

## ОЦІНКА РИЗИКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВНАСЛІДОК ЕМІСІЇ СВИНЦЮ ВІД АНТРОПОГЕННИХ ДЖЕРЕЛ

Досліджено інтенсивність свинцевого забруднення компонентів довкілля в зоні впливу акумуляторного виробництва та визначені характеристики індивідуальних та популяційних канцерогенних і не канцерогенних ризиків при інгаляційному та пероральному надходженні свинцю в організм людини.

*Ключові слова:* свинець, середньодобова доза, «доза – відповідь», фактори канцерогенного ризику, індивідуальний ризик, популяційний ризик, коефіцієнт небезпечності

Зростання рівнів свинцевого забруднення довкілля внаслідок значних обсягів утворення свинцевовмісних відходів при експлуатації підприємств чорної, кольорової металургії, машинобудування та теплоенергетичного комплексу призводить до погіршення екологічної ситуації, збільшення соціальних і екологічних ризиків. За останні десятиріччя значне зростання рівнів забруднення пов'язано зі збільшенням парку автомобілів, що працюють на свинцевих акумуляторах. Зокрема, в м. Дніпропетровськ кількість автотранспортних засобів за останні 20 років зросла в 2–2,5 рази і перевищує 200 тис. одиниць. При цьому свинцеві забруднення виникають як внаслідок виробництва свинцевих акумуляторних батарей (АКБ), утворення, накопичення та переробки їх відходів, так і при використанні в якості моторного пального етилового бензину.

Для забезпечення потреб у АКБ за цей період у Дніпропетровську побудовано ряд підприємств для переробки відпрацьованих та виробництва нових АКБ (підприємства ТОВ «Оберон-Центр», ЗАТ «Іста», ЗАТ «Веста»). При їх експлуатації утворюються свинцевовмісні викиди в атмосферу, стічні води та тверді відходи. Наприклад, на підприємствах ТОВ «Оберон-Центр» щорічно надходить на переробку близько 35 тис. т акумуляторного брухту, в якому кількість чистого свинцю складає близько 25 тис. т. При діючих технологіях переробки щорічно в атмосферу надходить 1,84 т свинцю, близько 7 кг свинцю скидається в Дніпро із стічними водами, близько 200 т свинцю у складі твердих відходів виробництва складається на спеціальних майданчиках без подальшої утилізації. Найближчим часом у Дніпропетровську планується введення в експлуатацію ще одного підприємства з переробки відпрацьованих та виготовлення свинцевих акумуляторів з потужністю переробки 40 тис. т в рік. За даними санітарно-епідеміологічної служби в зонах розмі-

щення таких підприємств фонові концентрації свинцю перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК) у повітрі більше ніж у 1,3, у Дніпровській воді в 2, у ґрунтах в 4-10 разів.

За результатами дослідження рівнів свинцевого забруднення атмосферного повітря в зоні впливу ТОВ «Оберон-Центр» та ЗАТ «Іста-Центр» в Самарському районі м. Дніпропетровська із врахуванням метеорологічних умов та обсягів викидів свинцю в атмосферу встановлено, що в приземному шарі фактична концентрація свинцю порівняно з фоновією ( $4 \cdot 10^{-4}$  мг/м<sup>3</sup>) зросла на  $(1-2) \cdot 10^{-4}$  мг/м<sup>3</sup> і перевищує ГДК<sub>с.д.</sub> в 1,3 - 2 рази. За результатами розрахунків та вимірювань зона максимального забруднення повітря знаходиться на відстані 400-700 м. В ній розташовані житлові будови Самарського району з населенням близько 30 тис. чоловік, у т.ч. понад 17 % дітей віком до 14 років. Відповідно до проектної документації ТОВ «Оберон-Центр» відноситься до підприємств І-го класу екологічної небезпеки, з нормативними радіусом санітарно-захисної зони не менше 1000 м. Фактично житлові будови розташовані, починаючи з відстані 600-800 м. При зростанні концентрації свинцю у повітрі на 1 мкг/м<sup>3</sup> його концентрація в крові дорослих збільшується на 1,8 ug/dl (мкг на 100 мл), а у дітей на 4,2 ug/dl. Допустима концентрація свинцю в крові складає 10 ug/dl. В умовах збільшення концентрації свинцю у повітрі, наприклад, при розширенні виробництва, що передбачається, вказані негативні наслідки будуть проявлятися в повній мірі. Свинцеве забруднення ґрунтів внаслідок осідання шкідливих викидів в зоні впливу виробничого комплексу носить критичний характер: 70% території характеризуються підвищеним у порівнянні з ГДК рівнем свинцю. Про це свідчать також аномально високі концентрації свинцю у ґрунті (до 10 ГДК) на території ж/м Північний та у сел. Шевченко. Одним із найнебезпечніших напрямків впливу свинцю на

грунти (загально-санітарна лімітуюча ознака шкідливості) являється зниження їх здатності до самовідновлення, тобто внаслідок загибелі мікроорганізмів у ґрунті, він набуває властивостей «мертвого» шару. Мігруючи в нижні шари суглинкових ґрунтів, свинець, за даними досліджень, має найбільший рівень накопичення на глибині близько 4 м, що призводить до його фільтрації в артезіанські води. За останні 30 років річна швидкість накопичення важкорозчинних форм свинцю у глинистим ґрунті, що характерна для даної зони, складає 8-10 мг/кг при природному убутанні 3,6 мг/кг. Таким чином за 10 років експлуатації комплексу по виготовленню та переробці свинцевих акумуляторів накопичення свинцю у ґрунті збільшиться на 70 мг/кг. В селітебних зонах при зростанні вмісту свинцю в ґрунті на 1000 мг/кг його вміст в крові збільшується на 10 *ug/dl*.

Оцінка екологічної ситуації в районі розташування та можливого розширення території комплексу із переробки та виготовлення АКБ може бути проведена також за станом рослинності на базі вивчення інтегрального умовного показника пошкодження рослин (ІУПП), який встановлюється на підставі аналізу стерильності пилки. Для досліджуваних фітоіндикаторів ІУПП складає 0,540–0,587, що характеризує стан рослинності як загрозливий, рівень ушкодження рослин – як вищий за середній, стан екологічної ситуації як незадовільний. В зоні можливого розширення території комплексу ІУПП складає 0,715, що оцінює екологічну ситуацію як катастрофічну. Слід відзначити, що зниження ІУПП відбувається на відстані більшій ніж 1000 м від межі комплексу, де ІУПП = 0,362. Високий токсично-мутагенний фон ґрунтів за показником вмісту свинцю призводить до його міграції через кореневу систему рослин у стеблі та плоди (транслокаційна ЛОШ) із подальшим включенням цього важкого металу у трофічні ланцюги людини (до санітарно-захисної зони попадають із південно-східної сторони колективні сади, у інших напрямках розташовані житлові будинки).

За ступенем впливу на організм людини свинець відноситься до надзвичайно небезпечних загально отруйних важких металів (I-го класу небезпечності), що володіють здібністю до накопичення їх сумарного вмісту в організмі. Відповідно до діючих нормативів [1, 2, 3] ГДК свинцю складають: в атмосферному повітрі ГДК<sub>с.д.</sub> = 0,0003 мг/м<sup>3</sup>, в поверхневих водах ГДК = 0,03 мг/л, у ґрунті ГДК = 32 мг/кг.

При перевищенні концентрації свинцю в

компонентах навколишнього середовища (атмосферному повітрі, водних об'єктах, ґрунтах) має місце пряма та опосередкована різноманітна токсична дія переважно внаслідок інгаляційного та перорального його надходження в організм людини (рис. 1).

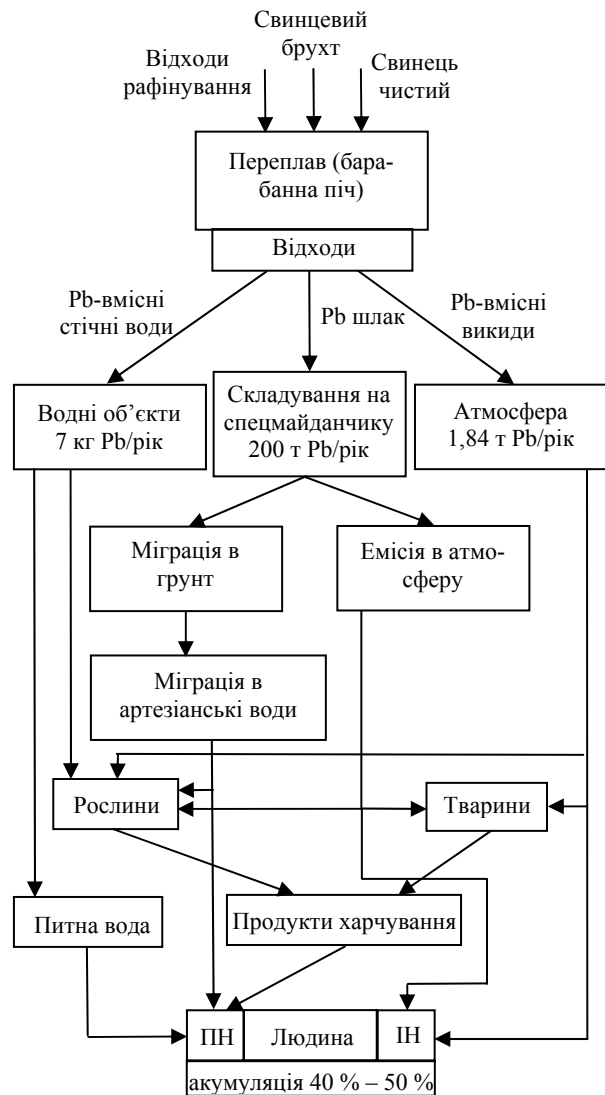


Рис. 1. Джерела та шляхи впливу свинцю на організм людини: ПН, ІН – пероральне, інгаляційне надходження

Наслідки токсичної дії можуть проявлятися у виникненні канцерогенних та не канцерогенних ефектів. Відповідно до класифікацій Міжнародної агенції по вивченні рака (МАВР) та ЕРА свинець та його неорганічні сполуки віднесені до категорій 1 (канцероген для людини); 2А (дуже ймовірний канцероген для людини); 2В (ймовірний канцероген для людини); 3 (не класифікується як канцероген для людини), а органічні сполуки свинцю віднесені до третьої категорії. Канцерогенні ефекти свинцю виявлені на піддослідних тваринах. Не канцерогенні

ефекти свинцю викликають значні патологічні зміни в нервовій системі (гальмування передачі нервового збудження), серцево-судинній системі (атрофія серцевого м'язу, франкемія), системах кровотворення та кровообігу, порушення в енергетичному та речовинному обміні клітин. Зокрема, він загальмовує ферментні процеси окислення жирних кислот, метаболізму глюкози, обміну білків, ліпідів та вуглеводнів, надходження кисню в мозок. Хронічні отруєння свинцем призводять до виникнення ефектів «сатурнізму» - слабкості, анемії, нервових розладів, кишкових колітів, захворювань урологічної системи, зниження апетиту та ваги тіла. Значну небезпечність свинець представляє для вагітних жінок, оскільки має здібність проникати через плаценту в організм плоду, а в період лактації накопичується в грудному молоці. За даними ВОЗ під впливом свинцю значно збільшується ризик безпліддя, спонтанного переривання вагітності, народження дітей з дефектами фізичного та психічного розвитку та пороками серця.

Особливо небезпечним є вплив свинцю на здоров'я дітей, що виявляється у розвитку неврологічних, нефрологічних ефектів та змін в роботі серцево-судинної системи. Вказані ефекти виражені в зниженні рухівної активності, порушенні координації рухів, періоду візуальних і психомоторних реакцій, слухового сприйняття інформації та пам'яті, зниження показника IQ. Зростання вмісту свинцю в крові понад 10 мкг/л у дітей віком до 3 років призводить до розвитку енцефалопатії та судомних синдромів, зростання частоти захворювань урологічної системи в 2-3 рази. Ступінь та наслідки впливу свинцю на організм залежать від його вмісту в крові (табл.1). Сполуки свинцю володіють канцерогенним і генотоксичним ефектами, порушуючи функції ферментів синтезу та репарації ДНК. В результаті 30-річних досліджень здоров'я робітників типографій виявлено безпосередній зв'язок зростання їх смертності від злоякісних пухлин з експозицією парів та пилу неорганічного свинцю [4]. Канцерогенні ефекти свинцю також підтверджені на піддослідних тваринах [5]. Свинець може надходити в організм людини переважно через органи дихання із повітрям (інгаляційне) та органи травлення з питною водою і продуктами харчування (пероральне). Оцінку індивідуальних та популяційних ризиків виникнення канцерогенних та не канцерогенних ефектів виконано із врахуванням шляхів надходження та доз

свинцю, що впливають на населення в зоні впливу виробничого комплексу.

Таблиця 1

**Характеристики «доза-відповідь» впливу свинцю на організм**

Концентрація свинцю в крові, ug/dl*	Діти	K Дорослі
10-15	IQ, слух, ріст, обмін речовин	Гіпертензія, еритроцит протопорфірія
20-30	Порушення нервового збудження, психомоторики	Систолічний кров'яний тиск, слух
30-40	Метаболізм вітаміну D	Невропатія, безпліддя
40-50	Синтез гемоглобіну	Синтез гемоглобіну
50-70	Франкенія	Франкенія
70-100	Енцефалопатія,	Енцефалопатія
130	Смерть	Інсульт, ішемічна хвороба серця, враження урологічних органів

Результати оцінки ризиків виникнення різних ефектів впливу свинцю при надходженні його в організм людини різними шляхами за шкалою ризиків CDC EPA наведені в табл. 2.

Таблиця 2

**Ефекти впливу свинцю на організм людини**

Вміст свинцю у атмосферному пвтрі воді ґрунтах продуктах харчування	Приоритетні ефекти впливу*
	K, T, I, P, П, РФ, У, ЕРА
	T, I, П, РФ
	T, I, П, РФ
	T, I, П, РФ

\*K – канцерогенний ризик при зростанні рівнів забруднення; T – високий рівень токсичних ефектів; I – високий індекс небезпечності не канцерогенних ефектів; P – необхідна кількісна оцінка канцерогенних ризиків; П, РФ, У – занесено в переліки пріоритетних токсикантів, складених в ЄС (Євросоюзі), РФ (Російській Федерації), У (Україні).

Оцінка ризиків канцерогенного впливу виконана з врахуванням шляхів та доз надходження свинцю в організм людини. Середньо добова доза свинцю, що надходить через органи дихання відповідно до [6, 7] часться за формулою:

$$ADD / LADD = [(C_a \cdot T_{out} \cdot V_{out}) + (C_h \cdot T_{in} \cdot V_{in})] \cdot EF \cdot ED / (BW \cdot AT \cdot 365), \quad (1)$$

де  $ADD / LADD$  - доза свинцю в організмі, мг/(кг·доб);

$C_a$  - концентрація свинцю в атмосферному повітрі, складає  $(4-6) \cdot 10^{-4}$  мг/м<sup>3</sup>;

$C_h$  - концентрація свинцю в атмосферному повітрі у приміщенні, мг/м<sup>3</sup>, (приймаємо  $C_a = C_h$ );

$T_{out}$  - час, що проводиться поза приміщенням (16 год/доб.);

$T_{in}$  - час, що проводиться у приміщенні (8 год/доб.);

$V_{out}$  - швидкість дихання поза приміщенням ( $20 \text{ м}^3/\text{доб.}$ );

$V_{in}$  - швидкість дихання у приміщенні ( $20 \text{ м}^3/\text{доб.}$ );

$EF$  - частота впливу, 365 днів/рік;

$ED$  - тривалість впливу (70 років для дорослих і 6 - для дітей);

$BW$  - маса тіла (70 кг дорослих і 15 - для дітей);

$AT$  - період осереднення експозиції (70 для дорослих і 6 - для дітей).

Величина канцерогенного ризику при інгаляційному впливі визначається за формулою:

$$R_{inh} = ADD / LADD \cdot F_{rinh}, \quad (2)$$

де  $F_{rinh}$  - фактор канцерогенного ризику при інгаляційному впливі свинцю (табл. 3).

Таблиця 3

**Фактори канцерогенного ризику сполук свинцю,  $(\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{доба}))^{-1}$  [7]**

Речовина, клас CAS	Категорія МАВР*	$F_r^{inh}$	$F_r^{ing}$
Свинець, 7439-92-1	2A	0,042	0,047
Свинець ацетат, 301-04-2	3	0,028	0,03
Свинець хромат, 7758-97-6	1	-	0,017
Свинець фосфат, 7446-27-7	2B	-	0,012

Для оцінки популяційних канцерогенних ризиків використовується параметр одиничного канцерогенного ризику:

$$UR_{inh} = F_r^{inh} \cdot \frac{V_{in}}{AT} \quad (3)$$

Результати розрахунків свідчать про те, що в зоні максимального свинцевого забруднення величина канцерогенного ризику при інгаляційному впливі складає  $(3,6 - 6,0) \cdot 10^{-6}$  для дорослих та  $(16,8 - 33,6) \cdot 10^{-6}$ . Середньодобова доза при пероральному надходженні свинцю в організм людини з питною водою визначається за формулою

$$ADD / LADD_{ing} = C_w \cdot V_w \cdot EF \cdot ED / BW / AT / 365, \quad (4)$$

де  $C_w$  - концентрація свинцю у питній воді, мг/л;  $V_w$  - споживання води ( $2 \text{ л}/\text{доб.}$ ).

Фактична концентрація свинцю у воді централізованого питного водопостачання складає  $0,01 - 0,02$  мг/л (ГДК свинцю для питної води  $0,01$  мг/л). Розрахункова величина канцерогенного ризику при пероральному надходженні свинцю з питною водою складає  $(13,4 - 26,8) \cdot 10^{-6}$ .

Середньодобова доза при пероральному надходженні свинцю в організм людини з продуктами харчування визначається за формулою  $ADD / LADD_f = (\sum C_i \cdot m_i) \cdot ED / BW / AT / 365, \quad (5)$

де  $C_i$  - концентрація свинцю в  $i$  - тому продукті харчування, мг/кг (табл. 4);

$m_i$  - середня маса споживання  $i$  - того продукту харчування, кг/рік (табл. 4).

Таблиця 4

**Вміст свинцю в продуктах харчування**

Продукти харчування	Споживання, кг/рік	Вміст свинцю, мг/кг
Хліб та крупи	110	0,2
Фрукти та овочі	35	0,4
М'ясо та птиця	55	0,5
Молочні продукти	225	0,05
Рибні продукти	20	1,0
Цукор та кондитерські вироби	26	0,06
Жири	10	0,04

Величина канцерогенного ризику внаслідок перорального надходження свинцю в організм людини з питною водою та продуктами харчування визначається за формулою

$$R_{ing} = (ADD / LADD)_{ing} \cdot F_r^{ing}, \quad (6)$$

де  $(ADD / LADD)_{ing}$  - середньо добова доза свинцю, що дорівнює сумі перорального надходження в організм людини з питною водою та продуктами харчування (формули 4, 5);

$F_r^{ing}$  - фактор канцерогенного перорального впливу свинцю наведено в табл. 3.

Слід враховувати, що внаслідок значного забруднення свинцем ґрунтів в зоні впливу виробничого комплексу ( $150 - 320 \text{ мг}/\text{кг}$ ) і його емісії в повітря має місце додаткове пероральне надходження свинцю в організм з пилом ґрунту. Середньо добова доза такого надходження свинцю в організм при оцінці канцерогенного впливу визначається за формулою [7]:

$$(ADD / LADD)_s = \frac{C_s \cdot FI \cdot EF \cdot ET \cdot CF_2}{AT \cdot 365}$$

$$\left( \frac{ED_c \cdot IR_c}{BW_c} + \frac{ED_a \cdot IR_a}{BW_a} \right), \text{ мг/(кг·доб)}, \quad (7)$$

де  $C_s$  – концентрація речовини у ґрунті, мг/кг;

$FI$  – частка забруднення свинцем ґрунту, ( $FI=1$ );

$EF$  – частота впливу ( $EF=350$  діб/рік);

$ET$  – час впливу ( $ET=1$  год/доб);

$CF_2$  – перерахунковий коефіцієнт ( $CF_2=1/24$  діб/год);

$ED_c, ED_a$  – період впливу для дітей та дорослих (відповідно 6 і 24 роки);

$IR_c, IR_a$  – швидкість надходження пилу в організм дітей та дорослих (відповідно  $0,2 \cdot 10^{-6}$  і  $0,1 \cdot 10^{-6}$  кг/доб);

$BW_c, BW_a$  – маса тіла дітей та дорослих (відповідно 15 і 70 кг).

Виконані оцінки показали, що додаткова середньо добова доза свинцю складає  $(1,0 - 2,1) \cdot 10^{-8}$  мг/(кг·доб), а додатковий канцерогенний ризик  $R_{ing} = (ADD/LADD)_s \cdot R_{ing} = (0,47 - 0,99) \cdot 10^{-9}$ . Інґаліційний вплив свинцю за рахунок його емісії із ґрунту в повітря є складовою фонові концентрації і враховано в формулі (1). Канцерогенний ризик впливу свинцю з врахуванням всіх шляхів його надходження в організм визначається як сума  $R_{inh} + R_{ing}$ . Виконані оцінки показали, що середні значення індивідуального ризику канцерогенного впливу в зоні забруднення підприємств «Оберон-Центр» та «Іста-Центр» складають: при інґаліційному надходженні свинцю через органи дихання із атмосферного повітря  $R_{inh} = 6,1 \cdot 10^{-6}$ , при пероральному надходженні свинцю з питною водою  $R_{ing} = 20,1 \cdot 10^{-6}$ , продуктами харчування  $R_{ing} = 158,5 \cdot 10^{-6}$  та за рахунок емісії свинцю із ґрунту  $R_{ing} = 0,7 \cdot 10^{-9}$ . Інґаліційний вплив свинцю за рахунок його емісії із ґрунту в повітря є складовою фонові концентрації і враховано в формулі (1).

Загальний індивідуальний канцерогенний ризик визначається як сума канцерогенних ризиків за різними шляхами впливу:  $R_{\Sigma} = \sum R_i = 184,7 \cdot 10^{-6}$ .

Залежно від рівнів канцерогенного ризику відповідно до рекомендацій ВОЗ прийнято:

– рівень ризику  $\leq 10^{-6}$  (один випадок на млн.) практично не відрізняється від фонові і не потребує проведення додаткових заходів попередження негативних наслідків;

– рівень ризику в межах  $10^{-4} - 10^{-6}$  відповідає гранично допустимому рівню, але потребує постійного контролю, а в деяких випадках вимагає проведення додаткових заходів зниження ризиків;

– рівень ризику в межах  $10^{-3} - 10^{-4}$  вважається допустимим тільки для робочих місць і недопустимим для населених пунктів, а тому потребує детального дослідження всіх пріоритетних джерел зростання канцерогенних ризиків і розробки комплексу заходів зниження ризиків;

– рівень ризику  $> 10^{-3}$  є абсолютно неприйнятним для населення і потребує невідкладних заходів усунення джерел канцерогенних факторів.

Враховуючи, що в зоні впливу виробництва АКБ проживає близько 20 тис. людей, визначено величину популяційного канцерогенного ризику:  $R_{pop} = R_{\Sigma} \cdot POP = 3,65 \approx 4$ , тобто додатково очікується чотири випадки онкозахворювань.

Ризик виникнення і розвитку неканцерогенних ефектів при інґаліційному впливі визначається коефіцієнтом небезпеки  $HQ$ , що дорівнює відношенню фактичних рівнів експозиції (за дозою або концентрацією у повітрі) до безпечних (референтних) доз або концентрацій [6, 7]. При інґаліційному впливі  $HQ$  визначається за формулою

$$HQ_{inh} = AC / RFC, \quad (8)$$

де  $AC$  – концентрація свинцю у повітрі,  $мг/м^3$ ,  $RFC$  – референтна концентрація свинцю у повітрі,  $мг/м^3$ .

Ризик виникнення і розвитку неканцерогенних ефектів при пероральному надходженні свинцю в організм людини визначено за співвідношенням

$$HQ_{ing} = [(ADD/LADD)_w + (ADD/LADD)_f] / RFD, \quad (9)$$

де  $RFD$  – референтна доза при пероральному надходженні свинцю в організм людини, мг/(кг·сут).

Оцінку неканцерогенних ефектів виконано за умови, що референтна концентрація свинцю у атмосферному повітрі при інґаліційному впливі складає  $RFC = 0,00015$  мг/м<sup>3</sup> [6, 7], а референтна доза при пероральному надходженні свинцю з питною водою та продуктами харчування складає  $RFD = 0,035$  мг/кг (в країнах ЄС [8]) і  $RFD = 0,015$  мг/кг (в Росії) [7, 8, 10]. Величина коефіцієнта небезпеки в зоні максимального свинцевого забруднення при інґаліційному надходженні складає 2,6–4, а при пероральному – 850–1100. Відомо, що при  $HQ > 1$  ймовірність неканцерогенних ефектів зростає пропорційно.

Враховуючи, що у м. Дніпропетровськ забруднення навколишнього середовища свинцем окрім підприємств з виробництва АКБ здійснюють металургійні заводи, теплова електро-

станція та автомобільний транспорт, загальний рівень показників ризиків виникнення канцерогенних та не канцерогенних ефектів характеризується значно вищими значеннями.

Очевидно, що для зниження рівнів свинцевого забруднення навколишнього середовища та його впливу на здоров'я населення необхідно проведення невідкладних комплексних збалансованих вцілому по м. Дніпропетровськ заходів щодо зниження інтенсивності емісії свинцю від підприємств.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць від забруднення шкідливими хімічними та біологічними речовинами. ДСП №201-97.
2. Санитарные нормы ПДК химических веществ в почве. СанПиН 42-128-4433-87.
3. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. СанПиН 4630-88.
4. Greene M. M., Hoover R. N., Eck R. L. et al. Cancer mortality among printing plant workers // Environ. Res. - 1979. - V. 20. - P. 66-73.
5. Токсикометрия химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Под общей редакцией А.А.Каспарова, И. В. Саноцкого, М.,1986, 428 с.
6. Методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря». Наказ МОЗ № 184 від 13.04.2007.
7. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04.
8. IPCS (International Programme on Chemical Safety)/Environmental Health Criteria 170. – In: Assessing human health risks of chemicals: derivation of guidance values for health-based exposure limits". – Geneva: WHO, 1994. – 73p.
9. US EPA/General quantitative risk assessment guidelines for non-cancer health effects. Second external review draft. – Cincinnati, OH.: EPA Environmental Criteria and Assessment Office. – 1991.
10. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Inorganic and Organic Lead Compounds. Vol. 87. Lyon; France. – 2006.

Надійшла до редколегії 07.03.2012.

Прийнята до друку 13.04.2012.

В. Т. АГАПОВА, Е. В. ЗОЛОТЬКО

## ОЦЕНКА РИСКОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ВСЛЕДСТВИЕ ЭМИССИИ СВИНЦА ОТ АНТРОПОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Исследована интенсивность свинцового загрязнения компонентов окружающей среды в зоне влияния аккумуляторного производства и определены характеристики индивидуальных и популяционных канцерогенных и не канцерогенных рисков при ингаляционном и пероральном поступлении свинца в организм человека.

*Ключевые слова:* свинец, среднесуточная доза, «доза–ответ», факторы канцерогенного риска, индивидуальный риск, популяционный риск, коэффициент опасности

V. T. AGAPOVA, E. V. ZOLOT'KO

## HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT OF LEAD EMISSION FROM ANTHROPOGEN SOURCES

It was investigated intensity of lead environmental population in zone of battery production, determined the individual and population carcinogenic and non- carcinogenic risk characteristics of inhalation and oral admission of lead in human body.

*Keywords:* lead, average daily dose, «dose–response», carcinogenic risk factors, individual risk, population risk, hazard ratio