

ANALYSIS OF INHALATION DOSE LOAD FORMED BY AMBIENT AIR POLLUTION BY CHEMICAL SUBSTANCES

Petrosian A., Turos O., Kartavtsev O.

АНАЛІЗ ДОЗОВОГО ІНГАЛЯЦІЙНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ХІМІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ

В

изнано, що майже дві третини населення України мешкає на територіях, де, згідно з експертними оцінками, стан забруднення атмосферного повітря не відповідає гігієнічним нормам [1, 2]. Ці оцінки, отримані різними методами за умов використання численних показників, як правило, не дають співставних кількісних оцінок впливу забрудненого повітря на здоров'я населення [3, 4]. За вимогами міжнародного співтовариства [2, 3], при вирішенні питань визначення економічної ефективності діяльності господарської сфери, для можливості порівняння отриманих результатів було розроблено методологію оцінки ризику для здоров'я населення, яка базується на ймовірнісних підходах і має чітко прописану процедуру [5, 6]. Методологія оцінки ризику у багатьох країнах світу знайшла своє практичне відображення як інструмент прийняття рішень адміністративними органами на підставі даних щодо ймовірнісних збитків здоров'ю населення, що спричиняє певний чинник довкілля [7].

Оцінки впливу чинників довкілля характеризуються наявністю забруднюючої речовини у довкіллі; ідентифікацією маршрутів надходження до організму людини; оцінкою усереднених концентрацій, які впливають на організм експонованого (що знаходиться під впливом) населення; оцінкою дозового навантаження полютанту на організм людини, сфокусованого на різні маршрути надходження. Оцінки впливу дуже тісно пов'язані з сучасним визначенням токсичності, зумовленої здатністю хімічних речовин за рахунок впливу на біологічні системи немеханічним шляхом викликати порушення їхніх функцій або загибель [8].

Важливим параметром, який відображає вплив хімічної речовини на організм, є доза надходження, яка вказує на кількість забруднюючої речовини, що потенційно може змінити стан органу-мішені. Можна сказати, що доза — це міра експозиції, яка характеризує кількість хімічної речовини, що може впливати на організм людини, або поглинається організмом [5, 9, 10]. Відповідно допустима добова доза — це максимальна нешкідлива добова доза хімічної речовини (мг/кг ваги тіла), яка за окремого або комплексного добового надходження до організму протягом життя не повинна чинити прямого чи опосередкованого впливу на здоров'я людини у теперішньому та майбутньому поколіннях [11]. Механізми формування та розвитку токсичного процесу в окремих органах і тканинах визначаються структурою речовини, яка вивчається на етапі ідентифікації небезпеки та дозою впливу [12].

Експертами ВООЗ, АОД США [2, 5, 6, 13] для оцінки впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я експонованого населення введені критерії шкідливого впливу (на рівні яких

**ПЕТРОСЯН А.А., ТУРОС О.І.,
КАРТАВЦЕВ О.М.**

Державна установа "Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзеева АМНУ", м. Київ

УДК 614.7; 504.06]

АНАЛИЗ ДОЗОВОЙ ИНГАЛЯЦИОННОЙ НАГРУЗКИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Петросян А.А., Турос О.И., Картавец О.М.

В результате выполнения исследований были проведены расчеты среднесуточных доз поступления приоритетных химических веществ в организм человека, характерных для выбросов промышленных предприятий гг. Запорожья, Киева, Дружковки (Донецкая область). Полученные данные доказывают необходимость проведения дальнейших исследований ингаляционных доз поглощения и соответственной корректировки существующих гигиенических нормативов на уровне референтных концентраций и среднесуточных ПДК, особенно это касается тяжелых металлов и канцерогенов. Результаты работы могут внедряться для сравнительного анализа нормативов отдельных химических веществ и их утверждения, оценок экономической эффективности управленческих мероприятий, обоснования управленческих решений для распределения средств государственных фондов при возмещении ущерба населению и создании профилактических программ.

© Петросян А.А., Турос О.И., Картавец О.М.
СТАТТЯ, 2009

ймовірність виникнення шкідливих ефектів мінімальна або нульова). Механізм визначення критеріїв оцінки базується на порівнянні допустимих доз речовин (на рівні референтних концентрацій, які визначаються як максимально недіючі) з інгалаційними дозами надходження пріоритетних хімічних сполук до організму людини та проведенні аналізу широкого спектру ефектів з обов'язковим визначенням критичних органів та систем, що є необхідним для профілактики токсичного впливу [5, 11].

Оскільки за інгалаційного шляху надходження токсиканту захистити організм людини майже неможливо, особливо у тому випадку, коли йдеться про довгостроковий (хронічний) вплив малих доз, виникає потреба у пошуку нових методів гігієнічної оцінки впливу забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення. За відсутності або хибності інформації моніторингових досліджень щодо стану забруднення атмосферного повітря рекомендується застосовувати методи математичного моделювання поллютантів, використовуючи дисперсійні моделі переносу [5, 9, 14, 15]. При цьому необхідне використання такого програмного забезпечення для розрахунків розсіювання концентрацій у приземному шарі атмосфери, яке орієнтоване на розрахунки усереднених значень концентрацій і дозволяє їх поширювати на оцінку хронічного впливу протягом життя людини.

Зважаючи на вищевикладене, метою даної роботи став аналіз середньодобової дози надходження хімічних речовин до організму людей, які мешкають на досліджених територіях міст Запоріжжя, Київ, Дружківка (Донецька область).

Об'єкт та предмет дослідження: вплив забрудненого повітря на організм людини, охарактеризований середньодобовою дозою надходження поллютанту.

Маршрут надходження хімічних речовин до організму людини є обов'язковою складовою будь-якого сценарію для розрахунків доз надходження. Вивчення маршруту впливу дає можливість визначити рух хімічної речовини від джерела надходження в атмосферне повітря до індивіда, що зазнає впливу. Основними завданнями процесу вивчення

маршруту впливу хімічної речовини є встановлення зв'язку між джерелами забруднення атмосферного повітря і місцем розташування їх та характеристиками проживання населення. У даному випадку розглядався тільки інгалаційний шлях надходження поллютантів [6, 9, 10].

Розглянутий сценарій інгалаційного надходження пріоритетних забруднюючих речовин до організму експонованого населення включав аналіз впливу 29 промислових підприємств м. Запоріжжя, 62 підприємств м. Києва та 4 підприємств м. Дружківки.

Методи дослідження. При дослідженні впливу хімічних речовин, які впливають на процеси розвитку, дози надходження розраховували шляхом усереднення на одиницю події. При розрахунку середніх добових доз впливу пріоритетних хімічних речовин на організм людини за інгалаційного шляху надходження з атмосферним повітрям було використано формулу (1) [5, 6, 10]:

$$ADD = (C \times CR \times EF \times ED) / (BW \times AT \times 365), (1)$$

де, **ADD** — надходження (l) або середньодобова доза (кількість хімічної речовини на межі обміну), мг/кг маси тіла на день; **C** — концентрація хімічної речовини (наприклад, в атмосферному повітрі, мг/м³); **CR** — швидкість надходження середовища, що впливає, м³/день; **ED** — тривалість впливу, кількість років (30 років, діти: 6 років); **EF** — частота впливу, кількість днів/рік; **BW** — маса тіла: середня маса тіла у період експозиції, кг (70 кг; діти: 15 кг); **AT** — період усереднення експозиції (30 років; діти: 6 років; для канцерогенів AT=70 років); **365** — кількість днів у році.

Для розрахунку добової дози надходження хімічної речовини до організму дорослої людини інгалаційним шляхом використані вхідні параметри оцінки експозиції. Вони отримані за допомогою математичної моделі ISC-Aermod View для точкових джерел, яка базується на статистичному рівнянні Гауса для стаціонарних джерел, піднятих над поверхнею землі. Було враховано характеристики землекористування, метеорологічних спостережень та рельєфу [16, 17, 18].

Для кожного джерела на кожен годину часу закладається координатна система на поверхні землі в основі труби. Координатна сітка 500x500 м, у

вузлах якої знаходяться рецепторні точки, спроектована на всю поверхню досліджуваної території міст Запоріжжя, Київ, Дружківка. У результаті агрегації згаданих параметрів було визначено погодинні значення концентрацій, які сумувалися для отримання усередненої добової концентрації у кожній рецепторній точці від заданої групи джерел. За допомогою геоінформаційної системи з використанням програмного забезпечення ArcGIS 9.x було уточнено та геокодовано положення стаціонарних джерел викидів досліджених промислових підприємств та населення, і таким чином географічно прив'язано до зазначених адрес у розрізі районів, вулиць та будинків за статтю та віком [3, 16].

Інші фактори (швидкість інгалації, площа поверхні тіла, маса тіла, середня тривалість життя) були прийняті як стандартні величини.

Результати досліджень.

Розраховані середньодобові дози надходження пріоритетних хімічних речовин до організму людини, що характерні для викидів обраних для дослідження промислових підприємств міст Запоріжжя, Київ (Солом'янський район), Дружківка (Донецька область), були порівняні з допустимими дозами на рівні референтної концентрації (табл. 1). Аналогічну процедуру було проведено і для розрахунків доз на рівні середньодобових ГДК як основних діючих гігієнічних нормативів в Україні.

Показано, що найбільшого інгалаційного навантаження за допустимою дозою на рівні референтної концентрації та ГДК зазнає населення досліджених міст за рахунок викидів азоту діоксиду, алюмінію оксиду (тільки у м. Запоріжжя), заліза оксиду, міді оксиду, свинцю та його сполук (Київ), марганцю та його сполук, бенз(а)пірену (Запоріжжя), сірки діоксиду (Запоріжжя, Київ), хрому (VI) (Запоріжжя) та формальдегіду (Запоріжжя, Київ) (табл. 1). Високі значення середньодобових доз для важких металів, характерні для міст Запоріжжя та Дружківка, що зумовлене наявністю там підприємств металургійної та хімічної галузі. Щодо м. Києва, то найвищі значення спостерігаються для сір-

ANALYSIS OF INHALATION DOSE LOAD FORMED BY AMBIENT AIR POLLUTION BY CHEMICAL SUBSTANCES

Petrosian A., Turos O., Kartavtsev O.

In the result of the research daily doses of receipt for prioritized chemical substances were calculated. These doses are related to the emissions of industrial enterprises of Zaporizhia, Kyiv, Druzhkivka (Donetsk region). The data obtained proves the necessity of further studies of inhalation dose absorption and hygienic regulations re-

view. This is mostly related to the issues of reference concentration and daily maximum permissible concentrations, especially for heavy metals and carcinogens. The results of the work can be implemented in the comparative analysis of regulations for separate chemical substances, regulation adoption, cost-effectiveness evaluation of managerial interventions, reasoning of managerial decisions in the process of state funds distribution for population damages reparation and working out prevention programs.

ки діоксиду, свинцю та його сполук, азоту діоксиду, характерних для викидів теплоенергетичного комплексу, який у місті є пріоритетним у забрудненні атмосферного повітря.

При оцінці інгалаційного навантаження за допустимою дозою лише на рівні референтної концентрації перевищення спостерігаються для водню хлористого, нікелю оксиду та сірчаної кислоти у містах Запоріжжя та Дружківка. За допустимою дозою на рівні ГДК перевищення спостерігаються для аміаку (Запоріжжя, Київ) та стиролу (Київ), хоча перевищень допустимої середньодобової дози

на рівні референтної концентрації не спостерігається.

Отримані дані доводять необхідність проведення аналітичних досліджень щодо гармонізації існуючих гігієнічних нормативів та показників ризику. Порівняння середньодобових доз надходження з допустимими дозами, необхідно проводити на рівні референтних концентрацій і на рівні ГДК. Водночас необхідно підвищувати ефективність регулювання обсягів викидів, що дозволить зменшити інгалаційні дози надходження поллютантів до організму людей, які мешкають у зонах ризику.

Проведені дослідження дозволили визначити ті критичні органи та системи, ймовірність виникнення хронічних захворювань яких може бути базисом для створення профілактичних програм. Так, у м. Запоріжжя для проведення оздоровчих заходів необхідно зайнятися епідеміологічним аналізом захворювань органів дихання, центральної нервової системи та канцерогенних захворювань. У м. Київ системами-мішенями є органи дихання та кровотворна система, у м. Дружківка — органи дихання та нервова система.

Таблиця 1
Середньодобові дози надходження хімічних речовин до організму населення міст Запоріжжя, Київ, Дружківка за інгалаційного шляху надходження з атмосферним повітрям

Речовина	Запоріжжя	Київ	Дружківка	Допустима доза за RfC	Допустима доза за ГДК	Критичні органи та системи*
	Середньодобова доза, мг/кг*добу					
1,3-Бутадиєн	0,00004	0,000006	-	0,09	0,3	PC
Азоту діоксид	0,03	0,18	0,038	0,01	0,01	ОД, КС
Акрилонітрил	0,00004	0,00009	-	0,0006	0,008	ОД, КЕ, PC
Алюмінію оксид	0,03	-	0,0015	0,0014	0,003	ОД
Аміак	0,02	0,016	0,0001	0,03	0,01	ОД
Ацетальдегід	0,000008	0,00015	-	0,003	0,11	ОД
Ацетон	0,0013	-	0,009	9,1	0,1	ПО, КС, ЦНС
Бенз(а)пірен	0,000002	0,0000002	-	0,0000003	0,0000003	КЕ**, ІС, ВВР**
Бутилацетат	0,003	-	0,009	0,2	0,03	ОД
Водень хлористий	0,02	-	0,0006	0,006	0,06	ОД
Вуглецю оксид	0,25	0,39	0,06	0,9	0,9	ОД
Заліза оксид	0,014	-	0,13	0,01	0,01	ОД
Марганець та його сполуки	0,001	-	0,0006	0,000014	0,0003	ЦНС, НС, ОД
Міді оксид	0,0007	-	0,00065	0,000006	0,0003	ОД
Нікелю оксид	0,00009	0,000013	0,000003	0,000014	0,0003	ОД, КС, ІС, КЕ**, ЦНС
Свинець та його сполуки	0,000014	0,00018	0,000003	0,00004	0,00009	ЦНС, КС, ВВР**, PC
Сірки діоксид	0,07	0,08	0,0007	0,014	0,014	ОД, ДП***
Стирол	0,00015	0,0013	-	0,29	0,0006	ЦНС
Сірчана кислота	0,002	-	0,0017	0,0003	0,03	ОД
Фенол	0,0003	0,00014	0,00003	0,0017	0,0009	ССС, ЦНС, ОД
Формальдегід	0,002	0,0013	-	0,0009	0,0009	ОД, ОЗ, ІС
Хром (VI)	0,00042	0,0002	0,00004	0,00003	0,0004	ОД, КЕ**

Примітка:

* — Критичні органи та системи — ОЗ (органи зору), ПО (паренхіматозні органи);
ІС (імунна система), КС (кісткова система), НС (нервова система), ОД (органи дихання), PC (репродуктивна система), ССС (серцево-судин-

на система, ЦНС (центральна нервова система);

** — КЕ (канцерогенні ефекти, ВВР (врожені вади розвитку);

*** — ДП (демографічні показники) — підвищення рівня смертності.

Зниження ступеня невизначеності при виконанні більш точних розрахунків середньодобових доз надходження поллютантів вимагає врахування специфічних аспектів діяльності населення різних вікових груп, враховуючи час перебування під експозицією, тривалість життя, морфо-функціональні характеристики організму мешканців досліджених територій [5, 6]. Це дозволить не тільки визначитися з дозою, але й оцінити реальний вплив хімічних речовин, що надходять до організму інгаляційним шляхом для запобігання виникнення первинних токсичних ефектів.

Висновки

Співставлення отриманих результатів щодо оцінки токсичності поллютантів, які забруднюють атмосферне повітря у результаті діяльності досліджених об'єктів міст Запоріжжя, Київ та Дружківка є підґрунтям для гармонізації критеріїв забруднення атмосферного повітря з міжнародними стандартами. Проведені дослідження довели необхідність подальших ретельних досліджень інгаляційних доз поглинання та відповідного коригування існуючих гігієнічних нормативів на рівні референтних концентрацій і ГДК, особливо це стосується тих речовин, які є пріоритетними для будь-якого промислового регіону: важких металів (марганцю та його сполук, хрому (VI), алюмінію оксиду, міді та її сполук, нікелю оксиду тощо), сірчаної кислоти, водню хлористого, аміаку, канцерогенів (ацетальдегіду, 1,3-бутадієну, акрилонітрилу та стиролу).

Отримані результати можуть впроваджуватися для порівняльного аналізу нормативів окремих речовин та їх узгодження, оцінок економічної ефективності управлінських заходів, обґрунтування управлінських рішень щодо розподілу коштів з державних фондів для відшкодування збитків населенню та створення профілактичних програм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стратегія національної екологічної політики України на період до 2020 року.
2. Защита окружающей среды Европы. Четвертая оценка. — Копенгаген: ЕАОС, 2007.
3. Турос О.І. Розробка наукових підходів до гігієнічної оцінки небезпеки від джерел забруднення атмосферного повітря на

основі показників ризику: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора мед. наук: спец. 14.02.01 "Гігієна та професійна патологія". — К., 2008. — 42 с.

4. Малоног К.П. Гігієнічна оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря міста з розвинутою хімічною промисловістю: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 14.02.01 "Гігієна" / К.П. Малоног. — К., 2007. — 20 с.

5. Guidelines: Health risk assessment and valuation of human health / Environmental Protection Agency. — Washington: 2001. — 32 p.

6. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities / U.S. Environmental Protection Agency. — Washington, Multimedia Planning and Permitting Division Office of Solid Waste Centre for Combustion Science and Engineering, 2005. — P. 42-53.

7. Черниченко І.О., Присяжнюк В.Є., Кіреєва І.С. До питання гармонізації вітчизняних гігієнічних нормативів якості атмосферного повітря з зарубіжними // Гіг. насел. місць. — К., 2003. — Вип. 42. — С. 18-23.

8. Турос О.І. Аналіз ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами м. Запоріжжя // Медичні перспективи — 2008. — Т. XIII, № 1. — С. 93-97.

9. Куценко С.А. Основы токсикологии. — СПб: Фолиант, 2004. — С. 21.

10. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — С. 25-26.

11. Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Шашина Т.А. Расчет доз при оценке риска многофакторного воздействия химических веществ: Метод. рек. — М.: Санэпидмедиа, 2003. — 28 с.

12. Жолдакова З.И., Рахманин Ю.А., Сеницына О.О. Комплексное действие веществ. Гиг. оценка и обоснование региональных нормативов. — М., 2006. — С. 14-15.

13. Управление качеством атмосферного воздуха на основе факторов здоровья в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии: отчет о кон-

сультативном совещании ВОЗ. — М., 2005. — 62 с.

14. Ідентифікація небезпеки від забруднення атмосферного повітря стаціонарними джерелами / О.І. Турос, А.А. Петросян, О.М. Картавцев — Київ, 2007. — 4 с. (Інф. лист № 211 / ІГМЕ АМНУ).

15. Human health risk assessment from air pollution caused by stationary sources in industrial cities of Ukraine / O. Turos, M. Brody, J. Caldwell, A. Petrosian et al. // Exposure and health in a global environment: 2008 Joint annual conference, (12-16 Oct. 2008): abstract book. — Pasadena (California, USA), 2008. — № 1569.

16. Human Exposure Assessment to Air Pollution from Industrial Sources in Ukraine / O. Turos, O. Kartavtsev, A. Petrosian., O. Voznyuk, Y. Markevych // Central European journal occupational and environmental medicine: 2008 The 3-rd Central and Eastern Europe Conference on Health and the Environment, (19-22 Oct. 2008): abstract book. — Cluj-Napoca (Romania), 2008. — P. 110-111.

17. Деклараційний патент на корисну модель (51) А61В 10/00. Спосіб визначення осереднених концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі / О.І. Турос, А.А. Петросян, О.М. Картавцев, О.В. Вознюк, Л.І. Михіна, Є.А. Мельник; заявник і власник ДУ "ІГМЕ ім. О.М. Марзєєва АМНУ". — № 33659 (11); заявл. 21.01.2008; опубл. 10.07.2008, Бюл. № 13.

18. Turos O., Golub A., Brody M., Caldwell J., Petrosian A., Kartavtsev O. Air Pollution Health risk Assessment in Ukraine: A Case Study of Zaporozhie / Collection of theses 19-th Conference of the International Society for Environmental Epidemiology (ISEE), "Translating Environmental Epidemiology into Action: Interventions for a Healthy Future". — Mexico, 2007. — P. 537-539.

19. Турос О.І., Картавцев О.М., Петросян А.А., Вознюк О.В., Маркевич Я.П. Використання методології аналізу ризику для здоров'я населення для вдосконалення територіального самоуправління (на прикладі Солон'янського району м. Києва) / Зб. тез доп. наук.-практ. конф. "Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України" (IV марзєєвські читання). — К., 2008. — Вип. 7. — С. 92-93.

Надійшло до редакції 07.12.2008.