніж встановлені гранично допустимі дози й концентрації радіоактивних речовин на робочих місцях чи в довіллі.

Зараз в Україні розроблені національні Норми радіаційної безпеки (НРБ) й Основні санітарні правила України (ОСПУ).

НРБ базуються на трьох основних принципах:

- обґрунтування опромінення, тобто будь-якої діяльності, пов'язаної з опроміненням, може проводитись лише за умови отримання певної користі для опромінених або суспільства;

- оптимізація захисту, тобто зведення до мінімуму чисельності опромінення водних гідробіонтів.

Згідно з ОСПУ радіоактивні речовини за токсичністю поділяються на такі 4 групи:

- група А - елементи з особливо високою радіотоксичністю ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$ );

- група Б - елементи з високою радіотоксичністю ( $^{22}\text{Na}$ ,  $^{45}\text{Ca}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{238}\text{U}$ );

- група В - елементи із середньою радіотоксичністю ( $^{31}\text{Si}$ ,

$^{32}\text{P}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^4\text{K}$ );

• група Г - елементи з низькою радіотоксичністю ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{17}\text{N}$ ,  $^{69}\text{Zn}$ ).

Ступінь радіаційної безпеки залежить від радіоактивного джерела (закрите або відкрите). Його фізичного чи хімічного виду, енергії випромінювання, тривалості періоду напіврозпаду ізотопу, величини радіоактивності у водному середовищі.

Закритим називається джерело випромінювання, яке за умов використання виключає надходження радіоактивних речовин у довкілля. Вони небезпечні тільки як джерела зовнішнього опромінення.

Відкритим називається джерело випромінювання, у разі використання ґрунт та мул) якого можливе попадання радіоактивних речовин в оточуюче середовище (порошки, речовини, газу). Під час роботи з радіоактивними речовинами у відкритому вигляді, крім захисту від зовнішнього опромінення, необхідно забезпечили повний захист людини від попадання радіоактивних речовин в організм.

Під час роботи з радіоактивними речовинами в лабораторії необхідно додержуватись таких вимог:

1. Усі джерела іонізуючого випромінювання в неробочому стані повинні зберігатись в опечатаному вигляді.

2. Підчас роботи з іонізуючими джерелами необхідно вжити всіх заходів проти розбризканям, розливу розчинів та розсипання порошків, потрапляння радіоактивних речовин на шкіру рук і лиця, а також в органи дихання й травлення.

3. Не допускається присутність осіб, які не зайняті роботою з джерелами іонізуючого випромінювання, у приміщенні, де в даний час проводиться ця робота.

4. Обов'язково повинні використовуватись засоби індивідуального захисту шкіри рук, органів дихання і травлення під час роботи з джерелами, а також вести регулярний дозиметричний контроль.

5. У випадку проливання розчину або розсипання порошку, які вміщують радіоактивний ізотоп, необхідно виключити вентиляцію, зібрати все в контейнер на тверді та рідкі відходи (роботи проводяться в гумових рукавичках, у

респіраторі; для збирання розчину використовують фільтрувальний папір, для збирання порошку - кальку) і провести дезактивацію робочого місця. Вона проводиться дезактивуючими розчинами (ПАР), комплексоутворюючими препаратами, органічними розчинниками або миючими засобами.

Залежно від кислотності пролитих радіоактивних розчинів рекомендується використовувати для дезактивації такі розчини:

1. 0,1% розчин трилону Б, який уміщує 0,2% лимонної кислоти й 0,3% ПАР;

2. 5% розчин лимонної кислоти з додаванням 0,1м  $\text{HNO}_3$ ;

3. 40гр  $\text{NaOH}$  розчинити в 1 л води, додати 0,1% розчину трилону Б;

4. 40гр розчину  $\text{KMnO}_4$  розчинити в 1 л води.

5. У випадку забруднення радіоактивними речовинами окремих ділянок столів, підлог необхідно розпочати дезактивацію. Після цього поверхня обробляється миючими засобами, протирається сухою ганчіркою, по завершенню проводиться радіометричний контроль.

6. Після закінчення роботи кожний повинен прибрати робоче місце й обробити робочі поверхні та інструмент дезактивація ними розчинами.

7. Робочі місця регулярно перевіряти за допомогою дозиметричних приладів.

У випадку опромінення, прийняти препарат (КJ) та звернутись у медичний заклад.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 6**

### **Тема: Оцінка радіаційного стану водного басейну**

*Мета:* Ознайомитися з методами контролю загальної радіоактивності водному басейні, навчитися користуватися спеціальними приладами й оцінювати радіаційну ситуацію за їх показниками.

*Прилади й матеріали:* польові радіометри невеликих розмірів СРП-68-01 СРП-88Н, ДРГЗ-01, ДП-5ВБ.



### **Загальні положення**

Створення, випробування та використання атомної зброї, бурхливий розвиток атомної енергетики, який супроводжується цілим рядом аварій, включаючи безпрецедентну аварію на ЧАЕС, продемонстрували небезпечність викидів у навколишнє середовище великої кількості радіоактивних продуктів. Дослідження наслідків цих фактичних подій довели, що, по-перше, радіоактивні речовини накопичуються в ґрунтах та водному середовищі накопичення радіонуклідів небезпечно не тільки для існуючих організмів, а й для їх нащадків - має віддалені наслідки.

Ці чинники викликають необхідну розробку заходів контролю за надходженням, міграцією радіонуклідів у навколишньому середовищі, розподілом їх між компонентами екосистем, а також контролю за загальною радіоактивністю середовища.

Під радіаційною обстановкою на місцевості мають на увазі радіаційний вплив як чинник, обмежуючий ведення господарської та виробничої діяльності. Оцінка цього впливу необхідна для розробки заходів з оптимізації ведення господарської діяльності. Радіоактивно забрудненими вважають території, потужність експозиційної дози гамма- випромінювання на поверхні яких перевищує *120 мкР/год.*

### **Хід роботи**

1. На місцевості вибирають контрольну ділянку площею  $500 \text{ м}^2$  на відстані не менше  $200 \text{ м}$  від будівель і  $20 \text{ м}$  від польових доріг. Ділянка повинна бути горизонтальною, відкритою (якщо не досліджують лісову чи лісопаркову зону) й однорідною. Ураховують підвищену загальну радіоактивність гранітів і скельних виходів.

2. На вибраній ділянці вимірюють потужність дози гамма-випромінювання за периметром та двома діагональними відстанями між місцями вимірювання не менше  $100 \text{ м}$ . За умовами досліджених ділянок відстань може бути меншою.

3. Як правило, вимірювання проводять на висоті  $0,3\text{-}1 \text{ м}$  від поверхні ґрунту.

4. Вимірювати партії рослинних зразків проводять на

відстані 1-1,5 см від об'єкта.

5. За допустимої потужності гамма-випромінювання менше 0,05 мР/год використовують прилади СРП-68-01, СРП-88Н або ДРГЗ-01, за потужності більше 0,05 мР/год - ДП-5В6. Дослідження проводять згідно з інструкціями до цих приладів.

6. Потужність гамма-випромінювання на обраній ділянці не повинна відрізнятися більше ніж у 2 рази. В іншому випадку ділянку розбивають на декілька частин і кожен обстежують самостійно.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 7

### **Визначення інтенсивності гамма-активності фону за допомогою стинтиляційного радіометра СРП-88Н.**

*Мета роботи:* Навчитися користуватися стинтиляційним радіометром СРП-88Н для проведення контролю загальної гамма-активності на місцевості

*Прилади й матеріали:* Геологорозвідувальний стинтиляційний прилад СРП-88Н.

#### **Загальні положення**

СРП-88Н використовується для вимірювань ґрунтів, мулів, кормів по гамма-випромінюванню під час радіометричної зйомки басейну. Прилад вимірює природний гамма-фон від 10 до 3\*10 мкР/год. Він складається з блока детектування, який перетворює гамма-випромінювання в електричні імпульси, і пульта - універсального цифрового вимірювача середньої частоти імпульсів. Амплітудний вибір імпульсів відбувається у блоці детектування. Зв'язок між блоком детектування та пультом - однопровідний. Вихід цифрової інформації відбувається в пульті на чотирирядний рідинно-кристалічний індикатор аналогоінтенсиметра. Блок детектування має фотопомножувач ФЕУ-85 з кристаликом розміром 20 - 40 мм. Керування, рахунок й ідентифікація виконуються приладом керування, який має схему для вимірювання напруги джерела живлення - аналогового-цифровий перетворювач і таймер, який забезпечує виконати завдання експозиції (1 та 10с).

*Заходи безпеки:*

1. У блоках детектування виробляється висока напруги від 600 до 1200 В, тому забороняється відкривати блоки детектування раніше ніж через 10 хв після вимкнення приладу.

2. У корпус приладу вмонтоване контрольне джерело кобальт-60, активність якого 1мкКи (на місці розташування джерела встановлюють знак радіаційної небезпеки). Потрібно забезпечити його зберігання протягом усього періоду експлуатації.

### Хід роботи

1. пакувального ящика дістають прилад індикації, блок детектування, утримувач.

2. Установлюють органи керування на приладі індикації УІН-01Н у вихідне положення: перемикач з написом “ПОРОГ - у положення “ВЫКЛ, перемикач з написом "ДИАПАЗОН" - у положення “1”.

3. У батарейний відділ уставляють елементи живлення та закріплюють кришку.

4. Збирають блок детектування з утримувачем.

5. Підключають блок детектування до пульта.

6. Умикають прилад, установлюють перемикач з написом “ПОРОГ” у положення “БАТ”, при цьому на цифровому табло з'являється цифри, які показують напругу в електричній мережі у вольтах.

7. Установлюють перемикачі з написом “ПОРОГ” у положення “ИЗМ”, а з написом “ДИАПАЗОН - у положення “0,1”

*Примітка: експозиція перемикача з написом "ДИАПАЗОН" у положеннях "0, i " і "0.3 " дорівнює 10 с. а в положеннях від "1" до "30" - 1 с. Для зниження статистичної похибки слід використовувати експозицію 10 с.*

8. Під час вимірювання інтенсивності випромінювання для подання інформації в одиницях міцності експозиційної дози (мкР/год) достатньо показання цифрового табло поділити на значення чутливості детектування, яке зафіксоване в паспорті, і помножити отримане значення на 1000. Інтенсивність випромінювання дорівнює добутку показань СРП 1000/3.8 мкР/год, де 3.8 - значення чутливості приладу під час

детектування.

9. Значення вимірювань записують у таку таблицю:

Таблиця 9.

Місце реєстрації	Значення замірів			Інтенсивність випромінювань, мкР/год
	1	2	3	

10. Роблять висновки.

## ПРАКТИЧНА РОБОТИ 8

### Тема: Дозиметрія іонізуючих випромінювань одиниці випромінювання дози

*Мета:* Навчитися здійснювати перерахунки одиниць виміру радіоактивності в системі Сі й позасистемних одиницях.

*Матеріали:* Таблиці.

#### Загальні положення

Усі іонізуючі випромінювання за своєю природою поділяються на електромагнітні й корпускулярні. До електромагнітних відносять рентгенівське випромінювання, гамма-випромінювання радіоактивних елементів і гальмівне випромінювання, виникаюче під час проходження через речовину сильно прискорених заряджених частинок. Видиме світло та радіохвилі - це також електромагнітні випромінювання, але електромагнітне іонізуюче випромінювання характеризується меншою довжиною хвилі, або, як прийнято говорити, більшою жорсткістю. Решта видів іонізуючих випромінювань корпускулярної природи і являють собою пучки електромагнітних ядерних частинок, ядер елементів або іонів. Більшість з них - заряджені корпускули: бета-частинки (електрони), альфа-частинки (ядра гелію), прогони (ядра водню), дейтрони (ядра важкого водню) та важкі іони - ядра інших елементів. Крім того, до корпускулярних випромінювань відносять і нейтрони - частинки, які не мають заряду й опосередковано також викликають іонізацію.

Таким чином, іонізація й збудження - основні процеси, у яких витрачається енергія випромінювань, поглинута в опроміненому об'єкті.

Загальне уявлення про кількість енергії випромінювання, яка попадає на об'єкт за час випромінювання можна отримати вимірюванням так званої експозиційної дози (X)

$$X = \frac{dQ}{dm}, \quad (8.1)$$

де  $dQ$ - повний заряд іонів одного знака, що виникають у повітрі за умови повного гальмування всіх вторинних електронів, які утворені фотонами в малому об'ємі повітря,  $dm$ - маса повітря в цьому об'ємі.

Одиниця експозиційної дози -- кулон на кілограм (Кл/кг). Але експозиційна доза дає змогу тільки приблизно оцінювати ступінь опромінення об'єкта й за активністю радіонукліда ми не можемо визначити біологічний ефект іонізації. Зміни, які спостерігаються в живих організмах під впливом іонізуючого випромінювання залежать, у першу чергу, від числа утворених пар іонів, тобто величини поглинутої енергії випромінювання.

Відомо, що коефіцієнт поглинання випромінювання залежить від складу речовини. Величина поглинутої дози визначається за формулою

$$D = \frac{dE}{dm}, \quad (8.2)$$

де  $dE$ - середня енергія, яка передана випромінюванням речовини в деякому елементарному об'ємі. Одиниця поглинутої дози є *грей (Гр)* ( $1\text{Гр} = 1\text{Дж/кг}$ ).

Експериментально доведено, що кожний вид випромінювання здійснює різний біологічний ефект. Це пов'язано з тим, що іонізуюча частинка, проходячи крізь тканину, утворює нерівномірний розподіл іонів і лінійна втрата енергії (ЛВЕ) частинок буде неоднакова. Чим більша ЛВЕ частинок, тим більший руйнуючий ефект. Для визначення одиниці дози в берах застосовують коефіцієнт якості або величину відносної біологічної ефективності (ВБЕ), що визначається таким чином:

$$\text{ВБЕ} = \frac{\text{Доза рентгенівських променів, яка викликає ефект рад}}{\text{Доза досліджуваного випромінювання, яка викликає ефект рад}}, \quad (8.3)$$

Під час розрахунків ВБЕ щодо різних видів випромінювання (див.таблицю) за одиницю прийнята ВБЕ рентгенівських

променів у 200 кеВ.

Таблиця 10

Експериментально розраховані величини ВБЕ

Вид випромінювання	ВБЕ
R-промені, γ-промені	1
β-частки	1
α-частки	10
Повільні нейтрони	3
Швидкі нейтрони	10

Для порівняльної біологічної оцінки різних видів опромінення й змішаних або неіндифікованих потоків випромінювання застосовують спеціальну одиницю - *бер* (біологічний еквівалент рентгена), що одержується з урахуванням поправки на ВБЕ.

*Наприклад, загальна доза опромінення 400 рад, із них 300 рад - у-промені, 100 рад - α-частинки. Тоді загальна доза з урахування поправки на ВБЕ дорівнює  $(300 \cdot 1) + (100 \cdot 10) = 1300$  бер.*

Під час оцінки радіаційної небезпеки хронічного впливу опромінення довільного складу користуються поняттям *еквівалентна доза*. Одиниця якої є зіверт (Зв)  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$ .

Для оцінки ефективності дії радіоактивних ізотопів крім поглинутих доз, які створюються ними як під час зовнішнього опромінення, так і в разі потрапляння всередину організму, вимірюють їх активність. За одиницю радіоактивності, яка називається *беккерель (Бк)* беруть одне ядерне перетворення за секунду.

Для характеристики розподілення поглинутої дози в часі застосовують величину *потужності поглинутої дози* або *інтенсивності* опромінення. Потужність дози - це кількість енергії випромінювання, яка поглинута за одиницю часу (*1 год, 1 хв, 1 сек*) одиницею маси речовини.

Розрізняють також гостре й пролонговане, одноразове і багаторазове опромінення. *Гостре* - короткочасне опромінення за високої потужності дози (десятки, сотні *Гр* у хвилину),

*продовжене* - опромінення за низької потужності дози (частки  $Gp$  у час). Одноразове опромінення може бути і гострим і продовженим, залежно від потужності дози. Фракціоноване опромінення частіше проводиться за високої потужності дози в кожній фракції. Крім того, відоме *хронічне опромінення*, яке можна розглядати як різновид фракціонованого опромінення, але воно здійснюється довго й малими дозами.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 9

### Тема: Радіаційна експертиза об'єктів водного середовища

*Мета:* Навчитися самостійно вибирати контрольні ділянки для проведення відбору проб, користуватись методиками відбору проб ґрунту, рослинності, води й підготовлювати відібрані проби до радіологічного аналізу.

#### Загальні положення

Підприємства ядерно-енергетичного циклу, АЕС та аварії на них, випробування ядерної зброї є головні джерела надходження в навколишнє середовище різних радіоактивних речовин. Постійно зростаючий радіаційний вплив на природу - це чинник нерегульований, а тому дуже небезпечний. З метою попередження збільшення величин природної фонові радіоактивності були розроблені заходи радіаційної експертизи, головна форма якої є визначення вмісту радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, які використовуються людиною (вода, гідробіоти, продукти тваринництва й рослинництва, ґрунти).

#### Завдання радіаційної експертизи

1. Контроль за умістом радіонуклідів природного й штучного походження в об'єктах водного середовища та кормах.
2. Контроль і виявлення джерел надходження радіонуклідів у середовище та шляхів їх міграції.
3. Попередження використання людиною об'єктів природи, продукції тваринництва й рослинництва, вміст радіонуклідів у яких перевищує допустимі рівні.

Заходи радіаційної експертизи включають:

- оцінку радіаційної обстановки на місцевості;
- відбір проб води, ґрунту, рослинності для проведення досліджень на вміст радіонуклідів;
- підготовку проб до радіометричних і радіохімічних аналізів.

#### Загальні вимоги до відбору проб

1. Відбір проб води, ґрунту, мулу у плановому порядку щосезонно, у разі підозри на забрудненість - щомісячно

2. Відбір проб рослинного й тваринного походження - за планом та по мірі надходження, але не менше одного разу за сезон.

3. Зразок проби повинен бути типовим стосовно об'єкта, маса (об'єм) - достатньою, щоб за необхідності сконцентрувати пробу й одержати потрібну кількість золи. Кількість золи зумовлюється подальшим дослідженням (радіобіологічний, радіохімічний, спектрометричний аналізи).

4. Помилки, зроблені під час відбору проб, у подальшому виправити неможливо, тому проби повинні відбирати спеціалісти радіоекологічних, радіохімічних груп або інші особи, що пройшли детальний інструктаж з правил відбору та тренування під керівництвом досвідченого спеціаліста

5. Відбір проб забрудненого чи підозрюваного в забрудненні матеріалу строго здійснюють відповідно до норм радіаційної безпеки НРБ-76/87 і правил особистої безпеки ОСП-72/87. За необхідності використовують засоби особистого захисту (рукавиці, респиратори).

До місць радіоактивного забруднення відносять території, на яких питома активність проб ґрунту та інших об'єктів перебільшує щодо:

- альфа-активних речовин -  $2 \cdot 10^{-7} \text{Ки/кг}$ ;
- бета-активних речовин -  $2 \cdot 10^{-6} \text{Ки/кг}$ ;
- трансуранових елементів -  $1 \cdot 10^{-8} \text{Ки/кг}$ ;
- гамма-активних речовин -  $1 \cdot 10^{-7} \text{г.еквRa/кг}$ .

#### **I Відбір проб ґрунту**

*Обладнання й матеріали:* спеціальний ґрунтовий kern, сталевий ріжучий циліндр, лопата, поліетиленові або паперові пакети, етикетки, шнур для пакування, журнал для запису



відбору проб.

У ґрунті містяться природні радіонукліди урану, радію, торію, калію. Крім того, ґрунти накопичують продукти радіоактивних викидів  $Sn^{90}$ ,  $Cs^{137}$ ,  $Ce^{144}$  та ін. З ґрунту ці радіонукліди можуть потрапити у воду, атмосферу, тваринні та рослинні організми. Тому ґрунт - один з найголовніших об'єктів радіологічного контролю. Його природна бета-активність складає  $74-740 \text{кБк/кг}$  сирої ваги.

Для відбору проб ґрунту з певної глибини користуються спеціальним ґрунтовим (геологічним) керном - сталевим циліндром з косим чи загостреним краєм. Якщо потрібно відібрати товстий шар ґрунту й не пошкодити його структуру, користуються сталевими ріжучими циліндрами з площею перерізу  $50 \text{см}^2$  (внутрішній діаметр дорівнює  $80 \text{мм}$ ) та висотою  $20 \text{см}$ . Об'єм узяті проби повинен дорівнювати  $1000 \text{см}^3$ , вага -  $1,5 \text{кг}$ .

Усі пристрої для відбору проб перевіряють на радіоактивність за допомогою приладів *СПП-68-01* і *СПП-88Н*.

Місця відбору проб устанавлюються з урахуванням місцевих умов, як правило, у межах однорідної рослинності. Ураховують, що в балках концентрація радіонуклідів вища, ніж на пагорбах, бо на останніх відбувається вимивання радіонуклідів.

### **Хід роботи**

1. Проби ґрунту і мулів відбирають за методом трикутника зі сторонами по  $50 \text{см}$ . Три проби, відібрані по його вершинах, об'єднуються в одну. Проби можна відбирати за методом конверта та ін.

2. Поверхневу пробу відбирають лопатою розміром  $15 \times 15 \text{см}$  на глибині  $5 \text{см}$ . Вага проби повинна дорівнювати  $3 \text{кг}$ . У разі використання геологічного керну чи ріжучого циліндра, які обмежують вагу проби до  $1-1,5 \text{кг}$ , відбирають декілька проб.

3. Проби пакують у паперові або поліетиленові пакети, на які приклеюють етикетки з такими даними:

- дата, № проби, її вид;
- назва ґрунту за прийнятою систематикою, місце відбору;
- особливості рельєфу та інших умов,
- особливості рослинного покриву;

- прізвище спеціаліста.

4. У журналі обліку відбору проб роблять такі ж записи.

5. Під час транспортування проб дотримуються умов, які виключають забруднення однієї проби матеріалом іншої або забруднення транспорту.

Методика підготовки проб ґрунту до спектрометричного й радіохімічного аналізів

1. Доставлені в лабораторію проби зважують, відзначають у журналі вагу й висушують на металевому листі в сушильній шафі за температури  $100-105^{\circ}\text{C}$  до повітряно-сухого стану.

2. Проби знову зважують, записують вагу, передають на спектрометрію. Ґрунт, що залишився від проби, не викидають до закінчення досліджень.

3. З сухої проби видаляють залишки трави, коріння та ін. Рослинну частину проби обвуглюють у муфельній печі за температури  $400-500^{\circ}\text{C}$

4. З перебраного ґрунту беруть квартуванням середню пробу: весь ґрунт розсипають на папері у вигляді квадрату, ділять його по діагоналі на 4 частини. 2 протилежні засипають на зберігання, а інші 2 знову змішують і беруть половину.

5. Ґрунт перетирають у ступці до часток менших за 1 мм і просіюють.

6. Пробу вигримують за температури  $400-45^{\circ}\text{C}$  протягом 1-2 год, зважують і змішують з обвугленою рослинністю.

*Примітка. Вміст рН у ґрунті та його активність виражають у Бк/кг сухої або сирої ваги.'*

## **II Відбір проб рослинності як корм для риб**

*Обладнання й матеріали:* лопата, серп, ніж, сантиметр, поліетиленові або паперові пакети, мішки, шнур для пакування, етикетки, журнал для обліку проб.

Рослинність є перша (продукційна) ланка в трофічному ланцюзі. Доведено, що рослини здатні накопичувати в організмі радіонукліди поряд із мінеральними й органічними речовинами. Завдяки цій здатності рослинність можна вважати індикатором процесів накопичення та перерозподілу радіонуклідів в екосистемах.

Місце відбору проб установлюють з урахуванням місцевих

умов (рельєфу, домінуючих видів), відповідно до місця відбору ґрунтів.

Дослідження рослинності на вміст радіонуклідів і радіоактивність проводять щосезонно. Для чергових досліджень доцільніше відбирати в строки максимальної вегетації (червень, липень). Сільськогосподарську рослинність контролюють 1-2 рази на місяць. Рослинність відбирають за методами конверта, трикутника. Для наукових досліджень можна використовувати комплекс цих методик.

### **Хід роботи**

1. На досліджуваній ділянці вибирають місце з однорідною за видом рослинністю, площею  $0,4 - 1 м^2$ .
2. На квадраті потрібної площі рослинність викопують, ґрунт з корінням видаляють, проби зважують. Ці дані записують у журнал обліку.
3. Проби пакують у паперові або поліетиленові пакети, на які приклеюють етикетки з такими даними:
  - дата, № проби, вид рослинності за систематикою;
  - площа відбору, сира вага, місце відбору;
  - примітки;
  - прізвище спеціаліста.
4. У журналі обліку відбору проб роблять ідентичні записи.
5. Під час транспортування проб рослинності на велику відстань, щоб уникнути гниття, проби підсушують до сталої ваги, яка відзначається в журналі та на упаковці, що повинна бути герметичною.
6. Для повного аналізу відбирають 2-3 кг (у сухій вазі) біомаси рослинності на пробу.

### **Методика підготовки проб рослинності до спектрометричного й радіохімічного аналізу**

1. Доставлену до лабораторії пробу досушують до сталої ваги за температури  $105^{\circ}C$ . У журналі відзначають вагу. Пробу подрібнюють на частки по 2-3 мм.
2. У такому вигляді пробу передають на спектрометричний аналіз або, обробивши, на радіохімічний аналіз.
3. Пробу на радіохімічний аналіз обвуглюють у муфельній печі за температури  $400-450^{\circ}C$  протягом 1-2 год.

4. Охолоджену золу зважують, дані заносять у журнал, пробу передають на радіохімічний аналіз.

### **III. Відбір проб води**

*Приладу і матеріали:* батометри, лот, пластмасові каністри, етикетки, журнал обліку проб.

Вода є один з головних шляхів міграції радіонуклідів у біосфері. До водойм вони потрапляють з атмосферними опадами, поверхневим стоком. У водоймах проходить перерозподіл радіоактивних речовин між донними відкладеннями та гідробіонтами.

Зважені речовини, які постійно знаходяться у водоймах, адсорбують від 70% до 90% радіонуклідів і переводять їх у донні відкладення. Гідробіонти безпосередньо обмінюються речовиною з водним середовищем, тому активно накопичують радіонукліди. Завдяки цим процесам радіоактивність води в цілому досить мала - сумарна бета-активність у прісноводних водоймах становить 37-185 мБк/л. У свою чергу, донні відкладення акумулюють великі кількості радіонуклідів і стають джерелом повторного забруднення водойм. Гідробіонти утворюють трофічний ланцюг у водних екосистемах, від лапки якого концентрація радіонуклідів постійно зростає.

Ці чинники зумовили необхідність комплексною радіологічного контролю води, донних відкладень і гідробіонтів.

#### **Хід роботи**

1. Установлюють місце відбору проб з урахуванням місцевих умов, тішу водойми.

2. Проводять вимірювання глибини та інші необхідні вимірювання, температура води, повітря тощо. Результати заносять до журналу обліку відбору проб.

3. Підготовлюють посуд для відбирання поверхневих та глибинних проб.

4. Відбирають поверхневі проби води в підготовлений посуд.

*Примітка.* Щодо невеликої неурегульованої водойми повинно бути не менше 3 точок відбору, щодо водоймищ і річищ установлюють точки (створи) відбору з лівого й правого берегів і посередині.

*Якщо глибина водойми до 2-3 м, то відбирають поверхневі проби на відстані 2-3 м від берега. Коли ж більше 3 м, то відбирають також і глибинні проби на відстані 1,5 м від дна.*

*Поверхневі проби відбирають у ретельно вимиті й ополоснуті відібраною водою, пронумеровані пластмасові каністри або інший герметичний посуд (10- 20 л).*

5. Відбирають із човна глибинні проби. Переносять їх у посуд для транспортування.

*Примітка. Глибинні проби відбирають у допомогою спеціальних пристроїв - батометрів.*

### **Методика підготовки проб води до спектрометричних і радіохімічних аналізів**

1. Доставлену воду в лабораторії розливають по 1 л у склянки, підкислюють розчином азотної кислоти й випарюють до появи осаду (мокрих солей).

2. Фільтрами чисто протирають дно й стінки склянок у яких випарювали воду, осадок фільтрують.

3. Фільтри щільно згортають і кладуть у пронумеровані порцелянові чашки. Обвуглюють у муфельні печі за температури 400-450 °С.

4. Після охолодження золу зважують й ущільнюють, передають на радіометричний аналіз.

5. У журналі зазначають номер і вагу золи.

6. Воду, що залишилася, не виливають до закінчення радіометричних вимірювань.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 10**

### **Тема: Визначення сумарної радіоактивності низькоактивних проб на "Бета" – Радіометрі**

*Мета:* Засвоїти методику визначення сумарної бета-активності проб ґрунту, рослинності та харчової сировини на "БЕТА"- радіометрі.

*Прилади й матеріали:* "БЕТА" - радіометр, проби ґрунту, свинцевий будиночок.

### **Загальні положення**

Радіометр призначений для визначення забрудненості рідких та сипучих речовин бета-активними радіонуклідами. Застосування свинцевою будиночка дає можливість покращити фонові умови, підвищити чутливість радіометра до  $5 \cdot 10^9 \text{Ki/kg}$  Радіаційну забрудненість поверхні (щільність потоку бета-випромінювання), вимірюють за допомогою виносного блоку детектування - "БЕТА" - радіометра, який використовується також для контролю радіоактивного забруднення поверхні. Спочатку визначають ділянки досліджуваної поверхні в режимі 1 (тривалість 1с) Для підвищення точності вимірювань контроль найбільш забруднених ділянок поверхні проводять у режимі 3 (тривалість 100с).

Під час контролю забруднюваності продуктів харчування, об'єктів навколишнього середовища використовують свинцевий будиночок. Вимірювання виконують у режимі 5 (тривалість 1000с). У пробах завжди присутній природний радіонуклід калій-40, який завищує виміряне значення питомої активності. Тому для одержання правильного значення питомої активності досліджуваного зразка необхідно від виміряної питомої активності відняти активність калію-40. У паспорті до приладу у вигляді таблиці наведені значення питомої активності радіонукліда калію-40 стосовно деяких об'єктів дослідження. Вмістом калію-40 можна знехтувати, якщо питома активність проби перевищує  $10 \text{Ki/kg}$ .

### **Хід роботи**

1. Умикають прилад в електромережу - 220 В.
2. Умикають радіометр для чого перемикач живлення й перемикач звукового сигналу переводять у відповідні положення.
3. Установлюють чисту кювету в нижній ряд корпусу свинцевого будиночку.
4. Установлюють тривалість виміру за допомогою переміщення кнопки з написом "РЕЖИМ" у положення 5.
5. Натискають кнопку з написом "ПУСК". Після заміру відзначають кількість фонових імпульсів  $N_{\phi}$ .
6. Висушену та підготовлену пробу рівномірно розподіляють у стандартній кюветі, ущільнюють.

7. Ставлять у нижній паз корпусу свинцевого будиночка пробу (грунт). Проводять заміри бета-активності цієї проби. Час експозиції - не менше 15 хв (режим 5) на кожен замір. Відзначають показання кількості імпульсів  $N$ . Підраховують швидкість рахунку імпульсів за формулою

$$n = \frac{N}{t(e^{-\lambda t})}, \quad (5.1)$$

8. Проводять заміри другої й третьої проб у тому ж режимі.

9. Виконують заміри фону після завершення роботи над пробами.

10. Підраховують питому активність бета-випромінюючих нуклідів за формулою

$$A = K_a (n_{cp} - n_{\phi} - n_k) \cdot \frac{K_1}{K_2}, \quad (5.2)$$

де  $n_{cp}$  - загальна швидкість рахунку;

$n_{\phi}$  - швидкість рахунку фону;

$n_k$  - швидкість рахунку від штучного радіонукліда  $K^{40}$ ;

$K_a$  - коефіцієнт, пов'язуючий швидкість рахунку з питомою активністю  $A$ .

Значення підбирають стосовно речовини, що контролюється.

11. Заносять результати в таку таблицю:

Таблиця 11.

№	Об'єкт дослідження	Місце відбору проб	$N_{проб}$	$n_{фону}$	$n_k$	$A$

12. Роблять висновки.

## Список використаної літератури

1. Вплив радіонуклідного забруднення на гідробіонти зони відчуження. 36 наукових праць. К. : Чорнобиль-інтерінформ 2001. 319с.
2. Радіаційна безпека життєдіяльності. Житомир, 2002. 307 с.
3. Грузинський Д. М. Радіобіологія. К. : Либідь, 2000. 448 с.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ – 97). К., 1997. 407 с.
5. Чорнобильська катастрофа (за ред. В. Г. Баряхтаре). К. : наукова думка, 1996. 267 с.
6. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. та інші. Реабілітація порушених річкових та озерних екосистем (гідроекологія, іхтіоекологія, економіка, управління). Вінниця, 2013. 424 с.