

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Навчально-науковий інститут агроекологій та
землеустрою
Кафедра водних біоресурсів

05-03-114М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання самостійної роботи
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 та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості ННІ
агроекології та землеустрою
Протокол № 12 від 20.06..2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до виконання практичних 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 та заочної форм навчання [Електронне видання] / Гриб Й. В. – Рівне : НУВГП, 2023. – 22 с.

Укладач: Гриб Й. В. – доктор біологічних наук, професор кафедри водних біоресурсів.

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

Керівник групи забезпечення спеціальності
207 «Водні біоресурси та аквакультура»

Петрук А. М.

Зміст

Вступ	3
Загальні положення	5
Завдання для виконання самостійної роботи з накопичення радіонуклідів	12
Вихідні дані для виконання самостійної роботи	13
Приклад виконання роботи	15
Рекомендована література	22

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 розкладалася в через декілька місяців після аварії. Проте залишилися довго живучі ізотони, 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.

Дисципліна «Гідрорадіобіологія» спрямована на набуття студентами знань з ведення товарного фермерського господарства у третій та четвертій зонах радіаційного забруднення, формування кормової бази та отримання радіаційно-безпечної рибної продукції, а також особистого захисту при знаходженні у забруднених зонах.

Мета навчальної дисципліни – вивчення особливостей та закономірностей формування радіоекологічних ситуацій у водних об'єктах третьої і четвертої зони забруднення, перебігу процесів накопичення і виведення радіонуклідів Sr-90 та Cs-137 з гідробіонтів, особливо з аборигенної іхтіофауни в природних водоймах та ставових господарствах.

Освоєння цих чинників є основою для розрахунку кормової бази іхтіофауни, формування кормового раціону та отримання товарної риби з безпечним для організму людини характеристиками за вмістом радіонуклідів.

Предметом вивчення дисципліни є закономірності формування радіаційної ситуації у водних басейнах та водному середовищі, особливості годівлі та вирощування товарної рибної продукції у третій та четвертій зонах забруднення, а також засоби індивідуального захисту.

Завдання дисципліни полягає у засвоєнні студентами основ формування радіоекологічної ситуації у басейнах водних об'єктів, врахування динаміки міграції радіонуклідів у довкіллі, явищ їх переходу за трофічним ланцюгом, виявлення адаптивних механізмів виживання гідро біонтів у забрудненому нуклідами водному середовищі.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

знати:

- основні характеристики, їх властивості, випромінювання нуклідів Sr-90 та Cs-137;
- методи захисту та антидоти у водному середовищі;
- формувати безпечну кормову базу;
- безпечне ведення ставового господарства у третій та четвертій зоні забруднення;

вміти:

- визначати α , β , та γ -активність кормів;
- визначати радіоекологічну ситуацію у басейнах водних об'єктів та водному середовищі;
- вести товарне рибне господарство у третій та четвертій зонах забруднення.

Загальні положення

Тема самостійної роботи з дисципліни «Гідрорадіобіологія»
- «Розрахунок матеріального балансу ^{137}Cs та ^{90}Sr в
рибоводних ставах та розробка заходів із зменшення впливу
радіонуклідів на рибу».

Мета: закріпити та навчитись застосувати набуті теоретичні знання з дисципліни «Гідрорадіобіологія» на практиці.

Вимоги до оформлення роботи

Самостійна робота виконується кожним студентом згідно отриманого завдання. Пояснювальна записка до самостійної роботи включає в себе: вступ, теоретичну частину, яка складається з трьох розділів, практичну частину, відповідей на теоретичні запитання, висновку та списку використаної літератури. Обсяг самостійної роботи має становити біля 20 сторінок.

Самостійна робота оформлюється на папері формату А4, може бути виконана в друкованому або рукописному варіанті. Текст має бути розміщеним на одній стороні. Поля: верхнє, нижнє, ліве – 20 мм, праве – 10 мм. Сторінки мають бути пронумеровані. На титульному листі номер сторінки не ставиться.

Пояснювальна записка складається в такому порядку: титульний лист, зміст (в ньому вказуються назви розділів та номери сторінок, на яких вони знаходяться), вступ, розділи самостійна робота, висновок, список використаної літератури.

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}Cs - 15 $\text{кі}/\text{км}^2$ та ^{90}Sr - більше 2 $\text{кі}/\text{км}^2$);

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

Зона добровільного гарантованого відселення (III) - (^{137}Cs - 2-5

$\text{кі}/\text{км}^2$ та ^{90}Sr - 0,2-0,5 $\text{кі}/\text{км}^2$);

Зона посиленого радіаційного контролю (IV) - ^{137}Cs - менше 2 $\text{кі}/\text{км}^2$ та ^{90}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 водною 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: ^{137}Cs і ^{90}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}Cs в водяних рослинах вища в 2 - 3 рази, а накопичення у риби - в сотні разів. Відповідно, поліські регіони найбільш піддаються виліву радіонуклідів.

5) Вплив елементів - аналогів. Накопичення ^{90}Sr залежить від концентрації у воді іона кальцію, а ^{137}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}Cs , ^{90}Sr у теплій воді накопичуються в 2 - 3 рази інтенсивніше.

7) Зона оптимального існування риб $t^{\circ} = +18 \dots + 23 \text{ C}$. Зниження температури сприяє виведенню радіонуклідів.

8) Показник рН у воді (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}Cs) 0,01 Бк/л, 800 Бк/кг). Допустимий вміст радіонуклідів у воді 2 Бк/л, у рибі - ^{137}Cs -150 Бк/кг, ^{90}Sr - 35 Бк/кг.

Фактично у досліджуваних зонах.

Житомирська область карась (ставкова риба) вміст ^{137}Cs = 30 Бк/кг.

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 Миколаєво - 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 (Рокитнівський 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}Cs у вищих водяних рослинах (ВВР): вміст радіонуклідів вищий у занурених рослинах : рдесник гребінчастий (*Potamogeton pectinatus* L.), рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia* L.), ситняг болотний (*Eleocharis eupalustris* Linab.) та ін.

Мули під повітряно-водяними 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}Cs). Перевищення нормативів вмісту по ^{137}Cs у рибах: Оз. Біле окунь - $656 \pm 98,4$ Бк/кг, плітка - 1 146 Бк/кг, Рокитнівський р-н, карась сріблястий перевищення в 3 рази.

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

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

Розподіл радіонуклідів у водному середовищі відбувається за двома складовими:

- а) біотична (за трофічна ланцюгом);
- б) абіотична (за розчиненням, осадженням та розкладом, десорбція,вилугування);

Розподіл ^{137}Cs у водному середовищі водойм відбувається за наступною схемою (Західне Полісся України). (рис.1.)

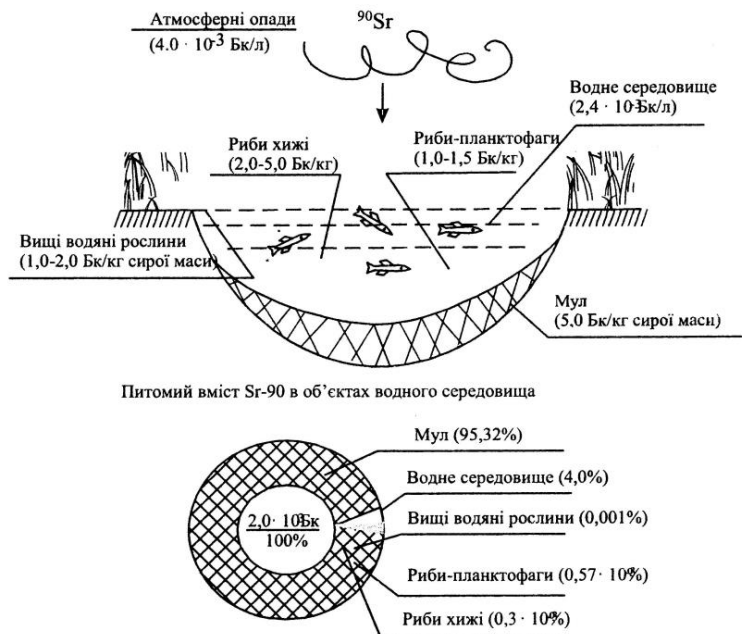


Рис. 1. Схема міграції ^{137}Cs в водному середовищі водойми.

1. Коефіцієнт накопичення: вищі водяні рослини - $17,5 \cdot 10^3$; планктофаги - $2,5 \cdot 10^3$; риби хижі - $12,5 \cdot 10^3$; мул - $25.0 \cdot 10^3$.

2. Розподіл ^{137}Cs в об'єктах водного середовища: мул - 99,89%; вода-0,004%; вищі водяні рослини – 0,007%; риби-планктофаги - $0,6 \cdot 10^0\%$; риби-хижаки - $0.1 \cdot 10^{-5}\%$.

Розподіл ^{90}Sr у водному середовищі природних водойм відбувається за наступною схемою (рис.2).

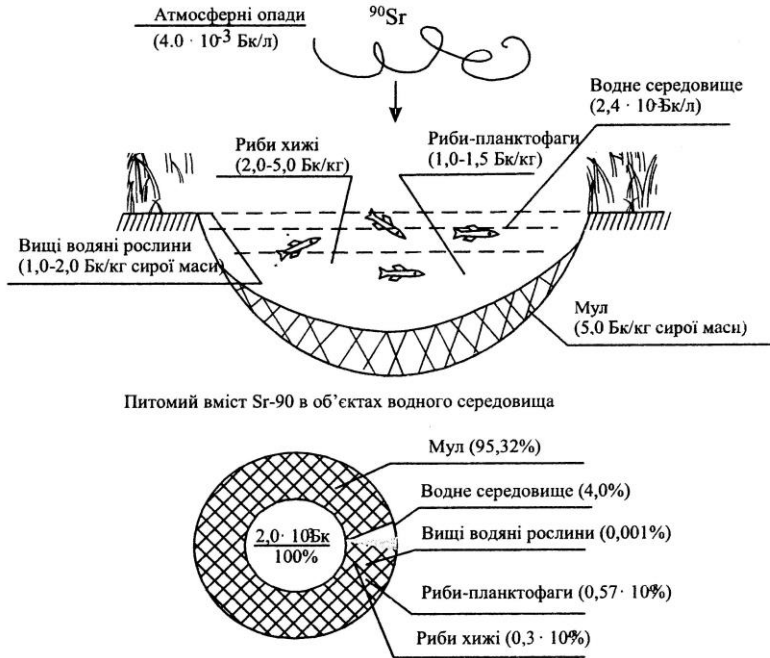


Рис. 2. Схема міграції ^{90}Sr в водному середовищі водойми.

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 – $2.08 \cdot 10^2$.

3. Питомий розподіл ^{90}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 занаступними складовими:

1. Прихідна частина
2. З атмосферними опадами на водне дзеркало ставу.

3. З поверхневим стоком.
4. Із свіжою водою , що подається на водообмін.
5. З кормами.

Б. Витратна частина

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

якщотака 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 для виконання самостійної роботи
накопичення радіонуклідів**

1. Розрахувати матеріальний баланс вмісту радіонуклідів заскладовими «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 ставу внаслідок проведення запобіжних заходів (влаштування обвідних каналів, вапнування, влаштування біоплато, видалення надлишку фітомаси ВВР, видалення мулу, покращення якості кормів).

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.

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 ²		1,0	2,0	5,0	5,0	8,0	10,0	12,0	9,0	10,0	5,0
3. Об'єм води, тис.м ³		60,0	120,0	200,0	100,0	150,0	220,0	120,0	100,0	90,0	60,0
4 Кратність водообміну		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
	товстолоб	60	70	60	50	60	80	60	60	70	60
	амура білого	10	20	20	30	20	30	20	10	20	30
7 Розрахункова вага товарної риби, кг	коропа	1,0	1,1	1,2	1,0	1,1	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0
	товстолоб	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 л.с/км ²		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 зерна	0,02	0,015	0,02	0,02	0,02	0,025	0,02	0,02	0,03	0,02
	комбі-корм	0,015	0,03	0,02	0,025	0,025	0,015	0,03	0,03	0,02	0,0,3
	ВВР	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,015	0,02	0,01	0,015	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 товстолоба, 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 рибицу	0,8	0,6	0,7	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,7	0,6
	кг конюшини на 1рибицу	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 ставу, т/га		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. сирій ваги/га верхній 5 см. шар		1200	1500	1 100	1500	1400	2000	1100	2000	1500	1200

Характеристики		Продовження таблиці									
		Варіанти									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15. Вміст ¹³⁷ Cs в водному середовищі та кормах, Бк/кг, Бк/дм ³	вода	0,1	0,2	0,15	0,1	0,05	0,08	0,1	0,11	0,12	0,15
	мул	100,0	200,0	150,0	100,0	150,0	50,0	80,0	100,0	90,0	110,0
	вищі водяні рослини	80,0	70,0	100,0	80,0	110,0	150,0	180,0	100,0	80,0	70,0
	риби планктофаги	10,0	20,0	11,0	15,0	10,0	12,0	15,0	18,0	10,0	11,0
	риби хижі	80	90	110	90	80	70	110	90	80	100
	короп	20,0	30,0	40,0	50,0	80,0	70,0	90,0	80,0	70,0	20,0
	товстолобик	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 опади	0,003	0,004	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001	0,004	0,003	0,004
	поверхневий стік	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
	комбікорм	11	20	5	10	15	20	25	20	4	10
	конюшина	5	8	10	15	20	25	30	40	50	10
	фітозоопланктон	3	5	4	7	6	5	4	2	3	3
	вода вхідна	2	1	2	1	3	4	2	1	2	2
	вода відпрацьована	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 ⁹⁰ Sr в водному середовищі та кормах, Бк/кг, Бк/дм ³	мул	3,0	5,0	10,0	5,0	5,0	8,0	10,0	3,0	5,0	5,0
	вищі водяні рослини	1,0	2,0	3,0	4,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,0
	риби планктофаги	0,3	0,5	1,0	0,2	0,5	1,0	0,5	0,8	1,0	1,0
	риби хижі	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
	товстолоб	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 опади	0,04	0,03	0,02	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,03
	поверхневий стік	0,07	0,08	0,09	0,06	0,05	0,09	0,07	0,09	0,06	0,05
	відходи зерна	10,0	11,0	8,0	7,0	9,0	10,0	11,0	15,0	12,0	10,0
	комбікорм	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	11,0	12,0	9,0	10,0	11,0
	фітозоопланктон	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	1,0	3,0	2,0	4,0	1,0
	вода вхідна	0,5	1,0	0,8	1,0	5,0	2,0	10,0	8,0	7,0	6,0

Продовження таблиці

	вода відпрацьована	0,03	0,05	0,03	0,05	0,08	0,10	0,15	0,3	0,2	0,1 5
	зависі	0,02	0,1	0,05	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3
Характеристики		Варіанти									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17. Період напіввиведення, діб	цезію-137	40	50	60	35	40	45	50	60	50	40
	стронцію-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
19. Площа буферного ставу- біоплато, га		5,0	2,0	11,0	10,0	12,0	3,0	5,0	8,0	6,0	5,0
20. Біомаса видаленої вищої водяної рослинності, % від заростання		40,0	50,0	50,0	70,0	30,0	40,0	50,0	60,0	80,0	70,0
21. Зависі, мг/дм ³		2,0	5,0	10,0	3,0	4,0	5,0	1,0	10,0	3,0	2,0

Приклад виконання роботи

Розрахунок матеріального балансу ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr в рибоводному ставу с. Верхів Острожського району.

Площа ставу - 86,0 га;

Площа поверхні водозбору - 18,0 км²; Об'єм накопиченої води - 2 000 000 м³; 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 л · с/км²;

Добовий раціон коропа :

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

Фітомаса вищої водяної рослинності - 2,0 г/га; Маса мулу в ставу, тонах сирової ваги - 50 000.0 т (верхній шар товщиною 1,0 см).

Зависі - 2 мг/л;

Вміст ^{137}Cs у водному середовищі, Бк/кг, Бк/л :

- Зависі - 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/л;
- Поверхневий стік - 0,001 Бк/л;
- Відходи зерна - 0,2 Бк/кг;
- Вода вхідна - 0,01 Бк/л;
- Вода вихідна - 0,006 Бк/л;
- Біомаса ВВР на мілководді біоплато - 10,0 т/га;
- Площа біоплато - 10.0 га;
- Вміст ^{137}Cs в атмосферних опадах - 0,002 Бк/л;
- Вміст ^{137}Cs у ВВР на біоплато - 100 Бк/кг = 100 кБк/т;
- Вміст ^{90}Sr у ВВР на біоплато - 50 Бк/кг = 50 кБк/т;
- Вміст ^{90}Sr в атмосферних опадах - 0.01 Бк/л;
- Вміст ^{90}Sr у водному середовищі Бк/кг, Бк/л;
- Вода - 0,002 Бк/л;
- 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/л;

- Вода вихідна - 0,01 Бк/л;
- Біомаса ВВР па молочводді біоплато - 10,0 т/га;
- Площа біоплато - 10,0 га; А. Прихідна частина

1. Надходження радіонуклідів з атмосферними опадами на воднезеркало ставу.

$$C_{R-п.опади} = F \cdot n \cdot c, \text{ Бк};$$

F - площа водного дзеркала, га (в м²); n - атмосферні опади, м;

c - вміст радіонуклідів; Бк/м³;

Надходження з атмосферними опадами на водне дзеркало ставу ¹³⁷Cs.

$C_{Cсопади} = 0,55 \text{ м} \cdot 860 \text{ 000 м}^2 \cdot 2,0 \text{ Бк/м}^3 = 946 \text{ 000 Бк} = 946 \text{ кБк}$; Надходження з атмосферними опадами ⁹⁰Sr.

$C_{Srопади} = 0,55 \text{ м} \cdot 860 \text{ 000 м}^2 \cdot 1,0 \text{ Бк/м}^3 = 473 \text{ 000 Бк} = 473 \text{ кБк}$;

2. Надходження радіонуклідів з поверхневим стоком.

$$C_{R-п.пов.стік} = F \cdot k \cdot 31536000 \cdot c;$$

F - площа поверхні водозбору, км²;

k - коефіцієнт поверхневого стоку, л·с/км²; 31536000 - кількість секунд в 1 році;

c - вміст радіонуклідів, Бк/л;

$C_{Csпов.стік} = 18 \text{ км}^2 \cdot 2,3 \text{ л} \cdot \text{с/км}^2 \cdot 31536000 \cdot 0,001 \text{ Бк/л} = 1305,6 \text{ кБк}$; Надходження з атмосферними опадами ⁹⁰Sr.

$C_{Srпов.стік} = 18 \text{ км}^2 \cdot 2,3 \text{ л} \cdot \text{с/км}^2 \cdot 31536000 \cdot 0,002 \text{ Бк/л} = 2661,2 \text{ кБк}$;

3. Надходження радіонуклідів з свіжою водою.

$$C_{R-п.св.вода} = W \cdot n \cdot c;$$

F - площа водного дзеркала, га (в м²);

n - атмосферні опади, м;

c - вміст радіонуклідів; Бк/м³;

$$C_{\text{св.вода}} = 2\,000\,000 \text{ м}^3 \cdot 6 \cdot 1,0 \text{ кБк/м}^3 = 120\,000 \text{ кБк}$$

$$C_{\text{св.вода}} = 2\,000\,000 \text{ м}^3 \cdot 6 \cdot 1,5 \text{ кБк/м}^3 = 132\,000 \text{ кБк}$$

4. Надходження радіонуклідів з кормами. Витрата кормів (P).

$$P = m \cdot \gamma \cdot F \cdot \tau;$$

m - витрати зерна на корм коропа в день, кг; γ - густина посадки риби, шт/га;

F - поверхня водного дзеркала, га; τ - час кормління, діб;

$$P = 0,01 \text{ кг} \cdot 100 \text{ шт/га} \cdot 86 \text{ га} \cdot 150 \text{ діб} = 12\,900 \text{ кг}$$

5. Вміст радіонуклідів в кормах

$$C_{\text{Р-п.корми}} = P \cdot c,$$

P - витрата кормів, кг;

c - вміст радіонукліда, Бк/кг;

Вміст ^{137}Cs кормах:

$$C_{\text{Скорми}} = 12\,900 \text{ кг} \cdot 20,0 \text{ Бк/кг} = 258 \text{ кБк}$$

Вміст ^{90}Sr в кормах:

$$C_{\text{Srкорми}} = 12\,900 \text{ кг} \cdot 50,0 \text{ Бк/кг} = 645 \text{ кБк}$$

6. Сумарне надходження радіонуклідів.

$$C_{\text{Р-п.прихід}} = C_{\text{Р-п.опадн}} + C_{\text{Р-п.пов.стік}} + C_{\text{Р-п.св.вода}} + C_{\text{Р-п.корми}};$$

Сумарне надходження за ^{137}Cs .

$$Q_{\text{л.ршіл}} = 946 + 1305,6 + 120\,000 + 258 = 122\,509,6 \text{ кБк}$$

Сумарне надходження за ^{90}Sr .

$$C_{\text{Sr.пр.ab}} = 473 + 2\,611,2 + 132\,000 + 645 = 135\,729,2 \text{ кБк}$$

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

Б. Витратна частина.

1. Винесення радіонуклідів з скидною водою

W - об'єм накопиченої води, м^3 ; n - кратність водообміну;

c - вміст радіонукліда, Бк/ м^3 ;

$$C_{\text{Сск.води}} = 2\,000\,000 \text{ м}^3 \cdot 6 \cdot 6,0 \text{ Бк/м}^3 = 72\,000 \text{ кБк}$$

$$C_{\text{Стск.води}} = 2\,000\,000 \text{ м}^3 \cdot 6 \cdot 10,0 \text{ Бк/м}^3 = 120\,000 \text{ кБк}$$

2. Накопичення на біоплато.

$$C_{R-n, \text{біоплато}} = V \cdot c = F \cdot m \cdot c;$$

F - площа біоплато, га;

c - вміст радіонукліда, Бк/т;

m - біомаса ВВР на мілководді біоплато, т; $C_{S\text{біоплато}} = 10,0$
га $\cdot 10,0$ т/га $\cdot 100$ Бк/т = 10 000 кБк

$$C_{S\text{біоплато}} = 10,0 \text{ га} \cdot 10,0 \text{ т/га} \cdot 50 \text{ Бк/т} = 5 000 \text{ кБк}$$

Сумарний вміст радіонуклідів

$$C_{S\text{витрата}} = 72 000 \text{ кБк} + 10 000 \text{ кБк} = 82 000 \text{ кБк}$$

$$C_{S\text{гвитрата}} = 120 000 \text{ кБк} + 5 000 \text{ кБк} = 125 000 \text{ кБкВ.}$$

Залишок рибоводному ставу

1. Накопичення в мулі

$$C_{R-n, \text{мул}} = M \cdot c;$$

M - маса мулу в ставу, тон сирової ваги/га (верхній 5-ти сантиметровий шар);

c - вміст радіонукліда, Бк/кг;

$$C_{S\text{смул}} = 50 000 \text{ т} \cdot 10 \text{ Бк/кг} \cdot 1 000 = 50 000 000 \text{ Бк} = 50 000 \text{ кБк}$$

$$C_{S\text{гмул}} = 50 000 \text{ т} \cdot 1 \text{ Бк/кг} \cdot 1000 = 5 000 000 \text{ Бк} = 5 000 \text{ кБк}$$

2. Накопичення в вищій водяній рослинності ставу.

$$C_{S\text{ВВР}} = V \cdot c;$$

V - фітомаса вищої водяної рослинності у ставу, т;

$$V = 2,0 \text{ т/га} \cdot 86,0 \text{ га} = 172 \text{ тони}$$

c - вміст радіонуклідів у 10 разів нижчий від вмісту на біоплато, кБк

$$C_{S\text{ВВР}} = 172 \text{ т} \cdot 10 \text{ Бк/кг} \cdot 1000 = 1720 \text{ кБк}$$

$$C_{S\text{гВВР}} = 172 \text{ т} \cdot 1 \text{ Бк/кг} \cdot 1000 = 172 \text{ кБк}$$

3. Накопичення в рибі (коропі)

$$C_{R-n, \text{риба}} = F \cdot \gamma \cdot m \cdot c;$$

F - поверхня водного дзеркала, га; m - маса риби, кг;

γ - густина посадки риби, шт/га;

c - концентрація радіонуклідів в рибі, Бк/кг;

$$C_{Cs\text{риба}} = 86,0 \text{ га} \cdot 100 \text{ шт/га} \cdot 3 \text{ кг} \cdot 11 \text{ Бк/кг} = 283,8 \text{ кБк}$$

$$C_{Sr\text{риба}} = 86,0 \text{ га} \cdot 100 \text{ шт/га} \cdot 3 \text{ кг} \cdot 2 \text{ Бк/кг} = 51,6 \text{ кБк}$$

4. Вміст радіонуклідів в завислих речовинах.

$$C_{R\text{-зависі}} = W \cdot m \cdot c;$$

$$C_{Cs\text{зависі}} = 2\,000\,000 \text{ м}^3 \cdot 2 \text{ г/м}^3 \cdot 10^{-3} \cdot 10,0 \text{ Бк/кг} = 400 \text{ Бк}$$

$$C_{Sr\text{зависі}} = 2\,000\,000 \text{ м}^3 \cdot 2 \text{ г/м}^3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 \text{ Бк/кг} = 40 \text{ Бк}$$

5. Сумарний вміст радіонуклідів в водному середовищі.

$$C_{R\text{-залишок}} = C_{R\text{-мул}} + C_{R\text{-ВВР}} + C_{R\text{-риба}} + C_{R\text{-зависі}}$$

$$C_{\text{Взалишок}} = 50\,000 \text{ кБк} + 1720 \text{ кБк} + 283,8 \text{ кБк} + 40,0 \text{ кБк} = 52\,043,8 \text{ кБк}$$

$$C_{Sr\text{залишок}} = 5\,000 \text{ кБк} + 172 \text{ кБк} + 51,6 \text{ кБк} + 4,0 \text{ кБк} = 5\,227,6 \text{ кБк}$$

5. Сумарний баланс.

$$C_{R\text{-баланс}} = (C_{R\text{-прихід}} - C_{R\text{-витрата}}) + C_{R\text{-залишок}}$$

$$C_{Cs\text{баланс}} = (122\,509,6 \text{ кБк} - 82\,000 \text{ кБк}) + 52\,043,8 \text{ кБк} = 40\,509,6 \text{ кБк}$$

$$C_{Sr\text{баланс}} = (183\,729,2 \text{ кБк} - 125\,000 \text{ кБк}) + 5\,227,6 \text{ кБк} = 10\,729,2 \text{ кБк}$$

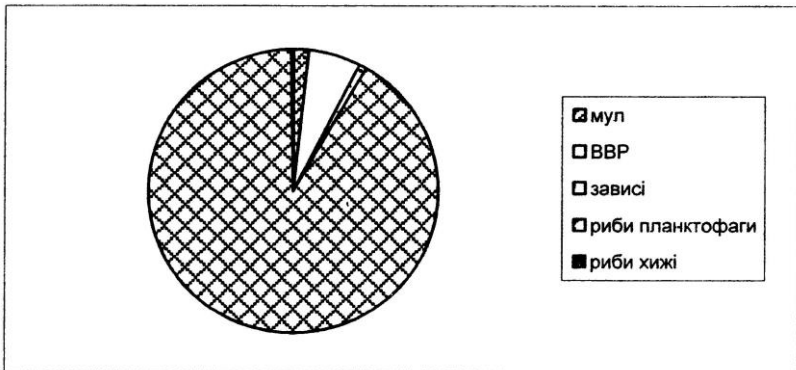


Рис.4. Колова діаграма розподілу ¹³⁷Cs у ставу с. Верхів

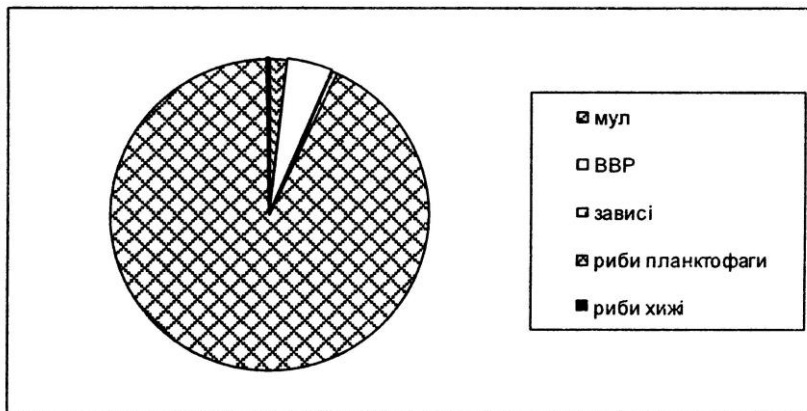


Рис.4. Колова діаграма розподілу ^{90}Sr у ставу с. Верхів

Рекомендована література

1. Гродзінський Д. М. Радіобіологія. К. : Либідь, 2001. 448 с.
2. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем: (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління) : навчальний посібник. Рівне : ППФ «Волинські береги», 1999. т. I. 390 с.
3. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем: (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління) : навчальний посібник / Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В., Волкова Л. А. Рівне : ППФ «Волинські береги», 1999. т. 2. 198 с.
4. Гриб Й. В., Кленус В. С. Формирование гидроэкологической ситуации в озерах Волынского Полесья после Чернобыльской аварии. *Гидробиологический журнал*. №2 (т.39). К., 2003. 307 с.
5. Основы сельскохозяйственной радиологии / Пристер Б. С., Лоцилов Н. А., Немец О. Ф., Поярков В. А. К. : Урожай, 1991.
6. Вплив радіонуклідного забруднення на гідробіонти зони відчуження : зб. наукових праць. К. : Чорнобиль-інтерінформ, 2001. 319 с.
7. Радіаційна безпека життєдіяльності. Житомир, 2002. 307 с.