

**НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ І ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ****ENVIRONMENT AND POPULATION HEALTH**

<https://doi.org/10.32402/hygiene2025.75.131>

УДК 614.7:546.81:612.014.4:616-036.3:57.087.1:502.175

**СУЧАСНІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМИ СВИНЦЕВОГО ЗАБРУДНЕННЯ  
ДОВКІЛЛЯ ТА ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ**

Онул Н.М.<sup>1</sup>, Шевченко О.А.<sup>1</sup>, Юнтунен Г.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, Україна

<sup>2</sup> Комунальне підприємство «Дніпропетровська обласна станція переливання крові», м. Дніпро, Україна

e-mail: sangreena\_@ukr.net

Онул Н.М. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4968-3469>

Шевченко О.А. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2295-170X>

Юнтунен Г.М. ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-5918-6898>

**Мета.** Визначити рівень забруднення свинцем життєзабезпечуючих об'єктів довкілля та внутрішнього середовища організму людини в умовах промислових регіонів.

**Об'єкт і методи дослідження.** Проведено аналіз вмісту свинцю у життєзабезпечуючих об'єктах довкілля – атмосферному повітрі, питній воді та харчових продуктах промислових міст Дніпропетровської області – м. Дніпро, м. Кривий Ріг, м. Кам'янське. Здійснено клініко-гігієнічну оцінку вмісту металу у біосубстратах клінічно здорового працездатного населення обох статей м. Дніпро за період 2022-2024 рр. Оцінку отриманих даних проводили відповідно до вимог чинного законодавства, міжнародних рекомендацій та референтних концентрацій, даних наукової літератури.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Встановлено, що концентрації свинцю в атмосферному повітрі та питній воді найбільших промислових міст Дніпропетровської області заходять в межі нормативного рівня за середньорічними концентраціями. Вміст свинцю у різних групах харчових продуктів за середніми значеннями коливається в межах 0,057-0,471 мг/кг, що не перевищує гігієнічні нормативи, однак максимальні концентрації металу в окремих групах продуктів харчування перевищують чинні регламенти у 1,2-3,3 рази. При цьому розрахований нами рівень сумарного добового надходження свинцю складає 0,24 мг за середніми значеннями, що на порядок вище порівняно з максимально безпечними рівнями впливу відповідно до рекомендацій FDA та EPA. Така ситуація обумовлює підвищення вмісту ксенобіотика в організмі, що підтверджено результатами біомоніторингу. Незважаючи на відносно санітарно-гігієнічне благополуччя об'єктів довкілля, концентрація свинцю у біосубстратах працездатного населення перевищує референтні значення та дослідження у зоні еколого-геохімічного оптимуму. Отримані дані узгоджуються з результатами досліджень інших вчених щодо підвищення вмісту токсичних та потенційно токсичних металів у біосубстратах мешканців промислово розвинутих територій, власними даними попереднього періоду спостереження та свідчать про постійний рівень внутрішнього забруднення організму людини, що проживає в умовах техногенного навантаження.

**Висновки.** Проведені дослідження дозволили виявити специфіку забруднення свинцем життєзабезпечуючих об'єктів навколишнього середовища в умовах Дніпропетровської області, встановити територіально-часові особливості забруднення свинцем атмосферного повітря, питної води та продуктів харчування, а також досить значний рівень внутрішнього забруднення організму людини, що становить потенційну загрозу для здоров'я людини як на індивідуальному, так і популяційному рівнях.

Отримані результати є важливою інформаційною базою для удосконалення моніторингу об'єктів довкілля та біомоніторингу, своєчасного прогнозування ймовірного погіршення стану здоров'я за впливу малих доз свинцю, розробки комплексу профілактичних заходів.

**Ключові слова.** Свинець, важкі метали, забруднення, біомоніторинг, ризик, вплив, навколишнє середовище.

## MODERN ASPECTS OF THE PROBLEM OF LEAD POLLUTION OF THE ENVIRONMENT AND THE HUMAN ORGANISM

N.M. Onul<sup>1</sup>, O.A. Shevchenko<sup>1</sup>, H.M. Yuntunen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine

<sup>2</sup> Communal enterprise "Dnipropetrovsk regional blood transfusion station", Dnipro, Ukraine

**Aim.** To determine the level of lead contamination of life-sustaining environmental objects and the internal environment of the human body in the conditions of industrial regions.

**Object and research methods.** An analysis of the lead content in life-supporting environmental objects – atmospheric air, drinking water and food products of industrial cities of the Dnipropetrovsk region – Dnipro, Kryvyi Rih, Kamianske was carried out. A clinical and hygienic assessment of the metal content in biosubstrates of clinically healthy working-age population of both sexes of Dnipro was carried out for the period 2022-2024. The assessment of the obtained data was carried out in accordance with the requirements of current legislation, international recommendations and reference concentrations, and data from scientific literature.

**Results.** It has been established that lead concentrations in the atmospheric air and drinking water of the largest industrial cities of the Dnipropetrovsk region are within the regulatory level in terms of average annual concentrations. The lead content in different groups of food products in terms of average values varies within 0.057-0.471 mg/kg, which does not exceed hygienic standards, however, the maximum concentrations of the metal in individual groups of food products exceed the current regulations by 1.2-3.3 times. At the same time, our calculated level of total daily intake of lead is 0.24 mg according to average values, which is an order of magnitude higher compared to the maximum safe levels of exposure according to the recommendations of the FDA and EPA. Such a situation causes an increase in the xenobiotic content in the body, which is confirmed by the results of biomonitoring. Despite the relative sanitary and hygienic well-being of environmental objects, the concentration of lead in the biosubstrates of the working population exceeds the reference values and studies in the zone of ecological and geochemical optimum. The obtained data are consistent with the results of studies by other scientists on the increase in the content of toxic and potentially toxic metals in the biosubstrates of residents of industrially developed territories, our own data from the previous observation period, and indicate a constant level of internal pollution of the human body living in conditions of technogenic load.

**Conclusions.** The conducted studies allowed us to identify the specifics of lead contamination of life-supporting environmental objects in the conditions of the Dnipropetrovsk region, to establish the territorial-temporal features of lead contamination of atmospheric air, drinking water and food, as well as a fairly significant level of internal contamination of the human body, which poses a potential threat to human health at both the individual and population levels.

*The obtained results are an important information base for improving monitoring of environmental objects and biomonitoring, timely forecasting of probable health deterioration due to the influence of small doses of lead, development of a set of preventive measures.*

**Keywords.** *Lead, heavy metals, pollution, biomonitoring, risk, impact, environment.*

Інтенсивний розвиток різних галузей промислового виробництва, засобів пересування призводить до значного забруднення, у тому числі важкими металами, всіх без винятку об'єктів навколишнього середовища, що є потенційною проблемою через зростання ризиків для здоров'я населення [9,13].

Для України ці проблеми постають достатньо гостро, оскільки існує велика кількість чинників (як природного, так і антропогенного характеру), які призводять до ускладнення екологічної ситуації у просторово-часовому аспекті та обумовлюють погіршення умов життєдіяльності людей [1,3].

Екологічні проблеми регіону значно ускладнилися в результаті військових дій. Збитків зазнали мільйони гектарів лісу, забруднено значні площі ґрунтів, засмічено земельні й водні ресурси, згоріло тисячі тон нафтопродуктів, через що відбулося масштабне забруднення атмосферного повітря небезпечними речовинами, а також відбуваються викиди значних обсягів парникових газів в атмосферу, пошкодження промислових підприємств та об'єктів інфраструктури внаслідок впливу боєприпасів або аварійного порушення їх роботи внаслідок припинення електро-, водопостачання, газопостачання, порушення технологічних процесів тощо [16].

Масштабність антропогенного забруднення довкілля, особливо хімічної природи, формує додаткові ризики для життя та здоров'я населення [3]. Серед них вагоме місце належить важким металам, які на сьогоднішній день розглядаються переважно не з хімічної, а з медичної та природоохоронної точок зору і, таким чином, при включенні в цю категорію враховуються не тільки хімічні і фізичні властивості елемента, але і його біологічна активність і токсичність. Адже значна частина металів є надзвичайно токсичними навіть у мінімальних кількостях, а кумулятивний характер їх накопичення та міграції в усіх без винятку середовищах довкілля та організмі призводить до того, що з кожним роком зростає вплив цих екоотоксикантів на навколишнє середовище та організм людини [8,13]. Зокрема розлади нормальної роботи шлунково-кишкового тракту, видільної, нервової, серцево-судинної, імунної систем, ураження шкіри, вроджені дефекти та онкологічні захворювання є прикладами ускладнень токсичної дії важких металів [5,11].

Серед важких металів особливе місце займає свинець – відомий політропний токсин, здатний вражати різні системи організму – кровотворну, нервову, травну, сечостатеву, ендокринну, серцево-судинну, статеву. В основі формування патохімічних механізмів його токсичної дії лежать: конкурентне витіснення із обміну біотичних металів, таких, як цинк та мідь; інгібіція ряду ферментів внаслідок блокування сульфгідрильних груп, до яких метал має високу спорідненість; порушення функції клітинних мембран шляхом стимулювання в них вільнорадикальних реакцій [5,8,9].

Важливою складовою діагностики потенційних та реальних загроз від свинцю, крім моніторингу якості об'єктів довкілля є оцінка рівня забруднення внутрішнього середовища організму металом. Біомоніторинг на сьогодні визначається як вимірювання біомаркерів (вихідної хімічної речовини та/або продуктів її біотрансформації) у біологічних рідинах або тканинах людини. Він все частіше використовується як інструмент для кількісної оцінки впливу хімічних речовин на людину з метою інформування громадської охорони здоров'я, оцінки ризиків і прийняття рішень щодо управління ризиками [12,17].

З урахуванням вищезначеного, оцінка рівня забруднення свинцем життєзабезпечуючих об'єктів довкілля та внутрішнього середовища організму людини є важливою складовою моніторингу, оцінки ризику для здоров'я людини та пошуку шляхів вирішення проблеми хронічного впливу ксенобіотиків на організм людини в умовах екокризових регіонів.

**Мета роботи.** Визначити рівень забруднення свинцем життєзабезпечуючих об'єктів довкілля та внутрішнього середовища організму людини в умовах промислових регіонів.

**Об'єкт і методи дослідження.** Поведені комплексні дослідження якості життєзабезпечуючих об'єктів довкілля за вмістом свинцю та рівня забруднення цим металом внутрішнього середовища організму в промислових містах Дніпропетровської області.

Еколого-гігієнічна оцінка вмісту ксенобіотика в атмосферному повітрі, питній воді та харчових продуктах в умовах одного з найбільших промислових регіонів України – Дніпропетровській області, проведена у найбільших промислових містах – Дніпро, Кам'янське, Кривий Ріг за результатами спостережень Дніпропетровського регіонального центру з гідрометеорології та Державної установи «Дніпропетровський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України». У процесі дослідження здійснена гігієнічна оцінка характеру, рівня та ступеня небезпеки забруднення життєзабезпечуючих середовищ шляхом порівняння фактичних концентрацій свинцю з його середньодобовими гранично допустимими концентраціями (ГДКс.д.), які, як відомо, встановлені для попередження загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного й інших впливів речовин на організм людини, що актуально у контексті теми дисертаційного дослідження, оскільки метал характеризується здатністю до кумуляції в організмі людини. Крім того, результати аналізували порівняно з даними літератури, оскільки за сучасних умов порівняння результатів лише з ГДКс.д. не дозволяє виявити частку антропогенного впливу на вміст хімічних речовин в об'єктах навколишнього середовища.

Розрахунок середньої добової дози та середнього добового надходження свинцю, що може надходити до організму людини протягом природної тривалості життя інгаляційним та пероральним шляхами проводились відповідно до існуючих рекомендацій [6,10,14].

Клініко-гігієнічні дослідження проведені із залученням 40 клінічно здорових мешканців промислових міст Дніпропетровської області впродовж 2022-2024 рр. віком 18-55 років, що проживали не менше 5 років на відповідній території, з тотожними соціокультурними та економічними умовами життя, не мали гострих і хронічних захворювань, професійних шкідливостей. Усі учасники дали інформовану згоду на використання результатів досліджень з науковою метою без зазначення особистих даних.

У якості біологічного субстрату для дослідження використовували сироватку крові та сечу, яку відбирали та зберігали до аналізу згідно із загальноприйнятими методами. Кров відбирали відповідно до існуючих правил забору та доставки біоматеріалів для лабораторних досліджень до 10 години ранку, натщесерце, у кількості 5 мл, у пробірку з 0,1 мл гепарину (1:5000 ME). Шляхом центрифугування отримували зразки фракцій сироватки крові, які використовувались для подальших досліджень. Сечу збирали у кількості не менше 5 мл, після ранкового туалету зовнішніх статевих органів, у стерильні контейнери. Біологічні зразки переносили в аліквоти, заморожували і зберігали при  $t = -20^{\circ}\text{C}$  до аналізу.

Дослідження вмісту свинцю проводили методом атомно-емісійної спектроскопії на атомно-емісійному спектрометрі з індуктивно-зв'язаною плазмою iCAP 7200 Duo, №IC72DC164705, США, Фірма «Thermo Fisher Scientific» (заводський номер IC72DC164705) у лабораторії Випробувального центру НДІ МБП ДДМУ. У якості стандартного розчину використовували багатоелементний стандарт ICP multi-element standard solution IV Certipur® (23 elements in diluted nitric acid) 1000 mg/l (Merck KGaA, 64271 Darmstadt, Germany). Отримані результати порівнювали з референтними значеннями та аналогічними дослідженнями вітчизняних та зарубіжних вчених [4,11,12,17], визначали статевоумовлену специфіку.

Статистична обробка отриманих результатів проведена з використанням статистичного пакету STATISTICA 6.1 (ліцензійний №AGAR909E415822FA StatSoft Inc.). З метою перевірки нормальності розподілу кількісних ознак використовували критерій Шапіро-Уїлка та критерій Колмогорова-Смирнова. Показники наведені у вигляді середнього арифметичного (M), стандартного квадратичного відхилення (SD), медіани (Me), 25 та 75 перцентилів (Q1; Q3). У випадку відмінного від нормального розподілу даних в групах,

для оцінки вірогідності відмінностей між незалежними групами використовувався U критерій Манна-Уїтні. Для виявлення взаємозв'язків між показниками, що мають нормальний розподіл було використано критерій кореляції Пірсона, за умови відмінного від нормального – критерій рангової кореляції Спірмена. Критичний рівень статистичної значимості при перевірці усіх гіпотез приймався  $p < 0,05$ .

**Результати дослідження та їх обговорення.** Нашими дослідженнями встановлено, що концентрації свинцю в атмосферному повітрі та питній воді найбільших промислових міст Дніпропетровської області заходяться в межах нормативного рівня за середньорічними концентраціями та характеризуються певними територіальними особливостями (рис. 1). Так, вміст свинцю у атмосферному повітрі м. Кам'янське виявився у 1,6 разів ( $p < 0,01$ ) вищим порівняно з його концентрацією у м. Кривий Ріг, у той час як відмінності концентрацій з м. Дніпро виявились недостовірними. Діапазон концентрацій свинцю у питній воді промислових міст складає 0,00001-0,01 мг/л за середніх значень 0,0065 мг/л у м. Дніпро, 0,0032 мг/л – у м. Кривий Ріг та 0,0022 мг/л – у м. Кам'янське, що відповідає 0,65 ГДК, 0,32 ГДК та 0,22 ГДК відповідно.

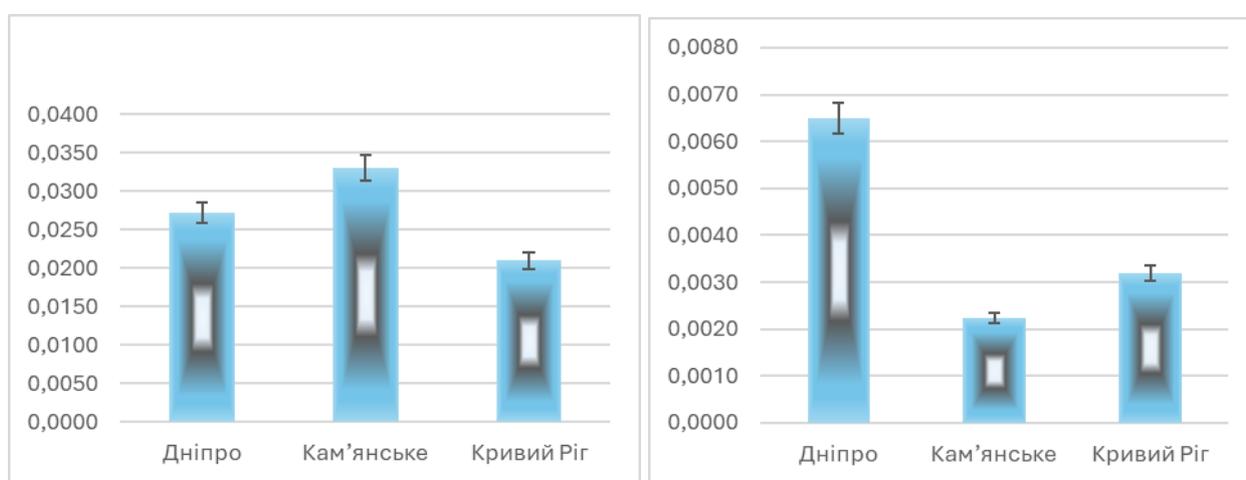


Рисунок 1. Концентрація свинцю у атмосферному повітрі та питній воді промислових міст, мг/л.

Вміст свинцю у різних групах харчових продуктів за середніми значеннями коливається від 0,057 (95% ДІ 0,043;0,073) мг/кг у молоці до 0,471 (95% ДІ 0,391;0,551) мг/кг у рибі та продуктах моря, що не перевищує гігієнічні нормативи згідно з ДСТУ, Державними гігієнічними правилами і нормами [2] та відповідає рекомендованим максимальним рівням експертів ФАО/ВООЗ [7]. Однак максимальні значення вмісту свинцю в окремих групах продуктів харчування перевищують чинні регламенти у 1,2-3,3 рази (хліб, хлібобулочні та зернобобові продукти, м'ясо та м'ясні продукти, овочі, фрукти та ягоди, риба та продукти моря). При цьому найбільший абсолютний вміст свинцю (ранг 1-2) виявлено у рибі та продуктах моря, м'ясі та м'ясних продуктах. У динаміці дослідження відзначалося достовірне збільшення концентрацій свинцю у 1,2-1,5 разів у м'ясі та м'ясних продуктах, овочах, фруктах та ягодах.

Враховуючи особливості вмісту металу в харчових продуктах, розрахований нами рівень сумарного добового надходження свинцю виявився на рівні 0,24 мг за середніми значеннями, що на порядок вище порівняно з максимально безпечними рівнями впливу відповідно до рекомендацій FDA та EPA [15]. Однією з причин такої ситуації є те, що кілька років тому Управління з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів (США) більш кардинально підійшло до боротьби зі свинцевим забрудненням, розробило нову концепцію, мета якої полягає в тому, щоб мінімізувати вплив забруднюючих речовин, в

тому числі свинцю, одним з кроків якої стало зниження рекомендованих максимально безпечних рівнів сумарної добової дози свинцю.

При цьому питома вага харчових продуктів у загальному рівні сумарного добового надходження ксенобіотика виявилась найвищою і сягає 93%. Отримані нами дані узгоджуються з результатами досліджень, проведених у більш ранній період у Дніпропетровському регіоні [1]. Викликає занепокоєння той факт, що попри загальний спад промислового виробництва та зниження рівня забруднення вищезначеними важкими металами окремих життєзабезпечуючих об'єктів довкілля за 20-річний період, відповідно до результатів власних досліджень та даних ФАО/ВООЗ, суттєвого зниження сумарного рівня його надходження не спостерігається. Основними групами харчових продуктів за рівнем надходження свинцю є хлібобулочні вироби, овочі, фрукти та ягоди (рис. 2).



Рисунок 2. Рівень середньодобового надходження свинцю з харчовими продуктами до організму людини в умовах промислового регіону, мг/доба.

Важкі метали не піддаються процесам розкладання, а здатні лише перерозподілятися між природними середовищами. Вони є серйозною екологічною проблемою у всьому світі через токсичність, стабільність у об'єктах довкілля, широке розповсюдження та більш високу потенційну токсичність і біонакопичення в живих організмах, викликаючи при цьому різні патологічні процеси. Підтвердженням чому є результати біомоніторингу свинцю в організмі (табл. 1). Незважаючи на відносно санітарно-гігієнічне благополуччя об'єктів довкілля, концентрація свинцю у сироватці крові здорового працездатного населення за медіаною становила 5,7 мкг/л, що на порядок перевищує референтні значення та дослідження у зоні еколого-геохімічного оптимуму [4] та свідчить про значний рівень внутрішнього забруднення організму. У той же час отримані нами результати знаходяться в діапазоні даних, отриманих у низці досліджень у інших країнах світу з розвинутою промисловістю [12].

Дослідження вмісту свинцю у сироватці крові є важливою інформаційною базою для розуміння короткотривалого, недавнього його впливу. У той же час для поглиблення розуміння впливу, визначення особливостей транлокації металу в організмі, за умов більш тривалого впливу, є дослідження його концентрації у сечі [17]. Нашими дослідженнями встановлено, що концентрація свинцю у сечі клінічно здорових мешканців промислового регіону виявилась на рівні 4,21 мкг/л за медіаною, що у 1,5-2,2 рази перевищує референтні значення та результати досліджень закордонних науковців серед неекспонованого населення [13,18].

Таблиця 1. Вміст свинцю у біосубстратах клінічно здорових мешканців промислового регіону (мкг/л).

Біосубстрат	Показники					Референтні значення / дані літератури
	M	SD	Me	Q1	Q3	
Сироватка крові	8,72	8,05	5,7	4,06	10,6	0,1-0,5; 0,54 [4] 9,4-11,6 (10,4) [12]
Сеча	5,73	4,01	4,21	1,9	10,4	1,8-2,1 (1,9); 2,81 [13] <LOD-5,81 [18]

Отримані дані узгоджуються з результатами наших попередніх досліджень щодо підвищення вмісту токсичних та потенційно токсичних металів у біосубстратах мешканців промислового регіону [1,8] та свідчить про досить значний рівень внутрішнього забруднення організму людини. При цьому виявлено гендерні відмінності щодо більш високих показників вмісту свинцю – у 1,3 рази в сироватці крові ( $p=0,009$ ) та сечі ( $p=0,029$ ) чоловіків порівняно з жінками.

### Висновок

Проведені дослідження дозволили виявити специфіку забруднення свинцем життєзабезпечуючих об'єктів навколишнього середовища в умовах Дніпропетровської області, в якій зосереджено могутній промисловий потенціал металургійного, гірничо-збагачувального, хімічного, машинобудівного та інших комплексів.

Встановлено територіально-часові особливості забруднення свинцем атмосферного повітря, питної води та продуктів харчування, а також досить значний рівень внутрішнього забруднення організму людини, що становить потенційну загрозу для здоров'я людини як на індивідуальному, так і популяційному рівнях.

Отримані результати є важливою інформаційною базою для удосконалення моніторингу об'єктів довкілля та біомоніторингу, своєчасного прогнозування ймовірного погіршення стану здоров'я за впливу малих доз свинцю, розробки комплексу профілактичних заходів.

### Внески авторів:

Онул Н.М. – концепція дослідження; написання та редагування статті, обробка отриманих результатів; участь в обґрунтуванні висновків; критичне доопрацювання;

Шевченко О.А. – дизайн дослідження; рецензування статті, участь в обґрунтуванні висновків; критичне доопрацювання; адміністрування;

Юнтунен Г.М. – організація збору даних; збір даних; аналіз літератури; статистична обробка даних; аналіз та інтерпретація даних; написання статті.

**Фінансування.** Дослідження не має зовнішніх джерел фінансування.

**Конфлікт інтересів.** Відсутній.

### REFERENCES

1. Biletska EM, Onul NM. [Ecological and hygienic assessment of the anthropogenic load of the environment as a risk factor for the health of the population of the Dnieper region]. Dnipropetrovsk: Accent; 2016. 140 p. Ukrainian.
2. [State sanitary rules and norms "Maximum permissible levels of certain pollutants in food products", approved by the Order of the Ministry of Health of Ukraine from 13.05.2013 N 368 with changes from 22.05.2020. Ukrainian.
3. Chernyuchenko IO, Lytyuchenko OM, Babii VF, Kondratenko OYe, Hlavachek DO. [Chemical carcinogens in the environment of Ukraine: risk to the population, ways of prevention, improvement of hygienic regulations]. Environment & Health. 2023;3(108):4-11. Ukrainian.

4. Alimonti A, Bocca B, Mannella E et al. Assessment of reference values for selected elements in a healthy urban population. *Ann Ist Super Sanita*. 2005;41(2):181-7.
5. Balali-Mood M, Naseri K, Tahergorabi Z, Khazdair MR, Sadeghi M. Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic. *Front Pharmacol*. 2021;13(12):643972.  
doi: <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.643972>
6. Dietary exposure assessment for chemicals in food. Ch. 6. Sec. ed. WHO. 2020. Available from: [https://www.who.int/docs/default-source/chemical-safety/ehc240-chapter6-edited\(4-1\).pdf?sfvrsn=96810319\\_0](https://www.who.int/docs/default-source/chemical-safety/ehc240-chapter6-edited(4-1).pdf?sfvrsn=96810319_0)
7. FAO, WHO. General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193–1995). Switzerland; 2019. 77 p.
8. Onul NM, Biletska EM, Stus VP, Polion MY. The role of lead in the etiopathogenesis of male fertility reduction. *Wiad Lek*. 2018;71(6):1155-60.
9. Raj K, Das AP. Lead pollution: Impact on environment and human health and approach for a sustainable solution. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*. 2023;5:79-85.  
doi: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.02.001>
10. Risk Assessment Guidance for Superfund. In Part A: Human Health Evaluation Manual; Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment, Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment. 2011; Vol. 1. United States Environmental Protection Agency. 2016. Available from: <https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>
11. Rodsom K, Poochanasri M, Noree W et al. Abstract P129: Assessing the impact of serum lead levels on kidney function Among hypertensive population: NHANES 2017-2020. *Hypertension*. 2024; 81(1). Available from: [https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/hyp.81.suppl\\_1.P129](https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/hyp.81.suppl_1.P129)
12. Saravanabhavan G, Werry K, Walker M et al. Human biomonitoring reference values for metals and trace elements in blood and urine derived from the Canadian health measures survey 2007. *Inter. J. of Hygiene and Environmental Health*. 2017;220;2(A):189-200.  
doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.10.006>
13. Scutarașu EC, Trincă LC. Heavy metals in foods and beverages: global situation, health risks and reduction methods. *Foods*. 2023;12(18):3340.  
doi: <https://doi.org/10.3390/foods12183340>
14. US Environmental Protection Agency. Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories. US EPA; Washington, DC, USA; 2018. Available from: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-01/dwtable2018.pdf>
15. Wong C, Roberts SM, Saab IN. Review of regulatory reference values and background levels for heavy metals in the human diet. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2022;130:105122.  
doi: <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2022.105122>
16. Zalakeviciute R, Mejia D, Alvarez H et al. War impact on air quality in Ukraine. *Sustainability*. 2022;14:13832.  
doi: <https://doi.org/10.3390/su142113832>
17. Zhang Z, Guo S, Hua L et al. Urinary levels of 14 metal elements in general population: a region-based exploratory study in china. *Toxics*. 2023;11(6):488.  
doi: <https://doi.org/10.3390/toxics11060488>

Надійшла до редакції / Received: 22.09.2025