

ОЦІНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ХРОНІЧНОЇ ІНТОКСИКАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕНОГО АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Колісник А.В.

Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса

Kolisnyk.A.V@gmail.com

Для врахування негативних екологічних впливів найрізноманітніших факторів важливо застосовувати підхід, який базується на оцінці ризику несприятливих наслідків. Упродовж тривалого часу оцінка ризику для здоров'я людей, зумовленого забрудненням довкілля, була на відповідальності експертів із токсикології та гігієни. Це було пов'язано з необхідністю врахування великої кількості факторів, які зумовлюють характер впливу шкідливих речовин на організм людини. Нині розроблені методики, які дозволяють отримати приблизні оцінки ризику на основі узагальнених показників, таких як: клас безпеки, кратність перевищення гранично допустимих концентрацій тощо. Для врахування та аналізу негативного впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я, що може бути реалізовано у хронічних проявах, у роботі застосована лінійно-експоненціальна модель. Метою дослідження є оцінка канцерогенного ризику хронічної інтоксикації від забрудненого атмосферного повітря проживаючого в великих містах Півдня України населення. Об'єкт дослідження – канцерогенний ризик хронічної інтоксикації. Предмет дослідження – вплив забруднювальних речовин атмосферного повітря м. Одеса, м. Ізмаїл, м. Миколаїв, м. Херсон, м. Запоріжжя на безпечність умов перебування населення на відкритому повітрі. Вихідними даними є інформація про концентрації забруднюючих речовин у атмосферному повітрі з офіційних джерел – Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища в 2017 році (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька області). За результатами оцінки канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від забрудненого атмосферного повітря міст Півдня України встановлено, що найвищі значення канцерогенного ризику відзначаються для м. Одеса, а найнижчі – для м. Ізмаїл. У 2017 р. найбезпечніші умови перебування на відкритому повітрі характерні для м. Ізмаїлу (9 год.). Інші міста за зменшенням ступеня безпечності розподілилися таким чином: м. Запоріжжя (6 год.), м. Миколаїв (5 год.), м. Херсон (4 год.) та м. Одеса (3 год.). Отже, найнебезпечніші умови перебування на відкритому повітрі характерні для м. Одеса. *Ключові слова:* ризик, хронічна інтоксикація, канцерогенний ризик, забруднюючі речовини, атмосферне повітря.

Assessment of carcinogenic risk of chronic intoxication of the population from polluted air. Kolisnyk A.

When you take into account the negative environmental impacts of a variety of factors, it is important to apply an approach based on risk assessment of adverse effects. To take into account the negative environmental impacts of a variety of factors, it is important to apply an approach based on risk assessment of adverse effects. Toxicology and hygiene experts have long been responsible for assessing the risk to human health from environmental pollution. This was due to the need to take into account a large number of factors that determine the nature of the effects of harmful substances on the human body. At present, methods have been developed that allow to obtain approximate risk estimates based on generalized indicators such as: hazard class, multiplicity of exceeding the maximum allowable concentrations, etc. A linear-exponential model is used to take into account and analyze the negative impact of air pollution on health, which can be realized in chronic manifestations. The aim of the study is to assess the carcinogenic risk of chronic intoxication from polluted air to the population residing in large cities of southern Ukraine. The subject of the study is the carcinogenic risk of chronic intoxication. Object – the impact of air pollutants in Odessa, Izmayil, Mykolaiv, Kherson, Zaporizhzhya on the safety of the population while in the open air. The initial data are information on the concentration of pollutants in the air from official sources – Regional Reports on the State of the Environment in 2017 (Odessa, Izmayil, Mykolaiv, Kherson, Zaporizhzhya regions). According to the results of the assessment of carcinogenic risk of chronic intoxication of the population from polluted air in the cities of the South of Ukraine it is established that the highest levels of carcinogenic risk are observed in Odessa, and the lowest in Izmayil. In 2017, the safest conditions for staying outdoors were calculated for the city of Izmayil (9 hours). Other cities in order of decreasing security are as follows: Zaporizhzhya (6 hours), Mykolaiv (5 hours), Kherson (4 hours) and Odessa (3 hours). Thus, the most dangerous conditions in the open air are typical for the city of Odessa. *Key words:* risk, chronic intoxication, carcinogenic risk, pollutants, atmospheric air.

Постановка проблеми. Для оцінки негативних екологічних впливів найрізноманітніших факторів (аварійні ситуації, забруднення хімічними речовинами і радіонуклідами, нераціональна господарська діяльність, природні катастрофи тощо) в останні роки активно розпочали застосовувати підхід, який

базується на оцінці ризику несприятливих наслідків. Методи оцінки екологічного ризику не можуть охопити все багатоманіття проблем, пов'язаних з оцінкою екологічного ризику, і описують тільки найважливіші з них. Упродовж тривалого часу оцінка ризику для здоров'я людей, зумовленого забрудненням

довкілля, була на відповідальності експертів із токсикології та гігієни. Це було пов'язано з необхідністю врахування великої кількості факторів, які зумовлюють характер впливу шкідливих речовин на організм людини. Нині розроблені методики, які дозволяють отримати приблизні оцінки ризику на основі узагальнених показників, таких як: клас безпеки, кратність перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) тощо.

Актуальність дослідження. Відомо, що атмосферне повітря є одним з основних життєво важливих елементів навколишнього природного середовища, а забруднене повітря може спричинити виникнення токсичних ефектів для здоров'я людей. Для врахування та аналізу негативного впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я, що може бути реалізовано у хронічних проявах (в тому числі канцерогенних та імунотоксичних), у роботі застосована лінійно-експоненціальна модель.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Тематика дослідження відповідає основним напрямкам наукової діяльності кафедри екології та охорони довкілля Одеського державного екологічного університету.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналізуючи останні дослідження, які пов'язані із темою статті, слід відзначити, що дослідження екологічних ризиків для населення трапляються рідко. Автори досліджень екологічних ризиків для здоров'я населення [1, 2] стверджують, що за умови розуміння ризику як усвідомленої небезпеки виникнення подій із визначеними у просторі і часі небажаними наслідками та встановлення його як величини кількісної можна визначити ризик для здоров'я населення як помноження імовірності негативної події на величину можливого збитку від неї. Така форма визначення ризику, на думку авторів, достатньо зручна, тому що дозволяє об'єднати у одному показнику різномірні дані про об'єкт та суб'єкт безпеки, одержувати інтегральні оцінки ризику від необмеженої кількості негативних процесів будь-якого генезу. Часто для оцінки екологічного ризику від забруднення атмосферного повітря застосовують Методику визначення розміру ризику скорочення тривалості життя під впливом забруднювачів атмосферного повітря [3, 4], в якій оцінка ризику передбачає проведення чотирьох етапів: 1) ідентифікації небезпеки; 2) оцінки експозиції (кількості хімічної речовини, яка доступна для адсорбції (дозою) на обмінних оболонках тіла (легені, шлунково-кишковий тракт, шкіра) протягом певної тривалості впливу); 3) характеристики небезпеки (залежність «доза – ефект»); 4) характеристики ризику. За допомогою цього підходу можна виконати оцінку впливу забруднення атмосферного повітря на скорочення тривалості життя населення.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена

стаття. У дослідженні для врахування негативних впливів від забруднення довкілля під час оцінки екологічних ризиків застосована саме лінійно-експоненціальна модель, яка дозволяє отримати точну оцінку ризиків токсичних ефектів для здоров'я людей від забруднення атмосферного повітря на основі відомих та доступних показників, таких як: концентрації забруднюючих атмосферне повітря речовин, їх класи безпеки, тривалість знаходження в умовах забрудненого атмосферного повітря, параметри, які враховують особливості токсичних властивостей речовин.

Новизна. Полягає у тому, що в дослідженні виконана спроба застосування одного із складних методів, що дозволяє врахувати негативний вплив забрудненого атмосферного повітря на здоров'я населення, який раніше досліджувався лише експертами із токсикології та гігієни.

Методологічне або загальнонаукове значення. Специфікою екологічного ризику є, як правило, нерівномірний його розподіл по території, яка піддалася впливу небезпечного фактора. Розподіл ризику залежить від розподілу несприятливих факторів, які можуть бути статистичними або змінними. Водночас забруднення приземного шару атмосфери промисловими викидами може сильно змінюватися в часі залежно від напрямку і швидкості вітру та інших метеорологічних параметрів. У цьому разі слід врахувати дві крайні ситуації: короткостроковий вплив сильної діючої фактора та тривалий багаторічний вплив відносно малоінтенсивного фактора. Несприятливі зміни у здоров'ї людей, зумовлені щоденним або професійним контактом із токсичними речовинами, в загальному випадку мають вірогідніший характер. Це зумовлено значними варіаціями у фізичному стані людей, а також неможливо точно контролювати такі визначальні параметри ризику, як доза, час контакту, специфіка надходження речовини в організм тощо.

Під час проведення оцінок ризику для здоров'я і життя людей все населення ділять на групи за віковою, професійною, соціальною ознаками і виконують оцінку ризику для кожної з цих груп. Вищезазначені обставини роблять процес оцінки ризиків вкрай трудомістким, таким, який потребує обробки великого обсягу вихідної інформації. У науково-технічних літературних джерелах є різні підходи, моделі та методи розрахунку концентрацій шкідливих речовин під час їх міграції у компонентах довкілля.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження одного з видів екологічного ризику від забруднення довкілля застосована *Методика оцінки ризиків токсичних ефектів для здоров'я людей від забруднення атмосферного повітря*. Оцінка ризику, яка виконується на її основі, припускає реалізацію сценарію, за якого населення піддається впливу токсиканта, концентрація якого в повітрі c ($\text{мг}/\text{м}^3$), час експозиції t не менше 30 хвилин, а ризик захворюваності є функцією дози токсиканта, який поступив в організм середньостатистичного представника

групи населення за все життя. Щодо забруднення атмосферного повітря доза токсиканта може бути оцінена на основі даних про концентрацію токсиканта у повітрі та тривалості перебування людей в умовах забрудненого атмосферного повітря [5].

Для вираження ризику хронічної інтоксикації – R_z (у тому числі й канцерогенного ризику), пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря, використовують лінійно-експоненціальну безпорогову модель [6]:

$$R_z = 1 - \exp(-UR \times \tau \times c^\beta) \quad (1)$$

де UR – одиничний ризик – коефіцієнт пропорційності, який пов'язує значення ризику із концентрацією токсиканта;

c – концентрація або доза речовини, яка чинить негативний вплив на організм людини протягом часу експозиції – τ ;

β – коефіцієнт, який враховує особливості токсичних властивостей речовин.

Параметри рівняння (1) виражаємо у виді, більш зручному для виконання практичних розрахунків [6]:

$$R_z = 1 - \exp - 0,174 \times \left(\frac{c}{ГДК_{cd} \times K_z} \right)^\beta \times \tau \quad (2)$$

де $ГДК_{cd}$ – гранично допустима середньодобова концентрація хімічної речовини у атмосферному повітрі населених місць, мг/м³.

Параметри β та K_z , рекомендовані для розрахунків, наведені в табл. 1. Крім того, незалежно від класу небезпеки речовини, за концентрації, яка не перевищує значення ГДК, $\beta = 1,00$ [6].

Таблиця 1

Параметри для розрахунку ризику хронічної інтоксикації, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря [5]

Клас небезпеки токсиканта	Характеристика речовини	β	K_z
1-й	Надзвичайно небезпечні	2,40	7,5
2-й	Високонебезпечні	1,31	6,0
3-й	Помірно небезпечні	1,00	4,5
4-й	Малонебезпечні	0,86	3,0

У дослідженні виконана оцінка канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від забрудненого атмосферного повітря міст Півдня України: Одеси, Ізмаїла, Миколаєва, Херсона та Запоріжжя в 2017 р. Як вихідні дані для дослідження використані концентрації забруднюючих речовин у атмосферному повітрі з офіційних джерел [7–10].

На першому етапі дослідження на основі методу ГДК [11] розраховуємо показники кратності перевищення ГДК з урахуванням відповідних середньодобових та максимально разових ГДК. Для м. Одеса, м. Миколаїв та м. Херсон встановлено, що пріоритетною забруднюючою речовиною в атмосферному повітрі є формальдегід; для м. Ізмаїл – діоксид азоту; для м. Запоріжжя – пил (за максимальними з разових

концентраціями) та діоксид азоту (за середньорічними концентраціями).

На наступному етапі дослідження застосовуємо математичний апарат Методики. Ризик хронічної інтоксикації розраховуємо за формулою (2). При цьому час експозиції (τ) задаємо змінним від однієї до двадцяти чотирьох годин (на добу) знаходження населення в умовах забрудненого атмосферного повітря. Комплекс ЗР для атмосферного повітря кожного з п'яти міст індивідуальний.

Динаміка зміни розрахованих числових значень канцерогенного ризику хронічної інтоксикації, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря, залежно від часу експозиції для кожного з п'яти міст наведена на рисунках 1, 3, 5, 7, 9. Логічно, що зі збільшенням часу експозиції збільшується значення канцерогенного ризику, що пов'язано із прямою залежністю між цими параметрами та відповідає встановленій у Методикі графічній залежності ризику хронічних захворювань, зумовлених забрудненням атмосферного повітря, від кратності перевищення ГДК для речовин різних класів небезпеки.

На рисунках 2, 4, 6, 8, 10 репрезентовані сумарні канцерогенні ризики хронічної інтоксикації залежно від часу експозиції. Сумарний канцерогенний ризик, який не перевищує одиницю, можна вважати допустимим для організму людини, яка знаходиться в умовах відкритого атмосферного повітря і піддається негативному впливу комплексу забруднювальних речовин. Час експозиції може бути як «безпечним» та і «небезпечним» для людини в умовах відкритого атмосферного повітря. Аналізуючи сумарні канцерогенні ризики хронічної інтоксикації залежно від часу експозиції для кожного з міст Півдня України, встановимо безпечні умови для організму людини.

Для м. Одеси (рис. 1) найвищі канцерогенні ризики хронічної дії відзначаються для формальдегіду та оксидів вуглецю. За значеннями сумарного канцерогенного ризику (рис. 2) безпечним є перебування в умовах відкритого атмосферного повітря не більше 3 годин на добу.

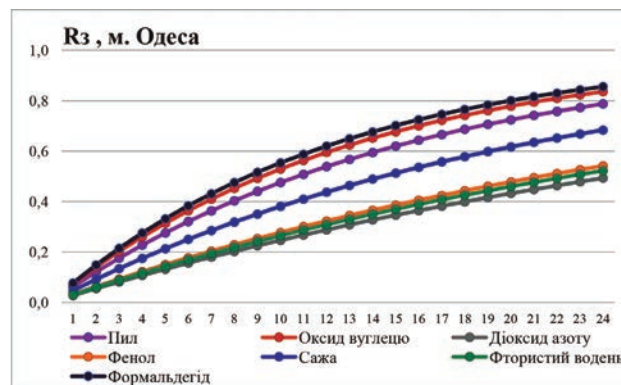


Рис. 1. Зміна канцерогенного ризику хронічної інтоксикації залежно від часу експозиції (м. Одеса, 2017 р.)

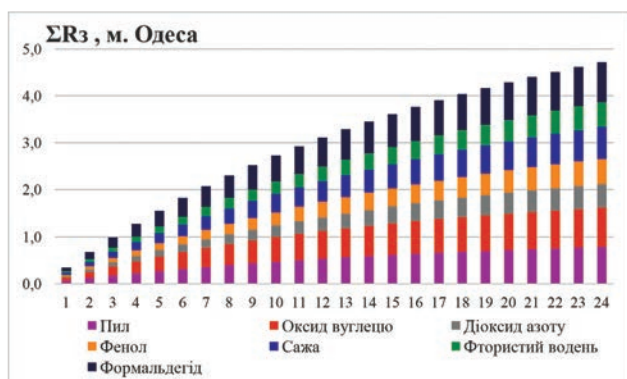


Рис. 2. Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації (м. Одеса, 2017 р.)

Для м. Ізмаїл (рис. 3) найвищі канцерогенні ризики хронічної дії відзначаються для діоксиду сірки. За значеннями сумарного канцерогенного ризику (рис. 4) безпечним є перебування в умовах відкритого атмосферного повітря не більше 9 годин на добу.

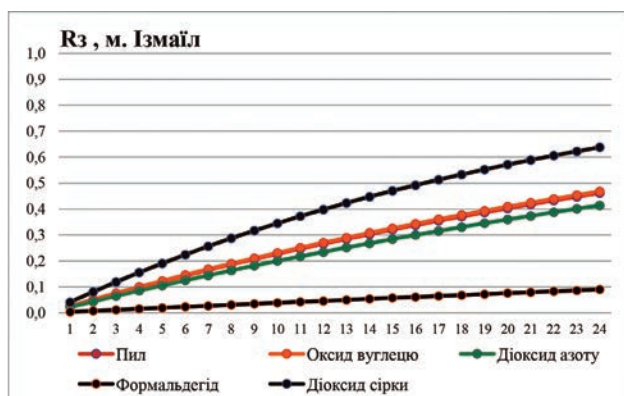


Рис. 3. Зміна канцерогенного ризику хронічної інтоксикації залежно від часу експозиції (м. Ізмаїл, 2017 р.)

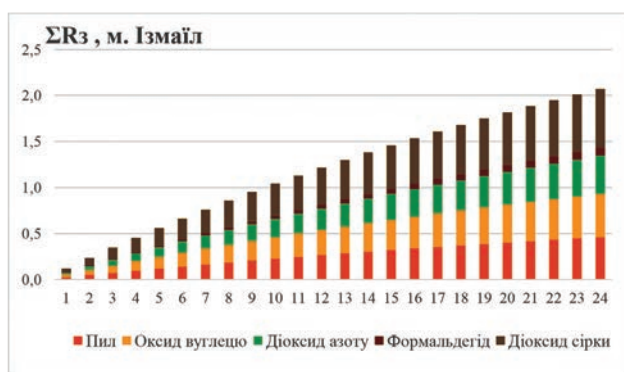


Рис. 4. Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації (м. Ізмаїл, 2017 р.)

Для м. Миколаїв (рис. 5) найвищі канцерогенні ризики хронічної дії відзначаються для формальдегіду. А за значеннями сумарного канцерогенного ризику (рис. 6) безпечним є перебування в умовах відкритого атмосферного повітря не більше 5 годин на добу.

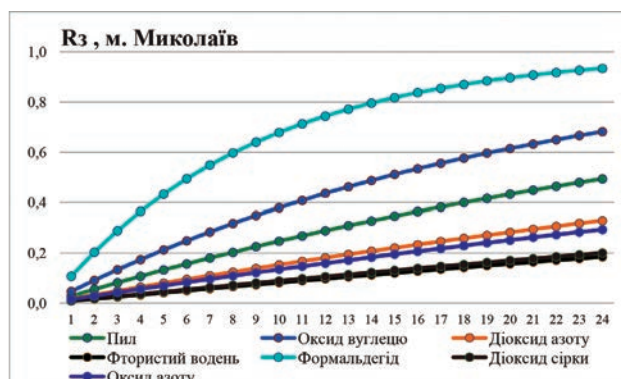


Рис. 5. Зміна канцерогенного ризику хронічної інтоксикації залежно від часу експозиції (м. Миколаїв, 2017 р.)

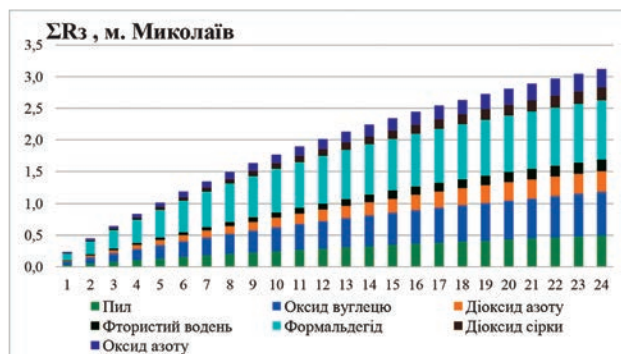


Рис. 6. Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації (м. Миколаїв, 2017 р.)

Для м. Херсон (рис. 7) найвищі канцерогенні ризики хронічної дії відзначаються для формальдегіду. А за значеннями сумарного канцерогенного ризику (рис. 8) безпечним є перебування в умовах відкритого атмосферного повітря не більше 4 годин на добу.

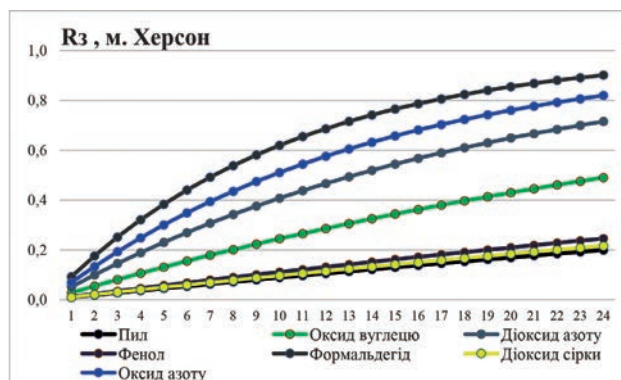


Рис. 7. Зміна канцерогенного ризику хронічної інтоксикації залежно від часу експозиції (м. Херсон, 2017 р.)

Для м. Запоріжжя (рис. 9) найвищі канцерогенні ризики хронічної дії відзначаються для формальдегіду. А за значеннями сумарного канцерогенного ризику (рис. 10) безпечним є перебування в умовах відкритого атмосферного повітря не більше 6 годин на добу.

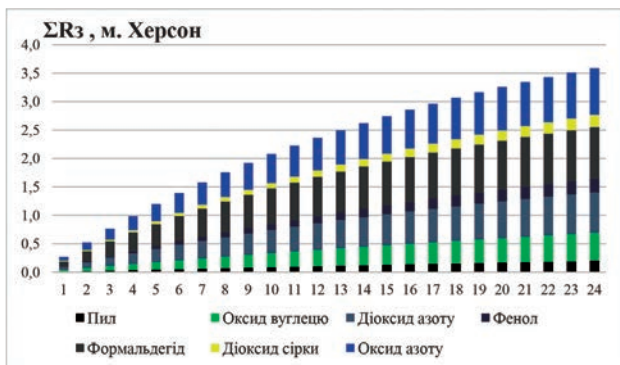


Рис. 8. Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації (м. Херсон, 2017 р.)

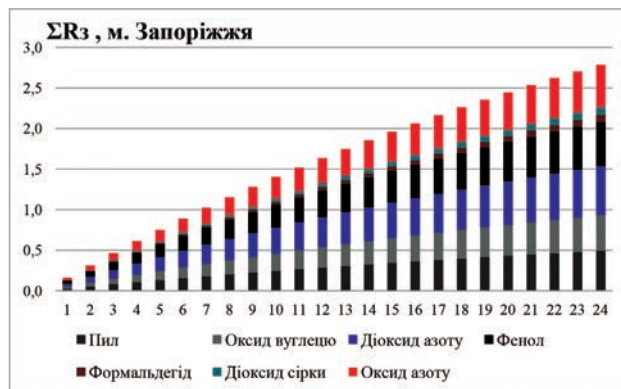


Рис. 10. Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації (м. Запоріжжя, 2017 р.)

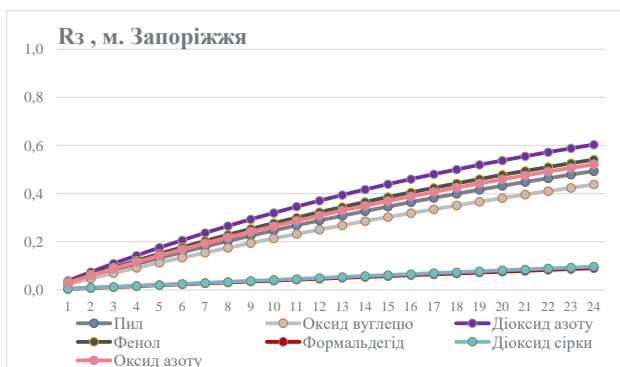


Рис. 9. Зміна канцерогенного ризику хронічної інтоксикації залежно від часу експозиції (м. Запоріжжя, 2017 р.)

Результати встановленого часу безпечного перебування людини в умовах відкритого повітря для міст Півдня України (2017 р.) наведені на рис. 11.

Порівнюючи безпечно за часом експозиції перебування людини в умовах відкритого повітря за наявного комплексу забруднюючих речовин у ньому та сумарні канцерогенні ризики хронічної інтоксикації залежно від часу експозиції, встановлюємо, що найбезпечніші умови перебування на відкритому

повітрі характерні для м. Ізмаїлу (9 год.). Інші міста за зменшенням ступеня безпечності розподілилися таким чином: м. Запоріжжя (6 год), м. Миколаїв (5 год.), м. Херсон (4 год.) та м. Одеса (3 год.). Отже, найнебезпечніші умови перебування на відкритому повітрі характерні для м. Одеса.

Головні висновки. За результатами оцінки канцерогенного ризику хронічної інтоксикації від забрудненого атмосферного повітря міст Півдня України слід зробити висновок, що найвищі значення канцерогенного ризику хронічної інтоксикації відзначаються для м. Одеса, а найнижчі – для м. Ізмаїл. Отже, в 2017 р. найбезпечніші умови перебування на відкритому повітрі були характерні для м. Ізмаїл, а найнебезпечніші – для м. Одеса.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження можуть бути використані як приклад можливості застосування Методики оцінки ризиків токсичних ефектів для здоров'я людей від забруднення атмосферного повітря для окремих населених пунктів чи регіонів із метою врахування потенційних небезпек для населення від небезпечного впливу забруднення атмосферного повітря.



Рис. 11. Безпечний час перебування людини в умовах відкритого повітря за наявного комплексу забруднюючих речовин у ньому для міст Півдня України

Література

1. Павлов С.Б. Екологічний ризик для здоров'я населення. *Медицинские исследования*. 2001. Т. 1, С. 16–19.
2. Качинський А.Б., Сердюк А.М. Методологічні основи ризику в медико-екологічних дослідженнях та його значення для екологічної безпеки України. *Лікарська справа*. 1995. № 3–4. С. 5–15
3. Кузьміна В.А., Екологічна безпека: конспект лекцій. Одеса, 2012. 131 с.
4. Колісник А.В., Снесар А.В., Чернякова О.І. Врахування залежності «доза-ефект» при визначенні скорочення тривалості життя населення від забруднення атмосферного повітря. *Екологічна безпека*, 2019. Вип. 2(28). С. 75–80.
5. Альмов В.Т., Тарасов Н.П. Техногенний ризик: Аналіз и оценка. М.: ИКЦ Академкнига, 2005. 118 с.
6. Киселев А.В., Фридман К.Б. Оценка рисков здоровью. СПб.: АО «Дельта», 1997. 100 с.
7. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2017 році. Одеса, 2018. 270 с.
8. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Миколаївській області у 2017 році. Миколаїв, 2018. 199 с.
9. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Херсонській області у 2017 році. Херсон, 2018. 238 с.
10. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2017 році. Запоріжжя, 2018. 301 с.
11. Сафранов Т.А., Колісник А.В. Системний аналіз якості навколишнього середовища: конспект лекцій. Одеса, Одеський державний екологічний університет. 2021. 205 с.