



Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Факультет технічних систем  
та енергоефективних технологій

**6065 Методичні вказівки**  
до виконання практичної роботи  
«Оцінка ризику загрози здоров'ю за впливу радіації»  
із дисципліни **«Екологічні ризики  
та стратегії прийняття рішень»**  
для здобувачів спеціальності *101 «Екологія»*  
всіх форм здобуття вищої освіти

Суми  
Сумський державний університет  
2025

Методичні вказівки до виконання практичної роботи «Оцінка ризику загрози здоров'ю за впливу радіації» із дисципліни «Екологічні ризики та стратегії прийняття рішень» / укладач В. В. Фалько. – Суми : Сумський державний університет, 2025. – 11 с.

Кафедра екології та природозахисних технологій  
факультету ТеСЕТ



Цей твір ліцензовано на умовах

**Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International**

(Із Зазначенням Авторства-Некомерційна-Поширення  
на тих самих умовах 4.0 Міжнародна)

## ЗМІСТ

	С.
1. Загальні теоретичні відомості.....	4
2. Практична частина .....	7

## Мета роботи

Надати студентам знання та вміння щодо оцінювання ризику загрози здоров'ю під час впливу радіації. За результатами дослідження формулювати висновки, запропонувати рекомендації щодо зменшення впливу радіації на здоров'я людини.

## 1. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Якщо  $\alpha$  – питома активність деякого радіонукліда, що наявний у повітрі, питній воді або в продуктах харчування, то повна активність цього радіонукліда ( $A$ ), що потрапила в організм людини за час  $t$  (кількість років) буде дорівнювати, Бк:

$$A = \alpha \cdot M \cdot t,$$

де  $M$  – маса повітря, води або продукту харчування, що надійшла протягом року. Одиниця вимірювання повної активності – Беккерель (Бк).

Ефективна доза внутрішнього опромінювання, що викликана цією активністю ( $H$ ) становить, Зв:

$$H = A \cdot \varepsilon,$$

де  $\varepsilon$  – дозовий коефіцієнт радіонукліда, що розглядається. Одиниця вимірювання ефективної дози опромінення – Зіверт (Зв). Сенс цього коефіцієнта у тому, що з його допомогою активність радіонукліда, що потрапив у організм людини, перераховується у відповідну цієї активності дозу внутрішнього опромінення. Значення дозових коефіцієнтів  $\varepsilon$  (Зв/Бк) для радіонуклідів, з якими частіше за все доводиться мати справу на практиці, під час їх потрапляння в організм людини з повітрям, водою та їжею наведені у таблиці 1.

Після обчислення величини дози внутрішнього опромінення  $H$  можна розрахувати значення індивідуального радіаційного ризику  $r$ . Для цього використовується формула

$$r = H \cdot r_E,$$

де  $r_E$  – коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику.

Цей коефіцієнт характеризує скорочення тривалості періоду повноцінного життя в середньому на  $\beta = 15$  років на один

стохастичний (імовірнісний) випадок смертельного захворювання (в основному раком). Значення цього коефіцієнта дорівнюють:

$r_E = 5,6 \cdot 10^{-2} \text{люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$  – для виробничого опромінення (тобто для персоналу, який працює з іонізуючими випромінюваннями);

$r_E = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$  – для населення.

Індивідуальний радіаційний ризик вважається знехтуваним, якщо величина  $r$  не перевищує  $1,0 \cdot 10^{-6} \text{люд}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Значення верхньої межі допустимого індивідуального радіаційного ризику становить  $5,0 \cdot 10^{-5} \text{люд}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Значення  $r$ , що перевищує  $5,0 \cdot 10^{-5} \text{люд}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ , потрібно вважати неприпустимим.

Щоб розрахувати колективний радіаційний ризик, спочатку необхідно визначити величини колективної дози внутрішнього опромінення. Вона дорівнює добутку індивідуальної дози  $H$  на кількість колективу  $N$ , що піддається такому опроміненню:

$$K = N \cdot H.$$

Колективна доза виражається у людино-зівертах.

Колективний радіаційний ризик  $R$  дорівнює добутку колективної дози  $K$  на величину коефіцієнта радіаційного ризику  $r_E$ :

$$R = r_E \cdot K.$$

Колективний радіаційний ризик  $R$  показує кількість випадків прояву стохастичних ефектів, кожен з яких характеризується скороченням тривалості періоду повноцінного життя в середньому на  $\beta = 15$  років. Перемножуючи  $R$  і  $\beta$ , одержимо втрату колективної тривалості життя,

$$\Delta = R \cdot \beta.$$

Якщо вважати, що середня тривалість життя людини дорівнює 70 років, то очікувана колективна тривалість життя колективу, що розглядається, кількістю  $N$  дорівнює

$$T_K = 70N(\text{років}).$$

Відносна втрата колективної тривалості життя  $\delta$  буде дорівнювати

$$\delta = \frac{\Delta}{T_K} = \frac{\Delta}{70N}.$$

Для однієї людини середнє скорочення тривалості життя становить  $70 \cdot \delta$  (років). Ця величина, як і значення  $r$ , також характеризує індивідуальний радіаційний ризик.

Під час розрахунку радіаційного ризику, пов'язаного з зовнішнім опроміненням, використовуються ті самі співвідношення, що і для розрахунку ризику, обумовленого внутрішнім опроміненням. У такому разі не потрібно розраховувати активність радіонукліда, потрібно знати дозу або потужність дози зовнішнього опромінення, якому піддається людина. Під час розв'язання деяких задач необхідно використовувати положення, згідно якому опромінення колективної дози 1 люд · Зв призводить до потенційної шкоди, що дорівнює 1 люд · рік життя населення.

Таблиця 1 – Дозові коефіцієнти для радіонуклідів

Радіонуклід	Період напіврозпаду, рік	Надходження з повітрям, Зв/Бк	Находження з водою та їжею, Зв/Бк
Тритій $^3\text{H}$	12,3	$2,7 \cdot 10^{-10}$	$4,8 \cdot 10^{-11}$
Вуглець $^{14}\text{C}$	5730	$2,5 \cdot 10^{-9}$	$1,6 \cdot 10^{-9}$
Калій $^{40}\text{K}$	$1,28 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-8}$
Кобальт $^{60}\text{Co}$	5,27	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$2,7 \cdot 10^{-8}$
Стронцій $^{90}\text{Sr}$	29,1	$5,0 \cdot 10^{-8}$	$8,0 \cdot 10^{-8}$
Цезій $^{137}\text{Cs}$	30,0	$4,6 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$
Радій $^{226}\text{Ra}$	1600	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Уран $^{238}\text{U}$	$4,47 \cdot 10^9$	$7,4 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$
Торій $^{232}\text{Th}$	$1,4 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$
Плутоній $^{239}\text{Pu}$	$2,41 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-7}$
Америцій $^{241}\text{Am}$	432	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-7}$

## 2. Практична частина

### Завдання 1

У результаті розгерметизації оболонки радіоактивного джерела, що відбулася в лабораторії, в повітря потрапив радіоактивний кобальт, об'ємна активність якого становить  $55 \text{ Бк/м}^3$ . Протягом двох робочих днів один зі співробітників цієї лабораторії дихав забрудненим повітрям. Оцінити індивідуальний радіаційний ризик у вигляді скорочення очікуваної тривалості життя. Вважати, що весь радіонуклід, що потрапив у організм людини, залишається в організмі. Кількість повітря, що вдихає працівник за один робочий день, дорівнює приблизно  $10^3$ . Коефіцієнт радіаційного ризику для персоналу дорівнює  $5,6 \cdot 10^{-2} \text{ люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$ . Дозовий коефіцієнт для радіокобальта під час надходження його з повітрям дорівнює  $1,2 \cdot 10^{-8} \text{ Зв/Бк}$ .

### Завдання 2

За нормами радіаційної безпеки в будівлях, що експлуатуються, середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність дочірніх продуктів радону і торону в повітрі житлових приміщень не повинна перевищувати  $200 \text{ Бк/м}^3$ . Вважаємо що в результаті обстеження, що проведено в місті, виявлено, що 2 000 людей проживає в умовах, де значення об'ємної активності радону ( $^{222}\text{Rn}$ ) і торону ( $^{220}\text{Rn}$ ) дорівнює  $100 \text{ Бк/м}^3$ . Чому дорівнює ризик проживання в таких умовах протягом 20 років (у вигляді гіпотетичного скорочення тривалості життя цього контингенту людей)? Дозовий коефіцієнт  $\varepsilon$  під час надходження суміші радону й торону з повітрям у організм людини взяти  $4,3 \cdot 10^{-9} \text{ Зв/Бк}$ . Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику  $r_E = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{ люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$ .

### Завдання 3

Допустимий рівень вмісту  $^{90}\text{Sr}$  в олії взятий 80 Бк/кг. Вважається, що житель країни вживає в їжу в середньому 10 кг соняшникової олії за 1 рік. Таку олію вживають 500 людей. Розрахувати відповідні цим значенням індивідуальний і колективний ризику. Дозовий коефіцієнт  $^{90}\text{Sr}$  дорівнює  $8,0 \cdot 10^{-8} \text{Зв/Бк}$ . Коефіцієнт радіаційного ризику дорівнює  $r_E = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$ .

### Завдання 4

Межа допустимого індивідуального ризику становить  $5,0 \cdot 10^{-5} \text{люд}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Розрахувати питому активність природнього радіонукліда  $^{40}\text{K}$  у хлібопродуктах, що відповідає цьому ризику. Вважати, що житель держави з'їдає в середньому 130,8 кг хлібопродуктів за 1 рік. Дозовий коефіцієнт  $^{40}\text{K}$  для надходження з їжею дорівнює  $4,2 \cdot 10^{-8} \text{Зв/Бк}$ . Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює  $r_E = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$ .

### Завдання 5

Середнє значення коефіцієнта перенесення радіоцезію з супіщаних ґрунтів у рослини становить  $0,06 \text{Бк} \cdot \text{кг}^{-1} / \text{Бк} \cdot \text{м}^{-2}$ . Максимальне забруднення ґрунту радіоцезієм на території Чернігівської області, обумовлене забрудненням ґрунту під час Чорнобильської аварії, досягає  $1 \text{Ки/км}^2$ . На таких ґрунтах вирощена картопля. Розрахувати величину індивідуального радіаційного ризику, який виникає внаслідок вживання цієї картоплі в їжу протягом одного року. Середня кількість картоплі в раціоні жителя країни – 124,2 кг за 1 рік. Порівняти одержане значення ризику з величиною гранично допустимого ризику, що дорівнює  $5,0 \cdot 10^{-5} \text{люд}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Вважати, що увесь цезій ( $^{137}\text{Cs}$ )



залишається в організмі людини. Дозовий коефіцієнт ( $^{137}\text{Cs}$ ) дорівнює  $1,3 \cdot 10^{-8} \text{Зв/Бк}$ . Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює  $r_E = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$ . Розрахувати величину колективного ризику для контингенту кількістю 1 000 осіб.

### **Завдання 6**

Потужність дози природнього гамма-випромінювання в районах високогір'я може досягати 8 мЗв за 1 рік (вплив космічного випромінювання). Розрахувати колективний радіаційний ризик для одного мільйона жителів цих районів. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює  $7,3 \cdot 10^{-2} \text{люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$ .

### **Завдання 7**

Через підвищений вміст природніх радіонуклідів у глині цегляного будинку потужність дози гамма-випромінювання становить у середньому 50 мікрорентген за 1 годину, або 0,5 мкЗв за 1 годину. Розрахувати індивідуальний радіаційний ризик мешкання в такому будинку, якщо людина перебуває в ньому 12 годин на добу 300 днів на рік протягом 15 років. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює  $7,3 \cdot 10^{-2} \text{люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$ . Розрахувати колективний ризик для мешканців будинку кількістю 400 осіб.

### **Завдання 8**

У безпосередній близькості від ТЕЦ, що працює на кам'яному вугіллі, потужність дози гамма-випромінювання за рахунок викидів природніх радіонуклідів (що є в паливі й переходять у продукти згорання) в атмосферу становить у середньому 0,06 мЗв за 1 рік. Розрахувати колективний та індивідуальний ризику для населення 10 000 осіб, які мешкають

у цій місцевості протягом 10 років. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює  $7,3 \cdot 10^{-2} \text{люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$ .

### **Завдання 9**

Потужність дози гамма-випромінювання на протяжному виході біотитового граніту на земну поверхню дорівнює 2,4 мЗв за 1 рік. На цьому місці розміщена житлова будівля. Розрахувати колективний та індивідуальний ризики для 80 мешканців цього будинку, які живуть і працюють у цій місцевості протягом 10 років. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює  $7,3 \cdot 10^{-2} \text{люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$ .

### **Завдання 10**

Потужність дози гамма-випромінювання в пригрунтовому шарі повітря через забруднення радіонуклідами ґрунту дорівнює 80 мкР за 1 годину. Розрахувати колективний та індивідуальний ризики для 1 500 осіб, які мешкають і працюють у цій місцевості протягом 10 років. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює  $7,3 \cdot 10^{-2} \text{люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$ .

### **Завдання 11**

Середня потужність дози природнього гамма-випромінювання на висоті польоту пасажирських авіалайнерів становить 50 мЗв за 1 рік (через вплив космічного випромінювання). Розрахувати індивідуальний радіаційний ризик для людини, яка проводить в салоні літака 100 годин за 3 роки. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює  $7,3 \cdot 10^{-2} \text{люд}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$ .

Електронне навчальне видання

## **Методичні вказівки**

до виконання практичної роботи  
«Оцінка ризику загрози здоров'ю за впливу радіації»  
із дисципліни **«Екологічні ризики  
та стратегії прийняття рішень»**  
для здобувачів спеціальності *101 «Екологія»*  
всіх форм здобуття вищої освіти

Відповідальний за випуск Л. Д. Пляцук  
Редакторка Н. М. Мажуга  
Комп'ютерне верстання В. В. Фалько

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 0,64. Обл. вид. арк. 0,58.

Видавець і виготовлювач  
Сумський державний університет,  
вул. Харківська, 116, м. Суми, 40007

Свідоцтво про внесення суб'єкта господарювання до Державного реєстру видавців,  
виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 8193 від 15.10.2024.