

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**



**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ НА ТЕМУ:  
Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря**

для студентів освітньо-професійних програм «Екологія» та  
«Технології захисту навколишнього середовища»  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2021

Екологічна безпека. Методичні рекомендації до виконання практичної роботи на тему «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» для студентів освітньо-професійних програм «Екологія» та «Технології захисту навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти» [Текст] / О. О. Борисовська. НТУ «Дніпровська політехніка». — Дніпро: НТУ «ДП», 2021. — 40 с.

Автор:

О. О. Борисовська, канд. техн. наук, доц.

Затверджено методичними комісіями зі спеціальностей 101 «Екологія» (протокол № 2 від 13.02.2021 р.) та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» (протокол № 2 від 13.02.2021 р.) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол № 6 від 13.02.2021)

Подано методичні рекомендації до виконання практичної роботи з дисципліни «Екологічна безпека» на тему «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Відповідальний за випуск завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, докт. техн. наук, проф. А.В. Павличенко

Борисовська О.О.  
НТУ «Дніпровська політехніка», 2021

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні рекомендації призначені для закріплення теоретичних знань, набутих студентами в лекційному курсі, а також формування практичних навичок щодо оцінки канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я.

Методичні рекомендації включають практичну роботу, текст якої викладено за типовою структурною схемою – тема, мета роботи, подання теоретичних положень за темою, завдання для самостійного виконання та питання для самоконтролю.

***В результаті виконання практичної роботи студенти повинні набути практичні навички з:***

- ❖ складання схеми оцінки ризику для здоров'я від забруднення атмосферного повітря;
- ❖ проведення ідентифікації небезпеки від забруднення атмосфери;
- ❖ оцінки експозиції небезпечної хімічної речовини;
- ❖ надання характеристики небезпеки хімічних речовин;
- ❖ надання характеристики ризику.

# ПРАКТИЧНА РОБОТА

## ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

**Мета роботи:** набуття студентами практичних навичок оцінки канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря.

Поставлена мета досягається послідовним вирішенням **наступних завдань:**

– ознайомлення з основними положеннями методики оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря;

– ознайомлення з прикладом виконання оцінки канцерогенного та неканцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням повітря, а також з прикладом розрахунку сумарного неканцерогенного ризику з урахуванням критичних органів та систем, які в першу чергу зазнають негативного впливу;

– самостійне проведення оцінки канцерогенного та неканцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря небезпечними хімічними речовинами.

### 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### 1.1. Загальні положення

У даних методичних рекомендаціях терміни і визначення застосовуються в такому значенні:

*Аналіз ризику* – процес отримання інформації, необхідної для запобігання негативних наслідків для здоров'я і життя людини, який включає етапи з оцінки ризику, управління ризиком і розповсюдження інформації про ризик.

*Доза* – основна міра експозиції, яка характеризує кількість хімічної речовини, що впливає на організм.

*Експозиція* – кількість хімічної речовини, яка доступна для абсорбції на обмінних оболонках тіла (легені, шлунково-кишковий тракт, шкіра) протягом певної тривалості впливу.

*Залежність «доза-відповідь»* – зв'язок між рівнем експозиції (дозою) і ступенем прояву специфічного ефекту у популяції, що зазнає впливу даної сполуки.

*Індекс небезпеки* – сума коефіцієнтів небезпеки для речовин з однорідним механізмом дії або сума коефіцієнтів небезпеки для різних шляхів надходження хімічної речовини.

*Індивідуальний ризик* – оцінка імовірності розвитку негативного ефекту у індивіда, наприклад, ризик розвитку раку у одного індивіда із 1 000 осіб, які зазнавали впливу (ризик 1 на 1 000 або  $10^{-3}$ ). *Канцерогенний ризик* – імовірність розвитку новоутворень протягом життя людини, що обумовлена впливом потенційного канцерогену.

*Коефіцієнт небезпеки* – відношення дози (або концентрації) впливу хімічної речовини до її безпечного (референтного) рівня впливу.

*Кумулятивний ризик* – імовірність розвитку шкідливого ефекту внаслідок одночасного надходження в організм усіма можливими шляхами хімічних речовин, що мають схожий механізм дії.

*Маршрут впливу* – шлях хімічної речовини від джерела її утворення і надходження у навколишнє природне середовище до організму людини, що зазнає експозиції впливу. Складається із джерела забруднення навколишнього природного середовища, первинного забрудненого середовища, транспортуючого середовища і середовища, що безпосередньо впливає на людину.

*Невизначеність* – ситуація, обумовлена недосконалістю знань про сучасний або майбутній стан системи взаємозв'язку між шкідливим чинником і організмом людини. Характеризує часткову відсутність відомостей про певні параметри, процеси, моделі, що використовуються при оцінці ризику.

*Одиничний ризик (UR)* – верхня межа додаткового ризику протягом життя, який обумовлений впливом хімічної речовини в концентрації  $1 \text{ мкг/м}^3$  (за інгаляційного шляху надходження з атмосферного повітря).

*Популяційний ризик* – агрегована міра очікуваної частоти ефектів серед всіх людей, які зазнали впливу (наприклад, 20 випадків захворювання на рак у популяції окремого району, міста тощо).

*Референтна доза/референтна концентрація (RfD/RfC)* – добовий вплив хімічної речовини протягом життя, що встановлюється з урахуванням всіх наявних сучасних наукових даних та, імовірно, не призводить до виникнення ризику для здоров'я чутливих груп населення.

*Ризик для здоров'я* – імовірність розвитку негативних наслідків для здоров'я у окремих індивідів або групи осіб, які зазнали певного впливу хімічної речовини. Характеризується величиною, що лежить в інтервалі (0...1), де 0 означає відсутність ефекту, а 1 – обов'язковий його прояв.

*Середня добова доза/концентрація впливу протягом життя (ADD/ADC, або LADD/LADC)* – потенційна добова доза/концентрація, осереднена за період впливу хімічної речовини. Період осереднення експозиції для канцерогенів – 70 років.

*Фактор канцерогенного потенціалу (SF)* – міра додаткового індивідуального канцерогенного ризику або ступінь збільшення імовірності розвитку раку за впливу канцерогена.

*Характеристика ризику* – завершальний етап оцінки ризику, на якому узагальнюються дані попередніх етапів і пов'язаних з ними невизначеностей з метою обґрунтування висновків і рекомендацій, необхідних для управління ризиком.

*Фактори ризику* – негативні чинники, що провокують або збільшують ризик розвитку певних ефектів (захворювань).

## **1.2. Коротка характеристика зв'язку між показниками здоров'я населення та станом довкілля**

Здоров'я людини визначається складною взаємодією цілого ряду факторів: спадковість, соціально-економічне та психологічне благополуччя, доступність і якість медичного обслуговування, спосіб життя і наявність шкідливих звичок, умови життєдіяльності та якість навколишнього природного середовища. Визначення точного внеску окремих факторів у розвиток захворювання нерідко є досить важким завданням, яке ускладнюється значною кількістю обумовлених ними ефектів, багато з яких, до того ж, можуть зустрічатися серед населення і без впливу цих факторів.

У той же час, шляхом проведення належним чином спланованих епідеміологічних та еколого-гігієнічних досліджень можна виявити і кількісно оцінити ризик розвитку захворювань, пов'язаних з шкідливою дією факторів навколишнього природного середовища для відносно великих груп населення. Сьогодні одним із найбільш ефективних сучасних підходів до встановлення зв'язку між станом навколишнього природного середовища та здоров'ям населення в певному регіоні чи місті, що дозволяє вирішувати подібні задачі в умовах обмежених термінів і фінансових можливостей, є методологія оцінки ризику.

*Методологія оцінки ризику* – це вибір оптимальних у даній конкретній ситуації шляхів усунення або зменшення ризику, він складається з трьох взаємопов'язаних елементів:

- 1) оцінка ризику;
- 2) управління ризиком;
- 3) інформування про ризик.

Саме їх сукупність дозволяє не лише виявити існуючі проблеми, розробити шляхи їх вирішення, а й створити умови для практичної реалізації цих рішень.

При цьому визначення ризику від забруднення атмосферного повітря дозволяє прогнозувати імовірність і медико-соціальну значимість можливих порушень здоров'я при різних сценаріях його впливу, а ще й встановлювати першочерговість і пріоритетність заходів з управління факторами ризику на індивідуальному та популяційному рівнях.

Визначення факторів ризику, доведення їх ролі у порушенні здоров'я людини, а також кількісна характеристика залежностей шкідливих ефектів від рівнів впливу конкретних факторів дозволяє оцінити реальну загрозу здоров'ю населення, що проживає на певних територіях, і дає об'єктивні підстави для впровадження профілактичних заходів.

Одночасно результати можна використовувати для розрахунків економічних втрат суспільства у результаті погіршення здоров'я населення або визначення затрат на впровадження профілактичних заходів та поліпшення навколишнього природного середовища. Отже, сучасна методологія оцінки ризиків для здоров'я та управління ними у разі впровадження її у практику державного санітарно-епідеміологічного нагляду, дозволяє вирішити як традиційні, так і нові задачі профілактичної медицини з урахуванням комплексу соціально-економічних та екологічних проблем.

### **1.3. Оцінка ризику**

Повна, або базова, схема оцінки ризику передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів, а саме:

- 1) ідентифікацію небезпеки;
- 2) оцінку експозиції;
- 3) характеристику небезпеки (оцінку залежності «доза-відповідь»);
- 4) характеристику ризику.

*1.3.1. Ідентифікація небезпеки.* Головним завданням цього етапу є відбір пріоритетних, індикаторних хімічних речовин, вивчення яких дозволить з достатньою точністю охарактеризувати рівні ризику порушення стану здоров'я населення та джерела його виникнення. Пріоритетність досліджуваних речовин визначають на основі даних щодо їх біологічної активності, у т.ч. канцерогенної, фізико-хімічних властивостей, які обумовлюють особливості поширеності і поведінки їх у навколишньому природному середовищі та впливу на організм людини, залежності розвитку негативних ефектів (специфічних і неспецифічних) від шляху надходження речовини в організм. При цьому, як правило, використовують вторинні джерела інформації (аналітичні огляди, звіти, довідники, бази даних), що вже містять висновки висококваліфікованих експертів про небезпечні властивості даної речовини.

1.3.2. *Оцінка експозиції* – етап оцінки ризику, у процесі якого встановлюється кількісний рівень надходження речовини до організму людини певним шляхом. Він передбачає визначення шляху розповсюдження у навколишньому середовищі і впливу на організм забруднюючої сполуки, вивчення її концентрацій, установлення терміну дії і загальної тривалості впливу, оцінки чисельності популяції, яка знаходиться або вірогідно може знаходитись під впливом шкідливого чинника.

Кількісна характеристика експозиції передбачає визначення концентрації хімічних сполук, що впливають на людину, орієнтуючись на дані:

- моніторингових досліджень;
- моделювання поширеності та поведінки хімічних сполук у повітряному (навколишньому природному) середовищі;
- комбінації результатів моніторингових спостережень із даними, отриманими на основі моделювання.

Моніторинг якості атмосферного повітря є найбільш важливим інструментом для аналітичного визначення вмісту хімічних чинників. За сучасних умов джерелом даних можуть бути результати спеціально спрямованих спостережень та матеріали щодо стану забруднення атмосферного повітря, отримані державною системою спостережень Державної гідрометеорологічної служби та установами МОЗ України.

Концентрація речовини у зоні спостережень (місце перебування людини) визначається як *середньоарифметична величина концентрацій*, що мали місце протягом періоду експозиції, або як максимальна концентрація за обмежений час (у залежності від постановки завдання).

Для оцінки ризиків, зумовлених хронічним впливом хімічних речовин, мають застосовуватись *середньорічні концентрації* та їхні верхні 95%-ві довірчі межі. При визначенні ризиків гострих (екстремальних, аварійних) ситуацій терміном до 24 год. використовуються *максимальні концентрації*.

Визначаючи ризик впливу атмосферного повітря на здоров'я людей, теоретично бажано враховувати весь спектр хімічних сполук, що можуть діяти у цьому місці. Однак, реально допускається обмеження їх числа пріоритетними (індикаторними) для даної території речовинами.

Критеріями вибору пріоритетних речовин антропогенного походження є їх токсичні властивості, розповсюдження у навколишньому середовищі, стійкість, здатність до біокумуляції та міграції природними ланцюгами, здатність викликати негативні ефекти (незворотні, віддалені) та чисельність населення, на яке потенційно вони можуть впливати.

При визначенні пріоритетних речовин доцільно враховувати також закордонні переліки (Росія, США), що склалися на основі вивчення



компонентів забруднення повітряного середовища та характерних викидів різних промислових галузей.

Для України важливо орієнтуватись на переліки загальнопоширених забруднюючих речовин атмосферного повітря, показників та інгредієнтів атмосферних опадів, позначених у Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 року № 827.

Результатом даного етапу оцінки ризику є визначення **середньої добової дози (ADD/LADD)**, формула розрахунку якої за інгаляційного впливу речовини з атмосферного повітря має вигляд:

$$ADD/LADD = \frac{[(Ca \cdot Tout \cdot Vout) + (Ch \cdot Tin \cdot Vin)] \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365}, \quad (1)$$

де *ADD/LADD* – середня добова доза речовини, мг/(кг·доба);

*Ca* – концентрація речовини в атмосферному повітрі, мг/м<sup>3</sup>;

*Ch* – концентрація речовини у повітрі приміщення, мг/м<sup>3</sup>;

*Tout* – час, що проводиться поза приміщенням, год/доба;

*Tin* – час, що проводиться у приміщенні, год/доба;

*Vout* – швидкість дихання поза приміщенням, м<sup>3</sup>/год;

*Vin* – швидкість дихання у приміщенні, м<sup>3</sup>/год;

*EF* – частота впливу, днів/рік;

*ED* – тривалість впливу, років;

*BW* – маса тіла, кг;

*AT* – період осереднення експозиції, років;

365 – число днів у році.

За відсутності специфічних для досліджуваної популяції дескрипторів експозиції використовують стандартні значення, наведені у додатку 1.

*1.3.3. Характеристика небезпеки.* Головним завданням етапу є узагальнення та аналіз наявних даних щодо гігієнічних нормативів, безпечних рівнів впливу (референтних доз та концентрацій), критичних органів/систем та негативних ефектів, що можуть виникати за дії певної речовини або групи речовин.

Дія хімічних сполук зумовлює широкий спектр шкідливих ефектів, які залежать від шляху та тривалості надходження в організм, рівнів доз або концентрацій. У методології оцінки ризику прийнято орієнтуватися на той шкідливий ефект, який виникає за впливу *найменшої* із ефективних доз

(критичний ефект, критичні органи/системи).

При цьому міжнародна методологія оцінки ризику передбачає, що:

- для **неканцерогенних речовин** та канцерогенів негенотоксичної дії передбачається наявність *порогових рівнів*, нижче від яких шкідливі ефекти не виникають;

- канцерогенні ефекти, обумовлені дією **генотоксичних канцерогенних чинників**, можливі за дії *будь-яких доз*, що викликають пошкодження генетичного матеріалу; для такого роду сполук відсутні порогові рівні.

Для характеристики ризику розвитку неканцерогенних ефектів найчастіше використовують два показники:

1) максимальна недіюча доза;

2) мінімальна доза, що викликає пороговий ефект.

Дані показники є основою для установлення рівнів мінімального ризику – *референтних доз (RfD)* і *референтної концентрації (RfC)*. Перевищення референтної дози не обов'язково пов'язане із розвитком шкідливого ефекту, але чим вища доза впливу і чим більше вона перевищує референтну, тим більша імовірність його виникнення, однак оцінити цю імовірність за даного методичного підходу неможливо.

У зв'язку з цим кінцевими характеристиками оцінки експозиції на основі референтних доз і концентрацій є *коефіцієнти небезпеки (HQ)* та *індекси небезпеки (HI)*.

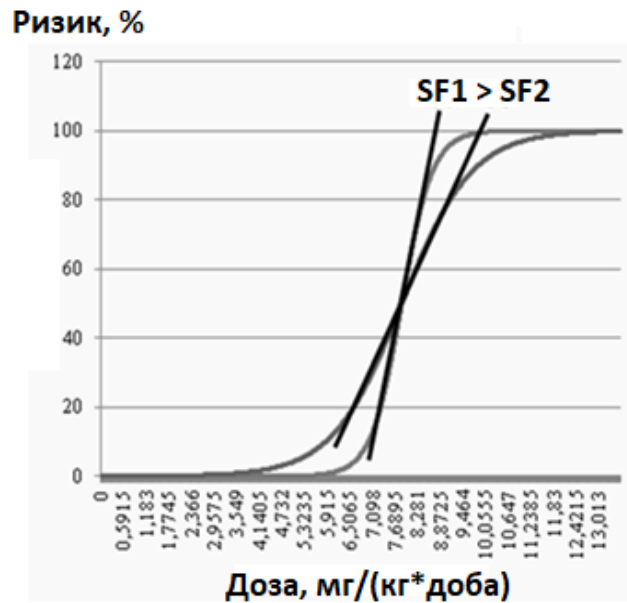
Якщо референтна доза не перевищена, то ніяких регулюючих втручань не потрібно. У випадку, коли вплив речовини перевищує *RfD*, виникає небезпека, величину якої можна оцінити лише за допомогою вивчення залежності «доза-відповідь» та спектра шкідливих ефектів.

Значення референтних концентрацій деяких хімічних речовин, а також критичних органів та систем, на які вони впливають, наведено у додатку 2.

Для оцінки ризику генотоксичних канцерогенів основним параметром є *фактор канцерогенного потенціалу (CPF)* або *фактор нахилу (SF)*, що відображає ступінь наростання канцерогенного ризику на одну одиницю зі збільшенням дози впливу (рис.1.1) і має розмірність  $(\text{мг/кг}\cdot\text{доба})^{-1}$ .

Іншим параметром є величина так званого *одиночного ризику (UR)*. За інгаляційного впливу *UR* являє собою верхню, консервативну оцінку канцерогенного ризику у людини, яка зазнає постійного впливу протягом життя певного канцерогену в концентрації  $1 \text{ мкг/м}^3$ .

Значення фактора канцерогенного потенціалу деяких хімічних речовин за повітряного шляху надходження наведено у додатку 3.



**Рис. 1.1.** Дві залежності «доза-ефект» з різними факторами нахилу  $SF$

1.3.4. *Характеристика ризику* інтегрує дані про небезпеку досліджуваних речовин, величину експозиції, параметри залежності «доза-відповідь», які було отримано на попередніх етапах дослідження. На основі цих даних дається кількісна та якісна оцінка ризику окремих речовин та визначається порівняльний ряд небезпеки для здоров'я населення групи сполук.

Характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів здійснюють шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції з безпечними (референтними) рівнями впливу та визначенням **коефіцієнта небезпеки**:

$$HQ = AD/RfD \quad \text{або} \quad HQ = AC/RfC, \quad (2)$$

де  $HQ$  – коефіцієнт небезпеки;

$AD$  – середня доза, мг/кг;

$AC$  – середня концентрація, мг/м<sup>3</sup>;

$RfD$  – референтна (безпечна) доза, мг/кг;

$RfC$  – референтна концентрація, мг/м<sup>3</sup>.

За висновком російських експертів, у разі відсутності референтних доз/концентрацій як еквівалент можна використовувати гранично допустимі концентрації (ГДК) або максимально недіючі рівні чи концентрації (МНР, МНК), установлені за критерієм прямого ефекту на здоров'я.

За інгаляційного надходження, якщо цього не потребують спеціальні задачі дослідження, немає необхідності розраховувати дозу впливу, а розрахунок **коефіцієнта небезпеки** можна здійснювати за формулою:

$$HQ_i = \frac{C_i}{RfCi}, \quad (3)$$

де  $HQ_i$  – коефіцієнт небезпеки впливу  $i$ -тої речовини;

$C_i$  – рівень впливу  $i$ -тої речовини, мг/м<sup>3</sup>;

$RfCi$  – безпечний рівень впливу, мг/м<sup>3</sup>.

Коефіцієнт небезпеки розраховують окремо за умов короткотривалого (гострого), підгострого і тривалого впливу хімічної речовини. При цьому період осереднення експозиції і відповідних безпечних рівнів впливу має бути аналогічним.

Критерії для характеристики коефіцієнта небезпеки наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Критерії неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки (HQ)
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	< 1
Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатися як досить прийнятна	1
Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ	> 1

Характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин проводять на основі розрахунку **індексу небезпеки** за формулою:

$$HI = \sum_{i=1}^n HQ_i, \quad (4)$$

де  $HQ_i$  – коефіцієнти небезпеки для окремих компонентів суміші хімічних речовин, що впливають.

Розрахунок індексів небезпеки, як правило, проводять з урахуванням критичних органів та систем, які зазнають негативного впливу досліджуваних речовин. Як свідчать результати наукових досліджень, за впливу компонентів суміші на одні і ті ж органи або системи організму найбільш імовірним типом їх комбінованого впливу є сумація (адитивність). Це правило не є універсальним, оскільки не враховує можливої різниці у механізмах специфічної дії компонентів суміші, а також локальних шкідливих реакцій у місці первинного контакту речовини з організмом (наприклад, слизових оболонках дихальних шляхів або шлунку). Разом з тим, на думку міжнародних

та закордонних експертів, такий підхід хоча і може перебільшувати небезпеку для здоров'я, однак має більшу перевагу у порівнянні з роздільною, незалежною оцінкою кожного із компонентів.

Для характеристики канцерогенного ризику проводять розрахунок індивідуального та популяційного ризику впливу досліджуваних речовин.

Розрахунок *індивідуального канцерогенного ризику CR* здійснюють за формулою:

$$CR = LADD \cdot SF, \quad (5)$$

де *LADD* – середня добова доза протягом життя, мг/(кг · доба);

*SF* – фактор нахилу, (мг/кг · доба)<sup>-1</sup>.

При застосуванні величини одиничного ризику розрахункова формула набуває вигляду:

$$CR = LADC \cdot UR, \quad (6)$$

де *LADC* – середня концентрація речовини в атмосферному повітрі за весь період усереднення експозиції, мг/м<sup>3</sup>;

*UR* – одиничний ризик, (мг/м<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>.

*Одиничний ризик* розраховують із використанням величини *SF*, стандартної величини маси тіла людини (70 кг) та добового споживання повітря (20 м<sup>3</sup>):

$$URi(\text{куб.м/мг}) = \frac{SF_i(\text{мг/кг} \cdot \text{доба})^{-1}}{70\text{кг} \cdot 20(\text{куб.м/доба})}, \quad (7)$$

Поряд з розрахунками індивідуального канцерогенного ризику проводять визначення *популяційного ризику (PCR)*, який відображає додаткову (до фонові) кількість випадків новоутворень, які можуть виникнути протягом життя внаслідок впливу досліджуваного фактора:

$$PCR = CR \cdot POP, \quad (8)$$

де *CR* – індивідуальний канцерогенний ризик;

*POP* – чисельність популяції, що підпадає під вплив даного фактора, чол.

При порівняльній характеристиці ризику іноді використовують величину популяційного річного ризику (*PCRa*), що являє собою розраховану кількість додаткових випадків раку протягом року:

$$PCRa = \sum(Ci \cdot URi) \cdot POP/70, \quad (9)$$

де  $\Sigma$  – знак суми;

$Ci$  – середня річна концентрація і-тої речовини;

$POP$  – чисельність популяції, що зазнає впливу, чол.

$URi$  – одиничний ризик протягом життя (70 років).

Канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох хімічних сполук розглядають як адитивний. При аналізі доцільно групувати досліджувані канцерогени з урахуванням виду та/або локалізації пухлин. У цьому випадку розрахунок сумарних канцерогенних ризиків здійснюють окремо для кожної групи (наприклад, для раку легень, пухлин печінки тощо).

Таким чином, за впливу декількох канцерогенів сумарний канцерогенний ризик розраховують за формулою:

$$CR_T = \sum_{j=1}^n CR_j, \quad (10)$$

де  $CR_T$  – загальний канцерогенний ризик для шляху надходження  $T$ ;

$CR_j$  – канцерогенний ризик для  $j$ -тої канцерогенної речовини.

При оцінці ризиків для здоров'я, зумовлених впливом забруднювачів атмосферного повітря, доцільно орієнтуватися на систему критеріїв, рекомендовану у публікаціях ВООЗ (1996, 1999, 2000 рр.) (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Класифікація рівнів ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
<i>Високий</i> (De Manifestis) – не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	$> 10^{-3}$
<i>Середній</i> – припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком	$10^{-3}-10^{-4}$
<i>Низький</i> – припустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	$10^{-4}-10^{-6}$
<i>Мінімальний</i> (De Minimis) – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	$< 10^{-6}$

Аналіз невизначеностей. В кінці кожного етапу оцінки ризику проводять аналіз невизначеностей, що можуть вплинути на достовірність результатів. Невизначеності являють собою часткову відсутність знань або фактичних даних щодо певних параметрів, процесів або моделей.

Можливі невизначеності поділяються на три категорії:

- невизначеності, зумовлені відсутністю або неповною інформацією, яка необхідна для коректного визначення ризику (наприклад, неповні або неточні дані про джерела забруднення навколишнього природного середовища, якісних та кількісних характеристиках емісії хімічних сполук тощо);

- невизначеності, пов'язані із деякими параметрами, які використовують для оцінки експозиції і розрахунку ризику (наприклад, установлення токсикологічних параметрів в експериментальних умовах та екстраполяція їх на населення);

- невизначеності, зумовлені пробілами в науковій теорії, яка необхідна для передбачення на основі причинних зв'язків (неповнота інформації щодо параметрів, які застосовуються при аналізі ризику: характеристика популяції, довкілля, фізико-хімічні властивості сполуки тощо).

Оскільки невизначеність властива самому процесу оцінки ризику, в певних випадках вона може бути зменшена шляхом додаткових досліджень чи вимірювань через виділення декількох параметрів, точність визначення яких чинить найбільший вплив на кінцеві оцінки ризику і величину загальної невизначеності.

Невизначеності притаманні усім етапам оцінки ризику і повинні враховуватись при підведенні підсумку і визначенні елементів управління ризиком.

#### **1.4. Управління ризиком**

Управління ризиком є логічним продовженням оцінки ризику. Основні завдання управління ризиком – порівняльне вивчення факторів ризику, установлення вагомості ризиків, їхнє ранжування і виявлення пріоритетів, обґрунтування найкращих в даній ситуації рішень з усунення або мінімізації ризику, а також оцінка ефективності і корегування оздоровчих заходів. Управління ризиком базується на сукупності політичних, соціальних і економічних оцінок отриманих величин ризиків, порівняльній характеристиці можливої шкоди для здоров'я людини і суспільства в цілому, можливих витрат на реалізацію різних варіантів управлінських рішень зі зниження ризику і тієї користі, що буде отримана в результаті реалізації заходів.

## **1.5. Інформування про ризик**

Останнім етапом методології аналізу ризику є інформування про ризик. Інформування про ризик – це процес розповсюдження результатів визначення ступеня ризику для здоров'я людини і рішень щодо його контролю.

На їх основі органи МОЗ спільно з адміністративними органами, з огляду на пріоритетність як окремих джерел забруднення, так і провідних чинників, які формують найбільш високий і небезпечний рівень ризику для здоров'я населення та стану навколишнього природного середовища, розробляють комплекс профілактичних заходів і черговість їх впровадження.

Цей аспект є принципово новим і відрізняє концепцію ризику від попередніх концепцій, що використовувались при оцінці небезпеки впливу шкідливих факторів оточуючого середовища на населення.

## **2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **2.1. Оцінка канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням повітря**

*2.1.1. Умови завдання.* Необхідно виконати оцінку канцерогенного ризику для мешканців міста Дніпро, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря бенз-а-піреном, якщо його концентрація у повітрі дорівнює  $0,95 \cdot 10^{-6}$  мг/м<sup>3</sup>.

*2.1.2. Приклад рішення.* Нагадаємо, що схема оцінки ризику складається з чотирьох етапів, це:

- 1) ідентифікація небезпеки;
- 2) оцінка експозиції;
- 3) характеристика небезпеки;
- 4) характеристика ризику.

*Ідентифікація небезпеки* (п. 1.3.1) – це відбір пріоритетних, індикаторних хімічних речовин, вивчення яких дозволить з достатньою точністю охарактеризувати рівні ризику порушення стану здоров'я населення та джерела його виникнення.

Згідно з Регіональною доповіддю про стан навколишнього природного середовища у Дніпропетровській області, для м. Дніпро *пріоритетними* є наступні забруднюючі речовини: пил, аміак, діоксид азоту, формальдегід, оксиду азоту, фенолу, оксид вуглецю. Як бачимо, бенз-а-пірену серед них немає, проте у вихідних даних завдання він присутній, то ж продовжуємо оцінку.



Наступний етап – оцінка експозиції (п. 1.3.2). Він передбачає визначення шляху розповсюдження у навколишньому середовищі і впливу на організм забруднюючої сполуки, вивчення її концентрацій, установлення терміну дії і загальної тривалості впливу, оцінки чисельності популяції, яка знаходиться або вірогідно може знаходитись під впливом шкідливого чинника.

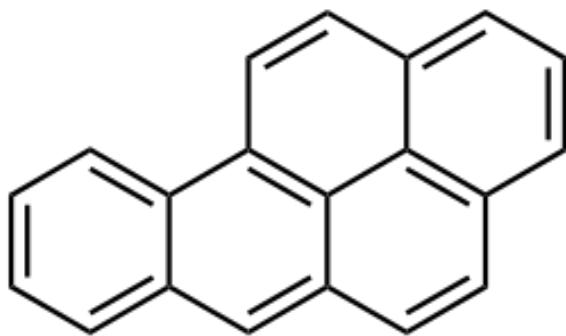
Використовуючи наявні літературні джерела, дізнаємося про те, що бенз-а-пірен – ароматичне з'єднання, представник сімейства поліциклічних вуглеводнів, володіє *найсильнішою канцерогенною активністю*; надзвичайно токсичний. За ступенем впливу на організм відноситься до I (вищого) класу небезпеки.

Утворюється при згорянні вуглеводневого рідкого, твердого і газоподібного палива (в меншій мірі при згорянні газоподібного). У навколишньому середовищі накопичується переважно в ґрунті, у меншій мірі у воді.

У чистому вигляді представляє собою жовті пластинки і голки (рис. 2.1), що легко розшаровуються на більш дрібні. Добре розчинний у неполярних органічних розчинниках: бензолі, толуолі, ксилолі, обмежено розчинний в полярних розчинниках, практично не розчиняється у воді.

Хімічна формула –  $C_{20}H_{12}$ . Номер CAS – 50-32-8.

а)



б)



**Рис. 2.1. Бенз-а-пірен:** а) вигляд молекули, б) зовнішній вигляд

Концентрація речовини, згідно із умовами отриманого завдання, дорівнює  $0,95 \cdot 10^{-6}$  мг/м<sup>3</sup>.

Термін дії для полегшення розрахунків обираємо рівним 365 днів на рік, тобто цілий рік поспіль, а загальна тривалість впливу – 20 років.

Чисельність популяції, яка знаходиться або вірогідно може знаходитись під впливом шкідливого чинника, тобто кількість мешканців міста Дніпро 980 948 осіб (на 01.01.2021 р.).

Результатом даного етапу оцінки ризику є визначення **середньої добової дози** за формулою (1):

$$ADD / LADD = \frac{[(Ca \cdot Tout \cdot Vout) + (Ch \cdot Tin \cdot Vin)] \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365}, \quad (1)$$

де  $Ca$  – концентрація речовини в атмосферному повітрі, згідно умов завдання вона дорівнює  $Ca = 0,95 \cdot 10^{-6}$  мг/м<sup>3</sup>;

$Ch$  – концентрація речовини у повітрі приміщення; оскільки даних щодо концентрації цієї речовини у приміщенні немає, для спрощення розрахунків приймемо, що  $Ch = Ca = 0,95 \cdot 10^{-6}$  мг/м<sup>3</sup>;

$Tout$  – час, що проводиться поза приміщенням, приймаємо що у середньому людина проводить назовні  $Tout = 8$  год/доба;

$Tin$  – час, що проводиться у приміщенні, відповідно цей час становитиме  $Tin = 24 - Tout = 24 - 8 = 16$  год/доба;

$Vout$  – швидкість дихання поза приміщенням, м<sup>3</sup>/год;

$Vin$  – швидкість дихання у приміщенні, м<sup>3</sup>/год;

Відповідно до літературних даних, доросла людина пропускає через легені 7 літрів повітря на хвилину. У стані фізичного навантаження хвилинний об'єм дихання може досягати 120 літрів на хвилину, отже:

$Vin$  – швидкість дихання у приміщенні,  $7 \cdot 60 = 420$  л/год =  $0,42$  м<sup>3</sup>/год;

$Vout$  – швидкість дихання поза приміщенням,  $21 \cdot 60 = 1260$  л/год =  $1,26$  м<sup>3</sup>/год;

$EF$  – частота впливу,  $EF = 365$  днів/рік;

$ED$  – тривалість впливу,  $ED = 20$  років;

$BW$  – маса тіла, у середнього дорослого чоловіка  $BW = 70$  кг (див. додаток 1);

$AT$  – період осереднення експозиції,  $AT$  для канцерогенів = 70 років (див. додаток 1);

365 – число днів на рік.

Звідси отримуємо:

$$ADD / LADD = \frac{[(0,95 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 1,26) + (0,95 \cdot 10^{-6} \cdot 16 \cdot 0,42)] \cdot 365 \cdot 20}{70 \cdot 70 \cdot 365} = 6,5 \cdot 10^{-8} \text{ мг/(кг \cdot доба)}.$$

Третій етап – характеристика небезпеки (п.1.3.3) – узагальнення та аналіз наявних даних щодо гігієнічних нормативів, безпечних рівнів впливу (референтних доз та концентрацій), критичних органів/систем та негативних ефектів, що можуть виникати за дії певної речовини або групи речовин.

Про бенз-а-пірен відомо, що він є канцерогеном, отже ми виходимо із твердження, що канцерогенні ефекти можливі за дії *будь-яких доз*, що

викликають пошкодження генетичного матеріалу; для такого роду сполук відсутні порогові рівні. Тому у додатку 2 ми не знайдемо референтної (безпечної) дози для бенз-а-пірену, адже її не існує.

Для оцінки ризику генотоксичних канцерогенів основним параметром є *фактор канцерогенного потенціалу (CPF)* або *фактор нахилу (SF)*, що відображає ступінь наростання канцерогенного ризику на одну одиницю зі збільшенням дози впливу і має розмірність  $(\text{мг/кг}\cdot\text{доба})^{-1}$ . Згідно із додатком 3, фактор нахилу  $SF$  для бенз-а-пірену становить  $3,1 (\text{мг/кг}\cdot\text{доба})^{-1}$ .

Четвертий етап – *характеристика ризику* (п.1.3.4) інтегрує дані про небезпеку досліджуваних речовин.

Для характеристики канцерогенного ризику проводять розрахунок індивідуального та популяційного ризику впливу досліджуваних речовин.

Розрахунок *індивідуального канцерогенного ризику CR* здійснюють за формулою (5):

$$CR = LADD_i \cdot SF_i = 6,5 \cdot 10^{-8} \cdot 3,1 = 2,01 \cdot 10^{-7}.$$

де  $LADD_i$  – середня добова доза бенз-а-пірену протягом життя,  $\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{доба})$ ;

$SF_i$  – фактор нахилу бенз-а-пірену,  $(\text{мг/кг}\cdot\text{доба})^{-1}$ .

Згідно із системою критеріїв, рекомендованою у публікаціях ВООЗ (табл. 1.2), отримане значення канцерогенного ризику протягом життя відноситься до *мінімального (De Minimis) рівня* – тобто це бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів.

*Популяційний ризик PCR* який відображає додаткову (до фонової) кількість випадків новоутворень, які можуть виникнути протягом життя внаслідок впливу досліджуваного фактора, обчислюємо за формулою (8):

$$PCR = CR \cdot POP = 2,01 \cdot 10^{-7} \cdot 940948 = 0,198.$$

де  $CR$  – індивідуальний канцерогенний ризик від забруднення повітря бенз-а-піреном;

$POP$  – чисельність популяції, що підпадає під вплив даного фактора, тобто населення м. Дніпро, осіб.

Ця величина популяційного канцерогенного ризику за класифікацією рівнів ризику ВООЗ буде *низькою*.

*2.1.3. Висновки.* При концентрації бенз-а-пірену на рівні  $0,95 \cdot 10^{-6} \text{ мг/м}^3$  індивідуальний канцерогенний ризик для мешканця м. Дніпро становить

$2,01 \cdot 10^{-7}$ , що відповідає *мінімальному ризику* (De Minimis) – тобто бажаній величині ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів.

Популяційний канцерогенний ризик, який відображає додаткову кількість випадків новоутворень, які можуть виникнути протягом життя внаслідок впливу бенз-а-пірену, для мешканців м. Дніпро становить 0,195 на майже мільйон жителів, що відповідає *низькому* рівню, тобто допустимому для здоров'я населення.

## **2.2. Оцінка неканцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням повітря**

*2.2.1. Умови завдання.* Необхідно виконати оцінку неканцерогенного ризику для мешканців міста Дніпро, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря аміаком, якщо його концентрація у повітрі дорівнює  $0,14 \text{ мг/м}^3$ .

*2.2.2. Приклад рішення.* Проводимо оцінку ризику за відомою схемою:

- 1) ідентифікація небезпеки;
- 2) оцінка експозиції;
- 3) характеристика небезпеки;
- 4) характеристика ризику.

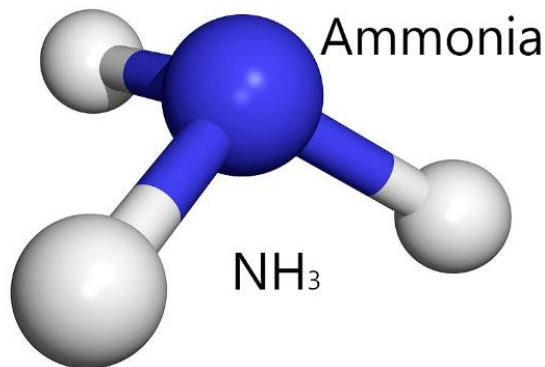
Ідентифікація небезпеки (п. 1.3.1). Згідно з Регіональною доповіддю про стан навколишнього природного середовища у Дніпропетровській області, для м. Дніпро аміак є пріоритетною забруднюючою речовиною.

Оцінка експозиції (п. 1.3.2). **Аміак** – неорганічна сполука, безбарвний газ із різким задушливим запахом, легший за повітря, добре розчинний у воді. Одержують його каталітичним синтезом з азоту і водню під тиском. Використовують переважно для виробництва азотних добрив, вибухових речовин і азотної кислоти. Рідкий аміак використовується в холодильних установках. Водний розчин аміаку (нашатирний спирт) застосовується в медицині.

Аміак відноситься до *токсичних речовин*, його відносять до 4-го класу небезпеки. За фізіологічною дією на організм відноситься до групи речовин задушливої і нейротропної дії, здатних при інгаляційному ураженні викликати токсичний набряк легенів і важке ураження нервової системи. Аміак має як місцеву, так і резорбтивну дію.

Хімічна формула –  $\text{NH}_3$ . Номер CAS – **7664-41-7**.

а)



б)



Рис. 2.2. Аміак: а) вигляд молекули, б) зовнішній вигляд

Концентрація речовини, згідно із умовами завдання, дорівнює  $0,14 \text{ мг/м}^3$ .

Розраховувати середню добову дозу у даному випадку необов'язково, адже оцінка неканцерогенного ризику має свої відмінності. Тому переходимо до наступного етапу.

Характеристика небезпеки (п.1.3.3) – узагальнення та аналіз наявних даних щодо гігієнічних нормативів, безпечних рівнів впливу (референтних доз та концентрацій), критичних органів/систем та негативних ефектів, що можуть виникати за дії певної речовини або групи речовин.

Міжнародна методологія оцінки ризику передбачає, що для неканцерогенних речовин та канцерогенів негенотоксичної дії передбачається наявність *порогових рівнів*, нижче від яких шкідливі ефекти не виникають.

Рівні мінімального ризику – це *референтні дози (RfD)* і *референтні концентрації (RfC)*. Згідно з додатком 2, референтна концентрація аміаку дорівнює  $0,1 \text{ мг/м}^3$ . Джерело — інтегрована інформаційна система про ризики IRIS (U.S.EPA). Критичні органи, на які впливає аміак – це органи дихання.

Кінцеві характеристики оцінки експозиції на основі референтних доз і концентрацій – це *коефіцієнти небезпеки (HQ)* та *індекси небезпеки (HI)*.

Характеристика ризику (п.1.3.4) інтегрує дані про небезпеку досліджуваних речовин.

Характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів здійснюють шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції з безпечними (референтними) рівнями впливу та визначенням **коефіцієнта небезпеки** за формулою (2):

$$HQ = AD / RfD \quad \text{або} \quad HI = AC / RfC$$

де  $HQ$  – коефіцієнт небезпеки;  
 $AD$  – середня доза, мг/кг;  
 $AC$  – середня концентрація, мг/м<sup>3</sup>;  
 $RfD$  – референтна (безпечна) доза, мг/кг;  
 $RfC$  – референтна концентрація, мг/м<sup>3</sup>.

За інгаляційного надходження, якщо цього не потребують спеціальні задачі дослідження, немає необхідності розраховувати дозу впливу, а розрахунок **коефіцієнта небезпеки** можна здійснювати за формулою (3):

$$HQ_i = \frac{C_i}{RfC_i} = \frac{0,14}{0,1} = 1,4;$$

де  $C_i$  – рівень впливу  $i$ -тої речовини, у даному випадку – аміаку, мг/м<sup>3</sup>;  
 $RfC_i$  – безпечний рівень впливу, тобто референтна концентрація аміаку, мг/м<sup>3</sup>.

2.2.3. *Висновки.* У відповідності до розроблених критеріїв неканцерогенного ризику (табл. 1.1), коефіцієнт небезпеки, що перевищує одиницю, не можна вважати допустимим, існує імовірність виникнення шкідливих ефектів у населення.

### 2.3. Розрахунок сумарного неканцерогенного ризику з урахуванням критичних органів та систем

2.3.1. *Умови завдання.* Необхідно виконати розрахунок сумарного неканцерогенного ризику (НІ) від чотирьох умовних хімічних речовин – А, Б, С та Д з урахуванням критичних органів та систем, які в першу чергу зазнають негативного впливу від них. Дози та безпечні рівні впливу (референтні дози) наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

Речовина	Доза, мг/кг	$RfD$ , мг/кг	Критичні органи
А	0,005	0,05	нирки
Б	16,0	4,0	печінка
С	0,12	0,4	нирки
Д	0,08	0,2	печінка

2.3.2. *Приклад рішення.* Оскільки у даному випадку мова йде не про конкретні речовини, а про умовні, виконати повноцінну оцінку ризику

неможливо, а тому одразу переходимо до четвертого етапу, *характеристика ризику* (п.1.1.3.4).

Характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин проводимо на основі розрахунку **індексу небезпеки** за формулою (4):

$$HI = \sum_{i=1}^n HQ_i,$$

де  $HQ_i$  – коефіцієнти небезпеки для окремих компонентів суміші хімічних речовин, що впливають.

У свою чергу, **коефіцієнти небезпеки** для чотирьох речовин розраховуємо за формулою (2):

$$HQ_A = \frac{AD_A}{RfD_A} = \frac{0,005}{0,05} = 0,1 \text{ (нирки);}$$

$$HQ_B = \frac{AD_B}{RfD_B} = \frac{16,0}{4,0} = 4,0 \text{ (печінка);}$$

$$HQ_C = \frac{AD_C}{RfD_C} = \frac{0,12}{0,4} = 0,3 \text{ (нирки);}$$

$$HQ_D = \frac{AD_D}{RfD_D} = \frac{0,08}{0,2} = 0,4 \text{ (печінка);}$$

де  $AD_i$  – середня доза  $i$ -тої речовини, мг/кг;

$RfD_i$  – референтна (безпечна) доза  $i$ -тої речовини, мг/кг;

Звідси індекс небезпеки:

$$HI = HQ_A + HQ_B + HQ_C + HQ_D = 0,1 + 4,0 + 0,3 + 0,4 = 4,8.$$

Відповідно до розроблених критеріїв неканцерогенного ризику (табл. 1.1), отримане значення індексу небезпеки не може розглядатися як прийнятне, адже воно перевищує граничну величину, яка не потребує термінових заходів (1,0).

Розрахунок сумарних індексів небезпеки, як правило, проводять з урахуванням критичних органів та систем, які зазнають негативного впливу досліджуваних речовин. Як свідчать результати наукових досліджень, за впливу компонентів суміші на одні і ті ж органи або системи організму найбільш імовірним типом їх комбінованого впливу є *сумація* (адитивність). Отже, розрахуємо індекси небезпеки окремо для нирок і окремо для печінки:

$$HI(\text{нирки}) = HQ_A + HQ_C = 0,1 + 0,3 = 0,4 < 1 \text{ – ризик зневажливо малий;}$$

$$HI(\text{печінка}) = HQ_B + HQ_D = 4,0 + 0,4 = 4,4 > 1 \text{ – ризик неприйнятний.}$$

Проведені розрахунки дають нам уявлення про те, які органи найімовірніше постраждають від впливу такої комбінації хімічних речовин –

вочевидь, це буде печінка. З усіх речовин найбільший вклад у можливий неканцерогенний ризик вносить саме речовина Б – її негативний вплив найбільший. Найменш значущу роль у формуванні ризику відіграє речовина А.

2.3.3. *Висновки.* Сумарний неканцерогенний ризик від чотирьох умовних хімічних речовин становить 4,8; ця величина є неприйнятною, бо існує імовірність розвитку шкідливих ефектів, яка зростає пропорційно збільшенню коефіцієнтів небезпеки.

Орган, який найімовірніше постраждає від впливу такої комбінації хімічних речовин – це печінка. З усіх речовин найбільший вклад у можливий неканцерогенний ризик вносить речовина Б – її негативний вплив *найбільший* ( $HQ=4,0$ ). *Найменш значущу роль* у формуванні ризику відіграє речовина А ( $HQ=0,1$ ).

#### 2.4. Завдання на практичну роботу

1. Обрати будь-яку канцерогенну хімічну речовину на власний вибір, знайти її фонову концентрацію у атмосферному повітрі та оцінити *індивідуальний канцерогенний ризик* особисто для себе з урахуванням власного способу життя, а також виконати оцінку *популяційного канцерогенного ризику* від впливу цієї речовини для усіх жителів міста, в якому мешкає студент(ка).

2. Обрати будь-яку неканцерогенну хімічну речовину на власний вибір, яка є пріоритетною забруднюючою речовиною атмосферного повітря для міста, у якому мешкає студент(ка), знайти її фонову концентрацію у повітряному басейні та виконати оцінку неканцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря цією речовиною.

#### *Контрольні запитання*

1. Що являє собою Референтна доза/референтна концентрація хімічної речовини? Для чого вона використовується?

2. Які основні фактори безпосередньо або побічно впливають на здоров'я людини?

3. З яких трьох взаємопов'язаних елементів складається методологія оцінки ризику?

4. З яких чотирьох взаємопов'язаних етапів складається схема оцінки ризику?

5. Для чого проводиться ідентифікація небезпеки? Яка основна мета цього етапу?

6. Який показник визначають на етапі оцінки експозиції ризику?

7. У чому полягає відмінність між оцінкою ризику канцерогенних і



неканцерогенних речовин?

8. Яким чином розраховується коефіцієнт небезпеки?

9. Якою є гранична величина неканцерогенного ризику, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатися як досить прийнятна?

10. Якою є бажана (цільова) величина канцерогенного ризику?

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Наказ Міністерства охорони здоров'я України №184 від 13.04.07 р. «Про затвердження методичних рекомендацій «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07#Text> – Загол. з екрану.

2. Постанова Кабінету Міністрів України від №827 від 14 серпня 2019 року «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/827-2019-p/print><https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07> - Text – Загол. з екрану.

3. Дніпропетровська обласна державна адміністрація. Регіональна доповідь та Екологічний паспорт [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: URL: <https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/ekologiya-pro-oblast/ekologiya> – Загол. з екрану.

4. Екологічний словник. Словники та енциклопедії на Академіку. Бензпірен [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: URL: <https://ecolog.academic.ru/dic.nsf/ecolog/1258/%D0%91%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B8%D1%80%D0%B5%D0%BD> – Загол. з екрану.

5. Дніпро (місто) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE\\_\(%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D0%BE\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE_(%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D0%BE)) – Загол. з екрану.

6. Дихання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE\\_\(%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D0%BE\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE_(%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D0%BE)) – Загол. з екрану.

7. Аміак [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D1%96%D0%B0%D0%BA> – Загол. з екрану.

## Рекомендовані значення факторів експозиції

Фактор експозиції	Величина
Маса тіла, кг	
- середній дорослий	60
- дорослий чоловік	70
- доросла жінка	58
- середня величина	64
- рекомендована ВООЗ	60
Площа поверхні тіла, кв.см	
- дорослий чоловік	18 000
- доросла жінка	16 000
Об'єм дихання, л/8 годин	
- дорослий чоловік	3 600
- доросла жінка	2 900
- дитина (10 років)	2 300
легка/не виробнича діяльність	
- дорослий чоловік	9 600
- доросла жінка	9 100
- дитина (10 років)	6 240
Інгаляція за добу, м <sup>3</sup> (8 годин відпочинку, 16 годин легкої або невиробничої діяльності)	
- дорослий чоловік	23
- доросла жінка	21
- дитина (10 років)	15
- середній дорослий	22
Швидкість інгаляції, м <sup>3</sup> /доба	
- діти (вік 1 рік і менше)	4,5
- діти (вік 1-12 років)	8,7
- дорослі жінки	11,3
- дорослі чоловіки	15,2
Час, що проводиться у приміщенні, год./доба	
- діти 3-11 років	19 (будні дні)
	17 (вихідні)
- дорослі	21 (будні дні)
	16,4 (вихідні)
Час, що проводиться поза приміщенням, год./доба	
- діти 3-11 років	5 (будні дні); 7 (вихідні)
- дорослі	1,5 (будні дні); 2 (вихідні)
Період осереднення експозиції, років	
- неканцерогени (діти )	6
- неканцерогени (дорослі)	30
- канцерогени	70

Референтні концентрації  
за хронічного інгалаційного впливу

Речовина	CAS	<i>RfCi</i> , мг/м <sup>3</sup>	Джерело	Критичні органи/системи
Азоту діоксид	10102-44-0	0,04	WHO	Органи дихання
Азотна кислота	4697-37-2	0,04	CalEPA	Органи дихання
Акрилова к-та	79-10-7	0,001	IRIS	Органи дихання
Акрилонітрил	107-13-1	0,002	IRIS	Органи дихання
Акролеїн	107-02-8	0,00002	IRIS	Органи дихання
Алюміній та сполуки	7429-90-5	0,005	NCEA	ЦНС, органи дихання
Аміак	7664-41-7	0,1	IRIS	Органи дихання
Анілін	62-53-3	0,001	IRIS	Селезінка, кров
Ацетальдегід	75-07-0	0,009	IRIS	Органи дихання
Ацетон	67-64-1	30	ATSDR	Печінка, нирки, ЦНС
Ацетонітрил	75-05-8	0,06	IRIS	Системн.
Ацетонціангідрин	75-86-5	0,01	HEAST	Печінка, органи дихання
Ацетофенон	98-86-2	0,00002	IRIS	ЦНС, органи дихання
Барій та сполуки	7440-39-3	0,0005	HEAST	Репрод.
Бензол	71-43-2	0,06	CalEPA	Розвиток, кров, ЦНС
Берилій та сполуки	7440-41-7	0,00002	IRIS	Органи дихання, імун.
Бромметан	74-83-9	0,005	IRIS	ЦНС, органи дихання, розвиток
Брометен	593-60-2	0,003	IRIS	Печінка, ШКТ
Бутадиєн, 1,3-	106-99-0	0,008	CalEPA	Репрод.
Бутанол, 2	78-92-2	0,3	IRIS	ЦНС
Бутеноксид, 1-	106-88-7	0,02	IRIS	Органи дихання
Бутилацетат	123-86-4	0,7	IWA	Органи дихання
Бутоксіетанол, 2-	111-76-2	13	IRIS	Кров
Ванадій та сполуки	7440-62-2	0,00007	EPA	Органи дихання
Завислі частинки (PM 10)		0,05	NAAQS	Органи дихання
Завислі частинки (PM 2,5)		0,015	NAAQS	Органи дихання
Завислі частинки (TSP)		0,1		Органи дихання
Вінілацетат	108-05-4	0,2	IRIS	Органи дихання
Вінілхлорид	75-01-4	0,005		розвиток
Водень сульфід	7783-06-4	0,001	IRIS	Органи дихання

Речовина	CAS	<i>RfCi</i> , мг/м <sup>3</sup>	Джерело	Критичні органи/системи
Водень фтористий	7664-39-3	0,03	CalEPA	Кісткова сист., органи дихання
Водень хлорид	7647-01-0	0,02	IRIS	Органи дихання
Водень ціанід	74-90-8	0,003	IRIS	Серц.-суд. сист., ЦНС, гормон.
Гексаметилен-діізоціанат	822-06-0	0,00001	IRIS	Органи дихання
Гексан	110-54-3	0,2	IRIS	ЦНС, органи дих.
Гексанон, 2-	591-78-6	0,005	NCEA	ЦНС, органи дих.
Гексахлорбензол	118-74-1	0,003	CalEPA	Печінка
Гексахлорбутадиєн	87-68-3	0,09	CalEPA	Розвиток, систем.
Гексахлоретан	67-72-1	0,08	CalEPA	ЦНС, системн.
Гідразин	302-01-2	0,0002	CalEPA	Печінка, гормон.
Ді (2-етилгексил) фталат	117-81-7	0,01	CalEPA	Печінка, органи дихання
Диброметан, 1,2-	106-93-4	0,0008	CalEPA	Нирки, печінка, розвиток, репрод.
Діванадій пентооксид	1314-62-1	0,00007	CalEPA	Органи дихання
Ділильних двигунів емісії		0,005	IRIS	Органи дихання
Діетиламін	124-40-3	0,00002	IRIS	Органи дихання
Диметилгідразин, 1,1-	57-14-7	0,00001	ATSDR	Печінка
Діоксан, 1,4-	123-91-1	0,8	EPA	Печінка, нирки, кров
Дифтор-1-хлоретан, 1,1-	75-68-3	50	IRIS	ЦНС
Дихлорбензол, 1,2-	95-50-1	0,2	HEAST	Нирки, розвиток, маса тіла
Дихлорбензол, 1,3	541-73-1	0,008	NCEA	Нирки, розвиток
Дихлорбензол, 1,4-	106-46-7	0,8	IRIS	Печінка, нирки, розвиток
Дихлордифторметан	75-71-8	0,2	HEAST	Печінка, розвиток
Дихлорметан	75-09-2	0,4	CalEPA	Печінка, ЦНС, серц.-суд. сист.
Дихлорпропан, 1,2-	78-87-5	0,004	IRIS	Органи дихання
Дихлорпропен, 1,3-	542-75-6	0,02	IRIS	Органи дихання
Дихлорпропен, транс-1,3-	10061-02-6	0,02	IRIS	Органи дихання
Дихлорпропен, цис-1,3-	10061-01-5	0,02	IRIS	Органи дихання
Дихлорфторметан	75-43-4	0,6	IRIS	Системн.
Дихлоретан, 1,1-	75-34-3	0,5	HEAST	Нирки
Дихлоретан, 1,2-	107-06-2	0,4	CalEPA	Розвиток
Дихлоретилен, 1,2-	540-59-0	0,06	IRIS	Печінка, біохім., розвиток

Речовина	CAS	<i>RfCi</i> , мг/м <sup>3</sup>	Джерело	Критичні органи/системи
Епіхлоргідрин	106-89-8	0,001	IRIS	Органи дихання
Етанол	64-17-5	100		Органи дихання, ЦНС
Етиленбензол	100-41-4	1	IRIS	Розвиток, печінка, нирки, гормон.
Етилен	74-85-1	0,1	CalEPA	Кров
Етиленоксид	75-21-8	0,005	CalEPA	Кров, мутаген.
Етилмеркаптан	75-08-1	0,001	IWA	Органи дихання
Етоксietанол, 2-	110-80-5	0,2	IRIS	Репрод., кров
Етоксietилацетат, 2-	111-15-9	0,3	EPA	Репрод., кров
Ізопропілбензол	98-82-8	0,4	IRIS	Нирки, гормон.
Ізофорон	78-59-1	0,012	EPA	Маса тіла
Кадмій та сполуки	7440-43-9	0,0002	ATSDR	Нирки, органи дихання
Керосин	8008-20-6	0,01	ATSDR	Печінка
Кобальт та сполуки	7440-48-4	0,00005	CalEPA	Органи дихання
Ксилол	1330-20-7	0,3	IRIS	ЦНС, кров, біохім.
о-Ксилол	95-47-6	0,44	CEPA	Розвиток
Марганець та сполуки	7439-96-5	0,00005	IRIS	ЦНС
Мідь та сполуки	7440-50-8	0,00002	CalEPA	Органи дихання, системн.
Метанол	67-56-1	4	CalEPA	Розвиток
Меліл-2-пентанол, 4-	108-10-1	0,08	HEAST	Печінка, нирки
Метилізоціанат	624-83-9	0,001	CalEPA	Органи дихання, системн.
Метилмеркаптан	74-93-1	0,001	IWA	Органи дихання, ЦНС
Метилметакрилат	80-62-6	0,7	IRIS	Органи дихання
Метил-трет-бутиловий ефір	1634-04-4	3	IRIS	Печінка, нирки
Перилен	198-55-0	0,07	MADEP	Нирки
Піридин	110-86-1	0,007	EPA	Печінка, біохім.
п-Ксилол	106-42-3	0,44	CEPA	Розвиток, ЦНС, органи дихання
Поліхлоровані біфеніли	1136-36-3	0,0012	CalEPA	Печінка, нирки, гормон.
Пропілен	115-07-1	3	CalEPA	Органи дихання
Пропілен оксид	75-56-9	0,03	IRIS	Органи дихання
Ртуть та сполуки	7439-97-6	0,003	IRIS	ЦНС
Свинець та його неорганічні сполуки	7439-92-1	0,00015	CalEPA	ЦНС, розвиток, кров
Селен	7782-79-2	0,00008	CalEPA	Органи дихання, системн.
Сірки діоксид	7446-09-5	0,08	NAAQS	Органи дихання
Сірковуглець	75-15-0	0,7	IRIS	ЦНС, розвиток

Речовина	CAS	RfCi, мг/м <sup>3</sup>	Джерело	Критичні органи/системи
Стирол	100-42-5	1	IRIS	ЦНС
Стиролу оксид	96-09-3	0,006	CalEPA	Органи дихання, системн.
Тетрахлордибензо-п-діоксин, 2,3,7,8-	1746-01-6	0,00000004	CalEPA	Печінка, розвиток, гормон., репрод., кров
Тетрахлор-дибензофуран, 2,3,7,8,-	51207-31-9	0,00000004	CalEPA	Печінка, розвиток, гормон., репрод., кров
Тетрахлоретан	56-23-5	0,04	CalEPA	Печінка, розвиток
Тетрахлоретан, 1,1,2,2,-	79-34-5	0,2	NCEA	Печінка
Тетрахлоретилен	127-18-4	0,035	CalEPA	Нирки, печінка, розвиток, ЦНС
Тетрахлорфенол	25167-83-3	0,09	CalEPA	Печінка
Толуїлендіізоціанат, 2,4-	584-84-9	0,00007		Органи дихання
Толуол	108-88-3	0,4	IRIS	ЦНС, розвиток, органи дихання
Толуол-2,6-діізоціанал	91-08-7	0,00007		Органи дихання
Толуолдіізоціанат (суміш ізомерів)		0,00007	CalEPA	Органи дихання
Тоулолдіізоціанат, 1,3-	26471-62-5	0,00007	IRIS	Органи дихання
Трикрезол	1319-77-3	0,004	CalEPA	Кров
Триметилбензол, 1,2,4-	95-63-6	0,006	NCEA	ЦНС, нирки, біохім.
Триметилбензол, 1,3,5-	108-67-8	0,006	NCEA	ЦНС, нирки, біохім.
Трихлорбензол, 1,2,4-	120-82-1	0,2	HEAST	Печінка
Трихлорбензол, 1,3,5-	108-70-3	0,0036	HC	Розвиток, нирки, органи дихання
Трихлорфторметан	75-69-4	20	CalEPA	Розвиток, нирки, органи дихання
Трихлоретан, 1,1,1-	71-55-6	1	NCEA	Нирки, розвиток, ЦНС
Трихлоретан, 1,1,2-	79-00-5	0,4	CalEPA	Розвиток, ЦНС
Трихлоретилен	79-01-6	0,6	CalEPA	Розвиток
Триетиламін	121-44-8	0,007	IRIS	Органи дихання
Вуглецю оксид	630-08-0			ЦНС, серц.-суд., кров
Фенол	108-95-2	0,006	EPA	Серц.-суд. сист., нирки, ЦНС,

Речовина	CAS	RfCi, мг/м <sup>3</sup>	Джерело	Критичні органи/системи
				печінка
Формальдегід	50-00-0	0,003	CalEPA	Органи дихання, імун.
Фосген	75-44-5	0,0003	CalEPA	Органи дихання
Фосфор	7723-14-0	0,00007	CalEPA	Репрод., системн., волосся
Фосфорна кислота	7664-38-2	0,01	IRIS	Органи дихання
Фталевий ангідрид	85-44-9	0,01	CalEPA	Органи дихання
Флориди	16984-48-8	0,03	CalEPA	Органи дихання, кісткова сист.
Фурфурол	98-01-1	0,05	HEAST	Органи дихання
Хлор	7782-05-5	0,0002	CalEPA	Органи дихання
Хлор діоксид	10049-04-4	0,0002	IRIS	Органи дихання
Хлор-1,2-дибромпропан, 3-	96-12-8	0,0002	IRIS	Репрод.
Хлорацетофенон, альфа-	532-27-4	0,00003	IRIS	Органи дихання
Хлорбензол	108-90-7	0,059	NCEA	Печінка, нирки
Хлорбутадієн, -1,3-,2-	126-99-8	0,007	HEAST	Органи дихання, розвиток
Хлордіоксини і дібензофурани		0,00000004	CalEPA	Печінка, репрод., розвиток, гормон.
Хлордифторметан	75-45-6	50	IRIS	Нирки, ендокрин. (наднирники, гіпофіз), розвиток
Хлорметан	74-87-3	0,1	ATSDR	ЦНС
Хлороформ	67-66-3	0,098	ATSDR	Печінка, розвиток, нирки
Хлорпікрин	76-06-2	0,004	CalEPA	Печінка, органи дихання, системн.
Хлор пропан, 2-	75-29-6	0,1	HEAST	Печінка
Хлорфенол, 2-	95-57-8	0,0014	EPA	Розвиток, репрод.
Хлоретан	75-00-3	10	IRIS	Розвиток, ШКТ
Хром (III)	16065-83-1			Органи дихання
Хром (VI)	18540-29-9	0,0001	IRIS	Органи дихання
Хромової кислота	7783-94-5	0,00001	IRIS	Органи дихання
Ціаніди	57-12-5	0,003	IRIS	Нервова сист., гормон.
Циклогексан	110-82-7	0,28	NATICH	ЦНС, органи дихання
Циклогексанол	108-93-0	0,00002	EPA	М'язова сист.
Цинк та сполуки	7440-66-6	0,0009	CalEPA	Органи дихання

**Примітка.** WHO – Всесвітня організація охорони здоров'я, CalEPA – каліфорнійське Агентство з охорони навколишнього середовища, IRIS – інтегрована інформаційна система про ризики (U.S.EPA), NCEA – Національний центр оцінки навколишнього середовища (U.S.EPA), ATSDR – Агентство з реєстрації токсичних сполук і захворювань, HEAST – зводні таблиці оцінок ефектів для здоров'я (U.S.EPA), IWA – рекомендації з оцінки ризику впливу промислових відходів (Канада), NAAQS – американські національні стандарти якості атмосферного повітря, EPA – публікації Агентства США з охорони навколишнього середовища, CEPA – Канадське Агентство з охорони навколишнього середовища, MAssDEP – Массачузетський департамент з охорони навколишнього середовища, HC – публікації Міністерства охорони здоров'я Канади; NATICH – база даних U.S.EPA.



## Фактори канцерогенного потенціалу

Речовина	CAS	<i>SFi</i> , (мг/кг·доба) <sup>-1</sup>	Джерело
Азасерин	115-02-6	11	С
Азатиоприн	446-86-6	1,8	С
Азобензол	103-33-3	0,11	I
Акриламід	79-06-1	4,5	I
Акрилонітрил	107-13-1	0,24	I
Актиноміцин D	50-76-0	8700	С
Алар	1596-84-5	0,018	С
Алдрин	309-00-2	17	I
Алліл хлористий	107-05-1	<b>0,021</b>	С
Аміно-2-метилантрахінон,1-	82-28-0	0,15	С
Аміно-3-метил-9Н-піридо[2,3- <i>b</i> ]індол,2-	68006-83-7	1,2	С
Аміно-6-метилпіридилдо (1,2-а:3Т,2Т- <i>d</i> ) імідазол,2-	67730-11-4	4,8	С
2-Аміно-9Н-піридо[2,3- <i>b</i> ]індол	26148-68-5	0,4	С
Аміно-9-етилкарбазол,3-, гідрохлорид	6109-97-3	0,078	С
Аміноазотолуол,о-	97-56-3	3,8	С
Амінопіридо(1,2-а:3Т,2Т- <i>d</i> ) імідазол,2-	67730-10-3	1,4	С
Амінодіфеніл,4-	92-67-1	21	С
Амітрол	61-82-5	0,91	С
Анілін	62-53-3	0,0057	С
Араміт	140-57-8	0,025	I
Аурамін	492-80-8	0,88	С
Ацетальдегід	75-07-0	0,0077	I
Ацетамід	60-35-5	0,07	С
Ацетиламінофлуорен	53-96-3	3,8	С
Ацетофенетидин,п-	62-44-2	0,0022	С
Бенз[ <i>a</i> ]антрацен	56-55-3	0,31	N
Бензо[ <i>b</i> ]флуорантен	205-99-2	0,39	С
Бензо[ <i>j</i> ]флуорантен	205-82-3	0,39	С
Бензо[ <i>k</i> ]флуорантен	207-08-9	0,031	N
Бенз(а)пірен	50-32-8	3,1	N
Бензол	71-43-2	0,027	I
Берилій	7440-41-7	8,4	I
Берилій оксид	1304-56-9	7	С
Берилій сульфат (1:1)	13510-19-1	3000	С
Біс(2-хлорізопроріловий)ефір	39638-32-9	0,035	N
Біс(2-хлоретилловий)ефір	111-44-4	1,15	I
Біс(п-хлорфеніл)-1,1- діхлоретилен, 2,2-	72-55-9	0,34	С
Біфінелол, 2-,натрієва сіль	132-27-4	0,003	С
Бромдіфеніли		30	С
Бромдихлорметан	75-27-4	0,13	С
Бромформ	75-25-2	0,0039	I
Брометен	593-60-2	0,11	N
Бутадієн, 1,3-	106-99-0	1,8	I
Бутіролактон,бета-	3068-88-0	1	С
Вінілхлорид	75-01-4	0,3	N

Речовина	CAS	$SFi$ , (мг/кг·доба) <sup>-1</sup>	Джерело
Гексахлоран	608-73-1	1,78	I
Гексахлорбензол	118-74-1	1,6	I
Гексахлорбутадиєн	87-68-3	0,077	I
Гексахлордібензо-п-діоксин	34465-46-8	3300	C
Гексахлордібензо-п-діоксин, 1,2,3,4,7,8,-	39227-28-6	16000	H
Гексахлордібензо-п-діоксин, 1,2,3,7,8,9-	19408-74-3	4550	I
Гексахлордібензо-п-діоксин, 1,2,3,6,7,8-	57653-85-7	16000	H
Гексахлордібензофуран, 1,2,3,4,7,8-	70648-26-9	16000	H
Гексахлордібензофуран, 1,2,3,6,7,8-	57117-44-9	16000	H
Гексахлордібензофуран, 1,2,3,7,8,9-	72918-21-9	16000	H
Гексахлордібензофуран, 2,3,4,6,7,8-	60851-34-5	16000	H
Гексахлоретан	67-72-1	0,014	I
Гептахлор	76-44-8	4,5	I
Гептахлордібензо-п-діоксин, 1,2,3,4,6,7,8-	35822-46-9	1600	H
Гептахлордібензофуран, 1,2,3,4,6,7,8-	67562-39-4	1600	H
Гептахлордібензофуран, 1,2,3,4,7,8,9-		1300	C
Гептахлорепоксид	1024-57-3	9,1	I
Гідразин	302-01-2	17,1	I
Гідразин сульфат	10034-93-2	17	I
Гіромітрин	16568-02-8	10	C
Дакарбазин	4342-03-4	49	C
ДДТ	50-29-3	0,34	I
Ді(2-етилгексил)фталат	117-81-7	0,0084	C
Діаміноанізол, 2,4-,сульфат	39156-41-7	0,013	C
Діаміноанізол, 2,4-	615-05-4	0,023	C
Діамінодіфенілметан, 4,4Г-	101-77-9	1,6	C
Дибенз[а,і]аклідін	224-42-0	0,39	C
Дибенз(а,н)антрацен	53-70-3	3,1	N
Дибенз[а,н]аклідін	226-36-8	0,39	C
Дибенз[і,і]антрацен	194-59-2	1,9	C
Дибензо[а,н]пірен	189-64-0	39	C
Дибензо[а,і]пірен	189-55-9	39	C
Дибензо[а,і]пірен	191-30-0	39	C
Дибромхлорметан	124-48-1	0,094	C
Диброметан, 1,2-	106-93-4	0,77	I
Дигідроксіантрахінон, 1,8-	117-10-2	0,076	C
Дигідросафрол	94-58-6	0,044	C
Дигліциділрезорциновий ефір	101-90-6	1,7	C
Диметилбенз[а]антрацен, 7,12-	57-97-6	250	C
Диметилгідразин, 1,1-	57-14-7	550	C
Диметилкарбамоїлхлорид	79-44-7	13	C
Динітропірен, 1,6-	42397-64-8	39	C
Динітропірен, 1,8-	42397-65-9	39	C
Динітротолуол, 2,4-	121-14-2	0,31	C
Діоксан, 1,4-	123-91-1	0,027	C
Дифенілгідразин, 1,2-	122-66-7	0,77	I
Дихлорбензол, 1,4-	106-46-7	0,04	C

Речовина	CAS	<i>SFi</i> , (мг/кг·доба) <sup>-1</sup>	Джерело
Дихлорбут-2-ен, 1,4-	764-41-0	9,3	Н
Дихло рдіметиловий ефір, 1,1Т-	542-88-1	217	І
Дихлорізопропіловий ефір, 2,2Т-	108-60-1	0,035	Н
Дихлорметан	75-09-2	0,0016	І
Дихлорофос	62-73-7	0,29	С
Дихлорпропан, 1,2-	78-87-5	0,063	С
Дихлорпропен, транс-1,3-	10061-02-6	0,13	Н
Дихлорпропен, цис-1,3-	10061-01-5	0,13	Н
Дихлоретан, 1,1-	75-34-3	0,0057	С
Дихлоретан, 1,2-	107-06-2	0,091	І
Дихлоретилен, 1,1-	75-35-4	0,18	І
Діелдрін	60-57-1	16	І
Діетилстілбестрол	56-53-1	490	Н
Епіхлоргідрин	106-89-8	0,0042	І
Естрадіол	50-28-2	39	С
Етиленімін	151-56-4	65	С
Естрадіол	50-28-2	39	С
Етиленімін	151-56-4	65	С
Індено[1,2,3-с,d]пірен	193-39-5	0,31	Н
Кадмій	7440-43-9	6,3	І
Калію бромат	7758-01-2	0,49	С
Кам'яновугільні смоли	8007-45-2	2,17	І
Каптан	133-06-2	0,0023	С
Каптофол	2425-06-1	0,15	С
Кепон	143-50-0	16	С
Купферон	135-20-6	0,22	С
Лізіокарпін	303-34-4	7,8	С
Ліндан	58-89-9	1,1	С
Ліндан,альфа-	319-84-6	6,3	І
Ліндан,бета-	<b>319-85-7</b>	1,85	І
Мелфалан	148-82-3	130	С
Метил-1-нітроантрахінон, 2-	129-15-7	4,3	С
Метил-1-хлорпроп-1-ен, 2	513-37-1	0,045	С
Метил-2-метоксианілін, 5-	120-71-8	0,15	С
Метил-NT-нітросо-N- нітрогуанідин,N-	70-25-7	8,3	С
Метиланілін, 2-	95-53-4	0,18	С
Метиланілін, 2-, гідрохлорид	636-21-5	0,13	С
Метілен біс(2-хлоранілін)4,4Т-	101-14-4	0,13	Н
Метилендіанілін, 4,4Т, діхлорид	13552-44-8	1,2	С
Метилметансульфонат	66-27-3	0,099	С
Метилтіоурацил	56-04-2	0,4	С
Метил-трет-бутиловий ефір	1634-04-4	0,00015	Н
Метилхолантрен, 3-	56-49-5	22	С
Метилхрізен, 5-	3697-24-3	3,9	С
Метокси-5-нітроанілін, 2-	99-59-2	0,049	С
Метоксианілін, 2-	90-04-0	0,14	С
Метоксибензамін, 2-,гідрохлорид	134-29-2	0,11	С
Мірекс	2385-85-5	18	С

Речовина	CAS	$SFi$ , (мг/кг·доба) <sup>-1</sup>	Джерело
Мітоміцин С	50-07-7	8200	С
Монокроталін	315-22-0	10	С
Миш'як	7440-38-2	15	І
Нафтиламін, 2-	91-59-8	1,8	С
Нафто(1,2,3,4-def)хрізен	192-65-4	3,9	С
Нікель	7440-02-0	0,91	С
Нікель очищений, пил		0,84	І
Нікель субсульфід	12035-72-2	1,68	І
Нітрилотриоцтова кислота	139-13-9	0,0053	С
Нітрилотриоцтова кислота,тринатрієва сіль моногідрат	18662-53-8	0,01	С
Нітроаценафтен, 5-	602-87-9	0,13	С
Нітрогліцерин	55-63-0	0,014	г
Нітрозо-N-метилсечовина, N-	684-93-5	120	С
Нітрозо-N-метилуретан, N-	615-53-2	110	С
Нітрозо-N-етилсечовина, N-	759-73-9	27	С
Нітрозодибутиламін, N-	924-16-3	5,6	І
Нітрозодиметиламін, N-	62-75-9	49	І
Нітрозодипропіламін, N-	621-64-7	7	С
Нітрозодифеніламін, N-	96-30-6	0,009	С
Нітрозодіетиламін, N-	55-18-5	150	І
Нітрозоіміно)діетанол, 2,2Г-	1116-54-7	2,8	С
Нітрозометилетиламін, N-	10595-95-6	22	С
Нітрозоморфолін, N-	59-89-2	6,7	С
Нітрозонорнікотин, N-	16543-55-8	1,4	С
Нітрозопіперідин, N-	100-75-4	9,4	С
Нітрозопіролідін, N-	930-55-2	2,1	І
(4-Нітрозофеніл)анілін, N-	156-10-5	0,022	С
Нітропірен, 1-	5522-43-0	0,39	С
Нітропірен, 4-	57835-92-4	0,39	С
Нітропропан, 2-	79-46-9	9,4	Н
Нітроген	1836-75-5	0,082	С
Нітрохрізен, 6-	7496-02-8	39	С
Ніфураден	555-84-0	1,8	С
Ніфуртиазол	3570-75-0	2,3	С
Оксидіанілін, 4,4Г-	101-80-4	0,14	С
Октахлордібензо-п-діоксин	3268-87-9	130	С
Октахлордібензофуран, 1,2,3,4,5,6,7,8-	39001-02-0	130	С
Пентахлордібензофуран, 1,2,3,7,8-	109719-77-9	8000	Н
Пентахлордібензофуран, 2,3,4,7,8-	57117-41-6	80000	Н
Пентахлорфенол	87-86-5	0,018	С
Пігмент червоний	5160-02-1	0,0053	С
Харчовий фіолетовий2	1694-09-3	0,02	С
Поліхлоровані біфеніли	1336-36-3	0,4	І
Понсо 3R	3564-09-8	0,016	С
Понсо МХ	3761-53-3	0,0045	С
Прокарбазин	671-16-9	14	С
Прокарбазин гідрохлорид	366-70-1	12	С

Речовина	CAS	$SFi$ , (мг/кг·доба) <sup>-1</sup>	Джерело
Пропансульфон, 1,3-	1120-71-4	2,4	С
Пропілен оксид	75-56-9	0,013	І
Пропілітіоурацил	51-52-5	1	С
Пропіолактон, бета-	57-57-8	14	С
Прямий коричневий 95	16071-86-6	6,7	С
Прямий синій 6	2602-46-2	7,4	С
Прямий чорний 38	1937-37-7	7,4	С
Резерпін	50-55-5	11	С
Сапрол	94-59-7	0,22	С
Свинець	7439-92-1	0,042	С
Свинець ацетат	301-04-2	0,28	С
Свинець ацетат, основний	1335-32-6	0,038	С
Синій N 1	2784-94-3	0,051	С
Стерігматоцистин	10048-13-2	35	С
Стиролоксид	96-09-3	0,16	С
Стрептозоцин	18883-66-4	110	С
Сульфат	95-06-7	0,19	С
Тетрааміноантрахінон, 1,4,5,8-	2475-45-8	0,0045	С
Тетрагідрофуран	109-99-9	0,0068	N
Тетраметил-4,4Т- діамінобензофенон, N,N,N,N-	90-94-8	0,86	С
Тетрахлордібензо-п-діоксин, 2,3,7,8-	1746-01-6	150000	Н
Тетрахлордібензофуран, 2,3,7,8-	51207-31-9	16000	Н
Тетрахлордіфенілетан, 4,4-	72-54-8	0,24	С
Тетрахлоретан	56-23-5	0,053	І
Тетрахлоретан, 1,1,1,2-	630-20-6	0,026	І
Тетрахлоретан, 1,1,2,2,-	79-34-5	0,2	І
Тетрахлоретилен	127-18-4	0,002	N
Тіоацетамід	62-55-5	6,1	С
Тіодіанілін, 4,4Т-	139-65-1	15	С
Тіосечовина	62-56-6	0,072	С
Тіофосфамід	52-24-4	12	С
Токсафен	8001-35-2	1,1	І
Толуїлендіізоціанат, 2,4-	584-84-9	0,039	С
Толуол-2,6-діізоціанат	91-08-7	0,039	С
Толуолдіізоціанат, 1,3-	26471-62-5	0,039	С
Транс-2-[(Діметиламіно) метиліміно]-5- [2-(5-нітро-2- фурил)вініл]-1,3,4- оксадіазол	55738-54-0	0,44	С
Трет-Бутил-4-метоксифенол, 2-	25013-16-5	0,0002	С
Тріафур	712-68-5	16	С
Триптофан Р1	62450-06-0	26	С
Триптофан Р2	62450-07-1	3,2	С
Трихлорфенол, 2,4,6-	88-06-2	0,011	І
Трихлоретан, 1,1,2-	79-00-5	0,057	І
Трихлоретилен	79-01-6	0,0063	N
Уретан	51-79-6	1	С
Феназопірідин	94-78-0	0,17	С

Речовина	CAS	$SFi$ , (мг/кг·доба) <sup>-1</sup>	Джерело
Феназопіридин гідрохлорид	136-40-3	0,15	С
Фенестерин	3546-10-9	150	С
Фенілен-2,4-діамін	95-80-7	4	С
Фенобарбітал	50-06-6	0,46	С
Феноксibenзамін	56-96-1	3,1	С
Феноксibenзамін гідрохлорид	63-92-3	2,7	С
Формальдегід	50-00-0	0,046	I
Фурацилін	59-87-0	9,4	Н
Фуриламід	3688-53-7	0,21	С
Фуріум	531-82-8	1,5	С
Фурмециклокс	60568-05-0	0,03	С
Хлор-1,2-дібромпропан, 3-	96-12-8	0,0024	Н
Хлор-5-метиланілін, 2-	7440-41-7	8,4	С
Хлорбензилат	510-15-6	0,27	Н
Хлорбутин	305-03-3	440	С
Хлордан	57-74-9	1,3	Н
Хлордан технічний	12789-03-6	0,35	I
Хлоровані парафіни C <sub>12</sub> (60% хлору)	108171-26-2	0,089	С
Хлор метан	74-87-3	0,0063	Н
Хлорметоксиметан	107-30-2	2,4	С
Хлороталоніл	1897-45-6	0,0031	С
Хлор-о-фенілендіамін, 4-	95-83-0	0,016	С
Хлороформ	67-66-3	0,081	I
Хлорпропан, 2-	75-29-6	0,13	Н
Хлортріанізен	569-57-3	240	С
Хлорендікова кислота	115-28-6	0,091	С
Хлор етан	75-00-3	0,0029	r
Хризен	218-01-9	0,0031	N
Хром (VI)	18540-29-9	42	I
Хромова кислота	7783-94-5	42	I
Циклофосфамід гідрат	6055-19-2	0,57	С
Циклофосфан	50-18-0	0,61	С
Циннамилантранілат	87-29-6	0,0046	С
Епіхлоргідрин	106-89-8	0,0042	I
Естрадіол	50-28-2	39	С
Етиленімін	151-56-4	65	С

**Примітки.** CAS – реєстраційний номер, що є унікальною ідентифікаційною характеристикою індивідуальних речовин або їх сумішей постійного складу; I – інтегрована інформаційна система про ризики IRIS, Н – зводні таблиці оцінок ефектів для здоров'я (U.S.EPA) HEAST, С – каліфорнійське Агентство з охорони навколишнього середовища CalEPA, N – база даних NATICH U.S.EPA.

## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ .....	3
1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	4
1.1. Загальні положення .....	4
1.2. Коротка характеристика зв'язку між показниками здоров'я населення та станом довкілля.....	6
1.3. Оцінка ризику .....	7
1.3.1. Ідентифікація небезпеки. ....	7
1.3.2. Оцінка експозиції. ....	8
1.3.3. Характеристика небезпеки.....	9
1.3.4. Характеристика ризику. ....	11
1.4. Управління ризиком.....	15
1.5. Інформування про ризик.....	16
2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....	16
2.1. Оцінка канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням повітря.....	16
2.1.1. Умови завдання .....	16
2.1.2. Приклад рішення. ....	16
2.2. Оцінка неканцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням повітря ....	20
2.2.1. Умови завдання. ....	20
2.2.2. Приклад рішення: .....	20
2.2.3. Висновки .....	22
2.3. Розрахунок сумарного неканцерогенного ризику з урахуванням критичних органів та систем .....	22
2.3.1. Умови завдання. ....	22
2.3.2. Приклад рішення. ....	22
2.3.3. Висновки. ....	24
2.4. Завдання на практичну роботу .....	24
Контрольні запитання.....	24
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	25
Додаток 1. Рекомендовані значення факторів експозиції.....	26
Додаток 2. Референтні концентрації за хронічного інгаляційного впливу.....	27
Додаток 3. Фактори канцерогенного потенціалу .....	33

**БОРИСОВСЬКА** Олена Олександрівна

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ НА ТЕМУ:**

**«Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря»**

для студентів освітньо-професійних програм «Екологія» та  
«Технології захисту навколишнього середовища»  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Друкується в редакційній обробці авторів

Підписано до друку 22.02.2021 р. Формат 30 x 42/4.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,2.  
Обл.-вид. арк. 2,2. Тираж 30 прим. Зам. №

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.