

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

О. М. Крайнюков

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ

Практикум

Харків – 2023

УДК 556.11:504.064

К 78

Рецензенти:

М. М. Мірошніченко – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, заступник директора з наукової роботи Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»;

Д. А. Шабанов – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри зоології та екології тварин біологічного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

*Затверджено до друку рішенням Науково-методичної ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 1 від 20 жовтня 2023 року)*

Крайнюков О. М.

К 78

Основи екологічного ризику : практикум / О. М. Крайнюков. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2023. – 92 с.

У практикумі викладено загальні уявлення про ризик, подані для розв'язку декілька різновидів практичних робіт задля опанування студентами методик розрахунку різних видів ризиків і критеріїв їх прийнятності, надано ставлення до техногенних систем і створюваних ними небезпек і загрози для населення та екологічних систем.

Посібник призначено для підготовки фахівців вищих навчальних закладів.

УДК 556.11:504.064

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2023
© Крайнюков О. М., 2023
© Дончик І. М., макет обкладинки, 2023

Навчальне видання

Крайнюков Олександр Миколайович

Основи екологічного ризику

Практикум

Коректор *Л. С. Стешенко*
Комп'ютерне верстання *О. С. Чистякова*
Макет обкладинки *І. М. Дончик*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 6,27. Наклад 50 пр. Зам. № 158/23.

Видавець і виготовлювач
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009

Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Термінологічний словник.....	6
Практична робота № 1	
Оцінка ризику загрози здоров'ю людини при впливі порогових токсикантів	11
Практична робота № 2	
Оцінка ризику загрози здоров'ю при впливі токсикантів (нерадіоактивних канцерогенів)	18
Практична робота № 3	
Оцінка ризику загрози здоров'ю при дії радіації	25
Практична робота № 4	
Розрахунок радіаційного ризику, пов'язаного із зовнішнім опроміненням	31
Практична робота № 5	
Оцінка достовірності отриманих показників з використанням методів статистичної обробки.....	34
Практична робота № 6	
Аналіз варіаційних рядів і визначення процентилів.....	40
Практична робота № 7	
Психологічні фактори ризику	48
Практична робота № 8	
Застосування різних типів досліджень, що проводяться шляхом спостереження	54
Список використаної літератури	60
Додатки.....	61

ВСТУП

Оцінка екологічного ризику сприймається як природна поведінкова реакція кожної людини протягом усього життя, у ньому базується весь спектр інформаційного зв'язку з довкіллям. Таке звичне поняття, як «небезпека», пов'язане переважно з інформацією про потенційний ризик. Людина безперервно удосконалює способи оцінки екологічного ризику, формує власні критерії ризику та шляхи свідомого управління ризиком. Було б нерозумно не використовувати такий ефективний природний механізм у вирішенні завдань, пов'язаних з мінімізацією несприятливого впливу факторів навколишнього середовища.

Фактично методологія оцінки екологічного ризику, включаючи ризик для здоров'я населення, є різновидом експертних робіт, призначених для виявлення того контингенту населення, який може виявити небажані реакції у відповідь на вплив будь-якого несприятливого (небезпечного або шкідливого) фактора ризику. Екологічний ризик при цьому розглядається як кількісна характеристика, яку можна застосовувати як для оцінки здоров'я популяції, так і в інтересах економічного обґрунтування оптимізаційних заходів щодо його збереження та поліпшення. Принципово важливим є те, що процедура оцінки ризику орієнтована на конкретний (відомий і вимірюваний) фактор навколишнього середовища, яким можна керувати, а не на захворюваність населення в цілому. Ця обставина надає діяльності відповідних управлінських структур цілеспрямованого та науково обґрунтованого характеру. Крім цього, процедура оцінки екологічного ризику здоров'ю не здійснена без наявності достовірної та повної бази даних як про кількісні, так і про якісні параметри досліджуваного фактора ризику, а також про стан здоров'я населення на популяційному рівні, що зумовлює необхідність чіткого функціонування та взаємодії систем екологічного та соціально-гігієнічного моніторингу.

Процедура оцінки екологічного ризику, безсумнівно, має низку переваг. По-перше, система оцінки ризику дозволяє на основі відомостей динамічного спостереження за факторами довкілля та параметрами здоров'я населення отримувати кількісну та якісну характеристики впливу досліджуваного фактора задовго до того, як виявляться наслідки даного впливу. По-друге, система оцінки екологічного ризику уможливорює оцінку здоров'я чи нездоров'я популяції людей з урахуванням фінансових категорій (ціна, вартість, рентабельність та інших). По-третє, система оцінки екологічного ризику органічно вписується у загальну систему управління та підготовки оптимізаційних управлінських рішень, оскільки екологічний ризик може вимірюватися, мати вартісне вираження, зрозумілий за змістом, дозволяє здійснювати порівняння та нормування. По-четверте, система оцінки екологічного ризику дозволяє характеризувати комплексний ризик суми

чинників ризику, позаяк у всіх випадках загальним знаменником є здоров'я населення.

Таким чином, методологія оцінки екологічного ризику може успішно застосовуватись у таких областях:

- при комплексній еколого-гігієнічній експертизі проектних рішень у сфері розміщення та будівництва нових об'єктів та реконструкції існуючих;
- обґрунтування пріоритетних об'єктів, напрямів та схем моніторингу навколишнього середовища;
- обґрунтування екологічного, медичного та соціального страхування, визначення економічної шкоди від несприятливих факторів довкілля;
- еколого-гігієнічне ранжирування та картографування територій;
- комплексна оцінка еколого-гігієнічного благополуччя;
- розроблення та наукове обґрунтування комплексних і цільових оптимізаційних програм оздоровчої та профілактичної спрямованості.

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

LOAEL – виявлена дослідним шляхом як найменша доза, яка призводить до появи статистично або біологічно значущих *несприятливих* ефектів (LOAEL означає “lowest-observed-adverse-effect level”, тобто найнижчий рівень, при якому спостерігаються *несприятливі* ефекти).

LOEL – виявлена дослідним шляхом як найменша доза, яка призводить до появи статистично або біологічно значущих ефектів (LOEL означає “lowest-observed-effect level”, тобто найнижчий рівень, при якому спостерігаються ефекти).

NOAEL – найбільша доза, яка не призводить до появи статистично або біологічно значущих *несприятливих* ефектів (NOAEL означає “no-observed-adverse-effect level”, тобто рівень, при якому не спостерігаються *несприятливі* ефекти).

NOEL – виявлена дослідним шляхом найбільша доза, яка не призводить до появи *будь-яких* статистично або біологічно значущих ефектів (NOEL означає “no-observed-effect level”, тобто рівень, при якому ефекти не спостерігаються).

Аналіз ризику – процес отримання інформації, необхідної для попередження негативних наслідків для здоров'я населення, що складається з трьох компонентів: оцінка ризику, управління ризиком, інформування про ризик.

Безпека – висока імовірність відсутності шкідливого ефекту при певному режимі й умовах дії хімічної речовини. На практиці відповідає або відсутності ризику, або його прийнятним рівням.

Гранично допустимий ризик – верхня межа прийняттого ризику, перевищення якої вимагає застосування додаткових заходів по його зниженню.

Детермінована (точкова) оцінка ризику – оцінка, в якій точкове значення ризику обчислюється при використанні точкових значень токсичності та експозиції. Такі точкові оцінки визначають середнє або консервативне значення ризику залежно від значення вихідних величин (також середніх або консервативних).

Довірчий інтервал – інтервал, у межах якого з заданою довірчою імовірністю можна чекати значення оцінюваної (шуканої) випадкової величини.

Додатковий ризик – ризик впливу хімічної речовини на організм людини, що накладається на уже існуючий ризик впливу цієї ж речовини.

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

Екологічний ризик – імовірність настання події, що має несприятливі наслідки для природного середовища, яка викликана негативною дією господарської або іншої діяльності, надзвичайними ситуаціями природного і техногенного характеру.

Експозиція (рівень дії) – контакт організму (рецептора) з хімічним, фізичним або біологічним агентом.

Залежність «доза – відгук» – зв'язок між дозою і ступенем вираженості відгуку на дію хімічної речовини у експонованій популяції.

Залежність «експозиція – відгук» – зв'язок між діючою дозою (концентрацією), режимом, тривалістю дії і ступенем вираженості, поширеності шкідливого ефекту, що вивчається, в експонованій популяції.

Здоров'я – стан повного фізичного, душевного і соціального благополуччя, а не тільки відсутність хвороб і фізичних дефектів.

Імовірнісна оцінка ризику – оцінка, результатом якої є імовірнісний розподіл ризику при використанні в моделі ризику імовірнісних розподілів вихідних величин, що відображають їх невизначеність.

Імовірнісний розподіл – математичне (графічне) представлення функції, яка пов'язує імовірність зі вказаними інтервалами значень для випадкової величини.

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 несприятливого ефекту в експонованого індивідуума, наприклад ризик розвитку раку в одного індивідуума з 1000 осіб, які піддавалися дії (ризик 1 на 1000 або $1 \cdot 10^{-3}$). При оцінці ризику, як правило, оцінюється число додаткових по відношенню до фону випадків порушень стану здоров'я, оскільки більшість захворювань, пов'язаних з дією навколишнього середовища, зустрічається в популяції і за відсутності аналізованої дії (наприклад, рак).

Інтегрована оцінка ризику – процес сумісного аналізу ризиків, пов'язаних з безліччю джерел, факторів, що впливають, і маршрутів дії на людину, біоту або екологічні ресурси, з виділенням певної пріоритетної області аналізу.

Канцерогенний ефект – виникнення новоутворень при дії факторів навколишнього середовища.

Канцерогенний ризик – імовірність розвитку злоякісних новоутворень впродовж всього життя людини, зумовлена дією потенційного канцерогену. Канцерогенний ризик є верхньою довірчою межею додаткового довічного ризику.

Коефіцієнт небезпеки (HQ) – відношення діючої дози (або концентрації) хімічної речовини до безпечного (референтного) рівня її дії.

Кумулятивна функція (кумулята) $F(x)$ – представляє імовірність того, що параметр x має величину не більшу (тобто меншу або рівну) певного значення x .

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

Маршрут дії – шлях хімічної речовини від джерела її утворення і надходження в навколишнє середовище до експонованого організму. Включає джерело забруднення навколишнього середовища, первинно забруднені

середовища, середовища, що транспортують речовину, середовища, що безпосередньо впливають на людину, і всі можливі шляхи надходження хімічної речовини в організм.

Межа довірчого інтервалу – найменше або найбільше значення довірчого інтервалу.

Метод Монте-Карло – метод для характеризування невизначеності при оцінці ризику, що полягає у багатократній випадковій вибірці величин із імовірнісних розподілів вихідних величин у моделі ризику і побудові на їх основі імовірнісного розподілу ризику.

Мінливість – непостійність параметрів, що використовуються при оцінці ризику, внаслідок їх природної гетерогенності. Мінливість визначає надійність і достовірність оцінок ризику і не може бути зменшена шляхом додаткових досліджень або вимірювань.

Навколишнє середовище – сукупність компонентів природного середовища, природних і природно-антропогенних об'єктів, а також антропогенних об'єктів.

Небезпека – сукупність властивостей фактора навколишнього середовища (або конкретної ситуації), що визначає здатність викликати несприятливі для здоров'я людини ефекти за певних умов їх дії.

Невизначеність – ситуація, зумовлена недосконалістю знань про істинний або майбутній стан даної системи.

Необізнаність – характеризує часткову відсутність або ступінь надійності відомостей про певні параметри, процеси або моделі, що використовуються при оцінці ризику. Необізнаність врешті-решт визначає надійність і достовірність оцінок ризику і може бути зменшена шляхом додаткових досліджень або вимірювань.

Несприятливий (шкідливий) ефект – зміни в морфології, фізіології, розвитку або тривалості життя організму, популяції або екологічної системи, що виявляються в погіршенні функціональної здатності, або здібності компенсувати додатковий стрес, або в збільшенні чутливості до інших дій факторів навколишнього середовища.

Нормована доза – доза хімічної речовини, нормована на одиницю маси людини і на одиницю часу експозиції. Звичайна одиниця вимірювання – мг/кг·добу.

Одиничний ризик – верхня довірна межа додаткового довічного ризику, зумовленого дією хімічної речовини в концентрації 1 мкг/м³ (інгаляція забрудненого повітря) або 1 мкг/л (надходження з питною водою). Є величиною ризику на одну одиницю концентрації.

Оцінка ризику для здоров'я – процес встановлення імовірності розвитку і ступеня вираженості несприятливих наслідків для здоров'я людини або здоров'я майбутніх поколінь, зумовлених дією факторів навколишнього середовища.

Популяційний ризик – міра очікуваної частоти шкідливих ефектів серед всіх людей, які піддалися дії (наприклад, чотири випадки захворювання на рак за рік в експонованій популяції).

Прийнятний ризик – рівень ризику розвитку несприятливого ефекту, який не вимагає вживання додаткових заходів по його зниженню, такий, що оцінюється як незалежний, незначний по відношенню до ризиків, існуючих у повсякденній діяльності і житті населення.

Процентіль – значення (у відсотках), яке задана випадкова величина не перевищує з фіксованою імовірністю.

Референтна доза/концентрація (*RfD* або *RfC*) – величина, що характеризує добову дію хімічної речовини протягом всього життя, яка встановлюється з урахуванням всіх наявних сучасних наукових даних і, ймовірно, не призводить до виникнення неприйнятної ризику для здоров'я чутливих груп населення. Синоніми: допустиме добове надходження (*ADI*), добове надходження, що переноситься (*TDI*), керівний рівень (*GV*), рекомендовані показники допустимої дії на здоров'я (*HA*), прогнозований неефективний рівень для людини (*PNEL*), рівень мінімального ризику (*MRL*), рекомендований рівень дії (*REL*).

Ризик – імовірність спричинення шкоди життю або здоров'ю громадян, майну фізичних або юридичних осіб, державному або муніципальному майну, навколишньому середовищу, життю або здоров'ю тварин і рослин з урахуванням тяжкості цієї шкоди.

Середнє значення ризику – значення ризику, що відповідає середній експозиції.

Середня експозиція – дескриптор ризику, що описує середню або типову особину в популяції, звичайно представляється середнім значенням або медіаною імовірнісного розподілу.

Середньодобова довічна доза/концентрація (*LADD/LARC*) - потенційна добова доза/концентрація, усереднена за весь період життя людини. Період усереднювання експозиції для канцерогенів звичайно приймається рівним 70 рокам.

Середньодобова доза/концентрація (*ADD/ADC*) – потенційна добова доза/концентрація, усереднена за період дії хімічної речовини. Період усереднювання для хронічних дій звичайно такий: для дорослих – 30 років, для дітей у віці до 6 років – 6 років.

Сценарій дії – опис специфічних умов експозиції; сукупність фактів, припущень і висновків про дію оцінюваного шкідливого фактора. Сценарій експозиції може включати декілька маршрутів дії.

Точкова оцінка – це число, що обчислюється на основі вибірки, ймовірно близьке до оцінюваного параметра популяції. Типово точкова оцінка представляє центральну тенденцію (середнє значення, медіану, моду) або верхню межу імовірнісного розподілу.

Управління ризиком – процес ухвалення рішень, що включає розгляд сукупності політичних, соціальних, економічних, медико-соціальних і технічних факторів сумісно з відповідною інформацією з оцінки ризику з метою розробки оптимальних рішень з усунення або зниження рівнів ризику, а також способам подальшого контролю (моніторингу) експозицій і ризиків.

Фактор нахилу – (канцерогенний потенціал, фактор канцерогенного потенціалу, SF) – міра додаткового індивідуального канцерогенного ризику або ступінь збільшення імовірності розвитку раку при дії канцерогену. Визначається як верхня 95 % довірча межа нахилу залежності «доза – відгук» в нижній лінійній частині кривої. Звичайна одиниця вимірювання: $(\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{добу})^{-1}$.

Фактори навколишнього середовища – біологічні (вірусні, бактеріальні, паразитарні й інші), хімічні, фізичні (шум, вібрація, ультразвук, інфразвук, теплові, іонізуючі та інші випромінювання), соціальні (харчування, водопостачання, умови побуту, праці, відпочинку) й інші фактори навколишнього середовища, які здійснюють або можуть здійснювати вплив на людину і (або) стан майбутніх поколінь.

Фактори ризику – фактори, що провокують або збільшують ризик розвитку певних захворювань; деякі чинники можуть бути спадковими або придбаними, але у будь-якому випадку їх вплив виявляється при певній дії.

Функція щільності імовірності $f(x)$ – функція, яка представляє імовірність того, що параметр x знаходиться в інтервалі $\{x-dx, x+dx\}$, де dx нескінченно мала величина.

Частотний розподіл (гістограма) – графічне відображення частоти величин, що спостерігаються або вимірюються у популяції. Кількісні співвідношення деякого показника представлені у вигляді прямокутників, площі яких пропорційні. Найчастіше для зручності сприйняття ширину прямокутників беруть однакою, при цьому їх висота визначає співвідношення параметра, що відображається. Таким чином, гістограма є графічним зображенням залежності частоти потрапляння елементів певної вибірки від відповідного інтервалу групування.

Чутливість моделі – залежність зміни кінцевої величини моделі від зміни вихідної величини (величин). Аналіз чутливості моделі – ранжування вихідних величин моделі по їх впливу на кінцеву величину.

Шкідлива дія на людину – дія факторів навколишнього середовища, що створює загрозу життю чи здоров'ю людини і (або) майбутніх поколінь.

Шкідливий ефект для здоров'я – зміни в морфології, фізіології, розвитку або тривалості життя організму, популяції або потомства, що виявляються в погіршенні функціональної спроможності, або здатності компенсувати додатковий стрес, або у підвищенні чутливості до дії інших факторів навколишнього середовища.

Шкода здоров'ю людини – порушення стану здоров'я людини або стану здоров'я майбутніх поколінь, що спостерігається або очікується, яке обумовлене дією факторів навколишнього середовища. Шкода характеризується медико-соціальною значущістю негативних наслідків, що спостерігаються або очікуються для життя або здоров'я людини і (або) майбутніх поколінь, а також частотою випадків негативних наслідків і їх вартісними оцінками.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Оцінка ризику загрози здоров'ю людини при впливі порогових токсикантів

Мета роботи: здійснити оцінку ризику загрози здоров'ю людини при впливі токсикантів-неканцерогенів.

Хід роботи

Негативна дія порогового токсиканта має характеризуватися значенням тієї порогової дози (або потужності дози, віднесеної до деякого інтервалу часу), починаючи з якої з'являються несприятливі наслідки. Практика показала, що можливі кілька підходів до встановлення величини порогової потужності дози.

Можливе використання наступних значень, що визначають експериментальним шляхом (як правило, за результатами експериментів над тваринами):

H_{NOEL} – найбільша порогова потужність дози, яка не призводить до появи будь-яких статистично значущих біологічних ефектів (NOEL – «*no-observed-effect-level*»), тобто рівень при якому ніякі ефекти не спостерігаються);

H_{NAOEL} – найбільша потужність дози, яка не призводить до появи статистично значущих несприятливих біологічних ефектів (NOAEL – «*no-observed-adverse-effect-level*»), тобто рівень при якому не спостерігаються несприятливі ефекти);

H_{LOEL} – найменша потужність дози, яка призводить до появи будь-яких статистично значущих біологічних ефектів (LOEL – «*lowest-observed-effect-level*»), тобто найнижчий рівень, при якому спостерігаються ефекти);

H_{LOAEL} – найменша потужність дози, яка призводить до появи статистично значущих несприятливих біологічних ефектів (LOAEL – «*lowest-observed-adverse-effect-level*»), тобто найнижчий рівень, при якому спостерігаються несприятливі ефекти).

Всі чотири величини вимірюються кількістю забруднювача, що надходить в одиницю часу в організм людини або тварини і нормованого на одиницю маси тіла. Зазвичай кількість токсикантів вимірюється в міліграмах, одиницею часу служить доба, а одиницею маси тіла – кілограм; отже, розмірність перерахованих величин – мг/(кг*добу). Оптимальне узгодження експериментальних даних і результатів спостережень за групами ризику означає, що є достатня інформація щодо перерахованих вище факторів. Однак на практиці таке погодження забезпечити не вдається, тому

доводиться вводити коефіцієнти невизначеності, які відіграють роль своєрідного «запасу надійності» в процесі обчислення потужності дози. Зазвичай використовують три коефіцієнти: F_1 , F_2 , F_3 .

На їхній колективний витвір ділять величину порогової потужності дози:

$$H_D = H_{D(i)} / (F_1 * F_2 * F_3), \quad (1)$$

де $H_{D(i)}$ – будь-яка з наведених вище значень порогової потужності дози, H_D – її скориговане значення.

Коефіцієнт F_1 використовується для обліку можливих міжвидових варіацій в прояві ефектів від тієї ж потужності дози, тобто він характеризує міжвидові відмінності в чутливості до токсиканта. Якщо біокінетичні особливості токсиканта і механізми його токсичності в експериментальних тварин і у людей відрізняються сильно, то коефіцієнту F_1 приписується максимальне значення, що дорівнює 10. Якщо біокінетика і механізми токсичності в експериментальних тварин і людей схожі, то $F_1 = 1$.

Коефіцієнт F_2 відповідальний за внутрішньовидові відмінності в дії токсиканта, які обумовлені індивідуальною чутливістю. Його значення можуть змінюватися від 1 до 10; також зазвичай вважають $F_2 = 1$ (якщо суттєві індивідуальні відмінності в чутливості до даного токсиканта не встановлені). Коефіцієнт F_3 підвищує надійність розрахунків, пов'язаних з переходом від порівняно короткочасних спостережень до оцінок ефектів на значно більший період часу. Значення цього коефіцієнта може варіюватися від 10 до 100. Там, де необхідно оцінити H_{NOEL} або H_{NOAEL} для всього життя тварини або людини, а є дані тільки з нетривалих експериментів, то тоді $F_3 = 10$. Для оцінки ж H_{LOEL} і H_{LOAEL} при тих же умовах використовують максимальне значення $F_3 = 100$. Таким чином, введення коефіцієнтів невизначеності істотно знижує значення порогової потужності дози, що зумовлено впливом ряду невизначеностей. Максимальне значення добутку коефіцієнтів $F_1 * F_2 * F_3 = 10 * 100 * 10 = 10\,000$. Можна сказати, що ці коефіцієнти виконують роль факторів перестраховки, зважаючи на те, що в розрахунках ризику входять навмисно занижені значення порогової потужності дози. Одиниця потужності порогової дози – мг/кг*добу – пов'язана залежністю впливу токсиканта, що діє на організм, від маси тіла. Перед тим як зафіксувати значення цієї дози для людей, проводяться досліди на тваринах, при цьому використовуються кілька груп тварин, для кожної з них приймається середня величина маси тіла. Часто об'єктами таких дослідів стають миші, щури, морські свинки і кролики. Значення порогової потужності дози H_D при надходженні деяких токсикантів-неканцерогенів з повітрям, водою і їжею наведені в таблицях 1–3.

Таблиця 1

Значення порогової потужності дози H_D при надходженні з повітря

Токсиканти, що надходять з повітрям	H_D , мг / кг*добу
Бензол	$9 \cdot 10^{-3}$
Марганець	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Ртуть	$8,6 \cdot 10^{-5}$
Берилій	$5,8 \cdot 10^{-6}$
Тетраетилсвинець	$5,7 \cdot 10^{-6}$

Таблиця 2

Значення порогової потужності дози H_D при надходженні з водою та їжею

Токсиканти, що надходять з водою та їжею	H_D , мг / кг-добу	Токсиканти, що надходять з водою та їжею	H_D , мг / кг-добу
Нітрати	1,6	Селен	$5 \cdot 10^{-3}$
Хром (Cr^{3+})	1,0	Молибден	$5 \cdot 10^{-3}$
Цинк	0,3	Срібло	$5 \cdot 10^{-3}$
Барій	0,2	Хром (VI)	$5 \cdot 10^{-3}$
Бор	0,2	Кадмій	$5 \cdot 10^{-4}$
Марганець	0,14	Сурма	$4 \cdot 10^{-4}$
Хлор	0,1	Миш'як	$3 \cdot 10^{-4}$
Мідь	0,04	Ртуть (хлорид)	$3 \cdot 10^{-4}$
Нікель	0,02	Талій (хлорид, карбонат)	$8 \cdot 10^{-5}$

Таблиця 3

Значення порогової потужності дози H_D при надходженні з водою

Токсиканти, що надходять з водою	H_D , мг / кг-добу
1	2
Етиленгліколь	2
Ацетон	0,9
Нафтопродукти	0,6
Фенол	0,6
Метанол	0,5
Формальдегід	0,2
Пентахлорфенол	$3 \cdot 10^{-2}$
Бензол	$4 \cdot 10^{-3}$
Вінілхлорид	$3 \cdot 10^{-3}$
Нітробензол	$5 \cdot 10^{-4}$

Як показують дані таблиць, за значенням порогової потужності дози токсичні речовини можуть відрізнятися в мільйони разів. При вирішенні завдань, в яких розглядається вдихання токсикантів, середньодобове його надходження m , віднесене до 1 кг маси тіла людини, розраховується за формулою:

$$m = C * V * f * T_p / P * T, \quad (2)$$

де C – концентрація канцерогену в повітрі ($\text{мг}/\text{м}^3$); V – об'єм повітря, що надходить в легені протягом доби ($\text{м}^3/\text{добу}$) (вважається, що доросла людина вдихає 20 м^3 повітря щодоби); f – кількість днів в році, коли відбувається вплив токсиканта; T_p – кількість років, протягом яких відбувається вплив токсиканта; P – середня маса тіла дорослої людини, приймається такою, що дорівнює 70 кг ; T – усереднений час можливого впливу токсиканта, прийнято таким, що дорівнює 30 років ($10\,950$ діб). Вищенаведений вираз для m базується на давно відомій і використовуваній в токсикології формулі Габера, за якою обчислюють показник токсичності речовини K_{iox} . Для токсиканта, який надходить з повітрям, ця формула має вигляд:

$$K_{iox} = C * V * t / P, \quad (3)$$

де C – концентрація токсиканта, V – об'єм легеневої вентиляції, t – час дії токсиканта, m – маса тіла.

Якщо вирішуються завдання, пов'язані зі споживанням питної води, то середньодобове надходження m токсиканта з водою на 1 кг маси тіла людини визначається за дещо зміненою формулою:

$$m = C * v * f * T_p / P * T, \quad (4)$$

де C – концентрація токсиканта в питній воді, $\text{мг}/\text{л}$; v – швидкість надходження води в організм людини, $\text{л}/\text{добу}$. Вважається, що доросла людина випиває щодоби 2 літри води; f – кількість днів в році, протягом яких відбувається вплив токсиканта; T_p – кількість років, протягом яких споживається питна вода. Величини P і T – такі ж, як і у формулі, за якою розраховується надходження токсиканта з повітрям. Розмірність величини m $\text{мг}/\text{л} * \text{добу}$. Якщо вирішуються завдання, пов'язані зі споживанням продуктів харчування, то середньодобове надходження m токсиканта з їжею, наведене до 1 кг маси тіла людини, визначають за формулою:

$$m = C * M * T_p / P * T, \quad (5)$$

де C – концентрація токсиканта в розглянутому харчовому проміжку; M – кількість продукту, споживаного за один рік; T_p – кількість років, протягом яких споживається розглянутий продукт. Величини P і T – такі ж, як і у формулі, за якою розраховується надходження канцерогену з повітрям або водою. Розмірність величини m мг/кг*добу.

Після того, як обчислено середньодобове надходження токсиканта, віднесене до 1 кг маси тіла людини, розраховується величина, яка називається індексом небезпеки. Її позначають через HQ (від слів Hazard Quotient) і визначають виразом:

$$HQ = m / H_D, \quad (6)$$

де H_D – порогова потужність дози. Якщо $HQ < 1$, то небезпеки немає; ризику загрози здоров'ю немає. Якщо ж $HQ > 1$, то існує небезпека отруєння, яка тим більше, чим більше індекс HQ перевищує одиницю. Якщо в повітрі, у питній воді або їжі міститься кілька токсикантів, то повний індекс небезпеки HQ_i дорівнює сумі індексів небезпеки окремих токсикантів: $HQ_i = HQ_1 + HQ_2 + HQ_3$. Якщо $HQ_i < 1$, то небезпеки немає, ризику загрози здоров'ю немає.

Приклад розв'язку завдання. В одному з колодязів виявлено важкий метал – шестивалентний хром, причому його вміст у воді цього колодязя в десять разів перевищило значення ГДК хрому (VI) для питної води (0,005 мг/л). Даним колодязем користуються 6 років. Розрахувати індивідуальний ризик загрози здоров'ю.

Дано: $C = 10$ ГДК = 0,05 мг/л; $v = 2$ л/доба; $T_p = 6$ років = 2190 діб; $P = 70$ кг; $T = 30$ років = 10950 діб; $H_D = 5 \cdot 10^{-3}$ мг/кг*добу.

Розв'язок: Середньодобове надходження токсиканта з водою на 1 кг маси тіла людини:

$$m = C * v * f * T_p / P * T = 0,5 \text{ (мг/л)} * 2 \text{ (л/добу)} * 2190 \text{ (на добу)} / 20 \text{ (кг)} * 10950 \text{ (на добу)} = 2190 \text{ (мг)} / 766500 \text{ (кг*добу)} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ мг/кг*добу.}$$

Індекс небезпеки: $HQ = m/H_D = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ (мг/кг*добу)} / 5 \cdot 10^{-3} \text{ (мг/кг*добу)} = 0,58 < 1$.

Відповідь: Ні небезпеки отруєння, ні ризику загрози здоров'ю немає.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1. Розрахувати індивідуальний ризик загрози здоров'ю в результаті вдихання протягом одного року пестициду ДДТ з концентрацією, що дорівнює 10 значень ГДК цієї речовини в повітрі. Порогова потужність дози ДДТ під час потрапляння з повітрям становить $5 \cdot 10^{-4}$ мг/кг*добу. ГДК пестициду ДДТ в повітрі дорівнює 0,0005 мг/м³.

2. У воду водойми потрапила ртуть, в результаті чого вміст цього елемента в тканинах риби становить 10 мг/кг. Протягом трьох років в цій водоймі рибалка ловить рибу і вживає її в їжу. За ці три роки він їв рибу 120 разів, при цьому за один раз з'їдав в середньому 150 г. Порогова потужність дози ртуті при потраплянні в організм з їжею становить $1 \cdot 10^{-4}$ мг/кг*добу. Обчислити ризик загрози здоров'ю.

3. У воді водосховища виявлено фенол із концентрацією, що дорівнює 3 мг/л. Водосховище є джерелом питного водопостачання. Розрахувати ризик загрози здоров'ю людини, яка п'є таку воду протягом трьох років. Щороку ця людина їде з цієї місцевості у відпустку, в якому проводить в середньому 30 днів. Порогова потужність дози фенолу при потраплянні в організм з водою становить 0,6 мг/кг*добу.

4. Встановлено, що в деякій місцевості виявилися забрудненими питна вода і вирощені тут овочі. У воді присутні нафтопродукти, їх вміст дорівнює 5 мг/л, а в овочах – тетраетилсвинець зі вмістом 5 мкг/кг. Всього овочів в Україні споживають в середньому 90 кг на душу населення на рік. Людина випиває в середньому 2 л води на добу. Розрахувати індивідуальний ризик загрози здоров'ю, якщо людина піддається впливу зазначених токсикантів протягом чотирьох місяців. Порогова потужність дози нафтопродуктів при потраплянні в організм із водою становить 0,6 мг/кг*добу, а порогова потужність дози тетраетилсвинцю при потраплянні в організм із їжею становить $1,2 \cdot 10^{-7}$ мг/кг*добу.

5. Вважається, що протягом року мешканець України з'їдає в середньому 120 кг хлібопродуктів. Припустимо, що в хлібопродуктах виявлені нітрати зі вмістом, що дорівнює 35 мг/кг. Розрахувати індивідуальний ризик загрози здоров'ю, якщо такими продуктами людина харчується протягом одного року. Порогова потужність дози нітратів у харчових продуктах становить 1,6 мг/кг*добу.

6. За рік дорослий мешканець України з'їдає в середньому 150 яєць. Розрахувати ризик загрози здоров'ю при вживанні в їжу яєць протягом року, якщо яйця містять хлор при середньому вмісті 30 мг в одному яйці. Порогова потужність дози хлору в харчових продуктах 0,1 мг/кг*добу.

7. За рік дорослий мешканець України з'їдає в середньому 115 кг картоплі. Розрахувати ризик загрози здоров'ю при вживанні в їжу картоплі протягом півроку, якщо вона містить важкий метал – кадмій із середнім вмістом, що дорівнює ГДК цього металу в картоплі і овочах, яка дорівнює 0,003 мг/кг. Порогова потужність дози кадмію в харчових продуктах становить $5 \cdot 10^{-4}$ мг/кг*добу.

8. Аналіз проб м'яса показав, що вміст міді і цинку в них утричі перевищує ГДК цих металів в м'ясі, які дорівнюють 3 мг/кг і 50 мг/кг. Чи є ризик загрози здоров'ю, якщо таке м'ясо будуть вживатися в їжу

протягом півроку? Значення порогової потужності дози міді і цинку при надходженні з їжею дорівнюють 0,03 мг/кг*добу і 0,04 мг/кг*добу відповідно.

9. Розрахувати індивідуальний ризик загрози здоров'ю в результаті вдихання парів ртуті з концентрацією, що дорівнює 8 значень ГДК цього елемента в повітрі. Вважати, що пари ртуті перебувають у деякому приміщенні при незмінній концентрації і що людина вдихає пари ртуті протягом 10 год щодоби протягом одного року. Порогова потужність дози ртуті при її надходженні з повітрям становить $8,6 \cdot 10^{-5}$ мг/кг*добу. Значення ГДК ртуті в повітрі становить 0,0003 мг/м³.

10. Середньорічне споживання молочних продуктів на душу населення в Україні становить 210 кг/рік. Припустимо, що в молочних продуктах міститься фенол в концентрації 12 мг/кг. Розрахувати ризик загрози здоров'ю при вживанні в їжу таких молочних продуктів протягом року. Порогова потужність дози для фенолу при надходженні з їжею дорівнює 0,6 мг/кг*добу.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Оцінка ризику загрози здоров'ю при впливі токсикантів (нерадіоактивних канцерогенів)

Мета роботи: здійснити оцінку ризику загрози здоров'ю при впливі токсикантів (нерадіоактивних канцерогенів).

Хід роботи

До канцерогенів відносять речовини, вплив яких достовірно збільшує частоту виникнення пухлин (доброякісних і/або злоякісних) в популяції людини. При оцінці ризику загрози здоров'ю, зумовлених впливом канцерогенних речовин, використовують два важливих положення. По-перше, прийнято вважати, що у канцерогенів немає порогової дози, їхня дія починається вже при малих кількостях, які потрапили в організм людини. По-друге, вважається, що ймовірність розвитку онкозахворювань (тобто канцерогенний ризик) прямо пропорційна кількості (дозі) канцерогену, введеного в організм. Сукупність цих двох положень називають безпороговою лінійною моделлю. Лінійний характер залежності між канцерогенним ризиком і дозою канцерогенної речовини виражається за формулою:

$$r = F_r * D, \quad (7)$$

де r – індивідуальний канцерогенний ризик; під ним слід розуміти додатковий ризик (додатково до вже існуючої ймовірності захворіти на рак) онкологічного захворювання, що викликається надходженням даного канцерогену; D – доза канцерогену, який потрапив в організм людини; F_r – коефіцієнт пропорційності між ризиком і дозою, який називається **фактором ризику**. Фактор ризику F_r показує, наскільки швидко зростає ймовірність онкозахворювання при збільшенні дози канцерогену, що надійшов в організм людини з повітрям, водою або їжею. Фактор ризику ще називають коефіцієнтом нахилу (Slope Factor), оскільки він характеризує кут нахилу у прямій залежності «ризик – доза». Очевидно, що чим більше кут нахилу, тим більше загроза здоров'ю.

Одиниця фактора ризику F_r – $[\text{мг/кг*добу}]^{-1}$; вона протилежна одиниці середньодобового надходження канцерогену. Фактор ризику кількісно характеризує збільшення загрози здоров'ю в результаті щоденного надходження даного канцерогену в кількості 1 мг, віднесеного до 1 кг маси тіла людини.

Часто індивідуальний канцерогенний ризик обчислюється за формулою:

$$r = m * F_r, \quad (8)$$

де m – середньодобове надходження канцерогену з повітрям, водою або їжею, віднесене до 1 кг маси тіла людини, в міліграмах на кілограм на добу (мг/кг*добу).

Зручність розрахунку ризику за цією формулою в тому, що в результаті перемноження величин m і F_r виходить безрозмірна величина.

Таблиця 4

Значення факторів ризику при надходженні в організм людини канцерогенів з повітрям

Канцерогени	$F_r, (\text{мг/кг*добу})^{-1}$
1	2
Дихлорметан	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Трихлоретилен	$7 \cdot 10^{-3}$
Формальдегід	$2,1 \cdot 10^{-2}$
Свинець та його сполуки	$4,2 \cdot 10^{-2}$
Бензол	$5,5 \cdot 10^{-2}$
Вінілхлорид	$7,2 \cdot 10^{-2}$
Тетрахлоретилен	0,15
Дихлоретан	0,27
Хлорбензол	0,27
ДДТ	0,34
Нікель (пил у повітрі)	0,91
Поліхлоровані біфеніли	2,0
Вихлопні гази дизельних двигунів	2,1
Кадмій та його сполуки	6,3
Бензо(а)пірен	7,3
Берилій, метал і оксид	8,4
миш'як	12
Хром (VI)	42
Берилій, сульфат	$3 \cdot 10^3$
Діоксини (суміш)	$4,6 \cdot 10^3$

Значення факторів ризику визначаються, як правило, в результаті дослідів на тваринах. У таблицях нижче наведені значення факторів ризику (в порядку зростання) при надходженні в організм людини канцерогенів з повітрям (таблиця 4), а також з водою та їжею (таблиця 5).

Таблиця 5

Значення факторів ризику при надходженні в організм людини канцерогенів з водою та їжею

Канцерогени	Fr, (мг/кг*добу)-1
1	2
Свинець та його сполуки	$8,5 \cdot 10^{-3}$
Хлороформ	$3,1 \cdot 10^{-2}$
Бензол	$5,5 \cdot 10^{-2}$
Петахлорбензол	0,12
Хлорбензол	0,27
ДДТ	0,3
Кадмій та його сполуки	0,38
Трихлоретилен	0,4
Тетрахлоретилен	0,54
Миш'як	1,74
Вінілхлорид	1,9
Берилій оксид	2,0
Поліхлоровані біфеніли	5,0
Бензо(а)пірен	12
Берилій, сульфат	$3 \cdot 10^3$
Діоксини (суміш)	$1,6 \cdot 10^5$

Ці таблиці показують, що величина фактора ризику варіюється в дуже широких межах. При вирішенні завдань, в яких розглядається надходження канцерогену з повітря, його середньодобове надходження m , віднесене до 1 кг маси тіла людини, розраховується за формулою:

$$m = C * V * f * T_p / P * T, \quad (2)$$

де C – концентрація канцерогену в повітрі (мг/м³); V – об'єм повітря, що надходить в легені протягом доби (м³/добу) (вважається, що доросла людина вдихає 20 м³ повітря щодоби); f – кількість днів в році, протягом яких відбувається вплив канцерогену; T_p – кількість років, протягом яких відбувається вплив канцерогену; P – середня маса тіла дорослої людини, береться такою, що дорівнює 70 кг; T – усереднений час можливого впливу канцерогену (середня тривалість життя людини), вважається таким, що дорівнює 70 років (25 550 діб). Якщо вирішується завдання, пов'язане зі споживанням питної води, то середньодобове надходження m канцерогену з водою на 1 кг маси тіла людини визначається за дещо зміненою формулою:

$$m = C * v * f * T_p / P * T, \quad (4)$$

де C – концентрація канцерогену в питній воді, мг/л; v – швидкість надходження води в організм людини, л/добу.

Вважається, що доросла людина випиває щодоби 2 літри води; f – кількість днів в році, протягом яких відбувається вплив канцерогену; T_p – кількість років, протягом яких споживається питна вода. Величини P і T – такі ж, як і у формулі, за якою розраховується надходження канцерогену з повітрям. Якщо вирішуються завдання, пов'язані зі споживанням продуктів харчування, то середньодобове надходження m канцерогену з їжею, наведене до 1 кг маси тіла людини, визначають за формулою:

$$m = C * M * T_p / P * T, \quad (5)$$

де C – концентрація канцерогену в розглянутому харчовому проміжку; M – кількість продукту, споживаного за один рік; T_p – кількість років, протягом яких споживається розглянутий продукт; величини P і T – такі ж, як і у формулі, за якою розраховується надходження канцерогену з повітрям або водою. Після того, як обчислено середньодобове надходження m канцерогену, наведене до 1 кг маси тіла людини, розраховують індивідуальний канцерогенний ризик за формулою:

$$r = m \cdot F_r, \quad (9)$$

де F_r – фактор ризику, виражений в $(\text{мг/кг} \cdot \text{добу})^{-1}$, його значення наведені в таблицях 1 і 2.

Якщо $r \leq 10^{-6}$, то індивідуальний канцерогенний ризик вважається зневажливо малим.

Верхня межа допустимого індивідуального канцерогенного ризику дорівнює 10^{-4} .

Якщо $r > 10^{-4}$, індивідуальний канцерогенний ризик вважається неприпустимим.

У разі впливу декількох канцерогенів повний ризик виражається сумою окремих ризиків:

$$r_t = r_1 + r_2 + \dots$$

Коллективний канцерогенний ризик R визначається формулами:

$$R = r * N, \quad (10)$$

$$R_t = r_t * N, \quad (11)$$

де N – кількість осіб, що піддаються даному ризику.

Приклад розв'язку завдання. В повітрі поблизу хімічного заводу знаходиться дихлоретан, концентрація якого становить 12 мг/м^3 . Протягом 10 років таким повітрям дихає населення, чисельність якого складає 6 тис осіб. Кількість днів, протягом яких люди піддаються канцерогенному ризику, в середньому 300. Фактор ризику при надходженні дихлорметану з повітрям дорівнює $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ (мг/кг*добу)}^{-1}$. Розрахувати значення індивідуального і колективного канцерогенного ризиків.

Дано: $C = 12 \text{ мг/м}^3$; $V = 20 \text{ м}^3$; $F_r = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ (мг/кг*добу)}^{-1}$; $T_p = 10 \text{ років}$; $f = 300 \text{ днів/рік}$; $N = 6 \cdot 10^3 \text{ чол.}$; $P = 70 \text{ кг}$; $T = 70 \text{ років}$.

Знайти: $r - ?$; $R - ?$

Розв'язок: Середньодобове надходження дихлорметану з повітрям на 1 кг маси тіла людини розраховується за формулою:

$m = C \cdot V \cdot f \cdot T_p / P \cdot T = 12 \text{ (мг/м}^3) \cdot 20 \text{ (м}^3\text{/добу)} \cdot 10 \text{ (років)} / 70 \text{ (кг)} \cdot 25550 \text{ (на добу)} = 7,2 \cdot 10^5 \text{ (мг)} / 1788500 \text{ (кг*добу)} = 0,40 \text{ мг/кг*добу}$.

Індивідуальний канцерогенний ризик:

$r = m \cdot F_r = 0,4 \text{ (мг/кг*добу)} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ (мг/кг*добу)}^{-1} = 6,4 \cdot 10^{-4}$.

Наведений до одного року індивідуальний ризик становить

$6,4 \cdot 10^{-4} / 10 = 6,4 \cdot 10^{-5}$.

Ця величина нижче рівня допустимого ризику ($10^{-4} \text{ чол.}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$).

Колективний ризик визначається формулою $R = r \cdot N$. Для умов даної задачі

$R = 6,4 \cdot 10^{-5} \cdot 6 \cdot 10^3 = 0,38 < 1$.

Отже, в даній ситуації можна очікувати, що протягом 10 років не буде спостерігатися жодного додаткового випадку появи ракових захворювань.

Відповідь: $r = 6,4 \cdot 10^{-5}$; $R = 0,38$ (нижче рівня допустимого ризику).

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1. Розрахувати індивідуальний ризик, обумовлений комбінованою дією двох токсикантів-канцерогенів, що містяться у повітрі: трихлоретилену з концентрацією, що дорівнює $0,3 \text{ мг/м}^3$ (його фактор ризику дорівнює $0,4 \text{ (мг/кг*добу)}^{-1}$), і бензо(а)пірену з концентрацією, що дорівнює $0,05 \text{ мг/м}^3$ (фактор ризику дорівнює $12 \text{ (мг/кг*добу)}^{-1}$). Таким повітрям дихає людина протягом 5 років, причому в середньому 300 днів на рік.

2. У щорічний раціон мешканця України входить в середньому 210 кг молочних продуктів. Припустимо, що в молочних продуктах міститься діоксин, і його концентрація дорівнює значенню ГДК для діоксинів в молоці ($5,2 \cdot 10^{-6} \text{ мг/кг}$). Ці молочні продукти йдуть в їжу 100 чоловік протягом 2 років. Фактор ризику при надходженні діоксинів

з продуктами в організм дорівнює $F_r = 1,6 \cdot 10^5$ (мг/кг*добу)⁻¹. Розрахувати індивідуальний і колективний ризику загрози здоров'ю.

3. Розрахувати індивідуальний і колективний ризику загрози здоров'ю для наступних умов. Вміст діоксинів у питній воді дорівнює 10 ГДК цих речовин у воді, ГДК становить $2 \cdot 10^{-8}$ мг/л. Час споживання такої води групою в 10 осіб – 5 років. Середня частота споживання – 300 днів на рік. Фактор ризику при надходженні діоксинів з водою дорівнює $1,6 \cdot 10^5$ (мг/кг*добу)⁻¹.

4. Розрахувати ризик у вигляді кількості додаткових випадків онкологічних захворювань серед мешканців селища з населенням у 10 тис. осіб в результаті споживання води зі вмістом канцерогену – трихлоретилену, що дорівнює 25 мкг/л. Така вода споживається протягом 30 років, причому протягом кожного року вона споживається в середньому протягом 300 днів. Фактор ризику в даному випадку дорівнює $0,4$ (мг/кг*добу)⁻¹.

5. У повітрі промислового підприємства виявлено бензол із концентрацією, що дорівнює 15 мкг/м³. Розрахуйте канцерогенний ризик, якому піддається працівник при вдиханні бензолу протягом півроку. Вважається, що за робочий день (на робочому місці) людина вдихає 10^3 м³ повітря. Кількість робочих днів у році – 250. Фактор ризику при надходженні бензолу з повітрям дорівнює $5,5 \cdot 10^{-2}$ (мг/кг*добу)⁻¹.

6. Процес виробництва в одному із цехів заводу пов'язано з надходженням пилу, що містить нікель. Вимірювання показали, що концентрація нікелю в повітрі в 6 разів перевищує значення ГДК нікелю в повітрі, що дорівнює 0,001 мг/м³. Вважається, що за робочий день (на робочому місці) людина вдихає 10^3 м³ повітря. Розрахувати ризик, якому піддаються люди, які працюють в цьому цеху протягом 2 років. Кількість робочих днів у році – 250. Фактор ризику для нікелю при його надходженні з повітрям дорівнює $0,91$ (мг/кг*добу)⁻¹.

7. Розрахувати індивідуальний ризик, обумовлений комбінованою дією двох канцерогенів, що містяться в питній воді. У воді знаходиться вінілхлорид з концентрацією, що дорівнює 0,3 мг/л (його фактор ризику при надходженні у воду становить $1,9$ (мг/кг*добу)⁻¹, і миш'як із концентрацією, що дорівнює його ГДК у питній воді (0,05 мг/л). Фактор ризику при надходженні миш'яку з водою дорівнює $1,75$ (мг/кг*добу)⁻¹. Така вода споживається в середньому протягом 300 днів.

8. У деякій місцевості через підвищений вміст миш'яку в ґрунті, і як наслідок – в кормових травах, вміст цього хімічного елемента в молоці дорівнює 0,15 мг/кг – це в три рази вище ГДК миш'яку в молоці, яка становить 0,05 мг/кг. Розрахувати ризик вживання такого молока протягом 3 місяців, якщо місцевий мешканець випиває в середньому

70 літрів молока на рік. Фактор ризику при надходженні миш'яку з харчовими продуктами дорівнює $1,75 \text{ (мг/кг*добу)}^{-1}$.

9. Шестивалентний хром є досить сильним канцерогеном. Вміст сполук шестивалентного хрому в повітрі становить $0,0015 \text{ мг/м}^3$. Який колективний ризик загрози здоров'ю для групи людей чисельністю в 10 000 чоловік, якщо всі вони дихають таким повітрям протягом 5 років? Фактор ризику для надходження шестивалентного хрому з повітрям дорівнює $42 \text{ (мг/кг*добу)}^{-1}$.

10. Припустимо, що через вплив підприємства кольорової металургії вміст миш'яку в повітрі дорівнює його ГДК в повітрі, яка становить $0,003 \text{ мг/м}^3$. Який колективний ризик загрози здоров'ю для групи людей чисельністю 10 000 чоловік, якщо всі ці люди дихають таким повітрям протягом 3 років? Фактор ризику для надходження миш'яку з повітрям дорівнює $12 \text{ (мг/кг*добу)}^{-1}$.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Оцінка ризику загрози здоров'ю при дії радіації

Мета роботи: проведення розрахунку радіаційного ризику, пов'язаного зі внутрішнім опроміненням.

Хід роботи

Якщо a – питома активність деякого радіонукліда, присутнього в повітрі, у питній воді та продуктах харчування, то повна активність цього радіонукліда (A), що потрапила в організм людини за час t (кількість років), дорівнюватиме:

$$A = a * M * t, \text{ (Бк)}, \quad (12)$$

де M – маса повітря, води або харчового продукту, яка надійшла за один рік. Одиниця виміру повної активності Бекерель (Бк).

Викликана цією активністю ефективна доза внутрішнього опромінення (H) складає:

$$H = A * \varepsilon, \text{ (Зв)}, \quad (13)$$

де ε – дозовий коефіцієнт розглянутого радіонукліда. Одиниця виміру ефективної дози опромінення – Зіверт (Зв). Сенса дозового коефіцієнта в тому, що з його допомогою активність радіонукліда, що потрапив в організм людини, перераховується в відповідну цієї активності дозу внутрішнього опромінення. Значення дозових коефіцієнтів ε (Зв/Бк) для радіонуклідів, з якими найчастіше доводиться мати справу на практиці, при їх надходженні в організм людини з повітрям, водою та їжею наведені в таблиці 6.

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

$$r = H * R_e, \quad (14)$$

де R_e – коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику. Цей коефіцієнт характеризує скорочення діяльності періоду повноцінного життя в середньому на $\beta = 15$ років один стохастичний (імовірнісний) випадок смертельного захворювання (головним чином на рак). Значення цього коефіцієнту дорівнюють:

$R_e = 5,6 * 10^{-2} \text{ чол}^{-1} * \text{Зв}^{-1}$ – для виробничого опромінення (тобто для персоналу, що працює з іонізуючим випромінюванням);
 $R_e = 7,3 * 10^{-2} \text{ чол}^{-1} * \text{Зв}^{-1}$ – для населення.

Таблиця 6

Значення дозових коефіцієнтів ϵ (Зв/Бк) для радіонуклідів при їх надходженні в організм людини з повітрям, водою та їжею

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

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

Щоб розрахувати колективний радіаційний ризик, спочатку слід визначити величину колективної дози внутрішнього опромінення. Вона дорівнює добутку індивідуальної дози H на чисельність колективу N , яка зазнала такого опромінення:

$$K = H * N. \quad (15)$$

Колективна доза виражається в чоловіко-зівертах.

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

$$R = r_E * K. \quad (16)$$

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 β , отримуємо втрату колективної тривалості життя, позначимо її Δ :

$$\Delta = R * \beta. \quad (17)$$

Якщо вважати, що середня тривалість життя людини дорівнює 70 рокам, то очікувана колективна тривалість життя розглянутого колективу чисельністю N дорівнює:

$$T_K = 70 * N \text{ (років)}. \quad (18)$$

Відносна втрата колективної тривалості життя δ дорівнюватиме:

$$\delta = \Delta / T_K = \Delta / 70 * N. \quad (19)$$

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

Приклад розв'язку завдання. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів в сушених грибах становить: ^{90}Sr – 250 Бк/кг, ^{117}Cs – 2500 Бк/кг. Розрахувати відповідні цим рівням значення колективного та індивідуального ризиків, якщо протягом одного року кожен із мешканців певної місцевості використовує в їжу в середньому 2 кг сушених грибів із зазначеними рівнями вмісту радіонуклідів. Чисельність населення в місцевості дорівнює 1000 осіб. Дозові коефіцієнти (при надходженні радіонуклідів з продуктами харчування) дорівнюють: для ^{90}Sr – $8,0 * 10^{-8}$ Зв/Бк, ^{117}Cs – $1,3 * 10^{-8}$ Зв/Бк. Коефіцієнт радіаційного ризику дорівнює $7,3 * 10^{-2}$ чол $^{-1} * \text{Зв}^{-1}$.

Дано: a_1 (^{90}Sr) = 250 Бк/кг; a_2 (^{117}Cs) = 2500 Бк/кг; ε_1 (^{90}Sr) = $8,0 * 10^{-8} * \text{Зв/Бк}$; ε_2 (^{117}Cs) = $1,3 * 10^{-8}$ Зв/Бк; $M = 2$ кг/рік; $t = 1$ рік; $N = 1000$ осіб; $r_E = 7,3 * 10^{-2}$ чол $^{-1} * \text{Зв}^{-1}$.

Знайти: R – ? r – ? Δ – ? δ – ?

Розв'язок: Спочатку обчислимо ризик, зумовлений потраплянням в організм радіостронцію. Повна активність цього радіонукліда:

$$A_1 = a_1 * M * t = 250 \text{ (Бк/кг)} * 2 \text{ (кг/рік)} * 1 \text{ (рік)} = 500 \text{ Бк.}$$

Викликана цією активністю ефективна доза внутрішнього опромінення складе:

$$H_1 = A_1 * \varepsilon_1 = 500 \text{ (Бк)} * 8,0 * 10^{-8} \text{ (Зв/Бк)} = 4,0 * 10^{-5} \text{ Зв.}$$

Колективна ефективна середньорічна доза:

$$K_1 = H_1 * N = 4,0 * 10^{-5} \text{ (Зв)} * 1000 \text{ (осіб)} = 0,04 \text{ осіб} * \text{Зв}.$$

Тепер обчислимо ризик, обумовлений потраплянням в організм радіоцезію. Повна активність цього радіонукліда:

$$A_2 = A_2 * M * t = 2500 \text{ (Бк/кг)} * 2 \text{ (кг/рік)} * 1 \text{ (рік)} = 5000 \text{ Бк}.$$

Обумовлена цією активністю ефективна доза внутрішнього опромінення:

$$H_2 = A_2 * \varepsilon_2 = 5000 \text{ (Бк)} * 1,3 * 10^{-8} \text{ (Зв/Бк)} = 6,5 * 10^{-5} \text{ Зв}.$$

Коллективна ефективна середньорічна доза:

$$K_2 = H_2 * N = 6,5 * 10^{-5} \text{ (Зв)} * 1000 \text{ (осіб)} = 0,0065 \text{ осіб} * \text{Зв}.$$

Повна ефективна середньорічна доза:

$$K = K_1 + K_2 = 0,04 + 0,0065 = 0,0465 \text{ осіб} * \text{Зв}.$$

Коллективний ризик визначається виразом:

$R = r_E * K = 7,3 * 10^{-2} \text{ (чол.}^{-1} * \text{Зв}^{-1}) * 0,0465 \text{ (осіб} * \text{Зв)} = 0,0034 \text{ випадків}$
 прояву стохастичних ефектів.

Кожен такий ефект призводить до скорочення тривалості періоду повноцінного життя в середньому на $\beta = 15$ років. Перемножуючи 0,0034 і 15, одержимо втрату колективної тривалості життя, що дорівнює:

$$\Delta = R * \beta = 0,0034 * 15 = 0,051 \text{ років}.$$

Якщо вважати, що середня тривалість життя людини дорівнює 70 рокам, то очікувана колективна тривалість життя даної групи складе:

$$T_K = 70 * N = 70 * 1000 = 7 * 10^4 \text{ років}.$$

Відносна втрата колективної тривалості життя δ дорівнюватиме:

$$\delta = \Delta / T_K = 0,051 \text{ (років)} / 7 * 10^4 \text{ (років)} = 0,0000073 = 0,000073\%.$$

Для однієї людини середнє скорочення тривалості життя складе:

$$70 * \delta = 70 * 0,0000073 = 0,00051 \text{ років} = 0,04 \text{ дня} = 0,96 \text{ години}.$$

Відповідь: $R = 0,0034$ випадків; $r = 0,96$ годин; $\Delta = 0,051$ років; $\delta = 0,000073\%$.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1. Середнє значення коефіцієнта перенесення L радіоцезію з супісчаних ґрунтів в рослини становить $0,06 \text{ Бк} * \text{кг} / \text{Бк} * \text{м}^{-2}$. У Житомирській області максимальне забруднення ґрунту радіоцезієм, обумовлене чорнобильськими випадіннями і досягає $1 \text{ Ки} / \text{км}^2$. На таких ґрунтах росте картопля. Розрахувати величину індивідуального радіаційного ризику, викликаного вживанням цієї картоплі в їжу протягом одного року. Середня кількість картоплі в раціоні мешканця області 120 кг на рік. Порівняти отримане значення ризику з величиною гранично допустимого ризику, що дорівнює $5 * 10^{-5} \text{ чол.}^{-1} * \text{рік}^{-1}$. Вважати, що весь цезій (^{137}Cs) залишається в організмі людини. Дозовий коефіцієнт ^{137}Cs дорівнює $1,3 * 10^{-8} \text{ Зв} / \text{Бк}$. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює $7,3 * 10^{-2} \text{ чол.}^{-1} * \text{Зв}^{-1}$.

Розрахувати величину колективного ризику для контингенту в 1000 чоловік.

2. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів в хлібі та хлібобулочних виробах відповідно до санітарних норм і правил (СанПіН 2.3.2.560-96) становить: радіостронцій – 70 Бк/кг, радіоцезій – 40 Бк/кг. Розрахувати відповідні рівні значення колективного та індивідуального ризику для мешканців міста з населенням 100 000 чоловік, з урахуванням того, що згідно зі статистичними даними, кожен мешканець України з'їдає за рік 120 кг хлібопродуктів. Дозові коефіцієнти рівні: ^{90}Sr – $8,0 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк, ^{117}Cs – $1,3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк. Коефіцієнт радіаційного ризику дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2}$ чол. $^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$.

3. Згідно зі статистичними даними, у річній харчовий набір дорослого мешканця України входить 9 кг свіжої риби на рік. Яку граничну активність цезію ^{117}Cs може мати риба, щоб не було перевищено рівень індивідуального ризику, який складає $1,0 \cdot 10^{-6}$ чол. $^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$?

Дозовий коефіцієнт ^{117}Cs дорівнює $1,3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк. Коефіцієнт радіаційного ризику дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2}$ чол. $^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$.

4. Вода в одному з колодязів регіону, який постраждав внаслідок Чорнобильської катастрофи, характеризується питомою активністю радіоцезію, що дорівнює 20 Бк/л. Це значення перевищує величину рівня втручання, яка прийнята рівною 11 Бк/л. Розрахувати індивідуальний радіаційний ризик у разі, якщо людина буде пити воду з цього колодязя протягом 5 років. Вважати, що людина випиває 2 л води в день, причому весь радіоцезій залишається в організмі. Дозовий коефіцієнт ^{117}Cs дорівнює $1,3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк. Коефіцієнт радіаційного ризику дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2}$ чол. $^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$. Порівняти отримане значення з величиною гранично допустимого ризику, що дорівнює $5,0 \cdot 10^{-5}$ чол. $^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$.

5. Згідно з санітарними нормами допустимий рівень питомої активності радіостронцію в молоці становить 25 Бк/кг. Розрахувати індивідуальний радіаційний ризик у разі, якщо людина буде пити таке молоко і їсти приготовані з нього молочні продукти протягом одного року. Загальна кількість споживаного молока і молочних продуктів дорівнює 210 кг на рік. Дозовий коефіцієнт ^{117}Cs дорівнює $1,3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк. Коефіцієнт радіаційного ризику дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2}$ чол. $^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$. Розрахувати колективний радіаційний ризик для населення чисельністю в 1000 чоловік.

6. В результаті розгерметизації оболонки радіоактивного джерела, що відбувається в деякій лабораторії, в повітря потрапив радіоактивний кобальт, об'ємна активність якого склала 55 Бк/м 3 . Протягом 2 робочих днів один зі співробітників цієї лабораторії дихав забрудненим повітрям. Оцінити індивідуальний ризик у вигляді скорочення очікуваної тривалості

життя. Вважати, що весь радіонуклід надійшов та залишається в організмі людини. Кількість повітря, що вдихається за один робочий день, дорівнює приблизно 10 м^3 . Коефіцієнт радіаційного ризику для персоналу дорівнює $5,6 \cdot 10^{-2} \text{ чол.}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$. Дозовий коефіцієнт для радіокобальту при надходженні його з повітрям дорівнює $1,2 \cdot 10^{-8} \text{ Зв/Бк}$.

7. За нормами радіаційної безпеки в будинках, що експлуатуються, середньорічна еквівалентна рівноважна об'ємна активність дочірніх продуктів радону і торону в повітрі житлових приміщень не повинна перевищувати 200 Бк/м^3 . Нехай в результаті обстеження, проведеного в деякому місті, було встановлено, що 2 000 чоловік проживають в умовах, що характеризуються значенням об'ємної активності радону (^{222}Rn) і торону (^{220}Rn), рівним 100 Бк/м^3 . Чому дорівнює ризик проживання в таких умовах протягом 20 років (у вигляді гіпотетичного скорочення тривалості життя людей)? Дозовий коефіцієнт ϵ при надходженні суміші радону і торону з повітрям в організм людини вважати таким, що дорівнює $4,3 \cdot 10^{-9} \text{ Зв/Бк}$. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику встановлений, дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2} \text{ чол.}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$.

8. Допустимий рівень вмісту ^{90}Sr в рослинному маслі прийнятий рівним 80 Бк/кг . Вважається, що мешканець Харківської області вживає в їжу в середньому 10 л рослинної олії на рік. Таке масло використовують 500 осіб. Розрахувати відповідні цим значенням індивідуальний і колективний радіаційні ризики. Дозовий коефіцієнт ^{90}Sr дорівнює $8,0 \cdot 10^{-8} \text{ Зв/Бк}$. Коефіцієнт радіаційного ризику дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2} \text{ чол.}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$.

9. Межа допустимого індивідуального ризику становить $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ чол.}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$. Розрахувати відповідну цьому ризику питому активність природного радіонукліда ^{40}K в овочах. Вважається, що мешканець України з'їдає в середньому 90 кг овочів на рік. Дозовий коефіцієнт радіокалію дорівнює $4,2 \cdot 10^{-8} \text{ Зв/Бк}$. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2} \text{ чол.}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$.

10. Розрахувати індивідуальний ризик, що виникає при споживанні води, в якій питома активність радону дорівнює 20 Бк/л . Чи буде перевищено межу допустимого ризику, який дорівнює $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ чол.}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$? Вважати, що щодня людина випиває 2 л води. Дозовий коефіцієнт радону при надходженні з водою дорівнює $1,0 \cdot 10^{-7} \text{ Зв/Бк}$. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2} \text{ чол.}^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Розрахунок радіаційного ризику, пов'язаного із зовнішнім опроміненням

Мета роботи: проведення розрахунку радіаційного ризику, пов'язаного із зовнішнім опроміненням.

Хід роботи

При розрахунку радіаційного ризику, пов'язаного із зовнішнім опроміненням, використовуються ті ж співвідношення, що і для обчислення ризику, обумовленого внутрішнім опроміненням. Тут не потрібно обчислювати активність радіонукліду, потрібно знати дозу (або потужність дози) зовнішнього опромінення, якому піддається людина. При вирішенні деяких завдань, згідно з якими опромінення колективної дозою в 1 чол.*Зв призводить до потенційного збитку, рівному 1 чол.*рік життя населення.

Приклад розв'язку завдання. Потужність дози природного гамма-випромінювання в районах високогір'я може досягати 8 мЗв на рік (вплив космічного випромінювання). Розрахувати колективний радіаційний ризик для одного мільйона мешканців цих районів. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2}$ чол.⁻¹*Зв⁻¹.

Дано: $H = 8$ мЗв на рік⁻¹ = $8 \cdot 10^{-3}$ Зв*рік⁻¹; $t = 70$ років, $N = 1 \cdot 10^6$ чол.; $\Gamma_E = 7,3 \cdot 10^{-2}$ чол.⁻¹*Зв⁻¹.

Знайти: $R - ?$

Розв'язок: Приймавши середню тривалість життя такою, що дорівнює 70 років, отримаємо індивідуальну дозу зовнішнього опромінення за цей час:

$$H = H \cdot t = 8 \cdot 10^{-3} (\text{Зв} \cdot \text{рік}^{-1}) \cdot 70 (\text{років}) = 0,56 \text{ Зв.}$$

Колективна доза дорівнюватиме:

$$K = H \cdot N = 0,56 (\text{Зв}) \cdot 10^6 = 5,6 \cdot 10^5 \text{ чол.} \cdot \text{Зв.}$$

Опромінення колективної дозою в 1 чол.*Зв призводить до потенційного збитку, що дорівнює 1 чол.*рік життя населення. Отже, в даному випадку збиток визначається величиною:

$$\alpha = 5,6 \cdot 10^5 \text{ чол.} \cdot \text{рік.}$$

Колективна тривалість життя в розглянутому прикладі складе (вважається, що середня тривалість життя людини дорівнює 70 рокам):

$$T_K = 10^6 (\text{чол.}) \cdot 70 (\text{років}) = 7 \cdot 10^7 \text{ чол.} \cdot \text{років.}$$

Відносна втрата колективної тривалості життя дорівнює:

$$\delta = \alpha / T_K = 5,6 \cdot 10^5 / 7 \cdot 10^7 (\text{років}) = 0,008 = 0,8\%.$$

Середнє скорочення життя однієї людини:

$$70 \cdot \delta = 70 \cdot 0,008 = 0,56 \text{ року.}$$

З іншого боку, колективний ризик R дорівнює добутку коефіцієнта індивідуального ризику і величини колективної дози:

$$R = K * r_E = 5,6 * 10^5 \text{ (чол.*Зв)} * 7,3 * 10^{-2} \text{ (чол.}^{-1}\text{*Зв}^{-1}\text{)} = 4,1 * 10^4.$$

Це означає, що можна очікувати появи несприятливих ефектів в 41 тис. випадків.

Кожен такий випадок супроводжується скороченням тривалості життя, що дорівнює 15 років. Таким чином, втрата колективної тривалості життя складе:

$$\Delta = 15 * 4,1 * 10^4 = 6,15 * 10^5 \text{ років.}$$

Відносна втрата колективної тривалості життя дорівнюватиме:

$$\delta = \Delta / T_K = 6,15 * 10^5 / 7 * 10^7 = 0,0088 = 0,88\%. \text{ Отримано практично}$$

той же результат.

Відповідь: $R = 0,008$ випадків.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1. При роботі на комп'ютері з катодно-променевим дисплеєм потужність дози м'якого гамма- і рентгенівського випромінювання становить в середньому 0,01 мЗв на рік. Розрахувати індивідуальний радіаційний ризик при роботі на комп'ютері протягом 20 років. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює $7,3 * 10^{-2}$ чол.⁻¹*Зв⁻¹.

2. Через підвищений вміст природних радіонуклідів в глині в деякому цегляному будинку потужність дози гамма-випромінювання становить в середньому 50 мікрорентген на годину, або 0,5 мкЗв на годину. Розрахувати індивідуальний радіаційний ризик проживання в такому будинку, якщо людина знаходиться в ньому 12 годин на добу 300 днів на рік упродовж 15 років. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює $7,3 * 10^{-2}$ чол.⁻¹*Зв⁻¹. Розрахувати колективний ризик для мешканців чисельністю 400 осіб.

3. У безпосередній близькості від ТЕС, що працює на кам'яному вугіллі, потужність дози гамма-випромінювання за рахунок викидів природних радіонуклідів (що знаходяться в паливі і перейшли в продукти згоряння) в атмосферу становить в середньому 0,06 мЗв на рік. Розрахувати колективний і індивідуальний радіаційні ризики для населення чисельністю 20 000 чоловік, що проживає в даній місцевості протягом 15 років. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює $7,3 * 10^{-2}$ чол.⁻¹*Зв⁻¹.

4. Потужність дози гамма-випромінювання на видовженому виході граніту на земну поверхню дорівнює 2,4 мЗв на рік. На цьому місці розташований житловий будинок. Розрахувати колективний і індивідуальний радіаційні ризики для 100 осіб, які проживають в цьому будинку і

працюють в даній місцевості протягом 15 років. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2}$ чол. $^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$.

5. Потужність дози гамма-випромінювання в при поверхневому шарі повітря через забруднення радіонуклідами ґрунту дорівнює 80 мкР на годину. Розрахувати колективний і індивідуальний радіаційні ризики для 1500 осіб, які живуть і працюють в даній місцевості протягом 10 років. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2}$ чол. $^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$.

6. Середня потужність дози природного гамма-випромінювання на висоті польоту пасажирських авіалайнерів становить 50 мЗв на рік (через вплив космічного випромінювання). Розрахувати індивідуальний радіаційний ризик для людини, яка провела в салоні літака 110 годин за 4 роки. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2}$ чол. $^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$.

7. При перегляді телевізійних передач (4 години на добу) потужність дози м'якого гамма- і рентгенівського випромінювання на відстані 2 м від екрану катодно-променевої трубки (маються на увазі кінескопи на рідких кристалах) становить, в середньому, 0,02 мЗв на рік. Розрахувати індивідуальний радіаційний ризик, якщо людина біля телевізора щовечора протягом 20 років. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику дорівнює $7,3 \cdot 10^{-2}$ чол. $^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$. Обчислити колективний ризик для 200 тисяч телеглядачів.

8. Потужність дози зовнішнього опромінення персоналу в зоні аеропорту може досягати 8,0 мЗв/рік (індивідуальна доза). Необхідно оцінити колективний радіаційний ризик R для 1,1 тис. осіб персоналу за 10 років роботи в аеропорту.

9. У результаті розгерметизації оболонки гамма-дефектоскопа під час збирання корпусу повітряного корабля в повітря потрапив радіонуклід кобальт-60 з об'ємною активністю 500 Бк/м³. Протягом 2 діб 1000 працівників перебували в зоні забруднення (через не проведений вчасно моніторинг). Маса повітря, що надійшла в організм людини $V = 10$ м³/добу. Дозовий коефіцієнт $^{60}\text{Co} = 1,2 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк. Коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику для персоналу $r_E = 5,6 \cdot 10^{-2}$ чол. $^{-1} \cdot \text{Зв}^{-1}$. Необхідно оцінити індивідуальний ризик r і колективну дозу R , отриману працівниками під час виконання робіт.

10. Потужність дози зовнішнього опромінення персоналу в зоні аеропорту може досягати 6,0 мЗв/рік (індивідуальна доза). Необхідно оцінити колективний радіаційний ризик R для 10 000 тис. осіб персоналу за 30 років роботи в аеропорту.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Оцінка достовірності отриманих показників з використанням методів статистичної обробки

Мета роботи: проведення оцінки достовірності відмінності порівнюваних показників за допомогою критерію Стьюдента–Фішера.

Хід роботи

Метою вивчення впливу антропогенних чинників на здоров'я є встановлення взаємозв'язків між факторами, що діють на даній території або в даному населеному пункті та захворюваністю населення.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- кількісно охарактеризувати стан навколишнього середовища на обстежуваній території;
- вивчити і кількісно охарактеризувати стан здоров'я населення на даній території;
- виявити характер і ступінь взаємозв'язку між факторами навколишнього середовища і станом здоров'я населення;

4 - розробити практичні рекомендації щодо зменшення або ліквідації шкідливих факторів.

При таких дослідженнях необхідно мати як мінімум дві групи населення: схильних і не схильних до дії досліджуваних шкідливих факторів.

Для вивчення необхідно порівнювати стан здоров'я населення на двох територіях: дослідної та контрольної. Ці території повинні відрізнятися за характером і мірою, або тільки за ступенем забруднення навколишнього середовища. У той же самий час, обрані території не повинні відрізнятися за забезпеченістю медичною допомогою, рівнем її спеціалізації та організації. Як контрольна може бути також обрана територія, на якій вивчаються фактори, які знаходяться в межах допустимих рівнів.

Чисельність спостережуваних груп може охоплювати 20–25 тис. чоловік, що приблизно відповідає кількості населення, яке обслуговується однією поліклінікою.

В першу чергу досліджуються звітні статистичні матеріали, наявні в лікувальних установах. В таких матеріалах містяться відомості про обмежену кількість захворювань. Вивчення медичних карт може дати інформацію про захворювання, що не входять в звітність. При потребі, як уже зазначалося, проводяться додаткові медичні обстеження всього населення або окремих груп.

Для опису причинних зав'язків між впливом і ефектами на здоров'я людини використовують безперервні випадкові величини. Безперервними називають величини, які можуть приймати будь-яке значення на деякому інтервалі. До безперервних випадкових величин відносяться і характеристики чинників впливу (концентрація забруднювача на певній території, накопичена доза в окремих організмах популяції і т. д.) і показники здоров'я населення (захворюваність, смертність і т. д.).

Відомі різні функції розподілу неперервних випадкових величин: нормальний (гаусів) розподіл, експоненціальний розподіл, розподіл Вейбула, Гомпертца і Гомперца–Мейкема, розподіл Стюдента (t-розподіл, розподіл Фішера (F-розподіл) та інші.

1. Первинна захворюваність, тобто частота нововиявлених захворювань, являє собою вперше в житті діагностовані захворювання протягом певного періоду, наприклад, протягом одного року. Первинна захворюваність I_{fr} визначається як відношення числа вперше зареєстрованих хворих N_{fr} або числа вперше виявлених хвороб до середньої чисельності населення N на 1000 осіб (формула 20):

$$I_{fr} = (N_{fr} / N) * 1000, \quad (20)$$

2. За цією ж формулою розраховується поширеність P_m інших видів захворювань N_m , таких як хворобливість, загальна захворюваність, частота всіх хвороб. При цьому враховують всі захворювання (гострі, хронічні, нові і зареєстровані раніше) населення за певний період, наприклад, за рік (ф. 21):

$$P_m = (N_m / N) * 1000. \quad (21)$$

Загальна захворюваність – сукупність всіх наявних серед населення захворювань, вперше виявлених в даному році і зареєстрованих у попередні роки, з приводу яких хворі знову звернулися в даному році, на 1000 чоловік населення.

Загальна накопичена захворюваність – число захворювань, зареєстрованих протягом останнього року та доповнене випадками хронічних захворювань, зареєстрованих в попередні 2 роки і з приводу яких не було звернення до даного року на 1 000 осіб населення.

Так само розраховується патологічна ураженість або частота захворювань, виявлених при огляді. Сюди відносять ті захворювання, які зареєстровані у населення на певну дату (контингент хворих на певну дату).

3. При розрахунку показника P_i захворюваності певною нозологічною форми в чисельнику враховуються тільки особи N_i хворі даним захворюванням (формула 22):

$$P_i = (N_i / N) * 1000, \quad (22)$$

4. Захворюваність P_c на злоякісні новоутворення N_c розраховується на 100 000 населення щодо загального населення території, в тому числі дітей у віці 0–14 років на 100 000 дітей щодо кількості дітей зазначеного віку, розраховується за формулою (23):

$$P_c = (N_c / N) * 100\,000, \quad (23)$$

За цією ж формулою розраховується поширеність злоякісних новоутворень (серед чоловіків, жінок), проте при цьому в чисельнику враховується число хворих на ракові захворювання (чоловіків, жінок), а в знаменнику відповідно чисельність чоловічого та жіночого населення.

Оцінка достовірності отриманих показників здійснюється з використанням методів статистичної обробки.

Для будь-якого отриманого показника насамперед необхідно обчислити стандартну середню помилку. Стандартну середню помилку m обчислюють за формулою (24):

$$m = \pm \sqrt{P * (1000 - P) / N}, \quad (24)$$

де m – величина стандартної середньої помилки; P – показник захворюваності; N – число спостережень.

Слід звернути увагу на те, що формула (24) справедлива тільки для значень $P < 1\,000$.

Якщо величина потроєної стандартної середньої помилки перевищує величину показника захворюваності, то такий показник вважають статистично достовірним і він виключається з подальшої обробки.

Для оцінки достовірності відмінності порівнюваних показників захворюваності за обраними територіям або когортами використовують критерій Стюдента–Фішера.

При використанні цього критерію оцінка достовірності проводиться по формулі (25):

$$t = (P_1 - P_2) / (\sqrt{m_1^2 + m_2^2}), \quad (25)$$

де t – коефіцієнт достовірності; P_1 і P_2 – показники захворюваності в першій і другій когортах; m_1 і m_2 – стандартна середня помилка в першій і другій когортах.

У таблиці 7 наведені значення коефіцієнтів достовірності і довірчого інтервалу. Значення коефіцієнту достовірності t порівнюють з табличним значенням.

У більшості випадків в медичній практиці, як і в практиці біологічних та екологічних досліджень, вважають результати точними, якщо вони потрапляють в довірчий інтервал 0,95. Це означає, що істинне значення досліджуваного параметра з імовірністю 95 % знаходиться в його межах.

Таблиця 7

Значення коефіцієнта достовірності

Коефіцієнт достовірності, t	1	1,28	1,65	1,96	2,58	3,03
Довірчий інтервал, α	0,68	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
Довірча ймовірність, p	0,32	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001

Приклад розрахунку. На території «А» з підвищеним забрудненням атмосферного повітря протягом 1 року діагностовано захворювання на бронхіальну астму у 1 527 чоловіків, при загальній кількості чоловічого населення 8 760 чоловік. На контрольній території «В», яка розташована в зеленій зоні, кількість чоловіків, хворих на астму протягом того ж року, склала 518 при кількості чоловічого населення 7 780 осіб. Необхідно визначити сумарні показники захворюваності для території «А» і зони «В», оцінити достовірність даних по кожній зоні і достовірність відмінності отриманих показників.

Показник сумарної захворюваності чоловіків на території «А» відповідно до формули (21):

$$P_a = 1527 * 1000 / 8760 = 174,31 \text{ на } 1\ 000 \text{ чоловіків.}$$

Стандартна середня помилка для території «А» відповідно до формули (24):

$$m_A = \pm\sqrt{(174,31 * (1000 - 174,31)) / 8760} = 3,72.$$

Показник сумарної захворюваності чоловіків для території «В» відповідно до формули (21):

$$P_b = 518 * 1000 / 7780 = 66,58 \text{ на } 1000 \text{ чоловіків.}$$

Стандартна середня помилка для території «В» відповідно до формули (24):

$$m_B = \pm\sqrt{(66,58 * (1000 - 66,58)) / 7780} = 2,82.$$

Значення стандартної середньої помилки не перевищує показника захворюваності ні в першому, ні в другому випадках, отже, дані по захворюваності можна вважати достовірними.

Достовірність відмінності порівнюваних показників захворюваності за обраними територіям перевіряємо за допомогою критерію Стьюдента–Фішера, використовуючи формулу (25):

$$t = (174,31 - 66,58) / \sqrt{(3,22^2 + 2,82^2)} = 25,17.$$

Величина коефіцієнта достовірності набагато перевищує значення, наведені в таблиці 7, що підтверджує відмінність між показниками захворюваності на порівнюваних територіях.

Часто виникає питання про те, яку мінімальну кількість спостережень (випадків захворювання, хворих пацієнтів і т. п.) необхідно мати, щоб отримати оцінку з допустимою точністю, наприклад, з помилкою $\pm 5\%$ або $\pm 10\%$. Частіше за все потрібно визначити показники з помилкою $\pm 5\%$.

Граничну помилку показника визначають за формулою (26):

$$\Delta = t * \sqrt{(P*q)} / n, \quad (26)$$

де Δ – помилка показника; t – коефіцієнт достовірності; P – величина показника у % або відносних одиницях; $q = (1-P)$ або $q = (100-P)$ залежно від того, в яких величинах визначено показник; n – число спостережень.

Щоб отримати результат з 95-відсотковим довірчим інтервалом, коефіцієнт достовірності t приймають таким, що дорівнює 2.

Тоді з формули (26) можна знайти величину числа n спостережень (27):

$$n = (4 * P * q) / \Delta^2. \quad (27)$$

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Порівняти показники захворюваності по фізичним вадам (викривлення хребта, плоскостопість та ін.) учнів двох шкіл. Дані про чисельність учнів за віковими групами в школі «А» і в школі «В» приведені в таблицях 8 і 9.

Поширеність захворювань серед дітей (захворюваність) розраховуємо на 1 000 дітей відповідно до формул (21–24). Дані розрахунку поміщаємо в 4-му стовпці.

Розрахувати достовірність відмінності порівнюваних показників захворюваності.

Таблиця 8

Дані по школі «А»

Вікова група, років	Число учнів, осіб	Число захворювань	Захворюваність (число хворих) на 1000	Стандарт, людина	Очікуване число хворих
6–14	720	72	100	1700	
15–19	270	41	152	510	
всього:	990	113	114	2210	

Таблиця 9

Дані по школі «В»

Вікова група, років	Число учнів, осіб	Число захворювань	Захворюваність (число хворих) на 1000	Стандарт, людина	Очікуване число хворих
6–14	980	63	64	1700	
15–19	240	27	112	510	
всього:	1220	90	73	2210	

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Аналіз варіаційних рядів і визначення процентилів

Мета роботи: *проведення аналізу варіаційних рядів і визначення процентилів.*

Хід роботи

При дослідженні проб забруднених об'єктів навколишнього середовища, як і задля дослідження захворюваності населення, при зіставленні показників за допомогою статистичних методів часто використовують варіаційні ряди.

Сукупність деяких даних складається з окремих даних – одиниць досліджуваної сукупності. Одиниці досліджуваної сукупності володіють різними ознаками різною мірою. Для кожної одиниці сукупності цей показник приймає різні значення, тобто має деяку варіацію.

Варіацією ознаки називається наявність відмінностей в чисельних значеннях ознак у окремих одиниць сукупності.

Для виявлення характеру розподілу одиниць сукупності по ознакам, що варіюються, визначення закономірностей цього розподілу будують ряди розподілу одиниць сукупностей за будь-якою ознакою, що варіюється.

Ряди розподілу, побудовані за кількісною ознакою, називаються варіаційними.

Варіаційні ряди за способом побудови бувають двох видів: дискретні та інтервальні.

Дискретний ряд розподілу можна розглядати як таке перетворення упорядкованого ряду, при якому перераховуються окремі значення ознаки і вказується їх частота або частість.

За своєю конструкцією дискретний варіаційний ряд складається з двох стовпців: один стовець – значення ознаки, що варіюється (x – варіанти); інший – частоти (m – абсолютне число випадків даного варіанту) або частоті (w – відносна частка кожної частоти в загальній сумі частот).

Для побудови варіаційного ряду значення ознаки ранжують в порядку зростання або в порядку убуття.

Загальна схема варіаційного ряду така: в сукупності, що складається з N одиниць, деяка змінна величина x_i (тобто якийсь ознака, що варіюється) приймає різні значення, а кожне з цих значень має частоту m_i , або частість w_i (табл. 10).

Таблиця 10

Загальний вигляд дискретного варіаційного ряду

Варіант x_i	Частота m_i	Частість w_i
x_1	m_1	w_1
x_2	m_2	w_2
·	·	·
·	·	·
·	·	·
x_n	m_n	w_n
Итого:	$N = \sum_i m_i$	$W = \sum_i w_i = 1$

Наведена схема варіаційного ряду застосовується для тих випадків, коли ознака, що варіюється має невелику кількість значень. Якщо ж варіантів багато, то неможливо утворити групи для кожної з них.

Прикладом дискретного ряду може служити розподіл домашніх господарств за кількістю членів сім'ї, яка наведена в таблиці 11.

Якщо число варіантів велике або ознака має безперервну варіацію, то об'єднання окремих спостережень в групі роблять на базі інтервалу. Інтервал – це така група, яка має певні межі значень ознаки, що варіюється. Ці межі позначають двома числами, які вказують верхню і нижню межі інтервалу. При використанні інтервалів утворюються інтервальні ряди розподілу. Будуючи інтервальний варіаційний ряд, визначають насамперед число груп, на які хочуть розбити всю сукупність.

Таблиця 11

Розподіл домашніх господарств за кількістю спільно проживаючих членів на 1 000 домашніх господарств

Число членів домашніх господарств, чол., x_i	Число домашніх господарств (частота), m_i	Число домашніх господарств (частість), w_i
1	192	19,2
2	262	26,2
3	226	22,6
4	205	20,5
5 і більше	115	11,5
Всього:	1 000	100,0 %

Для визначення числа груп k , на яке можна поділити сукупність, користуються формулою Стерджеса:

$$k = 1 + 3,322 * \lg N. \quad (28)$$

Використовуючи формулу Стерджеса можна визначити довжину інтервалу h , якщо відкинути аномальні значення ознаки і побудувати ряд з рівними інтервалами:

$$h = (x_{max} - x_{min}) / k. \quad (29)$$

При розбитті ряду на інтервали необхідно звертати увагу на значення їхніх меж. Якщо верхня межа одного інтервалу збігається з нижньою межею наступного за ним інтервалу, то залишається незрозумілим, в який інтервал потрапляють межові випадки. Межові значення можна включити в попередні групи або в наступні. Важливо дотримуватися прийнятих правил для всього розбиття. Можна також встановити межі між групами таким чином, щоб верхня межа даного інтервалу дещо відрізнялася від нижньої межі наступного за ним інтервалу, наприклад: приймаємо значення кордонів – до 3,0; 3,1 – 5,0; 5,1 – 7,0, 7,1 – 9,0 і т. д.

Будь-який варіаційний ряд можна охарактеризувати за допомогою накопичених частот. Накопичена частота показує число одиниць сукупності, у яких значення варіанта не більше даного. Накопичена частота для даного варіанта або для верхньої межі даного інтервалу виходить підсумовуванням (накопиченням) частот всіх попередніх інтервалів, включаючи даний.

Ряд частот застосовують, коли сукупність дуже велика. Крім того, вони дозволяють порівнювати розподіл з однією ознакою в різних за чисельністю сумах. Для приведення частот, що відносяться до інтервалів різної довжини, використовують відносну щільність розподілу. Обчислюють абсолютну і відносну щільності розподілу.

Абсолютна щільність розподілу – це частота, яка припадає на одиницю довжини інтервалу – m_i / h_i .

Відносна щільність розподілу – це частість, яка припадає на одиницю довжини інтервалу – w_i / h_i .

Для характеристики розподілу застосовують середні величини, такі як середня арифметична проста, середня арифметична зважена, мода, медіана.

Середню арифметичну просту визначають за формулою:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} * \sum_i x_i, \quad (30)$$

де x_i – поточні величини ознаки, n – число ознак у варіаційному ряду.

Середню арифметичну зважену визначають за формулою:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i \cdot m_i}{\sum_i m_i}, \quad (31)$$

На відміну від середньої арифметичної, на яку впливають всі значення x_i , значення медіани абсолютно не залежить від крайніх значень ознаки.

Медіаною називають таке значення ознаки, яке припадає на середину рангового ряду. Таким чином, в ряду розподілу одна половина ознаки має значення ознаки, що перевищують медіану, інша – менше медіани.

Значення медіани M_e при використанні частот на даному інтервалі визначають за такою формулою:

$$M_e = x_{k-1} + h_k \cdot \frac{\frac{1}{2} \sum_i m_i - F_{k-1}}{m_k}, \quad (32)$$

де x_{k-1} – нижня межа медіанного інтервалу; h_k – довжина медіанного інтервалу; F_{k-1} – накопичена частота інтервалу, що передує медіанному; m_k – частота медіанного інтервалу.

Якщо замість частот використовувати частоти, то значення медіани визначають за формулою:

$$M_e = x_{k-1} + h_k \cdot \frac{\frac{1}{2} \sum_i w_i - p_{k-1}}{w_k}, \quad (33)$$

де p_{k-1} – накопичена частість інтервалу, що передує медіанному; w_k – частість медіанного інтервалу.

Для аналізу структури варіаційного ряду використовують такі значення ознаки, які ділять весь розподіл на рівні групи, так звані квантилі. Квартилі, квінтилі, децилі і процентилі є окремими випадками квантилів.

Медіана ділить варіаційний ряд навпіл: 50 % його ознак менше медіани і 50 % – більше. Таким чином, медіана є 50-м процентилем.

Квартілями називаються такі значення ознаки, які ділять розподіл на чотири рівні частини.

Квінтилі ділять розподіл на п'ять рівних частин.

Децилі ділять розподіл на десять рівних частин або, що те ж саме, децилі відповідають десятій частині сукупності.

Процентилі ділять розподіл на сто рівних частин. Або інакше кажучи, процентиль – це величини, що ділять вибірку даних на 100 груп, що містять (по можливості) рівну кількість спостережень, по 1 % спостережень в кожній групі.

Можна ще сказати, що процентиль – це значення в ряду спостережень в порядку зростання (спадання) величин, які ділять розподіл на 100 рівних частин.

Квартилі, квінтилі, децилі та процентилі визначають за тими ж формулами, що і медіану.

При дослідженні проб на забруднення об'єктів навколишнього середовища часто зустрічається необхідність визначити число проб, що перевищують 95 % всіх досліджених проб. Для цього визначають 95-й процентиль.

95-му процентилю відповідає рівень забруднення проби, що перевищує за цим показником 95 % всіх досліджених проб.

Приклад розрахунку. На деякій території проведено обстеження вод господарсько-побутового призначення. В обстежених джерелах виявлено присутність свинцю. Всього взято 50 проб. ГДК для свинцю у водах господарсько-побутового призначення становить 0,1 мг/кг. У зразках води виявлено концентрації свинцю, значення яких наведені в таблиці 12. Для побудови варіаційного ряду значення концентрацій ранговано в порядку їх зростання.

Таблиця 12

Результати аналізу зразків води на вміст свинцю

№ проби	Pb мг/кг	№ проби	Pb мг/кг	№ проби	Pb мг/кг	№ проби	Pb мг/кг	№ проби	Pb мг/кг
1	0	11	0,17	21	0,23	31	0,34	41	1,28
2	0	12	0,17	22	0,23	32	0,41	42	1,39
3	0	13	0,18	23	0,24	33	0,44	43	1,62
4	0	14	0,19	24	0,24	34	0,47	44	1,80
5	0,05	15	0,21	25	0,24	35	0,48	45	2,19
6	0,05	16	0,21	26	0,25	36	0,70	46	2,21
7	0,1	17	0,21	27	0,28	37	0,74	47	2,41
8	0,1	18	0,21	28	0,30	38	0,76	48	2,63
9	0,1	19	0,22	29	0,31	39	0,77	49	2,76
10	0,1	20	0,22	30	0,32	40	0,80	50	27,80

Відповідно до прийнятої оцінки ступеня напруженості медико-екологічної ситуації ступінь напруженості оцінюють за величиною перевищення концентрації шкідливої речовини 1-го класу небезпеки над ГДК в наступних значеннях: до 1; 1,1–2,0; 2,1–3,0; 3,1–5,0 і більше 5,0.

Розбити варіаційний ряд на інтервали відповідно до ступеня напруженості. Визначити число проб у кожній групі. Визначити частість. Визначити накопичені частоти і частість. Визначити значення медіани. Визначити значення 95-й перцентилю. Зробити висновки про придатність обстеженого джерела для використання води в господарсько-побутових цілях.

Розіб'ємо варіаційний ряд на 5 інтервалів відповідно до рівнів перевищення. Результати помістимо в таблицю 12.

95-й перцентиль визначимо, використовуючи формулу:

$$n = (P / 100) * N, \quad (34)$$

відкинувши при цьому на останнє 50-те значення ряду як «аномальне».

У нашому прикладі варіаційний ряд містить 50 проб. 95-й рівень = $(50 * 95) / 100 = 47,5$.

Таблиця 13

Угрупування забруднення води за величиною перевищення концентрації свинцю над ГДК

Величина перевищення концентрацій	Кількість аналізів		Середина інтервалу, x_i	Накопичені		Щільність розподілу в інтервалі, m_i/h_i
	Одиниць, m_i	% або частість w_i		Частоти, F_i	Частість, P_i	
От 0 до 1,0	10	20	0,5	10	20	40
1,1–2,0	4	8	1,55	14	28	8,89
2,1–3,0	14	28	2,55	28	56	31,1
3,1–5,0	7	14	4,05	35	70	7,36
> 5,0	15	30	–	50	100	–
Всього:	50	100	–			–

Отримане число округляємо до цілого, таким чином 47-ма проба буде нижньою межею 95-го перцентилю. Величина 95-го перцентилю буде:

$$M_e = x_{k-1} + h_k \cdot \frac{\frac{95}{100} \sum_i m_i - F_{k-1}}{m_k} = 2,41 + 0,35 * ((95/100)*49 - 46) / 47 = 2,421.$$

Характеристиками варіаційного ряду є: дисперсія і середнє квадратичне відхилення.

Дисперсію називають мірою варіації варіаційного ряду. Дисперсію для незгрупованого ряду обчислюють за формулою:

$$D = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n} . \quad (35)$$

Для згрупованого ряду дисперсію обчислюють за формулою:

$$D = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \cdot m_i}{\sum_i m_i} . \quad (36)$$

Середнє квадратичне відхилення вимірюється в тих же одиницях, що і варійована ознака, і обчислюється шляхом вилучення квадратного кореня з дисперсії:

для незгрупованих даних:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n}} , \quad (37)$$

для згрупованих даних:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \cdot m_i}{\sum_i m_i}} . \quad (38)$$

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

В межах впливу нафтопереробного підприємства було проведено пробовідбір зразків поверхневих вод з водного об'єкта на вміст нафтопродуктів. Якість води порівнювалась із ГДК речовин для води водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового водокористування, величина якої становить для нафтопродуктів 0,3 мг/л. Всього було відібрано 50 зразків. У зразках води виявлено концентрації нафтопродуктів, значення яких наведені в таблиці 13. Для побудови варіаційного ряду значення концентрацій ранговано в порядку їх зростання.

Розбити варіаційний ряд на інтервали відповідно до ступеня напруженості. Визначити число проб в кожній групі. Визначити частість. Визначити накопичені частоти і частість. Визначити значення медіани. Визначити значення 95-ого перцентилю. Зробити висновки про придатність обстеженого джерела для використання води в господарсько-побутових цілях.

Таблиця 13

Результати аналізу зразків води на вміст нафтопродуктів

№ проби	Н-ти мг/кг	№ проби	Н-ти мг/кг	№ проби	Н-ти мг/кг	№ проби	Н-ти мг/кг	№ проби	Н-ти мг/кг
1	0,1	11	0,27	21	0,33	31	0,44	41	0,88
2	0,1	12	0,27	22	0,33.	32	0,51	42	0,89
3	0,12	13	0,28	23	0,34	33	0,53	43	0,92
4	0,15	14	0,29	24	0,35	34	0,56	44	1,16
5	0,15	15	0,31	25	0,35	35	0,58	45	1,19
6	0,15	16	0,31	26	0,35	36	0,61	46	2,22
7	0,18	17	0,31	27	0,38	37	0,63	47	2,48
8	0,19	18	0,31	28	0,40	38	0,66	48	2,69
9	0,19	19	0,32	29	0,41	39	0,67	49	2,76
10	0,20	20	0,32	30	0,43	40	0,70	50	3,70

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

Психологічні фактори ризику

Мета роботи: ознайомитись із основними психологічними факторами сприйняття ризику і виділити три найбільш вагомих з огляду на власний психоемоційний стан.

Хід роботи

До психологічних факторів можна віднести:

- обізнаність або інформованість про безпеку;
- добровільність або примусовість ризику;
- новизну технології або виду діяльності.

Поінформованість про безпеку є важливим психологічним фактором. «У страху очі великі», – говорить народна мудрість. Незнання безпеки породжує повне її нехтування, недостовірне або неповне знання часто призводить до перебільшення безпеки, як, наприклад, щодо ядерної енергетики. Існує таке поняття – радіофобія або страх, який проявляється в повному запереченні всього, що має відношення до радіації. Радіофобія виникла внаслідок того, що протягом дуже тривалого часу у всьому світі існувала засекреченість ядерних технологій і всього, що мало до цього якесь відношення. Таким чином, це джерело безпеки, з одного боку, було найменш відоме громадськості, а з іншого – ставали відомими факти надзвичайно небезпечних впливів радіаційних факторів на населення, особливо ядерних вибухів.

Це також вплинуло на прийняття рівня ризику для населення, що живе поблизу АЕС, що дорівнює 10^{-6} . Аналіз даних, наведених в таблиці 14, показує, що багато громадян дуже сильно збільшують безпеку атомної енергетики та ставлять її на перше місце за рівнем створюваного ризику.

Таблиця 14

Небезпеки реальні і передбачувані

Жінки	Студенти	Чоловіки	Статистичні данні	Число випадків смерті в рік в США
1. Атомна енергетика	1. Атомна енергетика	1. Вогнепальна зброя	1. Куріння	150000
2. Автомобілі	2. Вогнепальна зброя	2. Мотоцикли	2. Алкоголь	100 000

3. Вогнепальна зброя	3. Куріння	3. Автомобілі	3. Автомобілі	50 000
4. Куріння	4. Пестициди	4. Куріння	4. Вогнепальна зброя	17 000
5. Мотоцикли	5. Антибіотики	5. <u>Алкоголь</u>	5. Електрика	14 000
6. <u>Алкоголь</u>	6. Мотоцикли	6. Пожежі	6. Мотоцикли	3 000
7. Авіація	7. <u>Алкоголь</u>	7. Робота в поліції	7. Плавання	3 000
8. Робота в поліції	8. Робота в поліції	8. Атомна енергетика	8. Хірургія	2 800
9. Пестициди	9. Протизапідні засоби	9. Хірургія	9. Рентген. опромінення	2 300
10. Хірургія	10. Гасіння пожеж	10. Полювання	10. Залізні дороги	1 950
11. Гасіння пожеж	11. Хірургія	11. Авіація	11. Авіація	1 300
12. Будівництво	12. Консерванти	12. Альпінізм	12. Будівництво	1 000
13. Полювання	13. Аерозолі в побуті	13. Будівництво	13. Велосипеди	1 000
14. Аерозолі в побуті	14. Будівництво	14. Велосипеди	14. Полювання	800
15. Альпінізм	15. Авіація	15. Пестициди	15. Побутові травми	200
16. Велосипеди	16. Цивільна авіація	16. Лижі	16. Гасіння пожеж	195
17. Цивільна авіація	17. Рентген. опромінення	17. Плавання	17. Робота в поліції	160
18. Електрика	18. Полювання	18. Цивільна авіація	18. Протизапідні засоби	150
19. Плавання	19. Електрика	19. Електрика	19. Цивільна авіація	130
20. Протизапідні засоби	20. Харчові барвники	20. Залізні дороги	20. Атомна енергетика	100
21. Лижі	21. Антибіотики	21. Національний футбол	21. Альпінізм	30
22. Рентген, опромінення	22. Альпінізм	22. Протизапідні засоби	22. Сільгосптехніка	24

23. Національний футбол	23. Залізні дороги	23. Аерозолі в побуті	23. Національний футбол	23
24. Залізні дороги	24. Велосипеди	24. Рентген. опромінення	24. Лижі	18
25. Консерванти	25. Лижі	25. Сільгосптехніка	25. Щеплення	10
26. Харчові барвники	26. Національний футбол	26. Антибіотики	26. Харчові барвники	-
27. Сільгосптехніка	27. Побутові травми	27. Побутові травми	27. Консерванти	-
28. Антибіотики	28. Сільгосптехніка	28. Консерванти	28. Пестициди	-
29. Побутові травми	29. Щеплення	29. Щеплення	29. Антибіотики	-
30. Щеплення	30. Плавання	30. Харчові барвники	30. Аерозолі в побуті	-

Про те, наскільки важлива інформованість людей про ризик, пов'язана з виробництвом ядерної енергії, можна судити на прикладі Франції.

Респондентам пропонувалося оцінити ризик різних джерел підвищеної небезпеки. Обробка відповідей дозволила визначити рейтинги цих джерел, які наведені в таблиці 15.

Таблиця 15

Результати дослідження сприйняття ризику у Франції

Фактор ризику	Рейтинг, %	Фактор ризику	Рейтинг, %
1. Дорожні аварії	80	10. Хімічні заводи	46
2. Алкоголь	77	11. Транспортування небезпечних речовин	42
3. Лісові пожежі	74	12. Промислові аварії	33
4. Куріння	70	13. Ядерна енергетика	32
5. СНІД	64	14. Авіація	26
6. Міські небезпеки	62	15. Залізниця	24
7. Озонова «діра»	58	16. Землетруси	24
8. Побутові аварії	52	17. Пожежі (виробничі приміщення)	19
9. Зміна клімату	52	18. Пожежі (житлові будинки)	13

Видно, що в списку рейтингів ядерна енергетика займає тринадцяте місце, її показник значно нижче, ніж у хімічних заводів, що відображає реальне співвідношення між відповідними факторами ризику.

Соціологічні дослідження показують, що слід значно підвищити роль громадськості не тільки в оцінці того ризику, який їй пропонується взяти на себе, але й у винесенні остаточного рішення з приводу розглянутого ризику. Якщо це не буде зроблено, то все більше людей в сучасному суспільстві буде заявляти про своє небажання піддаватися будь-якому примусовому ризику, включаючи ядерний. Щоб цього не відбувалося, потрібна всебічна, достовірна й об'єктивна інформація.

Розглядаючи психологічні чинники, доречно говорити про індивідуальний героїзм і колективний психоз. При індивідуальному ризику людина часто не замислюється, кидаючись рятувати когось у надзвичайній ситуації, і гине саме через нерозсудливість.

Існує велика різниця сприйняття добровільного ризику і ризику з примусу. Багато охочих йдуть на ризик заради розваг, вважаючи, що задоволення, яке вони отримують, наприклад, від стрибків на лижах з трампліна або від альпінізму, було б менш повним за відсутності небезпеки. Їзда на мотоциклах і автомобілях, куріння і спиртні напої являють собою фактори добровільного ризику, тому люди знаходять їх цілком прийнятними. Більш того, багато хто переконаний, що свобода ризикувати власним здоров'ям і життям є невід'ємним правом особистості. Таким чином, громадська думка сприймає добровільний ризик зі значно меншим ступенем ворожості, ніж ризик з примусу.

Люди схильні сприймати ризик, пов'язаний із природними явищами, і не приймають ризик, обумовлений антропогенними або техногенними факторами. З цієї причини рейтинг факторів ризику, пов'язаних із природними процесами, завжди занижений порівняно з ризиком подій, зі складовими свідомої діяльності людини.

Велику роль при встановленні прийнятності ризику відіграють різні фактори сприйняття ризику суспільством і окремими особистостями.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Ознайомитись із основними психологічними факторами сприйняття ризику і виділити три найбільш вагомих з огляду на власний психо-емоційний стан.

Фактор катастрофічності означає, що події, в результаті яких з'являються людські жертви, згруповані в часі і просторі (наприклад, вибух на хімічному комбінаті), викликають посилене сприйняття ризику в порівнянні з подіями, жертви яких розсіяні по простору і часі. Приклад останніх – аварії автомобільного транспорту.

Вплив фактора знайомства призводить до того, що ризики, викликані мало або зовсім незнайомими явищами чи процесами, сприймаються з труднощами. Так, більшість людей не знають, чому використання деяких речовин (фреону) тягне за собою виснаження озонового шару Землі, зате вони добре знайомі з наслідками удару блискавки.

Фактор розуміння обумовлений тим, наскільки явища або процеси зрозумілі людям. Чим менше розуміння, тим більше внутрішня стурбованість і недовіра і, як наслідок, менша схильність сприймати відповідний ризик. Наприклад, ступінь сприйняття ризику, пов'язаного із впливом радіації, істотно нижче ризику, якому піддається пішохід, який переходить вулицю.

Фактор невизначеності в наслідках подій або процесів викликає загострення сприйманого ризику. Чим меншим обсягом наявних наукових даних характеризується подія або процес, тим інтенсивніше сприйняття обумовленого ним ризику. Прикладом можуть слугувати проекти створення сховищ високорадіоактивних відходів в геологічних формаціях, де міститься цілий ряд невизначеностей, пов'язаних насамперед з необхідністю забезпечити екологічну безпеку протягом виключно великого терміну – близько 10 тисяч років.

Фактор контрольованості дій або подій на сприйняття ризику проявляється у вигляді усвідомлюваної індивідумом можливості впливати на ту дію (подію), до якої він залучений. Якщо людина перебуває в ситуації, розвиток якої відбувається незалежно від її особистого контролю, вона схильна до більшого неспокою за наслідки цього розвитку, його сприйняття ризику інтенсифікується. Дослідження показують, що людина за кермом автомобіля сприймає ризик потрапити в аварію меншою мірою, ніж її пасажир.

Фактор особистої залученості прямо пропорційний ступеню схильності до ризику окремого (даного) індивідуума.

Фактор добровільності піддатися ризику суттєво діє на його сприйняття. Люди набагато менше замислюються про ризик, якщо йдуть на нього з власної волі. Захоплення альпінізмом або засмагою пов'язане з чималими небезпеками, однак в цих випадках проблем зі сприйняттям ризику немає. Навпаки, екологічні ризики, обумовлені, наприклад, забрудненням питної води або повітря, сприймаються болісно, тому що вони аж ніяк не є добровільними.

Фактор впливу на дітей призводить до посиленого сприйняття ризику, викликаного такими подіями або процесами, наслідки яких позначаються в першу чергу на дітях. Прикладом може служити небезпека потрапляння пестицидів або інших токсикантів у продукти, призначені для дитячого харчування. Люди схильні також проявляти тривогу не

тільки за майбутнє дітей, а й за долю віддалених поколінь. Цим обумовлено підвищене сприйняття ризику генетичних дефектів, індукованих іонізуючим випромінюванням.

Фактор уваги засобів масової інформації має особливе значення у зв'язку зі швидким розвитком телебачення, засобів комунікації і комп'ютерних мереж. Якщо засоби масової інформації, зовсім не приділяють уваги якимось небезпечним подіям або інформують про них незначною мірою, то сприйняття ризику цих подій загальмовано. Але якщо відомості про такі події з'являться в заголовках новин, то відповідні ризики переходять на значно вищий рівень сприйняття.

Вплив фактора попередньої історії нещасних випадків полягає в тому, що ризик діяльності, в ході розвитку якої не було ні великих аварій (катастроф), ні навіть порівняно дрібних нещасних випадків, сприймається як малоістотний. Навпаки, якщо в історії виробництва чи іншої діяльності були як невеликі аварії, так і катастрофи, то ризик сприймається як досить серйозний. Так, нова галузь технології – генна інженерія – має зовсім коротку історію, в ній ще немає ніяких фатальних подій. Тому люди не відносять її ризик до розряду важливих (хоча насправді це може бути невірним). Історія ядерної енергетики включає, як відомо, кілька дуже великих аварій, наслідком цього є загострене сприйняття її ризику.

Фактор справедливості призводить до різного відношення до небезпечної подій чи розвитку залежно від того, як розподіляється відповідний ризик між членами суспільства. Якщо ризик розподілено більш-менш рівномірно, то вплив цього фактора є невеликим, проте він різко збільшується при явно нерівномірному розподілі ризику.

Фактор вигоди залежить від того, наскільки очевидна користь, яку передбачається отримати в результаті впливу ризику. Якщо ця користь ясна, то вплив фактора вигоди малий, в іншому ж випадку – великий.

Фактор походження відображає відмінність у сприйнятті ризику, обумовленого антропогенними і неантропогенними небезпеками. Чутливість до ризику, спричиненого небезпечними діями (або бездіяльністю) людей, вище чутливості до ризику, зумовленого явищами природи або проявом вищих сил.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8

Застосування різних типів досліджень, що проводяться шляхом спостереження

Мета роботи: ознайомитись із основними психологічними факторами сприйняття ризику і виділити три найбільш вагомих з огляду на власний психоемоційний стан.

Хід роботи

Методи вивчення захворюваності населення у зв'язку із впливом навколишнього середовища у вітчизняній літературі відомі як санітарно-епідеміологічні, соціально-екологічні або санітарно-екологічні методи.

Практичні роботи з вивчення захворюваності можуть виконуватися відповідно до методичних рекомендацій з комплексної гігієнічної оцінки ступеня напруженості медико-екологічної ситуації різних територій, зумовленої забрудненням токсикантами довкілля населення. Основними завданнями цих досліджень є: 1 – оцінка стану здоров'я населення; 2 – оцінка стану навколишнього середовища; 3 – встановлення взаємозв'язків між ними.

1. Клінічно-гігієнічна оцінка стану здоров'я населення в динаміці багаторічних спостережень з урахуванням зон небезпеки здійснюється з метою:

- визначення (переліку) «індикаторних» для даної території хвороб;
- виявлення «часу ризику» розвитку (прояви) патологічних станів;
- встановлення (обґрунтування) «груп ризику»;
- виявлення специфічних і характерних показників зміни стану здоров'я при поглиблених індивідуальних клінічних дослідженнях.

2. Комплексна санітарно-гігієнічна оцінка стану об'єктів навколишнього середовища (ОНС) досліджуваної території з метою:

- виявлення пріоритетних техногенних і природних чинників довкілля, їх джерел;
- визначення питомої ваги (вкладу) об'єктів – джерел біологічно високоактивних хімічних речовин в забрудненні ОНС;
- встановлення основних шляхів надходження токсичних речовин, рівнів їх впливу на організм;
- виявлення інформативних діагностичних біосубстратів; патогенетичних характеристик; пріоритетних шкідливих чинників з урахуванням «відгуків», отриманих на модельних біологічних об'єктах;
- визначення супутніх несприятливих соціально-значущих чинників (якість харчування та ін.);

– районування територій по зонах небезпеки з визначенням «територій ризику».

3. Встановлення причинно-наслідкових зав'язків між пріоритетними хімічно небезпечними чинниками довкілля і зміною стану здоров'я населення.

Методика рекомендує проводити комплексну санітарно-екологічну оцінку в два етапи:

– рекогносцирувальне поздовжнє обстеження, метою якого є попередня комплексна санітарно-екологічна оцінка в ретроспективі стану довкілля та змін здоров'я населення й обґрунтування основних напрямків досліджень наступного етапу на підставі аналізу відповідних матеріалів контролю за якістю ОНС і станом здоров'я населення регіональних служб на глибину максимального часу спостереження і літературних джерел. Підсумком рекогносцированого обстеження є попередня комплексна санітарно-екологічна оцінка причинно-наслідкового зв'язку в системі «якість середовища проживання – стан здоров'я населення»;

– натурні пошарові дослідження (з урахуванням висновків I етапу обстежень) з метою остаточної комплексної еколого-гігієнічної оцінки якості середовища проживання населення і стану здоров'я його окремих груп в конкретний (останній) період часу.

Комплексний санітарно-екологічний аналіз результатів двох етапів повинен дати поглиблену науково-обґрунтовану оцінку взаємозв'язку між зміною стану здоров'я населення та конкретними шкідливими чинниками довкілля.

У відповідності з поставленими завданнями проводиться збір і аналіз медико-демографічної, медико-статистичної та клініко-гігієнічної інформації про динаміку змін у часі стану здоров'я населення (в популяції та окремих групах) і санітарно-гігієнічна інформація про стан довкілля населення.

Еколого-епідеміологічні дослідження поділяються на описові (екологічні, географічні), аналітичні та експериментальні. Дослідження можуть бути ретроспективними або проспективними. Найбільш важливими є поздовжній, поперечний, когортний методи, а також метод «випадок – контроль».

Екологічні дослідження проводяться на популяціях або великих групах людей, які піддаються впливу шкідливих факторів. Такі дослідження можуть проводитися, наприклад, у великому місті з метою вивчення зв'язку між показниками смертності та забрудненням атмосферного повітря. Екологічні дослідження можуть виявити наявність зав'язків між збільшенням смертності та рівнем забруднення повітряного середовища. Однак такі дослідження не дозволяють врахувати вплив

інших шкідливих факторів, таким чином, не можуть охарактеризувати причинно-наслідкові зв'язки між захворюванням і впливом факторів навколишнього середовища.

Ретроспективні дослідження передбачають вивчення матеріалів за вже минулий період часу. У ретроспективних дослідженнях використовують статистичні облікові матеріали. Ретроспективні дослідження особливо корисні на першому етапі попередньої комплексної санітарно-екологічної оцінки стану довкілля та змін здоров'я населення. Однак ретроспективне дослідження дозволяє реалізувати обмежену програму досліджень, оскільки дозволяє врахувати лише ті ознаки, які є в досліджуваних матеріалах.

При ретроспективному дослідженні проводиться статистичний аналіз матеріалів медичної статистики. Це говорить про те, що існуюча система обліку та звітності лікувально-профілактичних установ (ЛПУ) дозволяє отримати лише приблизні оцінки захворюваності. Треба враховувати також, що серед реально хворих осіб далеко не всі звертаються за медичною допомогою в ЛПУ за місцем проживання, вважаючи за краще відомчі лікувальні установи. Крім того, мешканці звертаються в різні поліклініки, диспансери, діагностичні центри, дитячі лікарні, жіночі консультації та інші лікувальні установи. Таким чином, для оцінки стану здоров'я населення певної території необхідно збирати дані різних ЛПУ, ретельно їх перевіряти зіставляти й обробляти. Практика показує що, чим менше територія, тим важче отримати достовірну інформацію про стан здоров'я населення, яке проживає на ній.

Проспективні дослідження проводяться шляхом безпосереднього спостереження в даний час, тобто в реальному масштабі часу. Проспективні дослідження можна реалізувати з будь-яким необхідним набором ознак і показників. Вони надають можливість спостереження за зміною обраних показників під впливом різних факторів на будь-якому інтервалі часу, дозволяє сформувати необхідні групи населення.

Поперечні дослідження відображають стан досліджуваних груп у певний момент часу, тому їх називають також одномоментними дослідженнями. Поперечний метод є методом дослідження здоров'я населення на якийсь певний момент часу. В рамках проспективного дослідження одномоментно проводиться поглиблений медичний огляд всього населення або окремих його груп, визначаються клінічні, фізіологічні, психологічні та інші характеристики здоров'я з метою виявлення хворих осіб і отримання даних про контингентах хворих. Використання даних про стан здоров'я населення за результатами медичних оглядів дає можливість уточнити дані статистичної звітності. Виявити захворювання на початкових стадіях, провести уточнення даних

щодо хронічних захворювань. Поперечні дослідження можуть допомогти встановити причинно-наслідкові зв'язки між порушеннями стану здоров'я та впливом тих чи інших факторів, однак вони не дозволяють оцінити ці зв'язки кількісно. Вони не дозволяють оцінити кількісні характеристики ризику захворювань і залежності «експозиція – відгук».

При проведенні ретроспективного дослідження викопіювання даних про всі випадки звернення з приводу захворювань проводиться не менше ніж за останні 3 роки. Цей термін обумовлений тим, що певна частина хворих на хронічні захворювання звертається до лікаря не щорічно. На основі 3-річних звернень можна отримати досить повне уявлення про контингент хворих.

Поздовжній метод дозволяє здійснити спостереження за певною групою населення в динаміці. Цей метод дозволяє проводити динамічні спостереження за кожним представником обраної групи і на основі цього отримувати дані по всій сукупності.

Дані про захворюваність, зібрані за низку років, порівнюють зі змінами стану навколишнього середовища за той же період часу.

Метод «випадок – контроль» має на увазі, що в досліджуваній популяції населення збирається інформація про всі випадки тієї чи іншої патології, на основі чого формується досвідчена група і в тій же популяції відбирається контрольна група, або група порівняння, що не має даного захворювання. Таким чином, при популяційному дослідженні за методом «випадок – контроль» в одну групу включаються всі особи з досліджуванним захворюванням («випадок»), а в іншу – особи, у яких це захворювання відсутнє («контроль»). Потім в кожній з груп встановлюється кількість людей, схильних і не схильних до впливу оцінюваного фактора. Очевидно, що чим більша у дослідній групі кількість осіб з досліджуванним захворюванням, які підпали під дію шкідливого чинника, тим з більшою впевненістю можна судити про причинну обумовленість даного захворювання. Можливе формування декількох контрольних груп із різних популяцій, наприклад, з інших хворих тієї ж клініки і з осіб, які проживають поруч із пацієнтами, включеними в основну групу.

За допомогою цього методу можна визначити кількісні значення ризику від впливу того чи іншого чинника навколишнього середовища на розвиток патології, в тому числі значення відносного ризику.

Когортний метод передбачає виділення дослідної та контрольної груп (когорт). Головною відмінністю дослідної та контрольної груп є вплив однакового шкідливого фактора на дослідну групу і відсутність впливу на контрольну. Когортні дослідження проводяться систематично,

безперервно або через короткі проміжки часу. Когортні дослідження діляться на ретроспективні і проспективні. Когортні дослідження дозволяють виявити нові випадки захворювання протягом певного періоду часу і простежити за зміною стану здоров'я населення, яке піддалося впливу шкідливих факторів.

Ретроспективні когортні дослідження спрямовані на пошук причин розвитку захворювань. Таким чином, при ретроспективному дослідженні порівнюють між собою групи (когорти) з досліджуваним захворюванням і група осіб, у яких захворювання в момент дослідження відсутня. При цьому в кожній досліджуваній групі оцінюють попередні експозиції впливу шкідливих факторів.

При проспективному когортному дослідженні формуються групи осіб, які піддаються і не піддаються дії досліджуваного фактора. За цими групами встановлюється динамічний медичний контроль і аналізується кількість осіб, у яких виник досліджуваний ефект в групі з експозицією і в групі без експозиції, а також кількість осіб в цих групах, у яких ефект не виявлено.

Якщо епідеміологічні спостереження дають переконливі результати, то вони дають вагомі підстави для висновків про небезпеку, оскільки засновані на інформації про стан здоров'я населення при реальних умовах впливу досліджуваного фактора.

Метод інтерв'ю є додатковим методом отримання даних про стан здоров'я анкетованих груп, виявлення скарг населення на шкідливі фактори середовища проживання. Цей метод часто дає цінні відомості, які неможливо отримати ні з яких інших джерел інформації.

Практика показує, що у кожного з методів є свої переваги і недоліки при вирішенні різних завдань дослідження. Так, при вивченні хвороб, які рідко зустрічаються, гарні результати можуть бути отримані при використанні описових методів і методів «випадок – контроль».

Когортний метод дослідження дає хороші результати при вивченні причин, які рідко зустрічаються, перевірці множинних ефектів впливу, вивченні множинних експозицій і детермінант, кількісній оцінці часових зв'язків, прямій кількісній оцінці захворюваності і т. д.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Визначте, які типи досліджень більш підходять задля виконання різних завдань.

Таблиця 16

**Застосування різних типів досліджень,
що проводяться шляхом спостереження**

Завдання	Типи досліджень			
	Описові	Поздовжні	«Випадок – контроль»	Когортні
Вивчення хвороб, які зустрічаються рідко				
Вивчення причин, які зустрічаються рідко				
Перевірка множинних ефектів впливу				
Вивчення множинних експозицій і детермінант				
Кількісна оцінка тимчасових зв'язків				
Пряма кількісна оцінка захворюваності				
Дослідження, що стосуються тривалих латентних періодів				

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Качинський А. Б. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи. Київ : Інститут проблем національної безпеки, 2004. 472 с.
2. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря: Наказ МОЗ № 184 від 13.04.2007 р. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=6902>.
3. US EPA. An Examination of EPA Risk Assessment Principles And Practices. EPA/100/B-04/001. Washington, DC: EPA, 2004. 193 p.
4. EPA 540-R-02-002. Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. Vol. III. Part A. Washington, DC, 2001. URL: <http://www.epa.gov/superfund/RAGS3A/index.htm>.
5. EPA/630/R-97/001. Guiding Principles for Monte Carlo Analysis. Washington, DC, 1997. URL: <http://www.epa.gov/raf/publications/pdfs/montecar.pdf>
6. EPA/600/R-09/052F. Exposure factors handbook. Washington, DC, 2011. URL: <http://www.epa.gov/ncea/efh>.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Референтні концентрації для гострих інгаляційних дій

CAS	Речовина	ARFC, мг/м ³	Критичні органи/ системи
1	2	3	4
10102-44-0	Азот діоксид	0,47	органи дихання
10102-43-9	Азот оксид	0,72	органи дихання
7697-37-2	Азотна кислота	0,09	органи дихання
79-10-7	Акрилова кислота	6	органи дихання
107-13-1	Акрилонітрил	0,2	ЦНС
107-02-8	Акролеїн	0,0001	очі
7664-41-7	Аміак	0,35	органи дихання, очі
7784-42-1	Арсин	0,2	кров
75-07-0	Ацетальдегід	0,115	очі, слизові
67-64-1	Ацетон	62	ЦНС
100-44-7	Бензил хлористий	0,5	органи дихання, очі
71-43-2	Бензол	0,15	імунна, репродуктивна системи
98-07-7	Бензотрихлорид	0,0007	
7726-95-6	Бром	0,2	
74-83-9	Бромметан	0,2	ЦНС, органи дихання
7440-62-2	Ванадій	0,0002	органи дихання
	Завислі речовини	0,3	органи дихання
	Завислі частинки з розмірами менше 10 мкм	0,15	органи дихання
	Завислі частинки з розмірами менше 2,5 мкм	0,065	органи дихання
75-01-4	Вінілхлорид	1,3	
7783-06-4	Водень сульфід	0,1	органи дихання
7664-39-3	Водень фторид	0,2	органи дихання
7647-01-0	Водень хлорид	2,1	органи дихання
74-90-8	Водень ціанід	0,3	ЦНС
67-72-1	Гексахлоретан	58	ЦНС
1314-62-1	Диванадій пентаксид	0,03	органи дихання
298-04-4	Дисульфотон	0,006	ЦНС
75-09-2	Дихлорметан	2,1	ЦНС
62-73-7	Дихлорофос	0,018	ЦНС
100-37-8	Діетилетаноламін	0,1	
67-63-0	Ізопропанол	3	органи дихання

Продовження додатку 1

1	2	3	4
1319-77-3	Крезол	2,2	
1330-20-7	Ксилол	4,3	ЦНС, органи дихання, очі
108-31-6	Малеїновий ангідрид	0,1	
7440-50-8	Мідь	0,1	органи дихання
7758-98-7	Мідь сульфат	0,1	органи дихання
67-56-1	Метанол	30	ЦНС
60-34-4	Метилгідразин	0,00094	
624-83-9	Метилізоціанід	0,0047	органи дихання
1634-04-4	Метил-трет-бутиловий ефір	7,2	ЦНС
7440-38-2	Миш'як	0,0004	репродуктивна система
1310-73-2	Натрій гідроксид	0,005	органи дихання, очі
7440-02-0	Нікель	0,003	імунна система, органи дихання
13463-39-3	Нікель карбоніл	0,006	імунна система, органи дихання
98-95-3	Нітробензол	0,5	
10028-15-6	Озон	0,18	органи дихання
75-56-9	Пропіленоксид	6	очі, органи дихання
7439-97-6	Ртуть	0,002	репродуктивна система
7782-49-2	Селен	0,003	органи дихання, очі
7446-09-5	Сірки діоксид	0,66	органи дихання
7664-93-9	Сірчана кислота	0,1	органи дихання
75-15-0	Сірковуглець	20	репродуктивна система, кров
100-42-5	Стирол	20	очі, органи дихання
14808-79-8	Сульфати	0,05	органи дихання
7440-36-0	Сурма	0,0004	кров
56-23-5	Тетрахлорметан	1,3	печінка, репродуктивна система
127-18-4	Тетрахлоретилен	1,4	ЦНС, розвиток, нирки, печінка, очі, органи дихання
78-00-2	Тетраетилсвінець	0,004	ЦНС
108-88-3	Толуол	3,8	ЦНС, очі, органи дихання
79-01-6	Трихлоретилен	11	ЦНС, розвиток
121-44-8	Триетиламін	3	органи дихання, очі
630-08-0	Вуглецю оксид	23	серцево-судинна система

Продовження додатку 1

1	2	3	4
64-19-7	Оцтова кислота	3,7	органи дихання
7783-81-5	Уран гексафторид	3,6	нирки
108-95-2	Фенол	6	очі, органи дихання
50-00-0	Формальдегід	0,048	органи дихання, очі
75-44-5	Фосген	0,004	органи дихання
7803-51-2	Фосфін	0,13	органи дихання
12185-10-3	Фосфор жовтий	0,02	органи дихання
7782-41-4	Фтор	3	органи дихання
16984-48-8	Фториди неорганічні добре розчинні	0,25	органи дихання
7664-39-3	Фтористоводнева кислота	0,25	органи дихання
7782-50-5	Хлор	0,2	органи дихання
74-87-3	Хлорметан	1	ЦНС
67-66-3	Хлороформ	0,49	печінка, органи дихання, репродуктивна система
76-06-2	Хлорпікрин	0,007	органи дихання
79-11-8	Хлороцтова кислота	0,0018	органи дихання
75-00-3	Хлоретан	39	розвиток
106-89-8	Епіхлоргідрин	3	очі, органи дихання
64-17-5	Етанол	100	ЦНС
141-78-6	Етилацетат	140	
100-41-4	Етилбензол	1	
107-21-1	Етиленгліколь	1,3	нирки
107-15-3	Етилендіамін	2,5	
75-08-1	Етилмеркаптан	0,1	органи дихання

Додаток 2

**Референтні концентрації для хронічної інгаляційної дії
деяких речовин**

CAS	Речовина	RfC, мг/м ³	Критичні органи / системи
1	2	3	4
50782-69-9	VX-газ	3,00E-06	
10102-44-0	Азот діоксид	0,04	органи дихання, кров (утворення MetHb)
10102-43-9	Азот оксид	0,06	органи дихання, кров (утворення MetHb)
7697-37-2	Азотна кислота	0,04	органи дихання
79-06-1	Акріламід	0,0007	нервова система, ЦНС
79-10-7	Акрилова кислота	0,001	органи дихання
107-13-1	Акрілонітріл	0,002	органи дихання, рак, репродуктивна система
107-02-8	Акролеїн	2,00E-05	органи дихання, очі
	Аліфатичні вуглеводні C5-C8	0,2	
	Аліфатичні вуглеводні C8-C16	1	печінка, кров
	Аліфатичні вуглеводні C9-C12	2	
	Аліфатичні вуглеводні C9-C18	1	
107-05-1	Алліл хлористий	0,001	ЦНС
107-18-6	Алліловий спирт	0,017	нирки, печінка
7429-90-5	Алюміній	0,005	ЦНС
1344-28-1	Алюміній оксид	0,005	органи дихання, маса тіла
7784-18-1	Алюміній трифторід	0,014	кісткова система
7664-41-7	Аміак	0,1	органи дихання
62-53-3	Анілін	0,001	селезінка, кров, серцево-судинна система
120-12-7	Антрацен	1	
	Ароматичні вуглеводні C5-C8	0,4	ЦНС, печінка, нірки
	Ароматичні вуглеводні C8-C16	0,2	печінка, нірки, органи дихання (епітелій носової порожнини)
	Ароматичні вуглеводні /алкени C9-C10	0,06	
	Ароматичні вуглеводні /алкени C11-C35	0,071	

Продовження додатку 2

1	2	3	4
7784-42-1	Арсин	5,00E-05	серцево-судинна система
75-07-0	Ацетальдегід	0,009	органи дихання
74-86-2	Ацетилен	1,5	ЦНС, органи дихання
67-64-1	Ацетон	31,2	печінка, нирки, кров, ЦНС
75-05-8	Ацетонітріл	0,06	кров
7440-39-3	Барій	0,0005	репродуктивна, серцево-судинна система (ССС)
543-80-6	Барій ацетат	0,0005	репродуктивна, ССС
17194-00-2	Барій дигідроксид	0,0005	репродуктивна, ССС
1304-29-6	Барій діоксид	0,0005	репродуктивна, серцево-судинна система
10361-37-2	Барій дихлорид	0,0005	репродуктивна, серцево-судинна система
513-77-9	Барій карбонат	0,0005	репродуктивна, серцево-судинна система
10022-31-8	Барій нітрат	0,0005	репродуктивна, серцево-судинна система
1304-28-5	Барій оксид	0,0005	репродуктивна, серцево-судинна система
7727-43-7	Барій сульфат	0,0005	репродуктивна, серцево-судинна система
100-44-7	Бензил хлористий	0,012	
100-51-6	Бензиловий спирт	1	шлунково-кишковий тракт
8006-61-9	Бензин	0,071	очі, органи дихання, печінка, нирки, ЦНС
50-32-8	Бенз(а)пірен	1,00E-06	імунна система
192-97-2	Бензо[е]пірен	0,071	нирки
65-85-0	Бензойна кислота	14	
71-43-2	Бензол	0,03	кров, червоний кістковий мозок, ЦНС, імунна і репродуктивна системи
7440-41-7	Берилій	2,00E-05	органи дихання, імунна система
92-52-4	Біфеніл	0,175	печінка, органи дихання
7440-42-8	Бор	0,02	органи дихання, репродуктивна система
10043-11-5	Бор нітрід	0,02	органи дихання, репродуктивна система
2095581	Бор трифторид	0,0007	репродуктивна система
10043-35-3	Борна кислота	0,02	органи дихання, репродуктивна система

Продовження додатку 2

1	2	3	4
108-86-1	Бромбензол	0,01	печінка
75-27-4	Бромдіхлорметан	0,061	нирки, розвиток
74-83-9	Бромметан	0,005	ЦНС, органи дихання
106-97-8	Бутан	0,62	асфіксант
2008-41-5	Бутилат	0,175	печінка
123-86-4	Бутилацетат	0,7	органи дихання
7440-62-2	Ванадій	7,00E-05	органи дихання
16785-81-2	Ванадій сульфат	7,00E-05	органи дихання
	Завислі речовини	0,075	органи дихання,
	Завислі частинки з розмірами менше 10 мкм	0,05	органи дихання, серцево-судинна система
	Завислі частинки з розмірами менше 2,5 мкм	0,015	органи дихання
75-01-4	Вінілхлорід	0,1	розвиток, печінка, нирки, ЦНС
10035-10-6	Водень бромід	0,025	
7783-06-4	Водень сульфід	0,002	органи дихання (запалення слизової носа)
7664-39-3	Водень фторид	0,014	кісткова система, органи дихання
7647-01-0	Водень хлорид	0,02	органи дихання
74-90-8	Водень ціанід	0,003	серцево-судинна система, ЦНС, щитовидна залоза
7440-33-7	Вольфрам	0,1	органи дихання
7440-55-3	Галій	0,04	
87-82-1	Гексабромбензол	0,007	
110-54-3	Гексан	0,2	ЦНС, органи дихання
118-74-1	Гексахлорбензол	0,003	печінка, гормональна система, кров
67-72-1	Гексахлоретан	0,08	ЦНС, нирки
142-82-5	Гептан	3,5	
302-01-2	Гідразин	0,0002	печінка, гормональна система (щитовидна залоза), органи дихання, селезінка
7803-57-8	Гідразин гідрат	0,0002	печінка, гормональна система (щитовидна залоза), органи дихання, селезінка
10034-93-2	Гідразин сульфат	0,0002	печінка, гормональна система (щитовидна залоза), органи дихання, селезінка

Продовження додатку 2

1	2	3	4
50-29-3	ДДТ	0,00175	печінка, гормональна система
124-18-5	Декал	1,05	ЦНС, кров
84-74-2	Дибутилфталат	0,05	репродуктивна система
124-40-3	Диметиламін	2,00E-05	
75-18-3	Диметилсульфід	0,029	
131-11-3	Диметилфталат	35	
1746-01-6	Діоксани (хлоровані дибензодіоксини)	4,00E-08	печінка, репродуктивна система
122-39-4	Дифеніламін	0,014	
25321-22-6	Дихлорбензол	0,2	
75-71-8	Дихлордифторметан	0,2	зниження маси тіла, розвиток, печінка
75-09-2	Дихлорметан	0,4	печінка, ЦНС, серцево-судинна система, нирки
62-73-7	Дихлорофос	0,0005	ЦНС
1300-21-6	Дихлоретан	0,4	печінка, нирки, ЦНС
111-42-2	Діетаноламін	0,02	серцево-судинна система, нервова система
109-89-7	Діетиламін	0,04	
	Деревний пил	0,05	органи дихання (по завислим речовинам)
7439-89-6	Залізо	0,6	органи дихання
1309-37-1	Залізо(III) оксид	0,04	
1347-81-0	Залізо діхлорид	0,6	органи дихання
1332-37-2	Залізо оксид	0,04	
7720-78-7	Залізо(II) сульфат	0,007	
107-44-8	Зарин	3,00E-06	
96-64-0	Зоман	3,00E-06	
78-83-1	Ізобутанол	1,5	
115-11-7	Ізобутилен	2,6	органи дихання
67-63-0	Ізопропанол	7	печінка, нирки,
505-60-2	Іприт	0,0001	
7440-43-9	Кадмій	2,00E-05	нирки, органи дихання, гормони
105-60-2	Капролактам	1,75	
8008-20-6	Гас	0,01	печінка
7440-48-4	Кобальт	2,00E-05	органи дихання
1319-77-3	Крезол	0,004	кров, ЦНС
14464-46-1	Кремній діоксид (більше 70 % SiO ₂)	0,003	органи дихання

Продовження додатку 2

1	2	3	4
14464-46-1	Кремній діоксид (вміст SiO ₂ нижчий 20 %)	0,05	органи дихання
60676-86-0	Кремній діоксид аморфний	0,05	органи дихання
14808-60-7	Кремній кристалічний	0,003	органи дихання
14307-35-8	Літій хромат	0,0002	
541-25-3	Люїзит	0,003	
7439-95-4	Магній	0,1	
1309-48-4	Магній оксид	0,05	ЦНС
7439-96-5	Марганець	5,00E-05	ЦНС, органи дихання
1313-13-9	Марганець діоксид	5,00E-05	ЦНС, органи дихання
598-62-9	Марганець карбонат	5,00E-05	ЦНС, органи дихання
1317-35-7	Марганець тетроксид	5,00E-05	ЦНС, органи дихання
2145076	Марганець хлорид	5,00E-05	ЦНС, органи дихання
1344-43-0	Марганець(II) оксид	5,00E-05	ЦНС, нервова система, органи дихання
7440-50-8	Мідь	2,00E-05	органи дихання
1317-39-1	Мідь(I) оксид	2,00E-05	органи дихання
142-71-2	Мідь ацетат	2,00E-05	органи дихання
7447-39-4	Мідь діхлорід	5,00E-05	органи дихання
1317-38-0	Мідь оксид	2,00E-05	органи дихання
7758-98-7	Мідь сульфат	2,00E-05	органи дихання
14013-02-6	Мідь сульфід	2,00E-05	органи дихання
22205-45-4	Мідь(I) сульфід	2,00E-05	органи дихання
7758-89-6	Мідь(I) хлорид	5,00E-05	органи дихання
1317-40-4	Мідь(II) сульфід	2,00E-05	органи дихання
74-82-8	Метан	50	
67-56-1	Метанол	4	
96-33-3	Метилакрилат	0,048	
74-93-1	Метилмеркаптан	0,001	органи дихання, ЦНС
80-62-6	Метилметакрилат	0,7	органи дихання, ЦНС
	Мінеральні волокна	0,024	
7439-98-7	Молібден	0,012	
10599-90-3	Монохлорамін	0,35	печінка, нирки
64-18-6	Мурашина кислота	0,003	органи дихання (носова порожнина)
7440-38-2	Миш'як	3,00E-05	серцево-судинна система, нервова система, органи дихання
1310-73-2	Натрій гідроксид	0,002	органи дихання, очі

Продовження додатку 2

1	2	3	4
6834-92-0	Натрій силікат	0,05	органи дихання (по завислим речовинам)
7681-49-4	Натрій фторид	0,014	кісткова система, органи дихання
91-20-3	Нафталін	0,003	органи дихання
2228840	Нафта і нафтопродукти	0,071	нирки
7440-02-0	Нікель	5,00E-05	органи дихання, кров, імунна система, ЦНС
13463-39-3	Нікель карбоніл	5,00E-05	печінка, кров, органи дихання
1313-99-1	Нікель оксид	2,00E-05	органи дихання, кров
7786-81-4	Нікель сульфат	5,00E-05	органи дихання, кров, імунна система
7718-54-9	Нікель хлорид	5,00E-05	органи дихання, кров, імунна система
7440-02-0	Нікель, розчинні солі	5,00E-05	органи дихання, кров, імунна система
98-95-3	Нітробензол	0,03	печінка, нирки, кров, (надниркові залози)
55-63-0	Нітрогліцерин	0,1	
10028-15-6	Озон	0,03	органи дихання
111-65-9	Октан	0,35	ЦНС
7440-31-5	Олово	0,02	
21651-19-4	Олово(II) оксид	0,02	
7664-38-2	Ортофосфорная кислота	0,01	органи дихання
109-66-0	Пентан	0,2	ЦНС, органи дихання
1336-36-3	Поліхлоровані біфеніли	0,0012	гормональна система, печінка, маса тіла
75-56-9	Пропіленоксид	0,03	органи дихання, рак
	Пил цементного виробництва (SiO ₂ 20– 70 %)	0,1	органи дихання, імунна система
7439-97-6	Ртуть	0,0003	ЦНС, гормональна система, нирки
22967-92-6	Ртуть(1+) Метіл-іон	2,00E-05	
7487-94-7	Ртуть(II) хлорид	0,0003	
	Сажа	0,05	органи дихання; зуби
7439-92-1	Свинець	0,0005	ЦНС, кров
1335-32-6	Свинець ацетат, основний	0,001	
7782-49-2	Селен	8,00E-05	органи дихання
7446-34-6	Селен сульфід	0,003	органи дихання

Продовження додатку 2

1	2	3	4
7446-09-5	Сіра діоксид	0,05	органи дихання
7440-22-4	Срібло металеве	0,02	шкіра
7664-93-9	Сірчана кислота	0,001	органи дихання
75-15-0	Сірковуглець	0,7	ЦНС,
100-42-5	Стирол	1	ЦНС, гормональна система
14808-79-8	Сульфати	0,025	органи дихання, серцево-судинна система
7440-36-0	Сурма	0,0004	органи дихання
1309-64-4	Сурма триоксид	0,0002	органи дихання
77-81-6	Табун	3,00E-06	
7440-28-0	Талій	0,00028	
13494-80-9	Теллур	0,0005	органи дихання
56-23-5	Тетрахлорметан	0,04	печінка, розвиток, ЦНС
25167-83-3	Тетрахлорфенол	0,09	печінка
127-18-4	Тетрахлоретилен	0,035	розвиток, НС, нирки, печінка
7440-32-6	Титан	0,03	
13463-67-7	Титан діоксид	0,03	органи дихання
7550-45-0	Титан тетрахлорид (по HCl)	0,0001	органи дихання
108-88-3	Толуол	0,4	ЦНС, органи дихання
75-69-4	Трихлорфторметан	20	нирки, органи дихання
79-01-6	Трихлоретилен	0,04	ЦНС, печінка, гормональна система, очі, нирки
102-71-6	Триетаноламін	0,05	
121-44-8	Триетиламін	0,007	органи дихання, імунна система, очі
8030-30-6	Уайт-спірит	1,0	ЦНС
630-08-0	Вуглець оксид	3	кров, серцево-судинна система, ЦНС
64-19-7	Оцтова кислота	0,25	
7440-61-1	Уран, розчинні у воді сполуки	0,0003	нирки
108-95-2	Фенол	0,006	серцево-судинна система, нирки, ЦНС, печінка, органи дихання
50-00-0	Формальдегід	0,003	органи дихання, ока, імунна система
75-44-5	Фосген	0,0003	органи дихання

Продовження додатку 2

1	2	3	4
7803-51-2	Фосфін	0,0003	печінка, нервова система
12185-10-3	Фосфор жовтий	7,00E-05	репродуктивна система
	Фреони (фторвуглеводні хлоровані)	0,7	ЦНС
85-44-9	Фтальовий ангідрид	0,02	органи дихання
7782-41-4	Фтор	0,034	
75-43-4	Фтордихлорметан	0,6	
16984-48-8	Фториди неорганічні добре розчинні	0,013	кісткова система; органи дихання
16984-48-8	Фториди тверді	0,013	органи дихання, кісткова система, зуби
7664-39-3	Фтористо-воднева кислота	0,03	кісткова система; органи дихання
	Фтористі сполуки, погано розчинні у воді	0,013	кісткова система, органи дихання
110-00-9	Фуран	0,002	
98-01-1	Фурфурол	0,05	органи дихання
7782-50-5	Хлор	0,0002	органи дихання
10049-04-4	Хлор діоксид	0,0002	органи дихання
108-90-7	Хлорбензол	0,06	печінка, нирки, репродуктивна система, кров
75-45-6	Хлордифторметан	50	нирки, ендокринна система (надниркові залози, гіпофіз)
5120-73-9	Хлоровані дибензофурані (суміш ізомерів)	4,00E-08	печінка, імунна і репродуктивна системи, гормональна система, органи дихання, кров, серцево-судинна система
	Хлоровані діоксини і дибензофурані	4,00E-08	печінка, імунна, репродуктивна і гормональна система, органи дихання, кров, серцево-судинна система
7647-01-0	Хлористо-воднева кислота	0,02	органи дихання
74-87-3	Хлорметан	0,09	ЦНС, нервова система, печінка, нирки, репродуктивна система
67-66-3	Хлороформ	0,098	печінка, розвиток, нирки, ЦНС
52-68-6	Хлорофос	0,007	

Продовження додатку 2

1	2	3	4
76-06-2	Хлорпікрин	0,004	печінка, органи дихання
79-11-8	Хлоруксусная кислота	0,007	
75-00-3	Хлоретан	10	шлунково-кишковий тракт
7440-47-3	Хром	0,0001	органи дихання, печінка, нирки, імунна система, шлунково-кишковий тракт
16065-83-1	Хром(III)	0,005	органи дихання
18540-29-9	Хром(VI)	0,0001	органи дихання
1333-82-0	Хром триоксид	0,0001	органи дихання
7738-94-5	Хромовая кислота	1,00E-05	органи дихання
57-12-5	Ціаніди	0,003	нервова система, гормональна система (щитовидна залоза), маса тіла
110-82-7	Циклогексан	6	розвиток (зниження маси тіла новонароджених)
108-93-0	Циклогексанол	2,00E-05	м'язова система
108-94-1	Циклогексанон	1	
7440-66-6	Цинк	0,0009	органи дихання, імунна система, кров
1314-13-2	Цинк оксид	0,035	серцево-судинна система, кров, органи дихання
7733-02-0	Цинк сульфат	0,0009	органи дихання, імунна система, кров
	Емісії дизельних двигунів	0,005	органи дихання
106-89-8	Епіхлоргідрин	0,001	органи дихання, очі
64-17-5	Етанол	100	ЦНС, органи дихання
140-88-5	Етилакрилат	0,048	
141-78-6	Етилацетат	3,2	органи дихання, ЦНС
100-41-4	Етилбензол	1	розвиток, печінка, нирки, гормональна система
74-85-1	Етилен	0,1	кров, серцево-судинна система, імунна система
107-21-1	Етиленгліколь	0,4	органи дихання, нирки
107-15-3	Етилендіамін	0,3	
151-56-4	Етиленімін	0,006	
75-21-8	Етиленоксид	0,005	кров, органи дихання, серцево-судинна система
75-08-1	Етилмеркаптан	0,001	органи дихання
97-63-2	Етилметакрілат	0,315	
1678-91-7	Етилциклогексан	0,2	ЦНС

Додаток 3

**Референтні дози при хронічному пероральному
надходженні деяких речовин**

CAS	Речовина	RfD, мг/кг	Критичні органи/ системи
1	2	3	4
50782-69-9	VX-газ	5,0E-07	біохімічний вплив, ЦНС
10102-44-0	Азот діоксид	1	
10102-43-9	Азот оксид	0,1	
79-06-1	Акриламід	0,0002	нервова система, ЦНС
107-13-1	Акрилонітрил	0,04	кров, репродуктивна система, печінка
107-02-8	Акролеїн	0,0005	кров
1596-84-5	Алар	0,15	
15972-60-8	Алахлор	0,01	кров, гормональна система
	Аліфатичні вуглеводні > C35	20	печінка
	Аліфатичні вуглеводні C16- C35	2	печінка
	Аліфатичні вуглеводні C8- C16	0,1	печінка, кров
	Аліфатичні вуглеводні C9- C12	0,6	
	Аліфатичні вуглеводні C9- C18	0,1	
	Аліфатичні вуглеводні C19- C35	2	
	Аліфатичні вуглеводні C5-C8	0,06	
	Аліфатичні вуглеводні циклоалкани C5-C8	0,06	ЦНС
107-18-6	Алліловий спирт	0,005	нирки, печінка
7429-90-5	Алюміній	1	ЦНС
1344-28-1	Алюміній оксид	1	шлунково-кишковий тракт, ЦНС, маса тіла
7664-41-7	Аміак	0,98	
6484-52-2	Амоній нітрат	1,6	кров
6484-52-2	Амоній перхлорат	3,00E-05	гормональна система (щитовидна залоза)
62-53-3	Анілін	0,007	кров, селезінка
120-12-7	Антрацен	0,3	немає ефекту
	Ароматичні вуглеводні C16- C35	0,03	Нирки

Продовження додатку 3

1	2	3	4
	Ароматичні вуглеводні C5-C8	0,2	печінка, нирки, маса тіла
	Ароматичні вуглеводні C8-C16	0,04	печінка, нирки
	Ароматичні вуглеводні /алкени C9-C10	0,03	
	Ароматичні вуглеводні /алкени C11-C35	0,03	ЦНС
75-07-0	Ацетальдегід	0,04	шлунково-кишковий тракт
67-64-1	Ацетон	0,9	нирки
75-05-8	Ацетонітрил	0,006	кров, печінка
75-86-5	Ацетонциангидрин	0,0008	печінка
34256-82-1	Ацетохлор	0,02	нирки, біохімічний вплив, репродуктивна система
7440-39-3	Барій і його сполуки	0,07	нирки, серцево-судинна система
542-62-1	Барій ціанид	0,1	
56-55-3	Бенз[а]антрацен	0,005	
100-52-7	Бензальдегід	0,1	нирки, печінка
92-87-5	Бензидин	0,003	печінка, ЦНС
100-44-7	Бензил хлористий	0,00342	
100-51-6	Бензиловий спирт	0,3	шлунково-кишковий тракт
61-33-6	Бензилпеніцилін	0,0005	
8006-61-9	Бензин	0,2	маса тіла
50-32-8	Бенз(а) пірен	0,0005	
65-85-0	Бензойна кислота	4	
71-43-2	Бензол	0,003	кров, ЦНС, гормональна система
7440-41-7	Берилій	0,002	шлунково-кишковий тракт, маса тіла
1304-56-9	Берилій оксид	0,005	
92-52-4	Біфеніл	0,05	нирки, кров
7440-42-8	Бор	0,2	репродуктивна система, шлунково-кишковий тракт, ембріотоксичний
10043-35-3	Борна кислота	0,01	репродуктивна система, шлунково-кишковий тракт
7726-95-6	Бром	1	
15541-45-4	Бромати	0,004	нирки
108-86-1	Бромбензол	0,02	печінка

Продовження додатку 3

1	2	3	4
108-86-1	Бромдифеніли	1,00E-05	печінка
108-86-1	Бромдихлорметан	0,02	нирки, печінка
74-83-9	Бромметан	0,0014	шлунково-кишковий тракт
506-68-3	Бромціан	0,09	гормональна система (щитовидна залоза)
2008-41-5	Бутилат	0,05	печінка
123-86-4	Бутилацетат	0,076	
85-68-7	Бутилбензилфталат	0,2	печінка, підшлункова залоза
104-51-8	Бутилбензол	0,01	
7440-62-2	Ванадій	0,007	волосся (зниження вмісту цистину), печінка, нирки, шлунково-кишковий тракт
16785-81-2	Ванадій сульфат	0,02	волосся (зниження вмісту цистину), печінка, нирки, шлунково-кишковий тракт
108-05-4	Вінілацетат	1	нирки, маса тіла
25013-15-4	Вінілтолуол	0,006	
75-01-4	Вінілхлорид	2,00E-05	печінка
7783-06-4	Водень сульфід	0,003	шлунково-кишковий тракт
7664-39-3	Водень фторид	0,04	кісткова система
74-90-8	Водень ціанід	0,02	гормональна система
7440-33-7	Вольфрам	0,0025	
87-82-1	Гексабромбензол	0,002	
110-54-3	Гексан	11	маса тіла
118-74-1	Гексахлорбензол	0,00017	печінка, легені, нирки, гормональна система (щитовидна залоза), репродуктивна та імунна системи, ЦНС
67-72-1	Гексахлоретан	0,0001	ЦНС, нирки
142-82-5	Гептан	4,4	
302-01-2	Гідразин	5,00E-05	
50-29-3	ДДТ	0,0005	печінка, гормональна система
124-18-5	Декан	0,6	ЦНС
132-64-9	Дибензофуран	0,004	
300-76-5	Дибром	0,002	біохімічна система, ЦНС
3252-43-5	Дибромацетонітрил	0,02	
74-95-3	Дибромметан	0,01	

Продовження додатку 3

1	2	3	4
124-48-1	Дибромхлорметан	0,02	Печінка
84-74-2	Дибутилфталат	0,1	гормональна система
1314-62-1	Диванадій пентоксид	0,009	волосся (зниження змісту цистину, печінка, нирки
13701-70-7	Диванадій сульфат	0,02	волосся (зниження змісту цистину, печінка, нирки, шлунково-кишковий тракт
77650-28-3	Дизельне паливо морське	0,008	печінка
1317-34-6	Димарганець триоксид	0,14	
124-40-3	Диметиламін	1,00E-05	
756-79-6	Диметилметилфосфонат	0,2	
75-18-3	Диметилсульфід	0,029	
67-68-5	Диметилсульфоксид	30	
120-61-6	Диметилтерефталат	0,1	печінка
122-09-8	Диметилфенетіламін	0,001	
131-11-3	Диметилфталат	10	нирки
1746-01-6	Діоксини (хлоровані дибензодіоксини)	1,00E-09	
25321-22-6	Дихлорбензол	0,09	нирки
75-71-8	Дихлордифторметан	0,2	маса тіла
75-09-2	Дихлорметан	0,06	печінка
62-73-7	Дихлорофос	0,0005	біохімічні властивості
79-43-6	Дихлороцтова кислота	0,004	печінка, ЦНС
25167-81-1	Дихлорфенол	0,001	
1300-21-6	Дихлоретан	0,0029	
111-42-2	Діетаноламін	0,005	кров
60-29-7	Діетиловий ефір	0,2	маса тіла
84-66-2	Діетилфталат	0,8	маса тіла
7439-89-6	Залізо	0,3	слизові, шкіра, кров
1309-37-1	Залізо(III) оксид	0,3	слизові, шкіра, кров, імунна система
1347-81-0	Залізо дихлорид	0,3	слизові, шкіра, кров, імунна система
107-44-8	Зарин	2,00E-05	біохімічні властивості
96-64-0	Зоман	4,00E-06	біохімічні властивості
505-60-2	Іприт	1,00E-05	
7553-56-2	Йод	0,017	гормональна система
7440-43-9	Кадмій	0,0005	нирки, гормональна система
	Калій бромат	0,004	нирки

Продовження додатку 3

1	2	3	4
7681-11-0	Калій йодид	0,017	
151-50-8	Калій ціанід	0,05	гормональна система (щитовидна залоза), маса тіла, нервова система
7440-70-2	Кальцій	41,4	нирки, біохімічний вплив
7778-44-1	Кальцій арсенат	0,0042	
1592-23-0	Кальцій стеарат	2,00E-05	імунна система
592-01-8	Кальцій ціанід	0,04	гормональна система (щитовидна залоза), маса тіла, нервова система
105-60-2	Капролактам	0,5	маса тіла, нирки
7440-48-4	Кобальт	0,02	кров
1330-20-7	Ксилол	0,2	маса тіла, ЦНС, печінка, кров, нирки
7439-93-2	Літій	0,02	
541-25-3	Люїзит	1,00E-05	
7439-95-4	Магній	11	
7439-96-5	Марганець, метал, оксиди	0,14	ЦНС, кров
598-62-9	Марганець карбонат	14	
	Марганець хлорид	0,14	
1344-43-0	Марганець(II) оксид	14	
8012-95-1	Масла мінеральні нафтові	4,35	
7440-50-8	Мідь (метал, оксид, солі)	0,019	шлунково-кишковий тракт
10103-61-4	Мідь арсенат	0,0042	
67-56-1	Метанол	0,5	ЦНС, біохімічні властивості
96-33-3	Метилакрилат	0,03	
6317-18-6	Метилендітіоціанат	0,005	шлунково-кишковий тракт
74-93-1	Метилмеркаптан	0,00057	
80-62-6	Метилметакрілат	1,4	нирки
7439-98-7	Молібден	0,005	нирки
10599-90-3	Монохлорамін	0,1	кров
64-18-6	Мурашина кислота	2	
7440-38-2	Миш'як	0,0003	шкіра, ЦНС, серцево-судинна, імунна, гормональна системи, шлунково-кишковий тракт
7440-23-5	Натрій	34,3	серцево-судинна система
26628-22-8	Натрій азід	0,004	маса тіла
1303-96-4	Натрій борат, тетрагидрат	0,09	репродуктивна система

Продовження додатку 3

1	2	3	4
7681-82-5	Натрій йодид	0,017	
7681-49-4	Натрій фторид	0,05	м'язова система
7775-09-9	Натрій хлорат	0,03	
7758-19-2	Натрій хлорит	0,03	кров, ЦНС
143-33-9	Натрій ціанід	0,04	гормональна система, маса тіла, ЦНС
91-20-3	Нафталін	0,02	
	Нафта і нафтопродукти	0,03	нирки
7440-02-0	Нікель (метал, розчинні солі)	0,02	печінка, серцево-судинна система, шлунково-кишковий тракт, кров
14797-55-8	Нітрати	1,6	кров (MetHb), серцево-судинна система
14797-65-0	Нітрит	0,1	кров (MetHb)
98-95-3	Нітробензол	0,0005	кров, печінка, нірки, гормональна система
55-63-0	Нітрогліцерин	0,03	
	Загальні вуглеводні (по С)	0,2	маса тіла
2691-41-0	Октоген	0,05	печінка
7440-31-5	Олово	0,6	печінка, нірки, шлунково-кишковий тракт
7772-99-8	Олово дихлорид	0,05	органи дихання, печінка
109-66-0	Пентан	0,06	
608-93-5	Пентахлорбензол	0,0008	печінка, нірки
82-68-8	Пентахлорнітробензол	0,003	печінка
87-86-5	Пентахлорфенол	0,03	печінка, нірки, імунна система, ЦНС, гормональна система (щитовидна залоза)
7601-90-3	Перхлорна кислота	0,0005	гормональна система
1336-36-3	Поліхлоровані біфеніли	0,0005	ЦНС, печінка, репродуктивна, імунна та гормональна системи
103-65-1	Пропілбензол	0,01	
75-56-9	Пропіленоксид	0,0086	
79-09-4	Кислота пропіонова	40	
	Роданід	0,1	
7439-97-6	Ртуть, солі	0,0003	нирки, ЦНС, репродуктивна, імунна та гормональна системи
22967-92-6	Ртуть(1+) Метіл-іон, органічні сполуки, алкіли	0,0001	ЦНС

Продовження додатку 3

1	2	3	4
7439-92-1	Свинець	0,0035	ЦНС, кров, репродуктивна, імунна системи
7782-49-2	Селен, солі	0,005	шкіра, печінка, волосся, селезінка
7440-22-4	Срібло металеве	0,005	
506-64-9	Срібло ціанід	0,1	нервова система, гормональна система
75-15-0	Сірковуглець	0,1	розвиток (плід, потворність)
100-42-5	Стирол	0,2	кров, печінка, ЦНС, гормональна система
57-92-1	Стрептоміцин сульфат	0,05	
57-24-9	Стрихнін	0,0003	патологія органів
7440-24-6	Стронцій	0,6	кісткова система
7440-36-0	Сурма, оксиди	0,0004	біохімічні властивості
304-61-0	Сурма калій тартрат	0,0009	кров
77-81-6	Табун	4,00E-05	біохімічні властивості
7440-28-0	Талій, метал і оксид	7,00E-05	біохімічні властивості, печінка
563-68-8	Талій ацетат	9,00E-05	біохімічні властивості, волосся (алопеція)
10102-45-1	Талій нітрат		
12039-52-0	Талій селенід		
29809-42-5	Талій карбонат	8,00E-05	печінка, біохімічні властивості (ферменти)
7791-12-0	Талій хлорид		
13494-80-9	Телур	0,0005	печінка, ЦНС
56-23-5	Тетрахлорметан	0,0007	печінка, нирки, підшлункова залоза
25167-83-3	Тетрахлорфенол	0,03	печінка
127-18-4	Тетрахлоретилен	0,01	печінка, нирки, ЦНС
7440-32-6	Титан метал, діоксид	4	
108-88-3	Толуол	0,2	ЦНС, печінка, нирки
102-82-9	Трибутиламін	0,0014	
126-73-8	Трибутилфосфат	0,2	сечовий міхур, нирки
30498-63-6	ТриМетилциклогексан	0,6	ЦНС
545-06-2	Трихлорацетонітрил	0,0002	
76-03-9	Трихлороцтова кислота	0,1	печінка
25167-62-2	Трихлорфенол	0,003	
75-69-4	Трихлорфторметан	0,3	печінка
79-01-6	Трихлоретилен	0,0003	печінка, нирки, розвиток (плід), ЦНС, шкіра

Продовження додатку 3

1	2	3	4
121-44-8	Триетиламін	0,002	
64-19-7	Оцтова кислота	14,3	
7440-61-1	Уран	0,003	нирки, біохімічні властивості
7440-61-1	Уран, розчинні у воді сполуки	0,0006	нирки, маса тіла
108-95-2	Фенол	0,3	нирки, ЦНС, шлунково-кишковий тракт
50-00-0	Формальдегід	0,2	шлунково-кишковий тракт, ЦНС, печінка, нирки
7803-51-2	Фосфін	0,0003	маса тіла
12185-10-3	Фосфор жовтий	2,0E-05	волосся, репродуктивна система
7723-14-0	Фосфор загальний	11	
85-44-9	Фталевий ангідрид	2	нирки, органи дихання
7782-41-4	Фтор і його сполуки	0,06	зуби, кісткова система
110-00-9	Фуран	0,001	печінка
98-01-1	Фурфурол	0,003	печінка
7782-50-5	Хлор	0,1	слизові, імунна система
10049-04-4	Хлор діоксид	0,03	ЦНС
127-52-6	Хлорамін	0,1	
108-90-7	Хлорбензол	0,02	печінка, нирки, кров, шлунково-кишковий тракт
74-97-5	Хлорбромметан	0,013	
75-45-6	Хлордиформетан	14	
5120-73-9	Хлоровані дібензофурані (суміш ізомерів)	0,008	печінка, нирки
74-87-3	Хлорметан	0,016	нервова система, ЦНС
67-66-3	Хлороформ	0,01	печінка, нирки, ЦНС, гормональна система, кров
52-68-6	Хлорофос	0,002	біохімічні властивості
79-11-8	Хлороцтова кислота	0,002	серцево-судинна система
25167-80-0	Хлорфеноли	0,03	
506-77-4	Хлорціан	0,05	гормональна система (щитовидна залоза), маса тіла
7440-47-3	Хром (загальний)	0,005	печінка, нирки, шлунково-кишковий тракт, слизові
16065-83-1	Хром(III)	1,5	
18540-29-9	Хром(VI)	0,003	

Продовження додатку 3

1	2	3	4
1333-82-0	Хром триоксид	0,005	
7738-94-5	Хромово кислота	0,003	
420-04-2	Ціанамід	0,002	селезінка
57-12-5	Ціаніди	0,02	нервова і гормональна системи
108-94-1	Циклогексанон	5	маса тіла
108-91-8	Циклогексиламін	0,2	репродуктивна система
7440-66-6	Цинк і його сполуки	0,3	кров, біохімічні властивості
557-21-1	Цинк ціанід	0,05	нервова і гормональна (щитовидна залоза) системи
106-89-8	Епіхлоргідрин	0,002	нирки, печінка, ЦНС
64-17-5	Етанол	54	
141-78-6	Етилацетат	0,9	маса тіла
100-41-4	Етилбензол	0,1	печінка, нірки
107-21-1	Етиленгліколь	2	нирки, маса тіла
107-15-3	Етилендіамін	0,09	печінка, нірки

Додаток 4

Фактори канцерогенного потенціалу [мг/(кг·добу)]⁻¹

CAS	Речовина	SFo	SFi
1	2	3	4
630-20-6	1,1,1,2-Тетрахлоретан	0,026	0,026
79-34-5	1,1,2,2-Тетрахлоретан	0,2	0,2
79-00-5	1,1,2-Трихлоретан	0,057	0,057
57-14-7	1,1-Диметилгідазин	550	550
542-88-1	1,1'-Дихлордіметиловий ефір	220	217
75-34-3	1,1-Дихлоретан	0,0057	0,0057
75-35-4	1,1-Дихлоретилен	0,59	0,18
39001-02-0	1,2,3,4,5,6,7,8-Октахлордибензофуран	13	13
35822-46-9	1,2,3,4,6,7,8-Гептахлор-дибензо-п-діоксин	1600	1600
67562-39-4	1,2,3,4,6,7,8-Гептахлордибензофуран	1600	1600
55673-89-7	1,2,3,4,7,8,9-Гептахлордибензофуран		1300
39227-28-6	1,2,3,4,7,8-Гексахлор-дибензо-п-діоксин	16000	16000
70648-26-9	1,2,3,4,7,8-Гексахлордибензофуран	16000	16000
57653-85-7	1,2,3,6,7,8-Гексахлор-дибензо-п-діоксин	16000	16000
57117-44-9	1,2,3,6,7,8-Гексахлордибензофуран	16000	16000
19408-74-3	1,2,3,7,8,9-Гексахлор-дибензо-п-діоксин	6200	4550
72918-21-9	1,2,3,7,8,9-Гексахлордибензофуран	16000	16000
40321-76-4	1,2,3,7,8-Пентахлор-дибензо-п-діоксин	80000	80000
109719-77-9	1,2,3,7,8-Пентахлордибензофуран	8000	8000
96-18-4	1,2,3-Трихлорпропан	7	7
120-82-1	1,2,4-Трихлорбензол	0,0036	-
106-93-4	1,2-Диброметан	2	2,1
540-73-8	1,2-Диметилгідазин	550	550
122-66-7	1,2-Дифенілгідазин	0,8	0,77
78-87-5	1,2-Дихлорпропан	0,036	0,036
107-06-2	1,2-Дихлоретан	0,091	0,091
540-59-0	1,2-Дихлоретилен	-	1,2
10061-02-6	1,3-Дихлорпропен(Е), транс-	0,18	0,13
10061-01-5	1,3-Дихлорпропен(З), цис-	0,18	0,13
1120-71-4	1,3-Пропансультон	2,4	2,4
2475-45-8	1,4,5,8-Тетрааміноантрахінон	0,0045	0,0045
123-91-1	1,4-Діоксан	0,027	0,027
123-31-9	1,4-Діоксибензол	0,056	0,056
106-46-7	1,4-Дихлорбензол	0,0054	0,04
764-41-0	1,4-Дихлорбутен	9,3	9,3
42397-64-8	1,6-Динітропірен	120	39
117-10-2	1,8-Дигідроксиантрахінон	0,076	0,076

Продовження додатку 4

1	2	3	4
42397-65-9	1,8-Динітропірен	12	3,9
82-28-0	1-Аміно-2-Метилантрахінон	0,15	0,15
134-32-7	1-Нафтиламін	1,8	1,8
5522-43-0	1-Нітропірен	1,2	0,39
1116-54-7	2,2'(Нітросоіміно)-Діетанол	2,8	2,8
72-55-9	2,2-Біс(п-хлорфеніл)-1,1-дихлоретилен	0,34	0,34
108-60-1	2,2'- Дихлорізопропіловий ефір	0,07	0,035
38380-08-4	2,3,3',4,4',5-Гексахлорбіфеніл	75	75
32598-14-4	2,3,3',4,4'- Пентахлорбіфеніл	15	15
60851-34-5	2,3,4,6,7,8-Гексахлордобензофуран	16000	16000
57117-41-6	2,3,4,7,8-Пентахлордобензофуран	80000	80000
50585-41-6	2,3,7,8-Тетрабром-п-діоксин	75000	
1746-01-6	2,3,7,8-Тетрахлор-добензо-п-діоксин	150000	150000
51207-31-9	2,3,7,8-Тетрахлордобензофуран	16000	16000
118-96-7	2,4,6-Тринітротолуол	0,03	0,03
634-93-5	2,4,6- Трихлоранілін	0,034	0,034
33663-50-2	2,4,6- Трихлоранілін гідрохлорид	0,029	0,029
88-06-2	2,4,6-Трихлорфенол	0,011	0,011
	2,4-/2,6-Динітротолуол, суміш ізомерів	0,68	
1928-43-4	2,4-Д,2-етилгексилловий ефір	0,019	
615-05-4	2,4-Діаміноанізол	0,023	0,023
39156-41-7	2,4-Діаміноанізол сульфат	0,013	0,013
95-68-1	2,4-Диіметиланілін	0,75	0,75
21436-96-4	2,4-Диметиланілін гідрохлорид	0,58	0,58
121-14-2	2,4-Динітротолуол	0,68	0,31
584-84-9	2,4-Толуїлендіізоціанат		0,039
606-20-2	2,6-Динітротолуол	0,68	0,68
68006-83-7	2-Аміно-3-Метил-9Н-піридо[2,3-b]індол	1,2	1,2
132-27-4	2-Біфенілол, натрієва сіль	0,003	0,003
149-30-4	2-Меркаптобензотіазол	0,029	0,029
129-15-7	2-Метил-1-Нітроантрахінон	4,3	4,3
513-37-1	2-Метил-1-хлорпроп-1-ен	0,045	0,045
563-47-3	2-Метил-3-хлорпроп-1-ен	0,14	0,14
99-55-8	2-Метил-5-Нітроанілін	0,033	0,033
75-55-8	2- Метилазирідін	150	
95-53-4	2-Метиланілін	0,24	0,18
636-21-5	2-Метиланілін гідрохлорид	0,18	0,13
99-59-2	2-Метокси-5-Нітроанілін	0,046	0,049
90-04-0	2-Метоксианілін	0,14	0,14
134-29-2	2-Метоксибензамін гідрохлорид	0,11	0,11
91-59-8	2- Нафтиламін	1,8	1,8

Продовження додатку 4

1	2	3	4
79-46-9	2-Нітропропан	9,5	9,4
88-72-2	2-Нітротолуол	0,23	
607-57-8	2-Нітрофлуорен	0,12	0,039
25013-16-5	2-трет-Бутил-4-метоксифенол	0,0002	0,0002
90-43-7	2- Фенілфенол	0,0019	0,0019
95-81-8	2-Хлор-5-Метиланілін	4,3	8,4
75-29-6	2-Хлорпропан	0,13	0,13
32774-16-6	3,3',4,4',5,5'-Гексахлорбіфеніл	13	13
57465-28-8	3,3',4,4',5-Пентахлорбіфеніл(РСВ 126)	13000	13000
32598-13-3	3,3',4,4'-Тетрахлорбіфеніл	75	75
119-93-7	3,3'-Диметилбензидін	2,3	9,2
119-90-4	3,3'-Диметоксибензидін	0,014	0,014
91-94-1	3,3'-Дихлорбензидін	0,45	1,2
70362-50-4	3,4,4',5-Тетрахлорбіфеніл	13	13
6109-97-3	3-Аміно-9-етилкарбазол гідрохлорид	0,078	0,078
108-44-1	3-Метиланілін	0,24	0,24
56-49-5	3-Метилхолантрен	22	22
99-09-2	3-Нітроанілін	0,021	
96-12-8	3-Хлор-1,2-Дибромпропан	7	7
101-77-9	4,4'-Діамінодифенілметан	0,25	1,6
101-14-4	4,4'-Метиленбіс(2-хлор-анілін)	0,13	0,13
13552-44-8	4,4'-Метилендіанілін дихлорид	1,2	1,2
101-80-4	4,4'-Оксидіанілін	0,14	0,14
101-61-1	4,4'-Тетраметилдіамінодифенілметан	0,046	0,046
106-49-0	4-Метиланілін	0,19	0,19
100-01-6	4-Нітроанілін	0,021	
57835-92-4	4-Нітропірен	1,2	0,39
99-99-0	4-Нітротолуол	0,017	
95-69-2	4-Хлор-2-Метиланілін	0,58	0,58
106-47-8	4-Хлоранілін	0,0638	0,0638
3165-93-3	4-Хлор-о-толуїдін гідрохлорид	0,46	0,46
95-83-0	4-Хлор-о-фенілендіамін	0,016	0,016
120-71-8	5-Метил-2-метоксианілін	0,15	0,15
3697-24-3	5-Метилхризен	12	3,9
602-87-9	5-Нітроаценафтен	0,13	0,13
7496-02-8	6-Нітрохризен	120	39
57-97-6	7,12-Диметил-бенз[а]антрацен	250	250
194-59-2	7-Н-Дибензо[с,г]карбазол	230	
156-10-5	N-(4-Нітрозофеніл)анілін	0,022	0,022
90-94-8	N,N,N,N-ТетраМетил-4,4'-Діамінобензофенон	0,86	0,86

Продовження додатку 4

1	2	3	4
148-18-5	N,N-Діетилдитіокарбамат натрію	0,27	0,27
70-25-7	N-Метил-N'-Нітрозоз-N-Нітрогуанідін	8,3	8,3
684-93-5	N-Нітрозоз-N-метилсечовина	120	120
615-53-2	N-Нітрозоз-N-метилуретан	110	110
759-73-9	N-Нітрозоз-N-етилмочевина	140	27
924-16-3	N-Нітрозодибутиламін	5,4	5,6
62-75-9	N-Нітрозодиметиламін	51	49
621-64-7	N-Нітрозодипропіламін	7	7
86-30-6	N-Нітрозодифеніламін	0,0049	0,009
55-18-5	N-Нітрозодіетиламін	150	150
10595-95-6	N-Нітрозометилетиламін	22	22
59-89-2	N-Нітрозоморфолін	6,7	6,7
16543-55-8	N'-Нітрозонорнікотин	1,4	1,4
100-75-4	N-Нітрозопіперидін	9,4	9,4
930-55-2	N-Нітрозопіролідін	2,1	2,1
133-07-3	N-Трихлорметилгіофталімід	0,0035	0,0035
115-02-6	Азасерін	11	11
446-86-6	Азатіоприн	1,8	1,8
103-33-3	Азобензол	0,11	0,11
79-06-1	Акриламід	4,5	4,5
309-00-2	Алдрин	17	17
107-05-1	Аліл хлористий	0,021	0,021
319-84-6	альфа-Ліндан	6,3	6,3
61-82-5	Амітрол	0,91	0,91
62-53-3	Анілін	0,0057	0,0057
74115-24-5	Апполо	0,0376	
140-57-8	Араміт	0,025	0,025
12674-11-2	Арохлор 1016	0,07	0,07
11104-28-2	Арохлор 1221	2	2
11141-16-5	Арохлор 1232	2	2
12672-29-6	Арохлор 1248	2	2
53469-21-9	Арохлор 1252	2	2
11097-69-1	Арохлор 1254	2	2
11096-82-5	Арохлор 1260	2	2
1332-21-4	Азбести		22
1912-24-9	Атразин	0,222	0,22
492-80-8	Аурамин	0,88	0,88
75-07-0	Ацетальдегід	-	0,0077
60-35-5	Ацетамід	0,07	0,07
53-96-3	Ацетиламінофлуорен	3,8	3,8

Продовження додатку 4

1	2	3	4
34256-82-1	Ацетохлор	0,0169	
30560-19-1	Ацефат	0,0087	0,0087
50594-66-6	Ацифлуорфен	0,11	0,11
62476-59-9	Ацифлуорфен, натрієва сіль	0,107	
56-55-3	Бенз[а]антрацен	21	0,31
92-87-5	Бензидін	230	234
100-44-7	Бензил хлористий	0,17	0,17
8006-61-9	Бензин		0,035
50-32-8	Бензо(а)пирен	7,3	3,9
205-99-2	Бензо[б]флуорантен	7,3	0,39
205-82-3	Бензо[і]флуорантен	6,1	0,39
207-08-9	Бензо[к]флуорантен	0,073	0,031
71-43-2	Бензол	0,055	0,027
98-07-7	Бензотрихлорид	13	13
17804-35-2	Беноміл	0,0042	0,0042
7440-41-7	Берилій	4,3	8,4
1304-56-9	Берилію оксид	7	7
39638-32-9	Бис(2-хлорізопропиловий) ефір	0,07	0,035
111-44-4	Бис(2-хлоретиловий) ефір	1,1	1,15
82657-04-3	Біфентрин	0,054	0,054
15541-45-4	Бромати	0,7	
67774-32-7	Бромдіфеніли	8,9	30
75-27-4	Бромдихлорметан	0,062	0,13
1689-84-5	Бромоксиніл	0,103	
75-25-2	Бромформ	0,0079	0,0039
593-60-2	Брометен	0,11	0,11
78-48-8	Бутифос	0,239	-
75-01-4	Вінілхлорид	1,9	0,0308
79983-71-4	Гексаконазол	0,016	
608-73-1	Гексахлоран	1,8	1,78
118-74-1	Гексахлорбензол	1,6	1,6
87-68-3	Гексахлорбутадиен	0,0078	0,077
34465-46-8	Гексахлордибензо-п-діоксин	13000	13000
67-72-1	Гексахлоретан	0,014	0,014
548-62-9	Генціанвіолет	0,1	
76-44-8	Гептахлор	4,5	4,5
1024-57-3	Гептахлорепоксид	9,1	9,1
302-01-2	Гідразин	3	17,1
7803-57-8	Гідразин гідрат	3	17
10034-93-2	Гідразин сульфат	3	17

Продовження додатку 4

1	2	3	4
16568-02-8	Гиромитрин	10	10
1071-83-6	Гліфосат	5,00E-05	
4342-03-4	Дакарбазин	49	49
1861-32-1	Дактал	0,00149	
50-29-3	ДДТ	0,34	0,34
103-23-1	Ді(2-етилгексил)адіпат	0,0012	0,0012
117-81-7	Ді(2-етилгексил)фталат	0,014	0,0084
2303-16-4	Діаллат	0,061	0,061
224-42-0	Дибенз[а,і]акридін	1,2	0,39
226-36-8	Дибенз[а,н]акридін	1,2	0,39
53-70-3	Дибензо(а,н)антрацен	7,3	3,1
189-64-0	Дибензо[а,н]пірен	120	39
189-55-9	Дибензо[а,і]пірен	120	39
191-30-0	Дибензо[а,і]пірен	120	39
	Дибензо[ф,і]антрацен	12	3,9
115-32-2	Дикофол	0,44	0,44
79-44-7	Диметилкарбамолхлорид	13	13
77-78-1	Диметилсульфат		34
25321-14-6	Динітротолуол (суміш ізомерів)	0,68	0,68
136-45-8	Ді-н-пропілізоцинхомеронат	0,0024	
1746-01-6	Діоксіни (хлоровані дибензодіоксіни)	150000	150000
1143-38-0	Дитранол	0,22	35
330-54-1	Діурон	0,019	
119446-68-3	Дифеноконазол	0,157	
25321-22-6	Дихлорбензол	0,024	0,024
75-09-2	Дихлорметан	0,0075	0,0016
62-73-7	Дихлорофос	0,29	0,29
79-43-6	Дихлороцтова кислота	0,05	
1300-21-6	Дихлоретан	0,091	0,091
60-57-1	Діелдрин	16	16
56-53-1	Діетилстильбестрол	4700	490
78-59-1	Изофорон	0,00094	0,00095
51338-27-3	Іллоксан	0,23	
35554-44-0	Имазалил	0,062	
193-39-5	Индено[1,2,3-с,д]пірен	0,73	0,31
505-60-2	Іприт	9,5	
36734-19-7	Іпродіон	0,0439	0,0439
74-88-4	Йодметан	2,9	2,9
7440-43-9	Кадмій	0,38	6,3
75-60-5	Какоділова кислота	0,0623	
7758-01-2	Калію бромат	0,7	0,49

Продовження додатку 4

1	2	3	4
65996-93-2	Кам'яновугільні дьогті; поліциклічні ароматичні сполуки		2,17
133-06-2	Каптан	0,0035	0,0023
2425-06-1	Каптофол	0,0086	0,15
86-74-8	Карбазол	0,02	0,02
63-25-2	Карбарил	0,0119	0,0227
143-50-0	Кепон	8	16
7440-48-4	Кобальт		9,8
143390-89-0	Крезоксиметил	0,0029	
123-73-9	Кротональдегід	1,9	1,9
135-20-6	Купферон	0,22	0,22
303-34-4	Лазіокарпін	7,8	7,8
12427-38-2	Манеб	0,06	0,06
8018-01-7	Манкозєб	0,0601	
148-82-3	Мелфалан	130	130
137-42-8	Метам-натрий	0,198	
60-34-4	Метилгідрозин	1,1	17,2
66-27-3	Метилметансульфонат	0,099	0,099
56-04-2	Метилтіоураціл	0,4	0,4
1634-04-4	Метил-трет-бутиловий ефір	0,003	0,00015
51218-45-2	Метолахлор	0,0052	0,00916
2385-85-5	Мирекс	1,8	18
50-07-7	Мітоміцин С	8200	8200
121-73-3	м-Нітрохлорбензол	0,018	0
2212-67-1	Молінат	0,11	
315-22-0	Монокроталін	10	10
2439-01-2	Морестан	0,0342	
7440-38-2	Миш'як	1,5	15
192-65-4	Нафто(1,2,3,4-def)хризєн	12	3,9
7440-02-0	Нікель		0,84
13463-39-3	Нікелю карбоніл		0,91
	Нікель очищений, пил		0,84
12035-72-2	Нікель субсульфід	1,7	1,68
139-13-9	Нітрилтриоцтова кислота	0,0053	0,0053
18662-53-8	Нітрилтриоцтова кислота, тринатрієва сіль моногідрат	0,01	0,01
55-63-0	Нітроглицєрін	0,014	0,014
1836-75-5	Нітрофєн	0,082	0,082
555-84-0	Ніфураден	0	1,8
3570-75-0	Ніфуртіазол	2,3	2,3
51-98-9	Норєстирєну ацєтат	0,047	

Продовження додатку 4

1	2	3	4
78-42-2	О,О,О-Трис-(2-етил-гексил)фосфат	0,0032	
64-67-5	О,О-Діетилсульфат	1,2	1,2
97-56-3	о-Аміноазотолуол	3,8	3,8
	Загальні вуглеводні (по С)		0,035
77732-09-3	Оксадиксил	0,053	
42874-03-3	Оксифлуорфен	0,0732	
3268-87-9	Октахлордибензо-п-діоксин		130
88-73-3	о-Нітрохлорбензол	0,0097	0,025
82-68-8	Пентахлорнітробензол	0,26	0,26
87-86-5	Пентахлорфенол	0,12	0,018
52645-53-1	Перметрін	0,0184	0,0184
5160-02-1	Пігмент червоний	0,0053	0,0053
121-21-1	Піретрин 1	0,00514	
123343-16-8	Піритіобак-натрій	0,00105	
120-80-9	Пірокатехін	0,009	0,009
1694-09-3	Харчовий фіолетовий 2	0,02	0,02
100-00-5	п-Нітрохлорбензол	0,0067	0,018
1336-36-3	Поліхлоровані біфеніли	0,4	0,4
65996-93-2	Поліциклічні органічні речовини	7,3	0,7
3564-09-8	Понсо 3R	0,016	0,016
3761-53-3	Понсо МХ	0,0045	0,0045
671-16-9	Прокарбазін	14	14
366-70-1	Прокарбазіну гідрохлорид	12	12
23950-58-5	Пронамід	0,0154	0,0154
139-40-2	Пропазин	0,0445	
2312-35-8	Пропаргіт	0,0171	
60207-90-1	Пропіканозол	0,0179	
75-56-9	Пропіленоксид	0,24	0,013
51-52-5	Пропілтгіоурацил	1	1
114-26-1	Пропоксур	0,00369	0,00369
67747-09-5	Прохлорац	0,15	0,15
16071-86-6	Прямий коричневий 95	9,3	6,7
2602-46-2	Прямий синій 6	8,1	7,4
1937-37-7	Прямий чорний 38	8,6	7,4
5216-25-1	п-Хлорбензотрихлорид	20	20
50-55-5	Резерпін	11	11
50471-44-8	Ронілан	0,29	
19666-30-9	Ронстар	0,14	
78587-05-0	Савей	0,0222	
	Сажа		0,0155

Продовження додатку 4

1	2	3	4
94-59-7	Сафрол	0,22	0,22
7439-92-1	Свинець	0,047	0,042
301-04-2	Свинцю ацетат	0,03	0,28
1335-32-6	Свинцю ацетат, основний	0,03	0,038
7758-97-6	Свинцю хромат	0,017	
10048-13-2	Стеригматоцистин	0,22	35
100-42-5	Стирол	0,03	0,002
96-09-3	Стиролоксид	0,16	0,16
18883-66-4	Стрептозоцин	110	110
95-06-7	Сульфаллат	0,19	0,19
141776-32-1	Сульфосульфурон	0,00103	
32809-16-8	Сумилекс	0,0235	
33089-61-1	Тактик	0,0497	-
2593-15-9	Терракур	0,072	
109-99-9	Тетрагідрофуран	0,0076	0,0068
112281-77-3	Тетраконазол	0,037	
56-23-5	Тетрахлорметан	0,13	0,053
118-75-2	Тетрахлорхінон	0,403	0,4
127-18-4	Тетрахлоретилен	0,052	0,002
111988-49-9	Тіаклоприд	0,0406	0,0406
153719-23-4	Тіаметоксам	0,0377	
62-55-5	Тіоацетамід	6,1	6,1
59669-26-0	Тіодікарб	0,0188	
62-56-6	Тіосечовина	0,072	0,072
52-24-4	Тіофосфамід	12	12
8001-35-2	Токсафен	1,2	1,1
91-08-7	Толуол-2,6-діізоціанат		0,039
26471-62-5	Толуол діізоціанат	0,039	0,039
87820-88-0	Тралкоксидім	0,0168	0,0048
75-65-0	трет-Бутанол	0,003	-
1582-09-8	Трефлан	0,0077	0,0077
115-96-8	Три (2-хлоретил)фосфат	0,014	
2303-17-5	Тріалат	0,0717	0,0832
712-68-5	Тріафур	16	16
126-73-8	Трибутилфосфат	0,0054	
512-56-1	Триметилфосфат	0,037	0,037
62450-06-0	Триптофан Р1	26	26
62450-07-1	Триптофан Р-2	3,2	3,2
126-72-7	Трис(2,3-Дибромпропіл)-фосфат	2,3	2,3

Продовження додатку 4

1	2	3	4
76-87-9	Трифеніловогидроксид	1,83	
79-01-6	Трихлоретілен	0,011	0,0063
1333-86-4	Вуглець чорний		0,017
3546-10-9	Фенестерин	150	150
95-54-5	Фенилен-1,2-діамин	0,047	-
95-80-7	Фенилен-2,4-діамин	3,2	4
50-06-6	Фенобарбітал	0,46	0,46
59-96-1	Феноксibenзамін	3,1	3,1
63-92-3	Феноксibenзаміну гідрохлорид	2,7	2,7
79622-59-6	Флуазинам	0,054	
2164-17-2	Флуометурон	0,018	-
117337-19-6	Флутацетметил	2	0,57
17337-19-6	Флугіацетметил	0,207	
72178-02-0	Фомесафем	0,19	0,19
50-00-0	Формальдегід	-	0,046
961-11-5	Фосфорна кислота	0,024	0,024
67-45-8	Фуразолідон	3,8	3,8
59-87-0	Фурацилін	1,5	9,4
3688-53-7	Фуриламід	0,21	0,21
531-82-8	Фуріум	50	1,5
60568-05-0	Фурмециклокс	0,03	0,03
91-22-5	Хінолін	3	12
510-15-6	Хлорбензилат	0,27	0,27
305-03-3	Хлорбутин	0,0023	440
57-74-9	Хлордан	1,2	1,3
12789-03-6	Хлордан технічний	0,035	0,35
73506-94-2	Хлордиброметан	0,084	0
6164-98-3	Хлордимерформ	1,3	
	Хлоровані діоксини і дибензофурані	156000	
108171-26-2	Хлоровані парафіни C12 (60 % хлору)	0,089	0,089
74-87-3	Хлорметан	0,013	0,0063
107-30-2	Хлорметоксиметан	2,4	2,4
1897-45-6	Хлороталоніл	0,011	0,0031
67-66-3	Хлороформ	0,0061	0,008
61788-33-8	Хлортерфеніли	4,5	0
569-57-3	Хлортріанізен	240	240
25167-80-0	Хлорфеноли	0,12	
115-28-6	Хлорендікова кислота	0,091	0,091
75-00-3	Хлоретан	0,0029	0,0047
218-01-9	Хризен	2	0,0031

Продовження додатку 4

1	2	3	4
21725-46-2	Ціаназін	0,84	0,84
420-04-2	Ціанамід	0,0674	0
121-82-4	Ціклоніт	0,11	0,11
6055-19-2	Ціклофосфамід гідрат	0,57	0,57
50-18-0	Циклофосфан	0,61	0,61
87-29-6	Цинамілантранілат	0,0046	0,0046
52315-07-8	Ціперметрин	0,019	0,019
113096-99-4	Ципроконазол	0,302	0,08
94361-06-5	Ципроконазол (SAN 619F)	0,3	
66215-27-8	Циромазин	0,0024	0,0024
	Емісії бензинових двигунів без добавок свинцю (за органічними речовинами)		0,42
	Емісії бензинових двигунів без добавок свинцю (по завислих речовинах)		0,056
	Емісії дизельних двигунів		1,1
8007-45-2	Емісії доменного виробництва. Кам'яновугільні смоли		2,17
106-89-8	Епіхлоргідрин	0,0099	0,0042
50-28-2	Естрадіол	39	39
140-88-5	Етилакрилат	0,048	0,048
100-41-4	Етилбензол		0,00385
151-56-4	Етиленімін	65	65
75-21-8	Етиленоксид	1	0,35
96-45-7	Етилентіосечовина	0,11	0,045
62-50-0	Етилметансульфонат	293	
13194-48-4	Етопроп	0,0281	0,0281
80844-07-1	Етофенпрокс	0,0051	