

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ ІНСТИТУТ
ДЕРЖАВНОГО ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра «Екологія та
безпека життєдіяльності»**

Конспект лекцій

з дисципліни «Радіаційна екологія»

Розробив: ст. викладач Кутовий В.О.

Горлівка-2012

Лекція №1. ВВЕДЕННЯ В ДИСЦИПЛІНУ «РАДІАЦІЙНА ЕКОЛОГІЯ»	
1.1 Радіаційна екологія як наука.....	4
1.2 Термінологія в галузі радіаційної екології.....	4
1.3 Види ІВ та величини, що їх характеризують.....	8
Лекція №2. ОСНОВИ РАДІОМЕТРІЇ І ДОЗИМЕТРІЇ	12
2.1 Методи виявлення іонізуючих випромінювань.....	12
2.2 Групи дозиметричних приладів.....	12
2.3 Умовні позначення у маркуваннях приладів.....	13
Лекція №3. БІОЛОГІЧНА ДІЯ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ	15
3.1 Променева хвороба людини.....	18
3.2 Особливості дії іонізуючого випромінювання на організм людини в порівнянні з дією інших видів енергії.....	19
ЛЕКЦІЯ № 4 . ЗАГАЛЬНІ ЗАЛЕЖНОСТІ РОЗПОДІЛЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ	22
4.1 Розсіяння і поширення радіонуклідів у довкіллі.....	22
4.2 Осідання радіонуклідів і їх рециркуляція в організмі.....	24
Лекція №5. НОРМИ І ПРАВИЛА РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ	26
5.1 Основні поняття.....	26
5.2 Захист робочих місць від джерел іонізуючого випромінювання.....	27
5.3 Умови проектування захисту від зовнішнього іонізуючого випромінювання.....	30
5.4 Права і обов'язки персоналу по захисту від іонізуючих випромінювань.....	31
5.4.1 Обов'язки адміністрації.....	29
5.4.2 Обов'язки начальників служб, змін і відділів.....	30
5.4.3 Правила проведення робіт в зоні строго режиму підприємства.....	30
5.5 Засоби індивідуального захисту.....	31
5.6 Медико-гігієнічні заходи, що проводяться при аварійних ситуаціях на об'єктах атомної енергетики.....	32
5.7 Організація дозиметричного контролю на підприємстві.....	33
Лекція №6. РАДІАЦІЙНА ГІГІЄНА І САНІТАРІЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ	35
6.1 Загальні вимоги до проведення робіт з радіоактивними речовинами.....	35
6.2 Радіаційно-гігієнічна оцінка будівельних матеріалів.....	36
6.3 Права і обов'язки служб радіаційного контролю.....	38
6.4 Структура і штати служб РК.....	40
6.5 Матеріальна база служб РК.....	41
Лекція № 7. ЗБИРАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ	43
7.1 Транспортування радіоактивних матеріалів.....	43
7.2 Збирання і захоронення радіаційних відходів.....	45

Лекція №8. ДЕЗАКТИВАЦІЯ ПОВЕРХОНЬ, ЗАРАЖЕНИХ РАДІОАКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ	47
8.1 Способи дезактивації.....	47
8.2 Речовини і розчини, що дезактивують.....	49
8.3. Способи дезактивації води.....	49
8.4 Очищення повітря від РН.....	51
ЛІТЕРАТУРА	53

ЛЕКЦІЯ №1. ВВЕДЕННЯ ДО ДИСЦИПЛІНИ «РАДІАЦІЙНА ЕКОЛОГІЯ»

1.1 Радіаційна екологія як наука

Життя на нашій планеті завжди розвивалося за наявності природного радіаційного фону. Радіоактивне випромінювання - це не щось нове, створене розумом людини, а явище, яке існувало завжди. Нове, що створила сама людина, - це додатковий радіаційний вплив, якого ми зазнаємо, наприклад, під час рентгенівського обстеження, протягом польоту в літаку на великій висоті, при випаданні радіоактивних атмосферних опадів після випробування ядерної зброї або внаслідок роботи (аварії) атомних реакторів. На відміну від таких забруднювачів навколишнього середовища, як дим, продукти згорання, отруйні хімічні речовини, пестициди, важкі метали і т.п., що з'явилися в значній кількості в результаті діяльності людини, радіація була завжди. При цьому радіація значно відрізняється від інших видів забруднення навколишнього середовища, і ця відмінність виявилася життєво важливою.

По-перше, до багатьох забруднювачів біологічні системи адаптуються, і їх дія послаблюється. По-друге, відмінність радіоактивних речовин (РР) від отруйних хімічних речовин полягає в можливості їх впливу внаслідок іонізуючого випромінювання (ІВ) не тільки всередині організму, але й дистанційно (на відстані), а також в неможливості припинення цього випромінювання при будь-яких хімічних реакціях РР. По-третє - у тривалості дії РР і накопиченні дози опромінення протягом певного часу.

В умовах широкого застосування ядерної енергії перед фахівцями всіх категорій і рангів стоїть завдання серйозної підготовки в галузі радіаційної безпеки, вивчення критеріїв оцінки радіоактивного випромінювання як шкідливого фактору впливу на людей і об'єкти навколишнього середовища, в одержанні потрібних знань з радіоекології, які дозволять у практичній діяльності організувати роботу й керувати підлеглими так, щоб гарантувати безпеку, зберегти здоров'я і працездатність людини в умовах радіоактивного забруднення навколишнього середовища, сировини і продуктів харчування.

Слово «екологія» утворене від грец. «ойкос», що означає «будинок, житло». Звичайно екологію визначають як науку, що вивчає взаємозв'язок між живими організмами та їхнім життєвим середовищем.

Радіоекологія - розділ екології, який вивчає вплив іонізуючого випромінювання на навколишнє середовище, накопичення радіоактивних речовин організмами та їх міграцію в біосфері, визначаючи способи захисту людини від шкідливих наслідків, пов'язаних з радіоактивним забрудненням різних екологічних систем.

1.2 Термінологія в галузі радіаційної екології

Радіоактивність – це самовільне перетворення атомів нестійких (радіоактивних) елементів в інші елементи з випусканням іонізуючих випромінень.

Іонізуюче випромінення (далі ІВ)– це любий вид випромінення, взаємодія якого з навколишнім середовищем призводить до утворення в нейтральних молекулах іонів різних знаків. Іонізуючі випромінення поділяються на 2 групи:

1. Корпускулярні (α -, β - і n^0 - (нейтронне) випромінення).
2. Електромагнітні (γ - і R - (рентгенівське) випромінення).

Період напіврозпаду – це час, протягом якого розпадається половина атомів даного радіоактивного елементу.

Наприклад, радіоізоотоп ^{90}Sr має період напіврозпаду $T_{1/2} = 28$ років. Якщо його початкова активність складала $A=1$ Кі, то через 28 років вона складатиме $A=0,5$ Кі, через 56 років $A=0,25$ Кі і т.д.

Біологічний період напіввиведення T_b – це час, протягом якого людський організм самостійно виведе половину радіонуклідів, що попали в нього.

Ефективний період напіввиведення T_{ef} – це сукупність періоду напіврозпаду і біологічного періоду напіввиведення

$$T_{ef} = (T_{1/2} \cdot T_b) / (T_{1/2} + T_b). \quad (1.1)$$

Нуклід – вид атомів хімічних елементів з даною кількістю протонів і нейтронів в ядрі.

Радіонуклід – вигляд атомів радіоактивних елементів з даною кількістю протонів і нейтронів в ядрі.

Ізотоп – різновид атомів одного і того ж елементу, що відрізняється кількістю нейтронів в ядрі.

Природний фон випромінювання – еквівалентна доза випромінювання, що створюється в живих організмах природними (земними або космічними) об'єктами.

Примітка: для Донецької області – нормальний радіаційний фон або потужність еквівалентної дози випромінювання не повинен перевищувати в приміщеннях величини $P_H = 0,30$ мкЗв/год.

Безпосередньо іонізуюче випромінювання - випромінювання, що складається із заряджених часток, які мають енергію, що є достатньою для іонізації при зіткненні з сусідніми молекулами. До них належать α – і β – випромінювання.

Побічно іонізуюче випромінення - випромінювання, що складається із незаряджених часток, здатних при зіткненні з молекулами викликати ядерні перетворення і утворювати безпосередньо іонізуючі випромінювання (γ -, рентгенівське і нейтронне випромінювання).

Характеристичне випромінювання - це фотонне випромінювання (γ - і рентгенівське) з дискретним спектром, яке викликає зміну енергетичного стану атома.

Гальмівне випромінювання – фотонне випромінювання, що виникає при зменшенні кінетичної енергії заряджених часток.

Анігіляційне випромінювання – виникає при взаємознищенні часток з протилежними зарядами.

Моноенергетичне випромінювання – складається з фотонів або заряджених часток з однаковою енергією.

Керма випромінювання – відношення суми початкових кінетичних енергій всіх заряджених часток, що утворилися фотонним випромінюванням в елементарному об'ємі речовини до маси речовини в цьому об'ємі

$$K = dE_k/dm. \quad (1.2)$$

Альbedo випромінювання - відношення суми часток, що утворилися на границі розділу двох середовищ до загальної кількості часток.

Флюєнс часток (перенесення заряджених часток) – відношення кількості заряджених часток, що проникли в об'єм елементарної сфери до площі поперечного перетину цієї сфери

$$\Phi = d\omega/dS. \quad (1.3)$$

Енергетичний спектр випромінювання - розподіл іонізованих часток за їх енергіями.

Вузкий пучок випромінювання - це така геометрія випромінювання, при якій детектор фіксує лише нерозсіяне випромінювання.

Широкий пучок випромінювання - це така геометрія випромінювання, при якій детектор фіксує розсіяне і не розсіяне випромінювання.

Потік іонізуючих часток – відношення кількості заряджених часток, що проходять через дану поверхню за інтервал часу до величини цього інтервалу часу

$$F = dN/dt. \quad (1.4)$$

Щільність потоку часток – відношення потоку часток в об'ємі елементарної сфери до площі поперечного перетину цієї сфери

$$\varphi = dF/dS. \quad (1.5)$$

Лінійна передача енергії - відношення енергії, переданої зарядженими частками довкіллю на відстані L до величини цієї відстані

$$LPE = dE/dl. \quad (1.6)$$

Півстолітня очікувана доза – очікувана ефективна еквівалентна доза випромінювання в усьому тілі або у конкретному органі, яка накопичиться за 50

років в організмі людини з моменту потрапляння радіонуклідів в організм людини

$$H_{50} = \int_{t_0}^{t_0+50} H_{E,T}(t) dt \quad (1.7)$$

Колективна еквівалентна доза - сума індивідуальних еквівалентних доз, отриманих даною групою людей

$$S = \sum_{i=1}^{\infty} H_i \cdot P_i \quad (1.8)$$

Шар половинного послаблення, $d_{1/2}$ – така товщина даного матеріалу, яка ослабить енергію випромінювання удвічі (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Товщина шару половинного ослаблення для різних матеріалів

№ п/п	Найменування матеріалу	Густина, $г/см^3$	Товщина шару половинного ослаблення, см		
			для нейтронів	для γ - випромінювання	
				на зараженій місцевості	для ядерного вибуху
1	Вода	1	2,7	13,0	23,0
2	Деревина	0,7	9,7	19,0	33,0
3	Ґрунт	1,6	12,0	7,2	13,0
4	Цегла	1,6	10,0	8,4	14,4
5	Бетон	1	12,0	5,6	10,0
6	Сталь, залізо	7,8	11,5	1,8	3,0
7	Свинець	11,3	12,0	1,3	2,0
8	Поліетилен	0,95	2,7	14,0	24,0
9	Склопластик	1,7	4,0	8,0	12,0
10	Скло	1,4	11,0	9,3	16,5
11	Лід	0,9	3,0	14,5	26

Довжина релаксації - така товщина матеріалу, яка ослабить енергію випромінювання в e разів

$$l = \frac{d_{1/2}}{0,693} \quad (1.9)$$

Закрите джерело випромінювання - таке джерело випромінювання, кон-

струкція якого виключає попадання радіоактивних речовин до довкілля в процесі роботи або у міру зносу.

Відкрите джерело випромінювання - таке джерело випромінювання, конструкція якого не виключає попадання радіоактивних речовин до довкілля в процесі роботи або у міру зносу.

Зразкове джерело випромінювання - джерело випромінювання, яке призначене для перевірки по ньому інших джерел або приладів.

γ – **постійна** – відношення добутку потужності експозиційної дози на відстані l від джерела на квадрат цієї відстані до його активності

$$l = \frac{x \cdot l^2}{A} \quad (1.10)$$

γ – **еквівалент** – відношення добутку повітряної керми фотонного випромінювача на відстані l від джерела x на квадрат цієї відстані до його активності

$$\Gamma_{\delta} = \frac{K \cdot l^2}{A} \quad (1.11)$$

Керма - еквівалент джерела - добуток потужності повітряної керми фотонного випромінювача на відстані l від джерела у вакуумі на квадрат цієї відстані.

$$K_e = K \cdot l^2 \quad (1.12)$$

Мінімально значуща активність (МЗА) – це найменша активність джерела на робочому місці, за якої проведення робіт можливе лише за наявності дозволу органів Держатомнагляду.

1.3 Види ІВ та величини, що їх характеризують

Основними видами випромінювань є:

α – **випромінювання** – потік ядерних атомів гелію з двома позитивними зарядами



Проникаюча здатність α – випромінювання (пробіг в повітрі) не більше 11см. Проникаюча здатність (пробіг в біотканинах) декілька мікрометрів. Іонізуюча здатність (щільність іонізації) від 100 до 140 тис. пар іонів. Захист : одяг і будь-які матеріали.

β – **випромінювання** – потік позитивно або негативно заряджених часток. Пробіг в повітрі - декілька метрів. Пробіг в біотканинах - декілька міліметрів. Іонізуюча здатність 5-8 тис. пар іонів. Захист - одяг і матеріали з середньою і високою щільністю.

γ – **випромінювання** (і рентгенівське випромінювання) – короткохвильове електромагнітне (фотонне) випромінювання. Пробіг в повітрі - сотні метрів. Іонізуюча здатність складає 5-8 тис. пар іонів. Небезпечне, як джерело зовнішнього випромінювання. Захист : матеріали з високою щільністю.

Нейтронне випромінювання – потік незаряджених часток. Викликає в матеріалах наведену радіоактивність, тобто перетворення атомів нерадіоактивних елементів в радіоактивні γ – випромінюючі атоми. Пробіг у повітрі сотні метрів, у тканинах - десятки сантиметрів. Небезпечне, як джерело зовнішнього випромінювання. Захист : матеріали, що містять воду(вода, графіт, поліетилен).

Коефіцієнт якості випромінювання (коефіцієнт відносної біологічної ефективності) – це коефіцієнт, що показує в скільки разів більший біологічний збиток для здоров'я людини заподіє даний вигляд випромінювання в порівнянні з рентгенівським випромінюванням (за однакових умов).

Наприклад:

- для R - випромінювання $Q=1$;
- β - випромінювання $Q=1$;
- n^0 - випромінювання $Q=10$;
- α - випромінювання $Q=20$.

Активність радіоактивних елементів (A) – кількість атомів даного елемента, що розпадаються за одиницю часу (Бк - беккерель). 1 Бк= 1 розп./с.

$$A = \lambda \cdot N = \frac{0,693 \cdot N}{T_{\frac{1}{2}}}, \quad (1.13)$$

де λ – постійна розпаду даного елемента ;

N – кількість розпадів елемента за одиницю часу.

Об'ємна активність (A_v) – відношення активності елемента до його об'єму.

Питома активність (A_m) – відношення активності елемента до його маси.

Поверхнева активність (щільність радіоактивної зараженості об'єкту) (A_s) – кількість розпадів з одиниці поверхні (Ki/cm^2 , Бк/ m^2)

Поглинена доза випромінювання ((D (Гр, рад)) – відношення приросту енергії, що передана випромінюванням біотканині в елементарному об'ємі до маси біотканини в цьому об'ємі

$$D = d\omega/dt . \quad (1.14)$$

Експозиційна доза випромінювання ((X (Кл/кг, Р)) – відношення приросту сумарного заряду іона одного знаку, що утворився фотонами в елементарному об'ємі повітря до маси повітря в цьому об'ємі

$$X = dQ/dt . \quad (1.15)$$

1 Р – доза випромінювання, що отримана одиницею об'єму повітря, при якому у ньому утворюється 2,08 млрд. пар іонів.

Таблиця 1.2 – Основні дозиметричні величини та одиниці їх вимірювання

Фізичні величини	Одиниці вимірювання		Співвідношення між одиницями вимірювання
	в системі СІ	позасистемні	
1	2	3	4
Експозиційна доза, X	Кулон на кілограм ($Кл/кг$)	Рентген (P)	$1 Кл/кг = 3,88 \cdot 10^3 P$; $1 P = 2,58 \cdot 10^{-4} Кл/кг$; $1 P = 0,877 рад$ (у повітрі); $1 P = 0,93 рад$ (у біотканині).
Поглинена доза, D	Грей ($Гр$)	Рад ($рад$, $мрад$, $мкрад$)	$1 Гр = 1 Дж/кг = 100 рад$; $1 рад = 0,01 Гр$.
Еквівалентна доза, H	Зіверт ($Зв$)	Бер ($бер$, $мбер$, $мкбер$)	$1 Зв = 100 бер$; $1 бер = 0,01 Зв$.
Потужність експозиційної дози, P_x	Кулон на кілограм за секунду ($Кл/(кг \cdot c)$)	Рентген за секунду (P/c)	$1 Кл/(кг \cdot c) = 3,9 \cdot 10^3 P/c$; $1 P/c = 2,58 \cdot 10^{-4} Кл/(кг \cdot c)$; $1 P/год = 7,17 \cdot 10^{-8} А/кг = 10 мкКи/см^2$.
Потужність поглиненої дози, P_D	Грей за секунду ($Гр/c$)	Рад за секунду ($рад/c$)	$1 Гр/c = 100 рад/c$; $1 рад/c = 0,01 Гр/c$.
Потужність еквівалентної дози, P_H	Зіверт за секунду ($Зв/c$)	Бер за секунду ($бер/c$)	$1 Зв/c = 100 бер/c$; $1 бер/c = 0,01 Зв/c$.
Активність джерела, A	Бекерель ($Бк$)	Кюрі (Ki)	$1 Бк = 1 розп./c$; $1 Ki = 3,7 \cdot 10^{10} Бк = 3,7 \cdot 10^{10} розп./c$; $1 Бк = 2,7 \cdot 10^{-11} Ki$.
Поверхнева активність (щільність забруднення), A_S	Бекерель на квадратний метр ($Бк/м^2$)	Кюрі на квадратний метр ($Ki/м^2$)	$1 Бк/м^2 = 2,7 \cdot 10^{-11} Ki/м^2$; $1 Ki/м^2 = 3,7 \cdot 10^{10} Бк/м^2$; $1 Ki/км^2 = 2,2 \cdot 10^2 част./ (см^2 \cdot хв)$.
Питома активність, A_m	Бекерель на кілограм ($Бк/кг$)	Кюрі на кілограм ($Ki/кг$)	$1 Бк/кг = 2,7 \cdot 10^{-11} Ki/кг$; $1 Ki/кг = 3,7 \cdot 10^{10} Бк/кг$.
Об'ємна активність, A_V	Бекерель на кубічний метр ($Бк/м^3$)	Кюрі на кубічний метр ($Ki/м^3$)	$1 Бк/м^3 = 2,7 \cdot 10^{-11} Ki/м^3$; $1 Ki/м^3 = 3,7 \cdot 10^{10} Бк/м^3$; $1 Бк/м^3 = 2,7 \cdot 10^{-14} Ki/л$; $1 Ki/л = 3,7 \cdot 10^{13} Бк/м^3$.

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
Керма – еквівалент джерела, K_e	Грей на квадратний метр за секунду ($\text{Гр}\cdot\text{м}^2/\text{с}$)	Міліграм-еквівалент радію (мг-екв. Ra)	$1 \text{ нГр}\cdot\text{м}^2/\text{с} = 2 \text{ мг}\cdot\text{екв. Ra};$ $1 \text{ мг}\cdot\text{екв. Ra} = 0,5 \text{ нГр}\cdot\text{м}^2/\text{с}.$

Еквівалентна доза випромінювання (Н (Зв, бер)) – добуток поглиненої дози випромінювання на коефіцієнт якості даного виду випромінювання

$$H = D \cdot Q. \quad (1.16)$$

Лекція №2. ОСНОВИ РАДІОМЕТРІЇ І ДОЗИМЕТРІЇ

Радіометрія – це вимірювання потужності доз випромінювання, щільності радіоактивного забруднення об'єктів і концентрації радіонуклідів в різних пробах.

Дозиметрія – це вимірювання доз радіації, отриманої тілом, тканинами або окремими органами людини.

2.1 Методи виявлення іонізуючих випромінювань

В основу дії дозиметричних приладів покладені наступні методи виявлення радіоактивних речовин :

4. Фотографічний – полягає в здатності іонізуючих випромінювань викликати почорніння фотоемульсії. Наприклад- індивідуальний дозиметр ІФКУ.

4. Хімічний – заснований на здатності іонізуючих випромінювань змінювати оптичну щільність розчинів. Наприклад- індивідуальний дозиметр ДП-70М.

3. Сцинтиляційний – заснований на здатності деяких хімічних з'єднань випускати під дією радіації спалахи видимого світла :

а) фотолюмінесцентний, наприклад- індивідуальний дозиметр ІД-11;

б) термолюмінесцентний, наприклад- індивідуальний дозиметр ДПС-11.

4. Іонізаційний – заснований на здатності іонізуючих випромінювань підвищувати електропровідність середовища. Наприклад- рентгенметр «Белла».

Іонізаційна камера – замкнутий об'єм повітря, в якому знаходяться два електроди з підведеною до них напругою.

Газорозрядний лічильник – це металевий або скляний циліндр, корпус якого є негативним електродом; уздовж його осі на ізоляторах протягнута тонка проволочка (позитивний електрод), а внутрішній простір заповнений сумішшю інертних газів.

5. Трековий – заснований на здатності важких заряджених часток залишати сліди в твердих ізоляторах уздовж траєкторії свого руху. Наприклад, прилади «Діна», «Дісней».

6. Активаційний – заснований на здатності деяких хімічних елементів випускати частки під дією нейтронних випромінювань. Наприклад, прилади «Аїда», «Асіда».

4.1 Групи дозиметричних приладів

За призначенням дозиметричні прилади діляться на наступні групи :

1. Індикатори радіоактивності (рентгенметри). Призначення : вимірювання потужності експозиційної дози (рівня радіації на місцевості). Фіксують γ - і R -випромінювання. До них належать, наприклад, прилади СРП-88Н, «Бела», «Кадмій».
2. Радіометри. Призначення – для вимірювань питомої, об'ємної або поверхне-

вої активності різних об'єктів. Фіксують α - або β -випромінювання. Наприклад, прилад «Бета», «Альфа-РАД».



Рисунок 2.1 –Блок-схема дозиметричних приладів

3. Радіометри – рентгенметри. Призначення – вимірювання рівня радіації на місцевості і щільності радіоактивного зараження різних об'єктів. Наприклад, прилади ДП-5А, ДП-5Б, ДП-В, ДП-ВБ, ІМД-5, МКС-05 «Інспектор», «Припять», «Стора». Фіксують γ - та ($\gamma + \beta$)- випромінювання.

4. Індивідуальні дозиметри. Призначення – вимірювання доз радіації, отриманих людьми. Наприклад, дозиметри ДК-02, ДКП-50А, ІД-1, ІФКУ, ДПС-11, ІД-11, ДКГ-21).

5. Багатофункціональні прилади. Призначення – вимірювання не менше трьох параметрів, пов'язаних з радіацією (СІЧ-05, СІЧ-08, «Терра-05П», МКС-07 «Пошук», КАТЗРК «Орешник».

4.1 Умовні позначення у маркуванні приладів

Перша буква у маркуванні означає вид приладу:

Д – дозиметр;

Р – радіометр;

З – спектрометр;

БД – блок детектування;

УД – устрій детектування.

Друга буква у маркуванні означає вимірювану величину:

- Д – поглинена доза випромінювання;*
- М – потужність поглиненої дози випромінювання;*
- Е – експозиційна доза фотонного випромінювання;*
- Р – потужність експозиційної дози фотонного випромінювання;*
- В – еквівалентна доза випромінювання;*
- Б – потужність еквівалентної дози випромінювання;*
- Ф – потік енергії іонізуючого випромінювання;*
- Н – щільність потоку енергії іонізуючого випромінювання;*
- Т – перенесення енергії іонізуючого випромінювання;*
- И – активність радіонукліда в джерелі;*
- В – питома активність радіонукліда;*
- Г – об'ємна активність радіонукліда в газі;*
- Ж – об'ємна активність радіонукліда в рідині;*
- А – об'ємна активність радіоактивного аерозоля;*
- З – поверхнева активність об'єкту;*
- К – дві і більш вимірювані величини;*
- Ч – почасовий розподіл іонізуючого випромінювання;*
- Є – енергетичний розподіл іонізуючого випромінювання.*

Третя буква означає вид іонізуючого випромінювання :

- А – α – випромінювання;*
- Б – β – випромінювання;*
- Г – γ – випромінювання;*
- Р – рентгенівське випромінювання;*
- П – протонне випромінювання;*
- Т – важкі заряджені частки;*
- Х – інші випромінювання;*
- З – змішане випромінювання.*

Перша група цифр означає модель приладу.

Друга група цифр означає номер конструкторської розробки.

*Наприклад, ДЕРГ – це дозиметр експозиційної дози **Р**- і γ – випромінювання.*

ЛЕКЦІЯ №3. БІОЛОГІЧНА ДІЯ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ

Розрізняють наступні види дії радіації на живі організми:

1. Зовнішнє опромінення на все тіло людини. Може викликати променеву хворобу, катаракту, епіляцію, стерилізацію.
2. Внутрішні опромінення внутрішніх органів. Може викликати різні ракові захворювання.
3. Контактні опромінення шкіри і волосяного покриву. Може викликати радіаційні опіки шкіри, епіляцію.

Розрізняють два види дії іонізуючих випромінюванні на живі клітини :

1. Хімічна дія – полягає в радіолізі рідини усередині кліток і утворення вільних радикалів ОН \cdot .
2. Фізична дія – полягає в іонізації молекул білка, що приводить до порушень внутріклітинного харчування і в порушеннях процесу регенерації кліток.

Біологічна дія радіації на людину може виявлятися у вигляді наступних наслідків :

1. Соматичні наслідки – променева хвороба або променеві локальні ураження внутрішніх органів.
2. Соматико-стохастичні наслідки – скорочення тривалості життя, раннее старіння організму, опухліві захворювання.
3. Генетичні наслідки – поломка генетичного коду, народження дітей і внуків із спадковими захворюваннями.

Радіочутливість органів людини характеризується тканинним зважуючим коефіцієнтом W_T . Його значення для різних органів наведені в табл.3.1.

Таблиця 3.1-Значення коефіцієнтів W_T для різних органів і тканин організму людини

Орган і тканина	W_T	Орган і тканина	W_T
Гонади	0,20	Печінка	0,05
Червоний кістковий мозок	0,12	Стравохід	0,05
Товста кишка	0,12	Щитовидна залоза	0,05
Легені	0,12	Шкіра	0,01
Шлунок	0,12	Кісткова тканина	0,01
Сечовий міхур	0,05	Інші органи	0,05

У чоловіків при дозі в 3 грея настає тимчасова стерилізація. При дозі в 4 грея – до 2 років. У жінок при дозі в 3 грея – тимчасове безпліддя.

Чинники, що здатні знизити нижній поріг дози :

1. Перенесені раніше інфекційні захворювання.
2. Обширні опікові ураження.
3. Випромінювання з великим коефіцієнтом ЛПЕ.

Чинники, здатні підвищити нижній поріг дози :

1. Молодий вік людини.
2. Стать людини.
3. Психологічний стан людини.
4. Вид випромінювання (локальне або таке, що слабо проникає).

3.1 Променева хвороба людини

Променева хвороба людини може бути 2 видів:

1. **Гостра променева хвороба** – виникає при здобутті великих доз радіації за короткий проміжок часу (аварійні ситуації).
2. **Хронічна променева хвороба** – виникає при здобутті малих доз радіації систематично протягом довгого часу (професійне опромінення).

Існує 3 форми гострої променевої хвороби :

1. Церебральна форма. Виникає при дозі зовнішнього опромінення на усе тіло людини $D = \geq 50 \text{ Gr}$ (не менше 5000 рад). Не виліковується.
2. Кишкова форма. Виникає при дозі зовнішнього опромінення на усе тіло людини $D = 10 \dots 50 \text{ Gr}$ ($1000 \dots 5000 \text{ рад}$). Не виліковується.
3. Кістково-мозкова форма. Виникає при дозі $D \leq 10 \text{ Gr}$ (до 1000 рад). Умовно виліковна.

В процесі перебігу променевої хвороби виділяють 4 етапи :

- 1 **етап** – проявлення перших ознак опромінення (тошнота, блювота, запаморочення, діарея, головний біль).
- 4 **етап** – латентний (прихований) період хвороби. Може тривати до трьох тижнів. При отриманні великих доз опромінення його може не бути.
- 4 **етап** – розпал хвороби. Спостерігається підвищення ламкості крово-носних судин). У важкій формі настає дегідратація, порушення діяльності вестибулярного апарату. Хворий відмовляється від їжі, в нього настає помутніння свідомості, він не впізнає близьких і родичів. Виникають важкі інфекційні ускладнення.
- 4 **етап** – результат хвороби. Хворий або помирає або одужує.

Розрізняють 4 ступені тяжкості кістково-мозкової променевої хвороби :

- 1 **ступінь** – легка, виникає при дозі опромінення $1 \dots 2 \text{ Gr}$. Виліковується за $1 \dots 2 \text{ місяці}$, відновлювальний період складає $2 \dots 4 \text{ місяці}$. Смертність – відсутня.
- 4 **ступінь** – захворювання середньої тяжкості, виникає при дозі опромінен-

ня 1-3 Гр. Виліковується за 2-3 місяці. Смертність до 20%.

4 ступінь – тяжка променева хвороба 3...5 Гр. Виліковується протягом 5...10 місяців. Смертність від 50 до 80%.

4 ступінь – важка променева хвороба, виникає при дозі опромінення 5-6 Гр. Смертність до 98%.

Середня летальна доза – доза випромінювання, отримана всім тілом людини, при якій протягом 30 діб помре 50% людей .

$${}^{50}L_{30} = 4,5\text{Гр} = 450\text{рад}.$$

Значення середніх летальних доз ${}^{50}LD_{30}$ для різних живих істот складають, (Зв):

- а) дрозоділи – 600;
- б) равлики – 100;
- в) черепахи – 15;
- г) кури – 10;
- д) щури – 7,5;
- є) свині і кози - 2,5.

Примітка: Бактерії, знайдені у воді, що омиває ядерний реактор у Лос-Анджелосі, при дозі 10000Зв не тільки не гинуть, а продовжують розмножуватися, харчуючись смолою іонообмінних фільтрів.

Абсолютна смертельна доза – це доза випромінювання, що отримана всім тілом людини, при якій протягом 30 діб помре 98% людей

$${}^{100}L_{30} = 6\text{Гр} = 600\text{рад}.$$

3.2 Особливості дії іонізуючого випромінювання на організм людини в порівнянні з дією інших видів енергії

До особливостей дії можна віднести:

1. Відсутність зовнішніх ознак дії.
2. Наявність латентного періоду.
3. Кумулятивність дії радіації.
4. Різна радіочутливість різних живих організмів.
5. Різна радіочутливість внутрішніх органів людини.
6. Наявність віддалених наслідків опромінення.
7. Велику уражаючу здатність в порівнянні з іншими видами енергії при однаковій витраті енергії.
8. Вибірковість відкладення РН у внутрішніх органах при внутрішньому опроміненні. Місця відкладення РН в організмі людини представлені в табл.3.1.

Радіонукліди мають різну радіотоксичність (див. табл.3.3), яка залежить від наступних чинників :

1. Від середньої енергії випромінювання, переданої при одному розпаді атома. Наприклад, поглинена доза при розпаді одного атома ^{14}C з енергією одного розпаду $E = 0,053 \text{ MeV}$ буде набагато менша порівняно з дозою, створеною при одному розпаді ^{32}P , середня енергія β - випромінювання якого складає $0,68 \text{ MeV}$.

Таблиця 3.1-Місця відкладення радіонуклідів в організмі людини

Група РН	Місце відкладення РН в організмі	Позначення РН
1	Переважає у кістках	K, Ba, Pu, Sr, C, Ra, Zr, Y, P, Th, Ca
2	У печінці	Ce, La, Pm
3	У щитовидній залозі	I
4	У м'язах і м'яких тканинах	Rb, Cs, Ra, Co
5	У шлунко-кишковому тракті	Na, K, ^3H , Po
6	У нирках	Ru, Po
7	У селезінці і лімфатичних вузлах	Ru, Nb
8	Відносно рівномірно всюди	^3H , C, Fe, Po

2. Від виду іонізуючого випромінювання. Наприклад променеве ураження від α – випромінювання ^{131}I з коефіцієнтом $Q = 20$ буде більшим порівняно з β – випромінюванням ^{90}Sr з коефіцієнтом $Q = 1$.

3. Від шляху попадання радіонукліду до організму людини :

- інгаляційний шлях (через органи дихання);
- пероральний (через шлунково-кишковий тракт);
- через шкіру.

Найбільш небезпечним є надходження РН при вдиханні повітря. Засвоєння через ушкоджену шкіру у 200-300 разів менше, ніж через ШКТ, і не має істотно-го значення порівняно з цими двома шляхами.

Таблиця 3.3- Групи радіотоксичності радіонуклідів

Група радіотоксичності	Ступінь радіотоксичності	МЗА, <i>мкКи</i>	Позначення РН
А	Дуже високотоксичні	0,1	^{210}Po , ^{226}Ra , ^{232}U , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{210}Pb
Б	Високотоксичні	1	^{90}Sr , ^{131}I , ^{224}Ra , ^{235}U
В	Середньотоксичні	10	^{45}Ca , ^{89}Sr , ^{137}Cs , ^{32}P , ^{42}K , ^{60}Co , ^{24}Na
Г	Малотоксичні	100	^3H , ^{14}C , ^{55}Fe , ^{69}Zn , $^{131}\dots^{136}\text{Cs}$

4. Від критичного органу, в якому переважно накопичується даний елемент. Критичні органи об'єднуються в 3 групи :

- гонади (органи сечостатевої системи), червоний кістковий мозок, кришталік ока ;

- б) щитовидна залоза, молочні залози, легені і шкіра;
- в) всі інші внутрішні органи, кістки і жирова тканина.

Опромінення органів першої групи у 10 разів небезпечніше, ніж опромінення легень, а опромінення сухожилів менш шкідливе, ніж м'язів.

5. Від часу знаходження РН в організмі, що залежить від T_{ef} :

- а) радіонукліди ^{14}C , ^3H , ^{24}Na виводяться з організму через декілька діб,
- б) радіонукліди ^{131}I , ^{90}Sr , ^{239}Pu – майже не виводяться.

Доза внутрішнього опромінення, яка створюється α - і β - випромінюваннями у даному органі за час t з моменту надходження до нього може бути розрахована за наступною формулою

$$D = 73 \cdot E \cdot C_0 \cdot T_{ef} \cdot [(1 - e^{(-0,693 \cdot t) / T_{ef}})], \quad (3.1)$$

де E - ефективна енергія α - або β - випромінювання на один розпад РН, MeV ;

C_0 - початкова концентрація РН у критичному органі (мкКі/г);

T_{ef} - ефективний період напіввиведення РН (години);

t - час знаходження радіонуклідів в органах (години).

ЛЕКЦІЯ № 4 . ЗАГАЛЬНІ ЗАЛЕЖНОСТІ РОЗПОДІЛЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ

4.1 Розсіяння і поширення радіонуклідів у довкіллі

Шляхи дії газоподібних і рідких радіоактивних відходів АЕС на людину зображені на рис.4.1

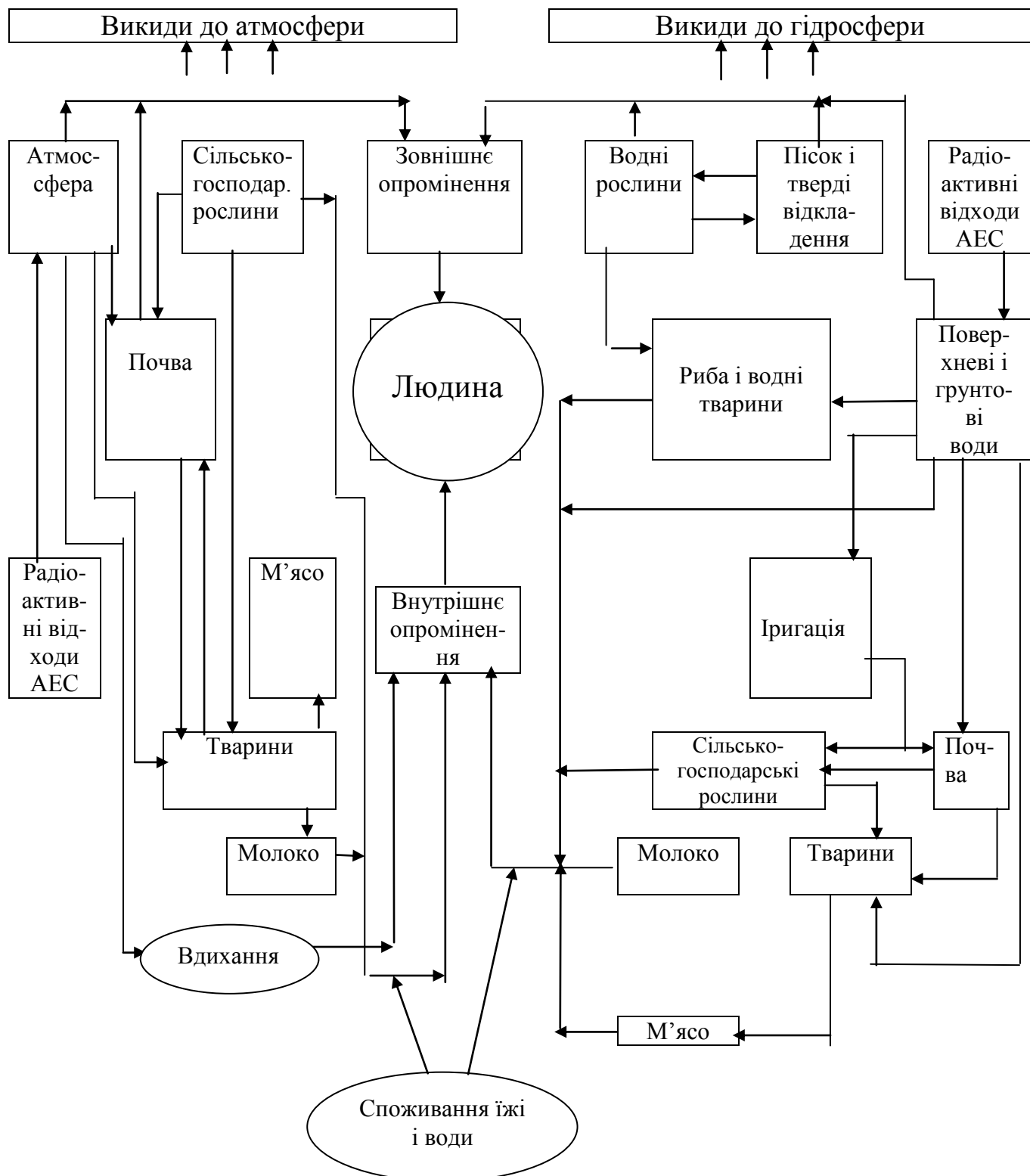


Рисунок 4.1 – Шляхи дії газоподібних і рідких радіоактивних відходів АЕС на людину

Джерелами забруднення довкілля радіонуклідами є :

1. Уранова промисловість.
2. Ядерні реактори.
3. Теплові електростанції.
4. Радіохімічна промисловість.
5. Місця поховань радіоактивних відходів.
6. Використання радіонуклідів в медицині, наукових дослідженнях і на різних підприємствах.
7. Ядерні вибухи.
8. Радіаційні аварії.

Викиди радіонуклідів і їх концентрація в атмосфері в районі розміщення теплоелектростанції потужністю 1 ГВт наведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1- Викиди радіонуклідів і їх концентрації в атмосфері у районі розміщення теплової електростанції потужністю 1 ГВт

Позначення РН	Концентрація в повітрі		Щільність забруднення місцевості	
	$\cdot 10^{-5} \text{ Бк/м}^3$	$\cdot 10^{-18} \text{ Ки/км}^2$	$\cdot 10^7 \text{ Бк/м}^2$	$\cdot 10^5 \text{ Ки/км}^2$
^{210}Pb	15	4,0	115	31
^{40}K	-	-	383	105
^{232}Th	6,3	1,7	9,0	19
^{228}Ra	41	1,1	9,3	21,5
^{226}Ra	6,3	1,7	3,9	10,5
^{210}Po	4,4	3,9	70	19

В межах забрудненої території виділяються наступні зони:

Зона А - зона посиленого радіоекологічного контролю, де зараженість радіонуклідами складає:

$$A_S(^{137}\text{C}_S) = 1 \dots 5 \text{ Ки} / \text{км}^2$$

$$A_S(^{90}\text{S}_R) = 0,02 \dots 0,15 \text{ Ки} / \text{км}^2.$$

Зона Б - зона гарантованого добровільного відселення:

$$A_S(^{137}\text{C}_S) = 5 \dots 15 \text{ Ки} / \text{км}^2$$

$$A_S(^{90}\text{S}_R) = 0,15 \dots 3 \text{ Ки} / \text{км}^2$$

$$A_S(^{239}\text{P}_u) = 0,01 \dots 0,1 \text{ Ки} / \text{км}^2.$$

Зона В - зона обов'язкового відселення:

$$A_S(^{137}C_S) \succ 15 \text{Ки} / \text{км}^2$$

$$A_S(^{90}S_R) \succ 3 \text{Ки} / \text{км}^2$$

$$A_S(^{239}P_u) \succ 0,1 \text{Ки} / \text{км}^2.$$

Зона Г - зона відчуження.

Швидкість поширення радіонуклідів в довкіллі залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря (СВСП), яка може бути 3-х видів:

1. **Інверсія** – це поступове збільшення температури повітря з висотою., тобто рівноважний стан атмосфери, який буває тільки уночі.

2. **Ізотермія** - це приблизна рівність температур шарів повітря, що буває у похмуру погоду як удень, так і уночі. При цьому має місце відносно невелике перемішування шарів повітря поміж собою по висоті.

3. **Конвекція** - інтенсивний рух теплого повітря вгору, а холодного – вниз, що буває тільки удень при ясній сонячній погоді. При цьому спостерігається інтенсивне перемішування шарів повітря поміж собою.

Визначається СВСП за допомогою температурного градієнта і швидкості повітря в приземному шарі повітря за формулою

$$\Delta t^\circ = t_{50}^0 - t_{200}^0 ; \quad (4.1)$$

де Δt° – температурний градієнт, град;

t_{50}^0 – температура повітря, виміряна на висоті 50см від землі, см;

t_{200}^0 - температура повітря, виміряна на висоті 200см від землі, см.

4.2 Осідання радіонуклідів і їх рециркуляція в організмі

Природний вміст деяких радіонуклідів у тілі людини і об'єктів довкілля наведений у табл.4.2.

Таблиця 4.2 - Природний вміст деяких радіонуклідів у тілі людини і в об'єктах довкілля

№ п/п	Місце відкладення РН	Одиниця вимірювання	Питома або об'ємна активність		
			^{226}Ra	^{40}K	^{210}Po
1	2	3	4	5	6
1	Тканини і органи людини	мкКи/г	$0,05 \dots 5,4 \cdot 10^{-9}$	$0,25 \dots 2,48 \cdot 10^{-6}$	$0,4 \dots 10 \cdot 10^{-9}$
2	Продукти харчування	мкКи/г	$0,1 \dots 9,6 \cdot 10^{-9}$	$0,6 \dots 10 \cdot 10^{-6}$	$1 \dots 23 \cdot 10^{-9}$

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
3	Повітря	мкКі/л	$7 \cdot 10^{-9}$	-	$0,02 \dots 0,2 \cdot 10^{-9}$
4	Вода відкритих водойм	мкКі/л	$0,03 \dots 3 \cdot 10^{-6}$	$7,7 \dots 13 \cdot 10^{-6}$	-
5	Ґрунт	мкКі/г	$1 \cdot 10^{-6}$	$0,08 \dots 2,4 \cdot 10^{-5}$	$1 \dots 5 \cdot 10^{-6}$

В Україні діють "Допустимі норми вмісту радіонуклідів $^{90}\text{S}_R$, $^{137}\text{C}_S$ в продуктах харчування на питній воді " ТДР-97. У відповідності до них активність добового раціону складає:

$$^{137}\text{C}_S \leq 210 \text{Бк} / \text{добу}$$

$$^{90}\text{S}_R \leq 35 \text{Бк} / \text{добу}.$$

Середня концентрація природних радіонуклідів в гірських породах наведена в табл.4.3.

Таблиця 4.3 - Середня концентрація природних радіонуклідів в гірських породах

№ п/п	Вид породи	Концентрація (Бк/кг)		
		^{238}U	^{232}Th	^{40}K
1	Граніти	59,2	81,4	999
2	Ґлини і сланці	44,4	48,1	870
3	Піщаники	25,9	7,0	118
4	Вапняки	17,4	7,0	89
5	Земна кора	28,9	33,3	654,9
6	Ґрунт	25,0	25,0	370

Відносний рівень радіоактивності будівельних матеріалів наведений в табл.4.4

Таблиця 4.4 - Відносний рівень радіоактивності будівельних матеріалів

Найменування матеріалу	$A_{\text{відн}}, \text{од.}^*$	Найменування матеріалу	$A_{\text{відн}}, \text{од.}^*$
Вапно	0,6	Ґлина	2,3
Цегла силікатна	1,0	Бетон	2,3
Пісок	1,2	Ґраніт	3,8
Цемент	1,9	Цегла червона	3,9

Примітка: * - За одиницю обрано рівень радіоактивності силікатної цегли.

Лекція №5. НОРМИ І ПРАВИЛА РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

5.1 Основні поняття

Радіаційна безпека – це комплекс інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних і організаційних заходів, що обмежують опромінення осіб з персоналу радіаційно-небезпечних об'єктів і населення, а також радіоактивне забруднення території до значень, яких можна досягти за допомогою доступних для суспільства засобів.

Норми радіаційної безпеки - система дозових меж і принципи їх застосування.

Радіаційний контроль - контроль за дотриманням вказаних норм, а також здобуття інформації про дози опромінення людей і про радіаційну обстановку в установах і в довкіллі. Він здійснюється службами радіаційного контролю РК.

Вказані нижче межі доз не ураховують дози від медичних процедур і від природних джерел. Все населення ділиться на 3 категорії опромінюваних осіб:

А - персонал радіаційно небезпечних об'єктів, що працюють з джерелами випромінюваннями.

Б - персонал радіаційно небезпечних об'єктів, що не працює з джерелом випромінювання але за умовами роботи знаходиться в зоні дії, а також населення проживає в 30 км. зоні довкола АЕС або подібних небезпечних об'єктів.

В - все інше населення.

Ліміти доз опромінення для різних категорій населення наведені в табл.5.1

Таблиця 5.1- Ліміти доз опромінення, мЗв (бэр)

№ п/п	Найменування показника	Категорії опромінюваних осіб		
		А* ^а * ^б)	Б* ^а)	В* ^а)
1	ЛД _Е – ліміт еквівалентної дози	20 (2)* ^б)	2 (0,2)	1 (0,1)
2	Ліміти еквівалентних доз опромінювання для критичних органів:			
	а) ЛД _{lens} (кришталік ока)	150	15	15
	б) ЛД _{skin} (шкіра)	500	50	50
	в) ЛД _{extrim} (жирова тканина)	500	50	-

Примітки:

*а) для осіб чоловічої статі розподіл по місяцях не регламентується;

*б) для жінок дітородного віку (до 45 років) і для вагітних жінок діють наступні обмеження:

- для жінок дітородного віку категорії А вводиться додаткові обмеження опромінення, тобто середня еквівалентна доза зовнішнього локального опроміненого зародка і плоду за кожних 2 місяці не повинна перевищувати 1 мЗв. При цьому за весь період вагітності доза не повинна перевищувати 2 мЗв;

- до вступу до дії спеціальних нормативів для вагітних жінок на виробництві категорій А і Б встановлюються дози в 20 разів менше, ніж для інших категорій працівників.

*в) в середньому за кожних 5 років, але не більше 50 мЗв за якийсь окремий рік;

*г) до роботи з радіоактивними джерелами не допускаються особи молодше 18 років. За 50 років трудової діяльності працівник не повинен отримати дозу більше 1 Зв.

Допускаються наступні аварійні дози опромінення:

а) 250мЗв (25бер) для осіб категорії А без явних зовнішніх ознак опромінення;

б) 100мЗв (10бер) для осіб категорії Б;

в) 750мЗв (75бер) - доза при якій не відбувається серйозних змін в організмі.

5.2 Захист робочих місць від джерел іонізуючого випромінювання

Для захисту персоналу і робочих місць від іонізуючих випромінювань використовуються принципи (табл.5.2)

Таблиця 5.2 - Принципи захисту персоналу і робочих місць

№ п/п	Вид захисту	Принцип захисту	Розрахункова формула
1	2	3	4
1	Захист кількістю	Використання для роботи джерел із мінімально можливим виходом іонізуючих випромінювань	$m^* = \frac{120 \cdot R}{t}$
2	Захист часом	Проведення робіт, пов'язаних з опроміненням, за мінімально можливий час	$t^{**} = \frac{120 \cdot R^2}{m}$
3	Захист відстанню	Забезпечення під час робіт із джерелами іонізуючого випромінювання максимально можливої відстані від джерела до людини	$R = \sqrt{\frac{m \cdot t}{120}}$
4	Захист екранами	Зменшення інтенсивності випромінювань за допомогою екранів	$K = \frac{P_H}{P_H^e}$

Примітки до таблиці 5.2:

m – активність джерела, мг-екв. радія;

R – відстань від джерела до людини, м;

t - тривалість роботи з джерелом на протязі тижня, год;

K – коефіцієнт послаблення радіації екраном, разів;

P_H – потужність еквівалентної дози радіації, вимірювана на робочому місці без екранування, мкЗв/год;

P_H^e – максимально допустима потужність еквівалентної дози радіації, регламентована НРБУ-97 для даної категорії робітників (в тому числі з використанням екранування), мкЗв/год.

Таблиця 5.3 – Проектна потужність еквівалентної дози опромінення P_H^e на робочих місцях.

Категорія опромінюваних осіб	Референтний час опромінювання, год/рік	Призначення приміщення	Проектна потужність дози, P_H^e , мкЗв/год (мбер/год)
Категорія А	1700	Постійне перебування персоналу	6(0,6)
	850	Перебування персоналу не більше половини робочого часу	12(1,2)
Категорія Б	2000	Різні приміщення, установи і територія санітарно-захисної зони, де знаходяться особи, що належать до категорії персоналу Б	0,5(0,05)
Категорія В	8800	Різні приміщення (в тому числі і житлові) і територія у зоні спостереження	0,06(0,006)

З урахуванням можливої невірогідності даних тах значення свідомо занижуються удвічі:

$$P_{H_{\max}} = \frac{ЛД_{А,Б}}{2t}. \quad (5.1)$$

Для забезпечення безпечних умов роботи необхідна кратність послаблення зовнішнього опромінювання розраховується за формулою

$$K = \frac{H}{H_e} = \frac{P_H}{P_H^e} \quad (5.)$$

де H, P_H - відповідно еквівалентна доза і її потужність, що реально існують на робочому місці без екранування;

H_e, P_H^e - відповідно еквівалентна доза і її потужність, які регламентуються (табл. 5.3) і можуть бути забезпечені з використанням екрану.

Для екранування джерела іонізуючого випромінювання можуть застосовуватися наступні конструкції екранів:

1. Стационарні.
2. Переносні.
3. Розсувні.
4. Настольні.

Для захисту від γ - і рентгенівського випромінювання використовуються матеріали з високою щільністю (свинець, вольфрам, сталь, чавун і освинцьована гума).

Для захисту від β - випромінювання використовуються матеріали з середньою щільністю. Для захисту від нейтронного випромінювання використовуються матеріали, що містять водень (вода, поліетилен, карбід бору, парафін). Для захисту очей використовують скло з борсилікатом кадмію.

Якщо для екранування застосовують не свинець, а інший матеріал, то необхідна його товщина може бути розрахована за наступною формулою

$$d_1 \cdot \rho_1 = d_2 \cdot \rho_2, \quad (5.3)$$

де d_1, d_2 - товщина екранів зі свинцю і матеріалу, що є в наявності, см;

ρ_1, ρ_2 - щільність свинцю і наявного матеріалу, г/см³.

Товщина екрану для захисту від β - випромінювання розраховується по наступній формулі:

$$d_\beta = \frac{l_\beta}{\rho}, \quad (5.4)$$

де d_β - товщина екрану, см;

l_β - довжина пробігу β - часток, г/см². Це така товщина матеріалу, яка при площі в 1 см² важить 1 г.

ρ - щільність матеріалу, г/см³.

5.3 Умови проектування захисту від зовнішнього іонізуючого випромінювання

Вибір території підприємства або об'єкту, розташування на ній будівель і споруд, а також окремих приміщень повинен проводитися з врахуванням тих робіт, які там виконуватимуться. Будівництво радіаційно небезпечних об'єктів і введення в експлуатацію раніше побудованих, повинні здійснюватися по дозволу відповідних організацій. Майданчики для будівництва об'єктів, де будуть виконані роботи з відкритими джерелами випромінювання повинні відповідати вимогам наступних документів:

СН – 245/91

НРБУ – 97

СП – 72/97

Відповідно до цих документів довкола підприємства повинні влаштуватися санітарно-захисна зона і зона спостереження.

СЗЗ - це територія, на якій можливі викиди і скидання дози, від якої можуть перевищувати *МДД*.

ЗН - це територія, де дози від викидів і скидань можуть досягати значення *ПДД* для персоналу і населення.

Розміри цих зон визначаються на основі розрахунку дози зовнішнього опромінення і поширення радіонуклідів в атмосфері і гідросфері. В цьому випадку критерієм для встановлених розмірів зон являється *МРВ* (межа річного вступу) радіонуклідів в організмі і *МД* (межа дози). Для регламентації можливого опромінення використовується декілька критеріїв:

1. *МДД* - межа допустимої дози, яка використовується для персоналу категорії А. Це таке найбільше значення індивідуальної еквівалентної дози, яка при рівномірному опроміненні організму протягом 50 років не викличе зміни здоров'я людей.

2. *МД* - використовується для персоналу категорії Б. Це найбільше значення еквівалентної дози за рік, який отримує персонал не за рахунок аварійних викидів.

3. *ДР* - документальні рівні. Це нормативні значення потрапляння в організм радіонуклідів за рік, їх значення у воді і повітрі, а також в продуктах харчування розраховані із значення *МДД* і *МД*.

4. *МРВ* - межа річного вступу. Це граничні вступу радіонуклідів для персоналу категорії А, в яких з розрахунку за рік протягом 50 років роботи не викличуть опромінення дози вище 1 *МД*.

5. *ДВ* - допустимий вміст. Це такий середньорічний вміст радіонуклідів в організмі, яке не викличе опромінення за рік дозою більше 1 *МДД* або *МД*.

6. *ДПД* - допустима потужність дози. Це такий допустимий усереднений рівень радіації, який дорівнює відношенню *МДД* або *МД* в тривалому опроміненні протягом року:

Категорія А $\rightarrow T = 6,1 \cdot 10^6$ с/рік (36-ти годинний тиждень).

Категорія Б $\rightarrow T = 7,2 \cdot 10^6$ с/рік (41-ка годинний тиждень).

Категорія В $\rightarrow T = 3,2 \cdot 10^6$ с/рік.

7. **ДК** - допустима концентрація. Це тах об'ємні активності в повітрі робочої зони для категорії А і Б або в повітрі населених пунктів для категорії В, до якої рівні відношенню *МДД* або *МД* до об'єму вдихуваного повітря або об'єму води, що випивається.

А $\rightarrow V = 2,5 \cdot 10^3$ м³/рік.

Б, В $\rightarrow V = 7,3 \cdot 10^3$ м³/рік.

$M_{\text{вип.води}} = 800$ кг/рік.

5.4 Права і обов'язки персоналу по захисту від іонізуючих випромінювань

5.4.1 Обов'язки адміністрації

Адміністрація зобов'язана:

1. Забезпечити працівникам і службовцям безпечні умови праці, оперативно і об'єктивно розслідувати нещасні випадки і регулярно проводити профілактичні заходи щодо запобігання професійним захворюванням і нещасним випадкам.

2. Забезпечити відповідність технічних процесів і застосовувати устаткування вимогливої радіаційної безпеки.

3. Проводити попередні і періодичні медичні обстеження для працівників і службовців відповідно до списку затвердженим мінздравом України.

4. Забезпечити працівників і службовців з небезпечними і шкідливими умовами праці спецхарчуванням, спецодягом, спецвзуттям і засобами індивідуального захисту. Надавати скорочений робочий тиждень і подовжену відпустку.

5. Забезпечити всі структурні підрозділи інструктажем по радіаційній безпеці відповідно до виконаних робіт. У них повинні відбиватися дії персоналу при виникненні позаштатних ситуацій.

6. Систематично здійснювати перевірку знань працівниками правил безпеки незалежно від посади.

7. Систематично проводити інструктажі по радіаційній безпеці відповідно до роду виконаної роботи.

8. Не допускати до роботи осіб молодше 18 років і осіб, які не пройшли інструктаж по правилах роботи з джерелом випромінювання.

9. Організувати радіаційний контроль в тих приміщеннях де ведуться радіаційно небезпечні роботи.

10. Розробляти посадові інструкції для всіх інженерно-технічних працівників відповідно до роду виконаних робіт.

11. Своєчасно розслідувати нещасні випадки, вести їх облік і своєчасно доповідати керівництву о смертельних та групових нещасних випадках.

5.4.2 Обов'язки начальників служб, змін і відділів

1. Проводити всі заходи, направлені на зниження травматизму, професійних захворювань і поліпшення умов праці.
2. Здійснювати нагляд за станом робочих допоміжних і побутових приміщень.
3. Забезпечувати ефективну вентиляцію в виробничих і складських приміщеннях.
4. Забезпечувати безпечне зберігання, транспортування і вживання радіоактивних матеріалів.
5. Приймати заходи запобігання забрудненню робочих місць і довкілля радіоактивними речовинами.
6. Забезпечувати робітників необхідними засобами захисту.
7. Забезпечувати нагляд за дотриманням робітниками правил радіаційної безпеки.
8. Періодично проводити інструктажі з працівниками по правилах радіаційної безпеки.
9. Розробляти інструкції за безпечними умовами праці і забезпечувати виробничі ділянки відповідними знаками.

5.4.3 Правила проведення робіт в зоні строгого режиму підприємства

1. Бути уважним до звукових, світлових і інших попереджувальних сигналів, знати їх призначення і чітко діяти по ним.
2. Знати правила безпеки при проведенні робіт на конкретному робочому місці.
3. Заздалегідь продумувати майбутні дії в зоні строгого режиму. Швидко і чітко їх виконувати.
4. При проведенні особливо небезпечних робіт використовувати засоби індивідуального захисту і дистанційні засоби.
5. При зараженні території радіоактивними речовинами приймати заходи до її дезактивації.
6. Дотримувати вимоги попереджувальних сигналів і написів.
7. Відпочинок і підведення підсумків роботи проводити в спеціально відведеному місці.
8. У зоні строгого режиму повинні знаходитися лише ті особи, присутність яких необхідно.
9. У зоні строгого режиму забороняється:
 - а) палити;
 - б) накладати косметику;
 - в) приймати їжу за межами спеціально відведених місць;
 - г) носити в кишенях інструменти і матеріали заражені радіоактивними матеріалами;
 - д) брати в руки сторонні і незнайомі предмети;

- е) входити в приміщення при спрацьовуванні захисної сигналізації;
- ж) знаходячись в зоні знімати засоби індивідуального захисту;
- з) зливати в господарчо-побутову каналізацію радіоактивні відходи;
- і) знаходитися в зоні після спрацьовування сигналізації.

5.5 Засоби індивідуального захисту

Засобу індивідуального захисту - це технічні засоби індивідуального захисту від зовнішнього випромінювання, від потрапляння радіонуклідів всередину організму і забруднення відкритих шкірних покривів. Вони діляться на наступні групи:

1. Ізолюючі костюми:
 - а) з примусовою подачею повітря;
 - б) з автономним повітряним живленням.
2. Засоби захисту органів дихання:
 - а) що фільтрують:
 - протигази ГП-7;
 - респіратори ШБ-1 "Лепесток", "Росток", "Пульс".
 - б) що ізолюють:
 - протигази ІП-4, ІП-46, Р-34, Р-35;
 - пневмошоломи і шлангові протигази ПШ-1,2.
3. Спецодяг:
 - а) повсякденного призначення;
 - б) короткочасного використання.
4. Спецвзуття:
 - а) основна (черевики, чоботи);
 - б) додаткова (галоші, бахіли).
5. Додаткові засоби:
 - а) захисні пасти: паста Рахманова, паста "Защита";
 - б) окуляри;
 - в) щитки;
 - г) ручні захвати і маніпулятори.

Для профілактики накопичення в організмі йоду при аварійних ситуаціях по можливості раніше робиться йодна профілактика за допомогою приймання йодиду калія. За його відсутності:

- а) приймати 3 рази в добу водний розчин 5%-вої настоянки йоду:
 - дітям до 2-х літнього віку - 1-2 краплі на 150-200 *мл* живильної суміші або молока;
 - дітям старше 2-ох років і дорослим - 3-5 крапель на 200 *мл* води або чаю.
- б) один раз на добу наносити на шкірні покриви (тильна сторона кистей рук) йодну сітку.

Для запобігання накопиченню в щитовидній залозі при радіаційних аваріях необхідно виконати йодну профілактику:

1. Прийняти йодистий калій - 1 пігулку на добу.
2. За відсутності йодистого калія приймати кожен добу розчин медичного йоду у воді в кількості 5 крапель на стакан для дорослого.

Для зменшення дози зовнішнього опромінення приймати препарат “Цистамін” (6 пігулок відразу). Для запобігання блювоти при випромінюванні дози більше 100 рад приймати препарат “Етаперазін”.

5.6 Медико – гігієнічні заходи, що проводяться при аварійних викидах на об'єктах атомної енергетики

При аварійних викидах на атомних електростанціях можливі наступні види дії радіації на людей:

1. Зовнішнє опромінення від рухомої радіоактивної хмари.
2. Зовнішнє опромінення від зараженої поверхні землі.
3. Зовнішнє опромінення від зараженої води у водоймищах.
4. Контактне опромінення від радіоактивних порошочок, що попали на шкіру.
5. Внутрішнє опромінення від повітря, що попало.
6. Внутрішнє опромінення від радіонуклідів, що попали в організм з продуктами живлення.

Залежно від ситуації на зараженій території можуть проводитися наступні заходи:

1. Обмеження часу перебування людей на відкритій території.
2. Проводиться так можлива герметизація приміщення.
3. Вживання лікарських профілактичних препаратів, що перешкоджають накопиченню радіонуклідів в організмі.
4. Захист органів дихання простими і підручними засобами. До простих засобів відносяться: протипилові тканинні маски і ватяно – марлеві пов'язки. Перелік підручних засобів наведений у табл.5.4

Таблиця 5.4– Підручні засоби індивідуального захисту

Предмет	Кількість шарів	Захисний ефект
Чоловіча бавовняно – паперова носова хустка	16	17
	8	9
	1 (зім'ята)	8,5
	1 (волога)	3
	1 (суха)	1,4
Туалетний папір	2	12
Махровий банний рушник	1-2	4
Бавовняно – паперова сорочка	1 (волога)	3
	2 (суха)	3
	1 (суха)	2,5
Платтяний бавовняно – паперовий матеріал	1 (вологий)	2,3
	1 (сухий)	2
Жіночий бавовняно – паперова хустка	4 (волога)	2,7
	4 (суха)	2,2

5.7 Організація дозиметричного контролю на підприємстві

Дозиметричний контроль проводиться для:

1. Оцінки працездатності працівника.
2. Ранньої діагностики променевих уражень, уточнення режимів роботи, визначення об'єму і характеру санітарної обробки працівника, об'єму і характеру дезактивації території.
3. Визначення можливості повторного використання забрудненого устаткування.

Розрізняють індивідуальний і груповий дозиметричні контролю.

Індивідуальний – контроль, який проводиться для осіб, що працюють в різних умовах. Облік доз повинен проводитися щодня і фіксується в спеціальному журналі, який повинен зберігатися на підприємстві не менше 50 років. Зразок журналу наведений у табл. 5.5

Таблиця 5.5– Форма журналу обліку доз опромінення працівника

Найменування структурного підрозділу механічної ділянки									
П.І.Б. працівника	Посада	Дата початку опроміне ння	Доза опромінення зростаючим ітогом					Сумарна доза	Особливі відмітки
			1	2	3	4	...		
Іванов І.В.	Слюсар								

6 РАДІАЦІЙНА ГІГІЄНА І САНІТАРІЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ

6.1 Загальні вимоги до проведення робіт з радіоактивними речовинами

Всі виробничі приміщення залежно від виду виконуваних робіт поділяються на 3 класи. Забарвлення в приміщеннях різного класу повинне відрізнятися.

Приміщення 3 класу – ці приміщення мають бути обладнані місцями для зберігання і розфасовки радіоактивних матеріалів і мають бути обладнані душовими приміщеннями.

Приміщення 2 класу – повинні розташовуватися в будівлі, що стоїть окремо, ізольовані від інших приміщень. У них обов'язково мають бути обладнані душові, шлюзи і санпропусники.

Приміщення 1 класу – повинні розташовуватися на віддаленні від основних структурних підрозділів.

У них виділяють 3 зони:

- а) приміщення, що не обслуговують, де встановлюється устаткування і комунікації. Знаходиться в них людям при працюючому устаткуванні забороняється;
- б) періодично обслуговувані. Тут здійснюється зберігання, вантаження і видалення радіоактивних матеріалів;
- в) приміщення постійного перебування персоналу.

У приміщеннях 1 і 2-го класів площа підлоги на одного робітника має бути не менше 10 м^2 . Рециркуляція повітря в приміщенні повинні гарантувати повне її очищення від радіоактивних часток, а висота вентиляційних труб повинна забезпечувати розбавлення повітря, що викидається, до концентрації, що не перевищує ДКБ.

До моменту прийому на підприємстві мають бути підготовлені наступні документи:

1. Правила внутрішнього розпорядку підприємства.
2. Списки осіб, відповідальних за всі операції з радіоактивними джерелами.

Всі роботи з джерелами 200 мг-екв Ra повинні проводитися за допомогою дистанційних пристроїв. Робота із стаціонарними пересувними і переносними установками вирішується якщо потужність дози створювана ними на 1 м не перевищує 3 мбер/год або 10 мбер/год впритул до апарату. Якщо в процесі установки з-за неполадки сталося опромінення персоналу дозами більш 2-х МДД, то подальші дози мають бути скоректовані так, щоб подальші 5 років сумарна доза не перевищувала 5 МДД. Межею дози вважається доза 12 МДД, яку може отримати працівник по досягненню 30-ти літнього віку. Контроль за всіма переміщеннями радіоактивних джерел повинен здійснюватися спеціальними комісіями не рідше за 1 раз на рік. Скидання відходів на побутові звалища не допускається. Вони підлягають упаковуванню і похованню на спеціальних комбінатах.

6.2 Радіаційно – гігієнічна оцінка будівельних матеріалів

Основні дозовміські елементи в будівельних матеріалах: ^{226}Ra , ^{40}K , ^{232}Th . Для попередньої оцінки будівельних матеріалів визначається величина питомої ефективної активності.

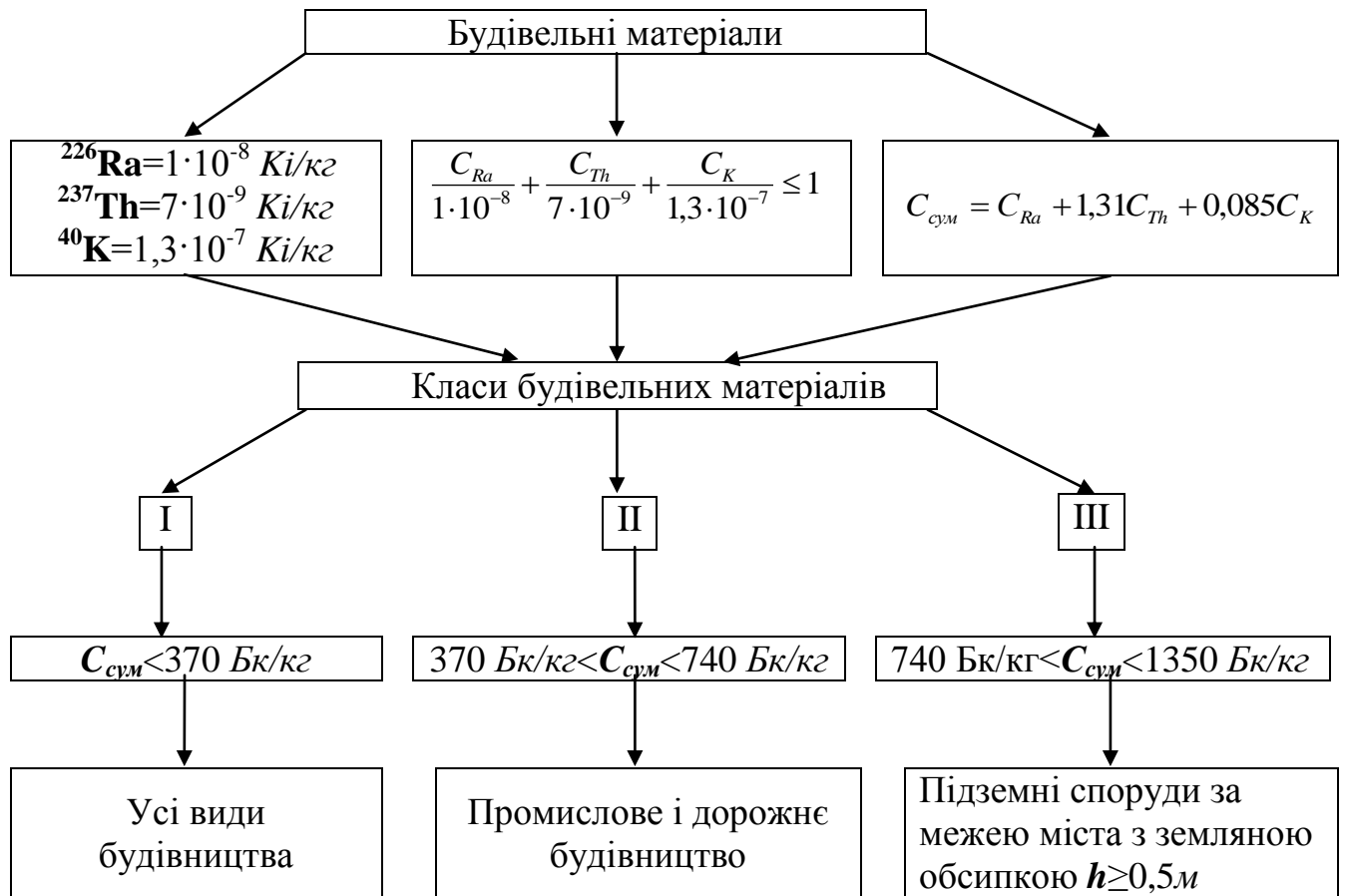


Рисунок 6.1– Класи радіаційної чистоти будівельних матеріалів.

Вживання будівельних матеріалів $C_{\text{сум}}$ більш ніж 1350 Бк/кг дозволяється лише з дозволу Міністерства охорони здоров'я України.

У відповідності до документу *ДНБ В.14-2.01-97* “Система норм та правил зниження рівня іонізації випромінювання природних радіонуклідів в будівництві” при радіаційному контролі будівельних матеріалів і об'єктів приймаються наступні позначення:

$$C_{\text{ef}} = A_{\text{ef}};$$

$$A_m = PA - \text{питома або масова активність, Бк/кг.}$$

$ЕРК = ЕРОА$ – еквівалентна рівноважна концентрація радону = еквівалентна рівноважна об'ємна активність радону в будівельних матеріалах, Бк/кг .

Проби будівельних матеріалів, що направляються на радіологічну експертизу, повинні супроводжуватися наступними документами:

I Паспорт проби № _____

1. Назва проби _____
2. Дата відбирання проби _____
3. Постачальник (область, місто) _____
підприємство _____
4. Організація, що направляє пробу на аналіз _____

_____ (Посада керівника)

_____ (Підпис)

_____ (П.І.Б.)

II Результати вимірювань ПА: A_{ef}

_____ (дійсні на протязі року з дня видачі)

_____ (назва організації, що проводила вимірювання)

Ліцензія № _____ від " ____ " _____ 20__ р.

Видана _____

_____ (назва організації)

Підприємство-постачальник _____

№проби	Радій (±б)	Торій (±б)	Калій (±б)	A_{ef} (±б)	Клас вимір.	Тип матер.	Уточн. тип	Місце відбору проби

Вимірювання проведені приладом _____ зав.№ _____

Метрологічна атестація проведена

Свідотство № _____ від " ____ " _____ 20__ р.

(1, 2, 3, 4 класу)

Зав. лабораторією

" ____ " _____ 20__ р.

_____ (Підпис)

_____ (П.І.Б.)

М.П.

Всі підприємства будівельної індустрії зобов'язані здійснювати контроль своєї продукції відповідно до "Положення по радіаційному контролю на об'єктах будівництва і підприємствах будівельної індустрії і будівельних матеріалів України" 1991 рік. Кожне підприємство, яке виготовляє або реалізує будівельну сировину і матеріали повинно виробляти перевірку їх радіаційної чистоти відповідно до схеми (рис. 6.2)

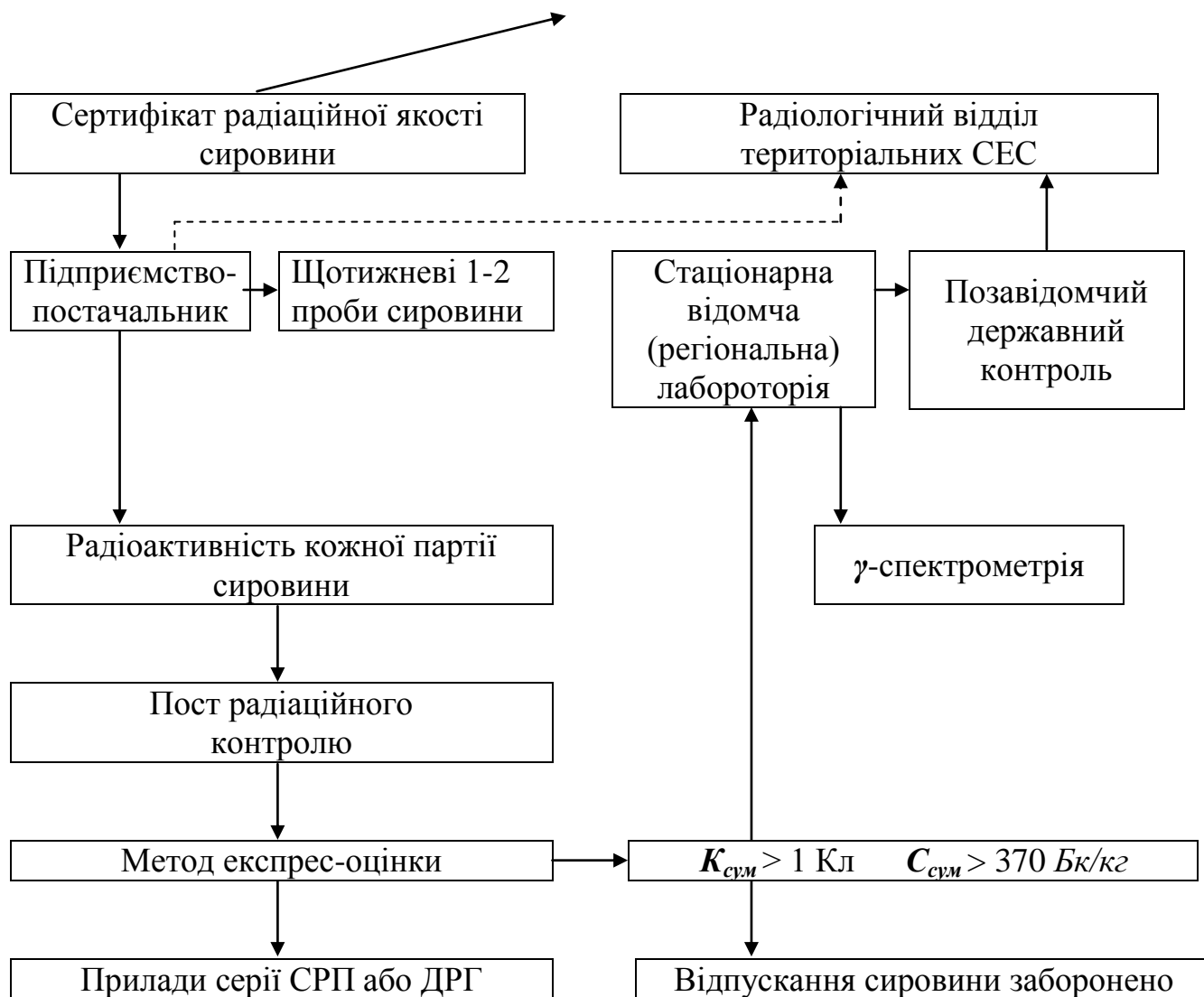


Рисунок 6.2- Схема контролю будівельних матеріалів

6.3 Права і обов'язки служб радіаційного контролю

1. Радіаційний контроль в будівництві дозволяє проводити як державним так і приватним службам, як у складі державної служби так і самостійно. Ці служби повинні отримати певний статус і мають бути зареєстровані в установленому порядку. Незалежно від статусу і підлеглості всі служби повинні пройти реєстрацію і окредитацію ГОС стандарту України (узгодженно з Міністерством охорони здоров'я України) і повинні мати протокол зіставлення, який забезпечує спільність виміру радіаційних параметрів в будівництві на території України.

2. Установлено наступний порядок видачі протоколу зіставлення:

а) для регіональних лабораторій радіаційного контролю він видається державним центром радіаційного контролю (РК);

38

б) лабораторіям I, II рангу він видається територіальною лабораторією РК при наявності дозволу державного центру;

в) для постів РК він видається лабораторіями I, II рангу.

3. Служби радіаційного контролю зобов'язані:

а) мати необхідний комплекс затверджений нормативної, методичної, юридичної і інформаційної документації, контрольної, вимірювальної та правильного розміщення і зберігання;

б) кваліфіковано використовувати устаткування:

- проводити вибір відповідного устаткування і проведення необхідних вимірів з гарантованою точністю;

- регулярно проводити державну перевірку з оформленням відповідної документації;

- вести реєстрацію державних перевірок;

- забезпечувати допустимі умови довкілля для градування устаткування і його використання.

в) мати необхідні приміщення для проведення вимірів і досліджень. Вони повинні відповідати вимогам пункту 5 за площею, стану і забезпечуваням в них умов (температура, вологість і чистота повітря, освітленість, звуко і віброізоляція, захист від електромагнітних випромінювань і інших фізичних полів, постачання водою, теплом, повітрям і хладогентами);

г) мати необхідний штат співробітників;

д) приймати необхідні рішення підвищення норм радіаційних параметрів;

е) результати вимірів і досліджень вводити в пам'ять ЕОМ і зберігати встановлений час;

ж) користуватися лише тими формами документів, які регламентовані даним документом;

з) дотримуватись наступних вимог:

- забезпечувати конфіденціальність даних, отриманих в результаті виконання замовлень;

- забезпечувати по запиту замовника доступ в приміщення лабораторії для контролю дослідження його проб;

- надавати органам по ліцензуванню можливість здійснювати інспекційний контроль за діяльністю лабораторій, своєчасно оплачувати його проведення;

- не використовувати права акредитованих лабораторій по закінченню терміну дії сертифікату.

4. Служби радіаційного контролю несуть наступні види відповідальності:

а) матеріальну, а їх керівники - адміністративну перед державою і замовником за дотримання ДБН і умов договору;

б) керівники служб РК в рамках законодавства України несуть персонально відповідальність, якщо дії лабораторій викликали невинуватене переопромінення людей на об'єкті, обстеження яких виконала дана лабораторія;

в) відповідальність за види і результати діяльності, яка прямо або побічно впливає на якість, має бути чітко визначена і зафіксована в наступних документах:

- положення про службу РК і про її підрозділи;

- посадові інструкції кожного працівника;

- документ, що установлює порядок виконання робіт.

6.4 Структура і штати служб РК

1. Структура служб радіаційного контролю визначається певними покладеними на них функціями. У обов'язку лабораторій I, II рангу входять наступні основні функціональні групи:

а) визначення рівня $A_{\text{сф}}$ в сировині і будівельних матеріалах;
б) визначення потужності поглиненою дози в повітрі приміщення;
в) визначення ЕРОА ^{222}Rn в повітрі приміщення. Виконання об'ємних і сконцентрованих в одному місці по контролю сировини і матеріалів можуть виконуватися на місці з використанням пунктів РК, які можуть функціонувати як спільно з лабораторіями так і автономно з обов'язковою подачею даних в загальний банк даних.

2. Об'єми робіт, виконувані службами РК:

а) вимірювання МДД на об'єкті, здобуття завдання, підготовка приладів до роботи, перевірка їх працездатності, переїзд до місця роботи і перевезення приладів, проведення вимірів, занесення результатів виміру в журнал, повторний вимір МДД при підвищені норм, здача журналу керівникові робіт.

б) оброблення результатів вимірів, запуск програми ЕОМ для розрахунків, оформлення актів, підготовка актів на оплату робіт, коректування програми, формування банку даних.

в) видача будівель дозиметриста відповідно до графіка обстеження об'єкту, перевірка і підписання актів і оформлення грошової документації.

г) обслуговування устаткування і приладів.

Структурна схема лабораторій РК I рангу наведена в табл. 6.1 (штати служб радіаційного контролю при цьому комплектуються, виходячи з об'ємів їх робіт і якісного обслуговування комплектів устаткування).

№ п/п	Посада	Чисельність на об'єм робіт $100 < A_{ef} < 150$ $100 < \text{МДД}, EPOA < 150$			Освіта робітника	Службові обов'язки
		ЛРК-I	ЛРК-II	ПРК		
1	Завідуючий	1	1	1	Вища	Організація проведення РК, ліцензування служб РК, перевірка і підписання документів, оформлення грошово-договірних документів
2	Провідний інженер	1	1	-	Вища	Інженерно-методична робота, підготовка річного звіту
	Інженер-фізик I категорії	1	1	1	Вища	Проведення вимірів A_{ef} , проведення вимірів ПЕД та ППД
	Інженер-фізик I категорії	1	1	-	Вища	Вимірювання $EPOA^{222}R_n$, контроль роботи приладів
	Інженер-фізик II категорії	2	1	-	Вища	Оформлення актів і сертифікатів
3	Технік I категорії	1	1	1	Середньотехнічне	Відбирання проб, підготовка проб для вимірів, участь у вимірюваннях
4	Лаборант	2	-	-	Середнє	Вимірювання $EPOA^{222}R_n$

6.5 Матеріальна база служб РК

Забезпечення необхідними приміщеннями.

Служби РК повинні бути забезпечені певними приміщеннями у відповідності до рис. 6.3

Передбачені наступні норми площі на одного працівника, що працює в приміщеннях РК:

1. Лабораторні приміщення 12 м^2 на людину.
2. Допоміжні 6 м^2 .
3. Для начальника лабораторії не менше 16 м^2 .

Разом площа: ЛРК-1 складає 174 м^2 ;

ЛРК-2 складає 120 м^2 .

Рисунок - Орієнтовне планування приміщень РК

Умовні позначення:

а) комплекс лабораторного устаткування:

- 1 - визначення $A_{эф}$ природних радіонуклідів в матеріалах і сировині;
- 2 - визначення $EPOA$ радону в повітрі;
- 3 - вимірювальні прилади γ -фону;
- 4 - підготовка проб до вимірювань.

б) функціональні і службові приміщення:

- ОЗ** - операційний зал з ЕОМ;
- ПВТ** - пункт вимірювальної техніки;
- КПП** - комплекс підготовки проб;
- НЛ** - начальник лабораторії;
- ІП** - інженерний пункт обробки і підготовки документації;
- СУП** - склад устаткування і приладів;
- СМ** - склад матеріалів;
- СР** - склад реагентів;
- СВ** - склад відходів;
- Т** - тамбур-шлюз з кодовим замком;
- ПО** - приміщення оператора.

7 Лекція № 7. ЗБИРАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

7.1 Транспортування радіоактивних матеріалів

Збирання, транспортування і поховання радіаційних матеріалів повинні проводитися з дотриманням вимог наступних документів:

1. «Норми радіаційної безпеки України» (*НРБУ-970*).
2. «Основні санітарні правила України» (*ОСПУ-2005*).
3. «Правила безпечного транспортування радіоактивних відходів» (*ПБТРВ-73*).
4. «Санітарні правила поводження (збір, транспортування, переробка і поховання) з радіаційними відходами» (СПОРО-84).
5. Державний стандарт України *ДСТУ-20.39.30-97*.
6. *ОПБЗ-83*.

Дія вказаних документів поширюється на перевезення радіаційних матеріалів з наступними характеристиками:

1. З питомою активністю $A_m > 74$ Бк/кг;
2. З сумарною активністю більше 10МЗв .

При перевезенні радіаційних матеріалів усіма видами транспорту необхідно:

а) розміщувати радіаційні речовини в упаковки, що забезпечують захист осіб, що постійно зайняті перевезеннями, видачею і навантаженням упаковок і окремих осіб з населення від опромінення дозами більш, що перевищують ППД або ПД;

б) приймати необхідні заходи по запобіганню забрудненням радіаційних упаковок матеріалами, що перевозяться в них, транспортних засобів і вантажів, що перевозяться спільно з ними вище ДЗ_A . При цьому необхідно максимально використовувати вантажно-розвантажувальні засоби для зменшення контакту людей з упаковками.

Всі радіаційні речовини, що перевозяться, поділяються на 3 групи:

1. Речовини, що створюють лише α - або β - випромінювання.
2. Речовини, що створюють $(\alpha+\gamma)$ - або $(\beta+\gamma)$ - випромінювання.
3. Речовини, що створюють нейтронне випромінювання.

Транспортування матеріалів з активністю менше 44 Бк/кг або менше 10МЗв допускається у виробничій технічній тарі, що виключає поширення цих речовин в довкіллі. При цьому потужність еквівалентної дози в будь-якій точці тари не повинна перевищувати 3 мкЗв/год. При дотриманні даних вимог таку пару можна перевозити всіма видами транспорту, пересилати поштою і зберігати на звичайних складах, при цьому на тару не обов'язково наклеювати знак радіаційної небезпеки.

В решті випадків транспортування повинне здійснюватися спеціальним транспортом.

Радіаційним упаковкам привласнюються відповідні транспортні категорії (табл. 7.1)

Таблиця 7.1- Транспортні категорії радіаційних упаковок

Категорії упаковки	Етикетка транспортної категорії	Потужність еквівалентної дози в будь-якій точці мЗв/год (мбер/год)	Транспортний індекс*
I	Біла, з однією червоною смугою	$5 \cdot 10^{-3}$ (5)	не враховується
II	Жовта, з двома червоними смугами	0,5 (50)	1
III	Жовта, з трьома червоними смугами	2 (200)	10
IV	Жовта, з чотирма червоними смугами	10 (1000)	50

Примітка:* транспортний індекс – це максимальне значення потужності еквівалентної дози на відстані 1м від будь-якої поверхні упаковки (у мбер/год).

Всі транспортні упаковки діляться на 2 комплекти:

- а) пакувальні комплекти, які повинні зберігати герметичність при малій аварії;
- б) пакувальні комплекти, які повинні зберігати герметичність при малій і середній аварії.

Для виконання вказаних вимог пакувальні комплекти повинні мати в своєму складі наступні деталі:

1. Первинну ємкість для зберігання радіаційного матеріалу.
2. Додаткові матеріали і деталі, які повинні оберігати первинну ємкість від механічних пошкоджень і від поширення даного радіаційного матеріалу в довкіллі.
3. Охоронні ємкості для підвищення збереження первинної ємкості.
4. Вторинні ємкості для запобігання поширення радіаційної речовини в довкіллі в аварійних випадках.
5. Захисний контейнер для ослаблення іонізуючого випромінювання.
6. Допоміжні стакани для зручності завантаження в захисний контейнер.

Зовнішня поверхня упаковки повинна мати гладку поверхню, що дозволяє легко її дезактивувати. На цю поверхню наклеюється знак радіаційної небезпеки з транспортною категорією. Забороняється перевезення упаковок у громадському транспорті. Дозволяється перевезення упаковок 1 і 2 категорії в таксі без пасажирів. Забороняється зберігати і перевозити упаковки спільно з вибухонебезпечними, пожежонебезпечними матеріалами і агресивними рідинами. При порушенні цілісності упаковки складається акт за участю місцевих органів міліції і санепіднагляду (без розкриття зовнішньої упаковки).

7.2 Збирання і захоронення радіаційних відходів

Згідно до *ОСПУ-2005* до радіаційних відходів належать матеріали, непридатні для подальшого використання з наступними параметрами:

1. Рідкі матеріали з вмістом радіаційних речовин, питома активність яких (*Бк/л*) перевищує $ДК_B$ радіонуклідів у воді.

2. Тверді матеріали і предмети з вмістом радіоактивних речовин, якщо їх питома активність перевищує $7,4 \cdot 10^4$ *Бк/кг* (β -), більш $7,4 \cdot 10^3$ *Бк/кг* (α -) і $3,7 \cdot 10^2$ *Бк/кг* для трансуранових елементів.

Таблиця 7.2- Класифікація рідких і твердих відходів за їх питомою активністю

Категорія	Питома активність, <i>Бк/кг</i>		
	Рідкі	Тверді	
		α -активні	β -активні
Низькоактивні	до $3,7 \cdot 10^5$	від $7,4 \cdot 10^3$ до $3,7 \cdot 10^5$	від $7,4 \cdot 10^4$ до $3,7 \cdot 10^6$
Середньоактивні	від $3,7 \cdot 10^5$ до $3,7 \cdot 10^{10}$	від $3,7 \cdot 10^5$ до $3,7 \cdot 10^8$	від $3,7 \cdot 10^6$ до $3,7 \cdot 10^9$
Високоактивні	більш $3,7 \cdot 10^{10}$	більш $3,7 \cdot 10^8$	більш $3,7 \cdot 10^9$

Тверді і рідкі радіаційні відходи, які містять радіонукліди з періодом напіврозпаду до 15 діб, витримують до тих пір, доки їх активність не знизиться до значень вказаних вище. Після цього їх можна викидати разом із звичайним сміттям, а рідкі зливати в каналізацію.

У господарську побутову каналізацію допускається скидання заражених вод, якщо в них концентрація радіонуклідів не перевищує 10 *ДК_Б*, але за умови не менш, ніж 10-ти кратного розбавлення чистими водами. Зливати у водоймища допускається лише ті води, в яких концентрація не перевищує 10 *ДК_Б*. Для твердих відходів передбачаються збірки для багатократного використання, внутрішня поверхня яких має бути гладкою, тобто такою, що мало сорбує і витримує дію кислот і лугів. Їх конструкції повинні забезпечувати можливість механізованого навантаження і розвантаження. Навантаження і розвантаження повинні виконуватися в умовах, що виключають їх випадкове надходження в довкілля.

Рідкі відходи, що здаються на утилізацію, мають бути розбавлені до $PH=7$ особами, які безпосередньо працюють з радіоактивними джерелами. Такі роботи здійснюються за наявності витяжних шаф.

Зібрані рідкі відходи підлягають затвердінню на спеціальних установках з подальшим укладанням шламу в бітум, цемент, скло або інші зв'язуючі елементи з подальшим похованням в могильники. Тверді відходи підлягають різанню або пресуванню для зменшення габаритів.

Горючі радіоактивні відходи підлягають спалюванню в спеціальних пічах з очищенням газів, що виходять, й похованням золи в могильники.

Могильники для поховання відходів треба розміщувати в підземних бетонних ямах, розділених на відсіки і оснащених контрольними свердловинами.

Лекція №8. ДЕЗАКТИВАЦІЯ ПОВЕРХОНЬ, ЗАРАЖЕНИХ РАДІОАКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ

Ліквідацію радіоактивного забруднення здійснюють шляхом дезактивації, яка полягає у видаленні РР із зараженої поверхні до пустимих величин зараження, а також очищення від РР води, продовольства і харчової сировини.

Дезактивація може бути природною і штучною.

Природна дезактивація являє собою зменшення зараженості РР унаслідок перетворення атомів, що розпадаються в стабільні. Вона дозволяє без додаткових матеріальних затрат і втрат зменшити зараженість до припустимої межі або нижче.

Істотним недоліком природної дезактивації є її повільність. Вона найбільш ефективна протягом перших 15-20 діб після радіоактивного зараження, коли в суміші продуктів поділу присутні переважно короткоживучі РН.

На підприємствах харчової промисловості природна дезактивація може бути використана для зменшення зараженості запасного технологічного обладнання, запасної тари, сировини і готової продукції, яка витримує тривале зберігання (борошно, цукор, сіль і т.п.).

Штучна дезактивація проводиться швидко, але вимагає трудових матеріальних затрат і може бути пов'язана з утратою частини продовольства і полягає в очищенні заражених об'єктів від РР шляхом вилучення цих речовин із заражених поверхонь. Вона застосовується за необхідності ліквідації радіоактивної зараженості в найкоротший термін.

8.1 Способи дезактивації

Спосіб дезактивації - це певна сукупність операцій з використання різних засобів дезактивації з метою вилучення радіоактивного забруднення з об'єктів або ізоляції поверхні цих об'єктів.

Існуючі види дезактивації можна класифікувати за різними ознаками, які, з одного боку, визначаються умовами радіоактивних забруднень, а з іншого – умовами проведення самої дезактивації. Вибір способу дезактивації диктується особливостями радіоактивних забруднень і самого об'єкту.

В основу класифікації всіх засобів дезактивації покладено два основних принципи, які визначають агрегатний стан середовища, що дезактивується, і особливості проведення власне дезактивації (рис. 8.1).

Залежно від агрегатного стану дезактивуючого середовища всі способи дезактивації можна підрозділити на рідинні і безрідинні, а також комбіновані.

Рідинні методи можуть використовувати механічний вплив (струмінь води, ультразвук та ін.), розчини з використанням фізико-хімічних процесів (адсорбційних, іонообмінних, мембранних та ін.), а також на поєднанні різних видів впливу.

Для підвищення ефективності дезактивації використовуються комбіновані методи оброблення, які являють собою сполучення рідинних і безрідинних ме-

тодів.

Якість дезактивації може оцінюватися наступними коефіцієнтами:

1. **КЗ** - коефіцієнт зниження потужності дози. Використовується для великогабаритних об'єктів і розраховується за формулою

$$KЗ = \frac{P_{Нпоч}}{P_{Нкін}}, \quad (8.1)$$

де $P_{Нпоч}$ і $P_{Нкін}$ - потужність еквівалентної дози поблизу об'єкту перед початком дезактивації і після неї.

2. **КД** - коефіцієнт дезактивації. Використовується для маломірних об'єктів і розраховується за формулою

$$KД = \frac{A_{Sпоч}}{A_{Sкін}}; \quad (8.2)$$

де $A_{Sпоч}$ і $A_{Sкін}$ - щільність заражених об'єктів впритул перед початком дезактивації і після неї.

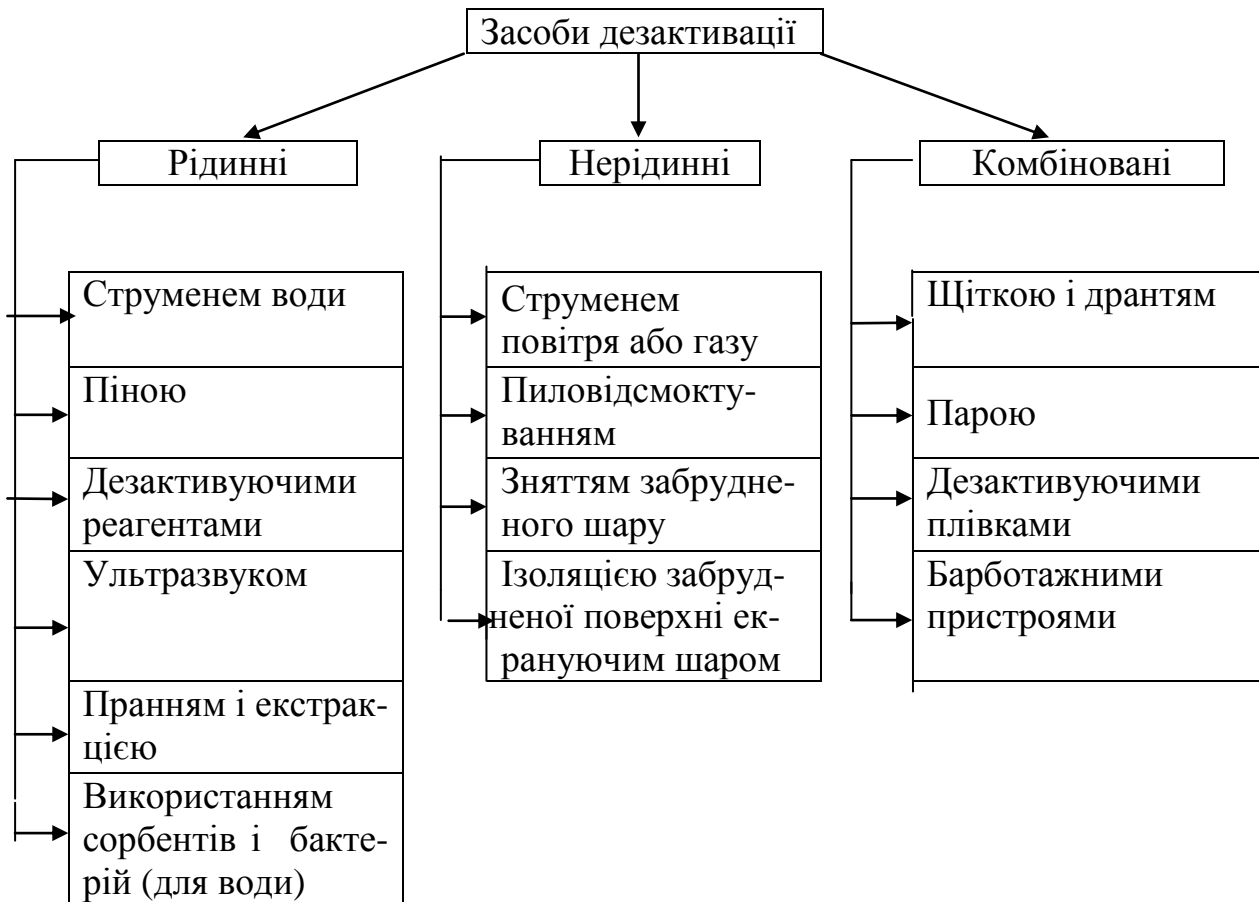


Рисунок 8.1 - Класифікація способів дезактивації

8.2 Речовини і розчини, що дезактивують

Речовини і розчини, що дезактивують різні поверхні, діляться на декілька груп:

1. Поверхнево - активні розчини (*ПАР*):
 - а) порошкові состави СФ-2у, СФ-3к, СН-50;
 - б) состав NaF+трилон Б;
 - в) паста РАС;
 - г) гексаметафосфат натрію (ГМФН);
 - д) ГМФН з добавленням трилону Б;
 - д) ГМФН з добавленням соляної кислоти (для зняття глибинного зараження).
2. Хімічно активні речовини (*ХАР*):
 - а) бензин, гас, дизельне пальне, діхлоретан та інші розчинники;
 - б) відходи хімічної промисловості: сульфанол, гардиноль, контакт Петрова та ін.
3. Плівкотвірні речовини: полівініловий спирт ПВС, сульфітно-спиртна барда (СББ).
4. Речовини для обробки рук:
 - а) паста Рахманова;
 - б) паста «Защита»;
 - в) трилон Б;
 - г) перекис водню;
 - д) 3% розчин лимонної кислоти.
5. Сорбенти:
 - а) цеоліт;
 - б) бентонітова глина;
 - в) каолін;
 - г) активоване вугілля.

8.3. Способи дезактивації води

Більша частина РР, що знаходяться у воді у вигляді твердих радіоактивних частинок міцно утримуються на частинках ґрунту або пилу і не розчиняються, решта РН у вигляді аніонів і катіонів переходить у розчин.

Технологічну схему дезактивації води можна показати як сукупність різних способів (рис. 8.2).

Очищення води і повітря може бути здійснено шляхом седиментації або осідання. На основі принципу седиментації відбувається очищення рідких середовищ (води) від радіоактивного забруднення у випадку, коли РН знаходяться у вигляді нерозчинних частинок. Очищення води седиментацією - тривалий процес (до кількох діб). Для його прискорення у воду додають різні реагенти, які сприяють процесу коагулювання.

Коагулювання - це розчинення у воді спеціальних речовин - коагуляторів, які в результаті гідролізу утворюють розсіпчастий пластівчастий відстій. У ролі

коагуляторів застосовують солі алюмінію $Al_2(SO_4)_3$ або солі заліза $FeSO_4$, коагулянти у всьому об'ємі води утворюють пластівці, які при осадженні на дні відстійника захоплюють радіоактивні частинки. Після відстоювання заражена вода освітлюється і значною мірою дезактивується. Спосіб очищення води коагулюванням може застосовуватися як операція, що передує фільтруванню.

Фільтрацією називають очищення рідкого або газового середовища шляхом осадження домішок на поверхні фільтра.



Рисунок 8.2 - Способи очищення води

В якості фільтра може бути використаний кварцовий пісок, дроблений антрацит, різні сорбенти та іоніти.

Сорбенти застосовуються для добування РН з водних і газових середовищ (реакція поглинання). У ролі сорбентів зазвичай використовуються пористі порошки на основі мінеральних речовин і вугільних матеріалів. До числа мінеральних відносяться глинясті сорбенти (бентоніти, каолін, цеоліт).

Сорбенти, дія яких ґрунтується на іонному обміні, називаються іонітами. Іоніти здатні поглинати з розчину позитивні або негативні іони РН в обмін на еквівалентну кількість іонів одного і того ж знаку (реакція заміщення), у результаті РН, що містяться у воді, утворюють нерозчинні сполуки з іонітами і тим самим звільняють від них заражену воду. У ролі іонітів використовуються іонообмінні смоли, сульфовуглі, целюлоза.

Випарювання (перегонка) - це випаровування води, концентрування радіоактивних продуктів до утворення твердої маси. У результаті отримується чиста вода і концентрований відстій радіоактивних забруднень, який потім видаляється в процесі дезактивації ємності. Випарювання забезпечує високе очищення води (99,9%), однак цей спосіб потребує часу.

Висновок. Фільтрація за допомогою сорбентів і випарювання дозволяє позбутися як радіоактивних частинок, особливо високодисперсних, так і розчинних РН. За допомогою іонітових фільтрів і мембранної технології видаляються розчинні РН.

8.4 Очищення повітря від РН

Значна рухомість повітря і менша порівняно з водою густина обумовлює особливості його фільтрації. Ці особливості позначаються як на виборі фільтрів з різними принципами дії, так і на виборі фільтруючих матеріалів. За ступенем ефективності очищення від радіоактивного забруднення фільтруючі матеріали можна розташувати в такій послідовності: скловолокно, тканина, неткані волокнисті з металевих волокон, синтетичні і природні матеріали. Для збільшення ефективності використовується електромагнітне поле.

У засобах індивідуального захисту для фільтрації особливо високодисперсних аерозолів широко використовуються фільтри Петрянова. У них застосовуються волокнисті матеріали, які складаються з тонких ниток товщиною від десятих часток мікрметра до декількох мікрметрів. Волокна виготовляються з перхлорвінілу, ацетилцелюлози, поліакрилатів, фторполімерів та інших матеріалів. Волокна у вигляді шару товщиною в 1мм і більше наносяться на підкладку (наприклад, марлю),

Для очищення повітря в ході промислової експлуатації АЕС використовуються приточні, циркулярні і витяжні вентиляційні системи, при цьому здійснюється ступінчасте очищення через різні фільтри.

ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Долін П.А. и др. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1984 – 814 с.
2. Егер Р. Дозиметрия и защита от излучений. – М.: Госатомиздат, 1967-380 с.
3. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1991 – 420 с.
4. Константинов М.П., Журбенко О.А. Радіаційна безпека.-Суми: «Університетська книга»,2002.
5. Крикунов В.Ф. и др. Безопасность жизнедеятельности. – Днепропетровск: УКО ИМА – пресс , 1995 – 195 с.
6. Кутлахмедов Ю.Ю. и др. Основы радиоекологии. – К.: Вища школа, 2003 – 319 с.: ил.
7. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ – 97): Державні гігієнічні нормативи. – Київ: Відділ поліграфії Українського центру Держсанепіднагляду МОЗ України, 1997 – 121 с.
8. Фрейман Э.С., Щупановский В.Д., Колошин В.М. Основы безопасности перевозки радиоактивных веществ. – М.: Энергоатомиздат, 1986 – 176 с.

Додаткова:

1. Антонов В.П. Уроки Чернобыля: радиация, жизнь, здоровье.-К.:Знание, 1989-41с.

Методичні посібники і вказівки

1. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни „Радіаційна екологія”. – Горлівка: АДІ ДонНТУ, 2005. – 40 с. (№19/17)
2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Радіаційна екологія». – Горлівка: АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», 2010.-60с. (№19/27)