



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

6063 Методичні вказівки
до виконання практичної роботи
на тему **«Оцінювання ризику загрози здоров'ю
в разі впливу безпорогових токсикантів»**
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 практичної роботи на тему «Оцінювання ризику загрози здоров'ю в разі впливу безпорогових токсикантів» із дисципліни «Екологічні ризики та стратегії прийняття рішень» / укладачка В. В. Фалько. – Суми : Сумський державний університет, 2025. – 15 с.

Кафедра екології та природозахисних технологій
факультету ТеСЕТ



Цей твір ліцензовано на умовах

[Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

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

ЗМІСТ

	С.
1. Загальні теоретичні відомості.....	4
2. Практична частина	12
Список використаної літератури.....	13

Мета роботи

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

1. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В останні роки виникла необхідність нового підходу до екологічної безпеки, який базується на концепції ризику. У зв'язку з цим розрізняють індивідуальний і колективний ризики.

Індивідуальний ризик, як показує сам термін, визначається ймовірністю екстремальної шкоди – смерті індивіда від деякої причини, що розглядається для всього його життя або для одного року. Колективний ризик частіше за все визначають кількістю смертей від деякої причини протягом визначеного інтервалу часу (наприклад, протягом п'яти років), що діє на визначену кількість осіб (наприклад, на 10 тис. осіб). У деяких країнах розробляються і вже діють нормативні акти, в яких встановлені стандарти екологічних ризиків, які орієнтуються на визначені параметри ризику. Використання в законодавстві параметрів ризику вимагає точного кількісного визначення двох важливих понять – максимального допустимого ризику і знехтуваного ризика.

Ризик вважається знехтуваним, якщо його рівень через його мале значення не може бути виявлений на фоні ризиків, що вже існують. У країнах Європи індивідуальний ризик вважається знехтуваним, якщо він не перевищує величини 10^{-6} за 1 рік. Отже, значення знехтуваного індивідуального ризику становить $1 \cdot 10^{-6} \cdot \text{рік}^{-1}$. Тобто, якщо негативна причина діє протягом року на мільйон людей, то від неї може загинути одна людина. Верхня межа допустимого ризику (максимально допустимий ризик) різна для населення й персоналу, що працює у шкідливих умовах.

Кожна шкідлива речовина, що потрапляє в довкілля, створює ризик загрози здоров'ю. Цей ризик залежить від дози речовини, яка потрапила в організм людини. Залежність ризику від дози забруднювача може бути різною, основні види цієї залежності подані на рисунках.

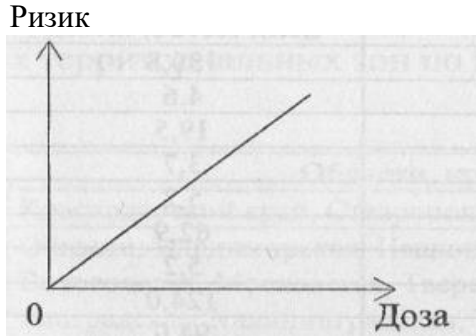


Рисунок 1 – Залежність ризику загрози здоров'ю від дози забруднювача. Лінійний зв'язок (безпороговий забруднювач)

Першим видом залежності характеризуються забруднювачі, негативна дія яких починається вже за дуже малих доз. Такі речовини називаються безпороговими. Негативні ефекти, що обумовлені впливом багатьох безпорогових забруднювачів, ростуть прямо пропорційно їх дозі, яка також прямо пропорційна концентрації забруднювача в повітрі, воді або продуктах харчування. Це лінійний зв'язок між ризиком і дозою забруднювача. Лінійною залежністю ризику від дози характеризуються канцерогени – як нерадіоактивні, так і радіонукліди, дія яких призводить до внутрішнього опромінення людини.

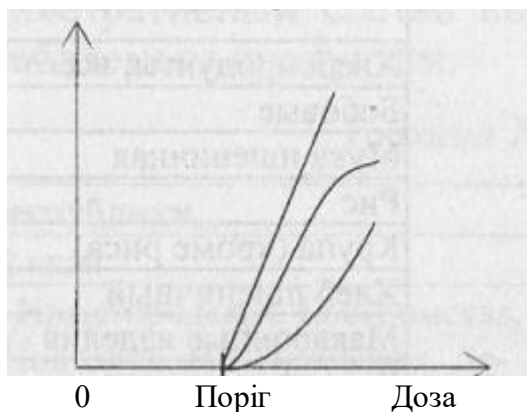


Рисунок 2 – Залежність ризику загрози здоров'ю від дози забруднювача. Складний зв'язок (пороговий забруднювач)

Залежність другого виду мають порогові забруднювачі, дія яких викликає негативні наслідки лише тоді, коли величина дози перевищить деяке порогове значення. Один із варіантів такої залежності наведено на рисунку 2. Вважається, що пороговими забруднювачами є токсичні, але не канцерогенні речовини.

До канцерогенів належать речовини, вплив яких достовірно збільшує частоту виникнення пухлин (доброякісних і/або злоякісних) у популяції людини та/або тварин і/або скорочує час розвитку цих пухлин. Як вже зазначалося, під час оцінювання ризику загрози здоров'ю, обумовленого впливом канцерогенних речовин, використовують два важливих положення. По-перше, прийнято вважати, що у канцерогенів немає порогової дози, їх дія починається вже з самої малої кількості речовини, яка потрапила в організм людини. По-друге, вважається, що ймовірність розвитку онкозахворювання (тобто канцерогенний ризик) прямо пропорційна кількості (дозі) канцерогену, що потрапив у організм людини. Сукупність цих двох положень називають безпороговою лінійною моделлю.

Досить чіткі принципи, що лежать в основі теорії ризику, дозволили розробити адекватний і відносно простий апарат для розрахунку характеристик ризику на практиці.

Центральною характеристикою в таких розрахунках є доза I , яка визначається як усереднена кількість хімічної речовини, що потрапляє до організму людини (у мг на 1 кг ваги тіла в середньому за добу) та розраховується за формулою

$$I = \frac{C \cdot CR \cdot EFD}{BW \cdot AT}, \quad (1)$$

де C – концентрація хімічної речовини в середовищі, мг/м³, мг/л, мг/кг;

CR – обсяг носія хімічної речовини, що контактує з організмом людини протягом доби;

EFD – тривалість періоду контакту, яка зазвичай розраховується з використанням двох характеристик: EF – частоти впливу, днів / рік; ED – тривалість впливу, років;

BW – вага тіла, кг;

AT – тривалість усередненого періоду в днях, яка дорівнює 365 днів / рік.

У практичних розрахунках у формулі (1) враховуються специфічні особливості контакту людського організму з забрудненим середовищем.

Для короткострокового, але інтенсивного контакту (у разі значної концентрації речовини в середовищі) формула (1) може бути приведена до такого вигляду:

$$I = \frac{C \cdot CR}{BW}. \quad (2)$$

Зокрема, для оцінювання дози хімічної речовини, що потрапила в організм людини під час дихання забрудненим повітрям, використовується така формула:

$$I = \frac{C_{\text{сеп}} \cdot IR \cdot ET}{BW}, \quad (3)$$

де $C_{\text{сеп}}$ – середня концентрація забруднювача в повітрі, мг/м³;

IR – об'єм повітря, що вдихається протягом години, м³/год;
ET – тривалість контакту, годин.

У разі споживання забрудненої води формула (1) трансформується у формулу

$$I = \frac{CW \cdot IR \cdot ET \cdot ED}{BW \cdot AT}, \quad (4)$$

де CW – концентрація забруднювача у воді, мг/л;
IR – кількість води, що випивається протягом дня, л/день;
ED – тривалість впливу, років.

У разі контакту шкіряного покриву людини із забрудненою водою (наприклад, під час купання) використовують таку формулу:

$$AD(adsorbed_dose) = \frac{CW \cdot SA \cdot PC \cdot ET \cdot EF \cdot ED \cdot CF}{BW \cdot AT}, \quad (5)$$

де SA – площа поверхні шкіри, що контактує з водою, см²;
PC – специфічна характеристика, що визначає проникність шкіри для цього хімічного елемента, см/годину;
EF – частота впливу, разів/рік;
CF – коефіцієнт, 1 л/1 000 см³.

Для оцінювання кількості забруднювача, що потрапив в організм людини разом з їжею (наприклад, із забрудненою рибою), формула (1) приводиться до такого вигляду:

$$I = \frac{CF \cdot IR \cdot FI \cdot ET \cdot ED}{BW \cdot AT}, \quad (6)$$

де CF – концентрація забруднювальної речовини в їжі, мг/кг;
IR – усереднена кількість їжі, що з'їдається за одне приймання їжі, (кг/раз);
FI – специфічна безрозмірна характеристика, що визначає особливості сприйняття організмом хімічної речовини з їжі;
ET – частота приймання їжі, разів/рік;
ED – тривалість впливу, років;

BW – вага тіла, (кг);

AT – тривалість усередненого періоду в днях.

Аналогічні формули застосовуються під час оцінювання доз, отриманих під час поглинання забрудненого м'яса, фруктів і у разі інших різноманітних контактів забруднювачів з організмом людини.

Добові дози хронічного впливу позначають через E .

Під час масових контактів людей із забрудненим середовищем для оцінювання усередненої дози в практичних розрахунках використовують усереднені характеристики контактів. Зокрема, у разі вживання забрудненої питної води $IR = 2$ л для дорослого населення. Під час оцінювання величини дози, отриманої під час купання у водоймі, частота купання береться такою, що дорівнює 7 разів за 1 рік; поверхня шкіри, що контактує з водою, береться залежно від віку (вона зростає від $0,7 \text{ м}^2$ у дітей до шести років до $1,9 \text{ м}^2$ у дорослих). Усереднена кількість риби, що з'їдається за одне приймання їжі, береться такою, що дорівнює $0,113$ кг; середня вага людини береться такою, що дорівнює 70 кг, середня тривалість життя – 70 років і тощо.

Коефіцієнти шкоди для кожного забруднювача, використовуючи умовні значення Rfd , визначаються за формулою 7 (HI в цьому разі буде означати відношення до граничного значення a , отже, відносну шкоду):

$$HI = \frac{E}{RfD}, \quad (7)$$

де HI – індекс ризику;

$E = I = CDI$ – усереднена доза;

RfD – гранична доза.

Суть формули (7) полягає в такому: якщо $E > RfD$, тобто $HI > 1$, то під час збереження існуючого рівня впливу можуть існувати неканцерогенні ефекти, тобто захворюваність населення (що не пов'язана з раком) може перевищити середній рівень. Зазвичай чим більше значення HI (за $HI > 1$), тим більший рівень захворюваності можна чекати. Але тут необхідно враховувати,

що HI не можна інтерпретувати як статистичну або імовірнісну характеристику. Іншими словами, значення $HI = 0,01$ не означає, що існує один шанс із 100 занедужати. Аналогічно теорія ризику не пов'язує за $HI > 1$ рівень захворюваності з величиною цього показника.

Загальний індекс ($HI_{заг.}$) шкоди від споживання забрудненого повітря, води та харчових продуктів визначають як суму коефіцієнтів, розрахованих для кожної з речовин:

$$HI_{заг.} = Risk = \sum_{i=1}^n Risk_i, \quad (8)$$

де $Risk$ – сумарна характеристика ризику (імовірність занедужати раком або індекс ризику у разі неканцерогенних впливів);
 $Risk_i$ – відповідна приватна оцінка ризику, $i = 1, 2, 3, \dots, n$, де індекс i означає порядковий номер впливу.

Таблиця 1 – Довідкові дані для оцінювання ризику (стандарти ЕРА 118)

Речовина		SF, (мг/кг) ⁻¹ , інгаляційний / пероральний	Референтна доза (RfD) неканцерогенного перорального ризiku, мг/кг
	1	2	3
A	Хлороформ	0,081/0,031	0,01
B	Бензол	0,029/0,01	–
C	Миш'як	3,3/1,5	0,0003
D	Альдрин	4,9/1,7	0,00003
E	Поліхлоровані біфеніли	0,57/5	0,00002
F	Тіомочевина	0,021/0,072	–

Продовження таблиці 1

	1	2	3
G	Гідразин	4,9/3	–
H	ДДТ (дихлордифеніл- трихлоретан)	0,097/0,34	0,0005
I	Алахлор	0,016/0,056	0,01
J	Свинець	0,012/0,0085	0,0000785
K	Хром	0,012/–	0,005
L	Хлор	–	0,1
M	Фтор	–	0,06
N	Мідь	–	0,037
O	Барій	–	0,07
P	Алюміній	–	0,1
Q	Кадмій	1,8/–	0,0005
R	Формальдегід	0,006/–	0,2

2. Практична частина

Завдання 1

Розрахувати ризик від неканцерогенного впливу забрудненої води з колодязя, що містить фенол (небезпечний для нирок і печінки), нітробензол (небезпечний для багатьох органів і систем) і ціанід (впливає на функцію щитовидної залози) у концентраціях 3,5; 0,003 і 0,02 мг/л відповідно.

Завдання 2

Розрахувати індекс шкоди від вживання в їжу риби, забрудненої фенолом. Беремо концентрацію фенолу в рибі 0,109 мг/кг. Частка забрудненого продукту в загальному обсязі риби, що споживається, дорівнює 0,85. Середнє споживання риби в їжу, на думку гігієністів, 6,5 г/день за частоти впливу 365 днів/рік. Тривалість впливу будемо вважати такою, що дорівнює 70 рокам, вага тіла 70 кг. Час усереднення – 70 років, 365 днів/рік.

Завдання 3

Розрахувати ризик від вживання води з вмістом трихлоретилену, що дорівнює 25 мкг/л. Трихлоретилен до 500 % збільшує ризик розвитку хвороби Паркінсона. Вода такої якості вживається мешканцями 10-тисячного містечка протягом 30 років, причому протягом кожного року вода вживалася у середньому 300 днів. Референтна доза трихлоретилену 0,02 мг/кг.

Завдання 4

У повітрі цеху промислового підприємства виявлено бензол з концентрацією, що дорівнює 16 мкг/м³. Розрахувати канцерогенний ризик, якому піддається робочий під час вдихання бензолу протягом року. Вважається, що за робочий день (на робочому місці) людина вдихає 10 м³ повітря. Кількість робочих днів у році – 250.

Завдання 5

У повітрі поблизу хімічного комбінату виявили фтор, концентрація якого становить $0,8 \text{ мг/м}^3$. ГДК фтору – $0,15 \text{ мг/м}^3$. Протягом 5 років таким повітрям дихає населення, кількість якого становить 6 тис. осіб. Кількість днів, протягом яких люди підлягають канцерогенному ризику, дорівнює в середньому 300. Розрахувати канцерогенний ризик для населення міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1

Методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря». Затверджена МОЗ

У

к

р

а

ї

н

и

№

8

9

в

і

д

1

7

с

і

ч

н

я

2

0

2

2

р

Електронне навчальне видання

Методичні вказівки
до виконання практичної роботи
на тему **«Оцінювання ризику загрози здоров'ю
в разі впливу безпорогових токсикантів»**
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. 0,87. Обл. вид. арк. 0,63.

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.