

## ГІГІЄНА ХАРЧУВАННЯ

---

## HYGIENE OF NUTRITION

<https://doi.org/10.32402/hygiene2022.72.107>

УДК 613.26/.29:577.118:612.04.46

### ГІГІЄНИЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЗА ВМІСТОМ ЕСЕНЦІАЛЬНИХ ТА ТОКСИЧНИХ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ

Онул Н.М.<sup>1</sup>, Білецька Е.М.<sup>1</sup>, Вальчук С.І.<sup>2</sup>, Юнтунен Г.М.<sup>3</sup>, Похмурко І.В.<sup>2</sup>, Бельська Т.М.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Державна установа «Дніпропетровський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України», м. Дніпро, Україна

<sup>3</sup> Комунальне підприємство «Дніпропетровська обласна станція переливання крові», м. Дніпро, Україна

e-mail: sangreena\_@ukr.net

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

**Мета.** Гігієнічний аналіз токсикологічної безпеки та мікроелементної повноцінності харчових продуктів Дніпропетровської області в динаміці часу.

**Об'єкт і методи дослідження.** Проведено визначення вмісту важких металів: ртуті, миш'яку, свинцю, кадмію, міді та цинку з використанням фізико-хімічних методів дослідження в основних групах харчових продуктів Дніпропетровської області та їх аналіз за період 2017-2021 рр.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Встановлено, що регіональні харчові продукти промислово забрудненої Дніпропетровської області містять такі токсичні метали, як свинець, кадмій, ртуть, миш'як у концентраціях, середні величини яких відповідають вітчизняним і міжнародним стандартам і здебільши тотожні аналогічним даним інших регіонів України та світу. Однак максимальні значення вмісту свинцю в окремих групах продуктів харчування перевищували чинні нормативи. Вміст інших ксенобіотиків – ртуті та миш'яку визначався на рівні, що нижче чутливості методів визначення. Щодо есенціальних мікроелементів, то вміст цинку у харчових продуктах регіону відповідає біологічному рівню або знаходиться на нижній його межі, у той час як середні значення міді коливались від рівнів, що знаходяться на нижній межі біологічних значень до зниженого у 2-2,5 рази її вмісту. Враховуючи, що концентрації вищезначених мікроелементів при кулінарній обробці продуктів знижуються на 26-42%, можна прогнозувати більш виражений їх дефіцит у харчуванні населення регіону, особливо міді. У динаміці 2017-2021 рр. концентрації есенціальних та токсичних мікроелементів характеризуються відносною стабільністю у зерні та зернобобових продуктах, молоці та молочних продуктах, за винятком зниження у 1,5 разів ( $p < 0,05$ ) вмісту цинку, при поступовому зростанні концентрацій свинцю та кадмію у м'ясі та м'ясних продуктах, овочах, фруктах та ягодах у 1,2-1,7 разів ( $p < 0,05$  –  $p < 0,01$ ). У той же час порівняння результатів дослідження 2017-2021 рр. з попереднім 10-річним періодом дозволили виявити достовірне зростання концентрацій свинцю за середніми значеннями у 1,5-2,8 разів в усіх групах харчових продуктів, кадмію – у 1,7 разів у м'ясних продуктах та різноспрямовану динаміку концентрацій есенціальних мікроелементів.

**Висновки.** *Результати дійсних досліджень свідчать про актуальність проблеми забезпечення якості та безпечності харчових продуктів, необхідність подальшого удосконалення законодавства у сфері виробництва та реалізації харчових продуктів, його гармонізації з міжнародним, впровадження заходів щодо покращення якості та безпечності харчових продуктів й удосконалення методів їх контролю на усіх рівнях. Отримані нами дані та їх аналіз обґрунтовують доцільність подальшого систематичного контролю і гігієнічної оцінки контамінованості і мікроелементної адекватності харчових продуктів промислових територій, їх впливу на організм шляхом розробки і впровадження профілактичних заходів задля збереження здоров'я населення.*

**Ключові слова.** *Важкі метали, продукти харчування, мікроелементи, вміст, забруднення.*

## **HYGIENIC ASSESSMENT OF THE QUALITY OF FOOD PRODUCTS BY THE CONTENT OF ESSENTIAL AND TOXIC MICRO ELEMENTS**

*N.M. Onul<sup>1</sup>, E.M. Biletska<sup>1</sup>, S.I. Valchuk<sup>2</sup>, H.M. Yuntunen<sup>3</sup>, I.V. Pokhmurko<sup>2</sup>, T.M. Bielska<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> *State institution "Dnipropetrovsk Regional Center for Disease Control and Prevention of the Ministry of Health of Ukraine", Dnipro, Ukraine*

<sup>3</sup> *Communal enterprise "Dnipropetrovsk regional blood transfusion station", Dnipro, Ukraine*

**Objective.** *Hygienic analysis of toxicological safety and trace element adequacy of food products of the Dnipropetrovsk region in time dynamics.*

**Materials and methods.** *The determination of the content of heavy metals: mercury, arsenic, lead, cadmium, copper and zinc using physicochemical research methods in the main groups of food products of the Dnipropetrovsk region and their analysis for the period 2017-2021 was carried out.*

**Results.** *It was established that regional food products of the industrially polluted Dnipropetrovsk region contain such toxic metals as lead, cadmium, mercury, arsenic in concentrations whose average values correspond to domestic and international standards and are mostly identical to similar data in other regions of Ukraine and the world. However, the maximum values of lead content in certain food groups exceed current regulations. The content of other xenobiotics - mercury and arsenic - was determined at a level below the sensitivity of the detection methods. Food products contain the essential trace element zinc in concentrations that mostly correspond to the biological level or were at its lower limit, while the copper content is at the lower limit of biological values or 2-2.5 times lower. Taking into account that the content of the above-mentioned microelements during culinary processing of products decreases by 26-42%, it is possible to predict their deficiency in the nutrition of population of the region, especially for copper. In the dynamics of the 5-year research period, concentrations of essential and toxic trace elements are characterized by relative stability in grain and leguminous products, milk and dairy products, with the exception of a 1.5-fold decrease ( $p < 0.05$ ) in zinc content with a gradual increase in lead and cadmium concentrations in meat and meat products, vegetables, fruits and berries by 1.2-1.7 times ( $p < 0.05$  –  $p < 0.01$ ). At the same time, a comparison of the results of the 2017-2021 study with the previous 10-year period revealed a significant increase in average lead concentrations by 1.5-2.8 times in all groups of food products, cadmium by 1.7 times in meat products and multidirectional dynamics of concentrations of essential trace elements.*

**Conclusions.** *The obtained results indicate the urgency of the problem of ensuring the quality and safety of food products, the need for further improvement of legislation in the field of food production and sale, its harmonization with international standards, the implementation of measures to improve the quality and safety of food products and the improvement of methods of their control at all levels. The data we received and their analysis justify the expediency of further*

*systematic control and hygienic assessment of contamination and trace element adequacy of food products of industrial areas, their impact on the body through the development and implementation of preventive measures to preserve the health of the population.*

**Keywords.** *Heavy metals, food products, trace elements, content, pollution.*

**Вступ.** Харчування є важливою складовою забезпечення нормального росту та розвитку організму, його функціонування [1,2]. Відповідно до затвердженої Кабінетом Міністрів України Концепції розвитку системи громадського здоров'я, з метою зміцнення здоров'я населення, попередження захворювань та збільшення тривалості життя, важлива увага приділяється використанню у харчуванні екологічно-безпечних продуктів [3]. У спектрі важливих показників якості харчових продуктів важливе значення належить хімічному їх складу.

Інтенсивний розвиток різних галузей промислового виробництва, засобів пересування призводить до значного забруднення середовища хімічними речовинами [4,5]. Серед забруднюючих речовин хімічної природи вагоме місце належить важким металам – групі хімічних елементів з властивостями металів (в тому числі і напівметали) і значною атомною масою або щільністю. Однак на сьогоднішній день термін «важкі метали» найчастіше розглядається 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, а також обсяг використання в господарській діяльності [2]. 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 [4,6].

Важкі метали не піддаються процесам розкладання, а здатні лише перерозподілятися між природними середовищами. Вони мають властивість концентруватися в живих організмах, викликаючи при цьому різні патологічні процеси [5,7,8]. Серед усього різноманіття важких металів найбільші обсяги їх надходження із засобами хімізації припадають на свинець, кадмій, ртуть, миш'як, мідь та цинк [3]. При цьому якщо мідь та цинк беруть участь в біологічних процесах і є життєво необхідними мікроелементами для нормального росту, розвитку і функціонування рослин, тварин і людини [2,4,9], то такі метали як свинець, кадмій, ртуть, миш'як та їх сполуки здійснюють шкідливий вплив на організм людини, здатні накопичуватися в тканинах, викликаючи ряд захворювань та визначаються як токсичні [2,10,11].

Харчові продукти є основним джерелом мінеральних речовин для людини та характеризуються різним їх вмістом залежно від виду сировини, яка використовується для виробництва продуктів харчування, умов вирощування, зберігання, переробки сировини, приготування готової продукції тощо [10,12,13]. Тому вивчення просторово-часових особливостей хімічного складу основних груп харчових продуктів за вмістом мікроелементів, їх особливостей залежно від виду харчового продукту має важливе значення з позицій профілактичної медицини для забезпечення якості та безпечності харчових продуктів.

**Мета роботи.** Гігієнічний аналіз токсикологічної безпеки та мікроелементної повноцінності харчових продуктів Дніпропетровської області в динаміці часу.

**Об'єкт і методи дослідження.** Проведено аналіз вмісту токсичних елементів, а саме: важких металів – ртуті, миш'яку, свинцю, кадмію та есенціальних мікроелементів – міді та цинку, що визначались на базі санітарно-гігієнічної лабораторії Державної установи "Дніпропетровський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України" протягом 2017-2021 рр. з використанням фізико-хімічних методів дослідження у місцевих харчових продуктах Дніпропетровської області. Дослідженню підлягали основні групи продуктів харчування: зерно та зернобобові продукти, молоко та молочні продукти, м'ясо і м'ясні продукти, овочі, фрукти та ягоди, усього проаналізовано

1750 проб харчових продуктів. Оцінку отриманих даних проводили відповідно до вимог чинного законодавства щодо безпечності та якості харчових продуктів за нормативами вмісту хімічних речовин у харчових продуктах згідно з Державними стандартами України (ДСТУ) на продукцію, Державними санітарними правилами і нормами "Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах" від 13.05.2013 №368, зі змінами [14], технічними умовами виробництва харчової продукції, порівняння з міжнародними стандартами ФАО ВООЗ [15] та даними наукової літератури.

Статистична обробка отриманих результатів проведена на персональному комп'ютері з використанням статистичного пакету STATISTICA 6.1 (ліцензійний номер AGAR909E415822FA). Для первинної підготовки таблиць та проміжних розрахунків використовували пакет Microsoft Excel. Для оцінювання достовірності розбіжностей між досліджуваними групами було використано параметричний t-критерій Стюдента з урахуванням однорідності дисперсій.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Згідно з даними Державної служби статистики України [16], серед усіх груп харчових продуктів за обсягами їх споживання, а також за харчовою, біологічною і енергетичною цінністю до основних груп харчових продуктів належать хлібні продукти, молоко та молочні продукти, м'ясо та м'ясні продукти, овочі, фрукти та ягоди. Тому більш детальному аналізу хімічного складу за вмістом есенціальних та токсичних мікроелементів з групи важких металів підлягали саме ці групи харчових продуктів.

Зерно та зернобобові продукти є одним з основних джерел надходження есенціальних нутрієнтів та різноманітних ксенобіотиків до організму людини, що особливо актуально в умовах промислових регіонів. Згідно з результатами наших досліджень (табл. 1), вміст свинцю у зерні та зернобобових продуктах за середніми значеннями протягом 2017-2021 рр. знаходився на рівні 0,175 [0,155; 0,196] (95% ДІ) мг/кг, що не перевищує гігієнічні нормативи згідно з ДСТУ, Державними гігієнічними правилами і нормами (0,2 мг/кг для злаків, стручкових та бобових) [14] та відповідає рекомендованим максимальним рівням експертів ФАО ВООЗ (0,2 мг/кг) [15]. Однак у окремих пробах зерна та зернобобових продуктів концентрація металу перевищувала існуючі гігієнічні нормативи та міжнародні стандарти у 1,5-2,4 рази і визначалась на рівні 0,301 мг/кг у крупі пшеничній, 0,367 мг/кг – у житі, 0,397 мг/кг – у горосі, 0,425 мг/кг – у ячмені, 0,470 мг/кг – у кукурудзі та пшениці. Концентрація іншого ксенобіотика – кадмію у зернових та зернобобових продуктах у середньому складала 0,0124 [0,0110; 0,0138] (95% ДІ) мг/кг, що не перевищує відповідні нормативи [14] та безпечні рівні, визначені ФАО ВООЗ.

Таблиця 1. Вміст важких металів у продуктах харчування Дніпропетровської області за період 2017-2021 рр. М (95%ДІ), мг/кг.

Мікроелемент	Група харчових продуктів			
	зерно та зернобобові продукти	молоко та молочні продукти	м'ясо і м'ясні продукти	овочі, фрукти та ягоди
свинець	0,175 [0,155; 0,196]	0,057 [0,043; 0,073]	0,219 [0,195; 0,244]	0,141 [0,113; 0,170]
кадмій	0,0124 [0,0110; 0,0138]	0,0052 [0,0032; 0,0072]	0,0166 [0,0130; 0,0202]	0,0116 [0,0089; 0,0143]
мідь	1,81 [1,52; 2,11]	0,19 [0,11; 0,27]	0,73 [0,60; 0,86]	1,11 [0,65; 1,56]
цинк	11,84 [9,28; 14,41]	3,61 [2,94; 4,28]	11,86 [8,47; 15,26]	3,80 [2,48; 5,11]

Вміст свинцю у іншій групі харчових продуктів – молоці та молочних продуктах за середніми значеннями 5-річного періоду дослідження у цілому складав 0,057 [0,043; 0,073] (95% ДІ) мг/кг. При цьому, оскільки чинними Державними гігієнічними правилами і нормами регламентується максимальна концентрація металу у різних видах молока, розрахунки для цього продукту харчування здійснено окремо. У середньому за 5-річний період дослідження вміст свинцю у молоці становить 0,0196 [0,018; 0,021] (95% ДІ) мг/кг, що відповідає існуючим гігієнічним вимогам для різних видів молока [14] та максимальним рівням, рекомендованим міжнародними стандартами для молока та вторинних молочних продуктів (0,02 мг/кг). Слід зазначити, що гігієнічний норматив вмісту цього металу у молочних продуктах відсутній [14], тому гігієнічна оцінка проведена лише у порівнянні з вимогами технічних умов підприємств-виробників, яка свідчить про їх відповідність загалом. Однак, у окремих видах молока максимальні концентрації свинцю сягали 0,038-0,047 мг/кг, що відповідає чинним технічним умовам підприємств-виробників, однак у 1,9-2,4 рази перевищує вітчизняні та міжнародні стандарти. Що стосується іншого металу – кадмію, його концентрація у молоці та молочних продуктах за середніми значеннями 5-річного періоду дослідження складала 0,0052 [0,0032; 0,0072] (95% ДІ) мг/кг. Гігієнічні нормативи рівнів металу у цій групі харчових продуктів у чинних Державних гігієнічних правилах і нормах [14] відсутні, що ускладнює проведення гігієнічної оцінки.

Вміст свинцю у м'ясі та м'ясних продуктах у середньому за 5-річний період дослідження складав 0,219 [0,195; 0,244] (95% ДІ) мг/кг, що не перевищує відповідні максимальні рівні для цієї групи харчових продуктів згідно з [14] для субпродуктів великої рогатої худоби, вівців, свиней та свійської птиці (0,5 мг/кг). Середні значення концентрації металу у м'ясі різних видів тварин становили 0,100 [0,086; 0,113] мг/кг, що також не перевищувало чинний гігієнічний стандарт (0,1 мг/кг – для м'яса (за винятком субпродуктів) великої рогатої худоби, вівців, свиней і домашньої птиці) [14], так само, як і рівні, рекомендовані експертами ФАО ВООЗ для цієї групи продуктів харчування (0,1 мг/кг для м'яса різних видів тварин) [15]. Однак слід зазначити, що не зважаючи на відповідність концентрації свинцю за середніми показниками 5-річного періоду дослідження чинному законодавству, так само як і технічним умовам підприємств-виробників, вміст металу в окремих пробах м'яса був на рівні 0,19 мг/кг – м'ясо великої рогатої худоби, 0,33 мг/кг – філе куряче та м'ясо свинини, що у 1,9-3,3 разів вище гігієнічного нормативу та міжнародних максимальних рівнів. Така ситуація певним чином зумовлена введенням у дію чинних гігієнічних норм, які відповідають міжнародним стандартам, з метою удосконалення законодавства у сфері безпеки та якості харчових продуктів, гармонізації вітчизняного законодавства з міжнародним у сфері виробництва харчових продуктів. Крім того, в Україні одночасно з державними стандартами на харчову продукцію використовується значна кількість технічних умов, затверджених виробником або іншим оператором ринку, в якому визначені технічні вимоги до продуктів та процесів їх виробництва, які можуть мати певні відмінності від існуючих нормативів. Вміст кадмію за середніми значеннями становив 0,0166 [0,013; 0,0202] (95% ДІ) мг/кг, що не перевищує відповідних максимальних рівнів [14].

Овочі, фрукти та ягоди, у тому числі картопля, за рівнем споживання населенням посідають перше місце у структурі харчування населення України [16], а тому їх хімічний склад, у тому числі вміст мікроелементів з групи важких металів, має важливе значення для здоров'я людини. Результати наших досліджень свідчать, що вміст свинцю у цій групі харчових продуктів у середньому за 5-річний період складав 0,141 [0,113; 0,170] (95% ДІ) мг/кг. При цьому концентрація металу окремо у овочах без урахування рослин виду brassica, вівсяного кореня, листових овочів та свіжих пряних трав, грибів, морських водоростей, плодів овочів та фруктів складала 0,098 мг/кг, що не перевищує відповідні гігієнічні нормативи (0,1 мг/кг) [14] та безпечні рівні, рекомендовані ФАО ВООЗ для цієї групи продуктів харчування [15]. Вміст свинцю у інших овочах і фруктах також був нижче існуючих гігієнічних стандартів (0,2 мг/кг – для журавлини, смородини, бузини та плодів суниčního дерева; 0,3 мг/кг – для овочів виду leafy brassica, вівсяного кореня, листових

овочів, за винятком свіжих прямих трав та наступних грибів *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*). Однак максимальні значення концентрації свинцю у окремих продуктах сягали 0,243 мг/кг – для огірка, 0,247 мг/кг – для цибулі ріпчатої, 0,27 мг/кг – для буряка, 0,36 мг/кг – для шампінйонів, 0,494 мг/кг – для капусти білокачанної, що у 1,2-2,7 разів вище відповідних максимальних рівнів. Концентрація кадмію за середніми значеннями склала 0,0116 [0,0089; 0,0143] (95% ДІ) мг/кг або 0,23 ГДК [14] та нижче рівня, рекомендованого експертами ФАО ВООЗ (0,05-0,2 мг/кг для різних видів овочів і фруктів).

Ртуть та миш'як в основних групах харчових продуктів визначалися на рівні, який нижче чутливості методів визначення – 0,00015 мг/кг та 0,0025 мг/кг відповідно, що суттєво нижче чинних гігієнічних стандартів [14] й рекомендованих ФАО ВООЗ безпечних рівнів.

Порівняння отриманих нами даних щодо забруднення свинцем основних груп харчових продуктів Дніпропетровської області з результатами аналогічних досліджень в Україні та світі виявило певну тотожність його концентрацій у різних регіонах нашої держави як за середніми значеннями, так і за максимальними концентраціями [1,6]. У той же час концентрації металу у регіональних продуктах харчування були вищі для зерна та зернових продуктів порівняно з Китаєм (0,09 мг/кг) при більш низьких показниках порівняно з результатами дослідження, проведеними у Індії (1,43-3,24 мг/кг) та Австралії (0,33 мг/кг) [7,8]. Вміст металу у молочній продукції регіону за середніми значеннями тотожний результатам дослідження, проведеними у Польщі (0,0039-0,156 мг/кг) [11]. Вищим виявився вміст свинцю у м'ясі та м'ясних продуктах області порівняно з результатами досліджень цієї групи харчових продуктів у окремих країнах світу – 0,049 мг/кг [17],  $0,023 \pm 0,003$  –  $0,071 \pm 0,028$  мг/кг [13]. Концентрація металу у овочах, фруктах та ягодах регіону відповідає результатам дослідження хімічного складу цієї групи харчових продуктів у інших країнах світу [7,18].

Стосовно іншого важкого металу – кадмію, порівняння результатів визначення його вмісту в окремих видах зернової продукції, овочах, фруктах та ягодах Дніпропетровської області показало тотожність отриманих нами концентрацій металу з результатами досліджень у інших регіонах держави [6] та країн світу [18]. У той же час концентрація металу у молоці та молочних продуктах регіону виявилась нижчою за аналогічні дослідження вмісту металу у молоці порівняно з іншими регіонами України (0,0035-0,0047 мг/кг за середніми значеннями) [1] та знаходиться в межах результатів, отриманих для молока та молочної продукції у Польщі (0,0058 мг/кг) [11]. Щодо рівня забруднення кадмієм м'яса та м'ясних продуктів, воно виявилось вищим порівняно з результатами досліджень у окремих країнах, де концентрація металу у цій групі харчових продуктів знаходилась на рівні 0,0056 мг/кг за середніми значеннями [17] або не перевищувала 0,01 мг/кг [13].

Есенціальні мікроелементи мідь та цинк у зернових та зернобобових продуктах за середніми значеннями 5-річного періоду дослідження містяться у концентраціях 1,81 [1,52; 2,11] (95% ДІ) мг/кг та 11,84 [9,28; 14,41] (95% ДІ) мг/кг відповідно. Оскільки у чинному законодавстві відсутні максимально допустимі рівні їх вмісту у різних групах харчових продуктів, аналіз проведено за відповідністю біологічним рівням та даним літератури. Аналіз вмісту есенціальних мікроелементів порівняно з їх біологічними значеннями для цієї групи харчових продуктів виявив, що концентрація цинку відповідала біологічному рівню (4,5-15 мг/кг), у той час як концентрація міді знаходилась на нижній її межі за її середніми значеннями (1,7-3,0 мг/кг) [4]. Порівняння отриманих результатів з даними літератури інших регіонів України і світу виявили нижчий у 2,1 рази вміст міді (3,9 мг/кг) та тотожність вмісту цинку (12,37 мг/кг) у зернових продуктах Дніпропетровської області [10]. Такі відмінності можуть бути зумовлені декількома причинами – з одного боку, вміст мікроелементів у зернових та зернобобових продуктах визначається переважно типом зерна злаків та/або складом борошна, яке використовується для виробництва – мінеральні речовини здебільшого містяться в алейроновому шарі зерна і, таким чином, цільозернові продукти багатші такими елементами [10]. З іншого боку – концентрації мікроелементів зумовлені ступенем надходження хімічних речовин під час їх вирощування залежно від рівня забруднення

грунтів і рухливості хімічних форм важких металів, умовами і тривалістю зберігання, транспортування тощо.

Вміст міді у молочних продуктах за середніми значеннями виявився на рівні 0,19 [0,11; 0,27] (95% ДІ) мг/кг, цинку – на рівні 3,61 [2,94; 4,28] (95% ДІ) мг/кг. При цьому, якщо вміст цинку відповідає біологічному рівню (1,6-6 мг/кг) для даної групи харчових продуктів, то концентрація міді виявилась у 2 рази нижчою (0,4 мг/кг) [4]. Порівняння отриманих нами результатів з даними літератури інших регіонів України і світу виявили тотожність концентрацій біотичних мікроелементів з іншими регіонами України [1] та світу (0,0015-4,94 мг/кг для міді та 0,01-56,44 мг/кг для цинку) [11].

М'ясо та м'ясні продукти містять мідь у середній концентрації, що за 5-річний період дослідження складає 0,73 [0,60; 0,86] (95% ДІ) мг/кг, цинк – 11,86 [8,47; 15,26] (95% ДІ) мг/кг. При цьому концентрації міді виявились у 2,5 рази нижчими нижньої межі біологічних значень (1,8-4,0 мг/кг) за відповідності рівня цинку (5-25 мг/кг) [4]. Враховуючи, що при кулінарній обробці продуктів концентрація цинку у готових стравах зменшується на 42%, міді – на 26% [9], можна очікувати дефіцит есенціальних мікроелементів, особливо міді, у харчових раціонах населення промислового регіону. Порівняння отриманих нами результатів з даними літератури інших країн світу виявили дещо нижчі концентрації цинку у цій групі харчових продуктів (14,65 мг/кг) за тотожності результатів дослідження щодо міді [17].

Концентрація біотичного елементу міді у овочах, фруктах та ягодах за середніми значеннями виявилась на рівні 1,11 [0,65; 1,56] (95% ДІ) мг/кг, цинку – на рівні 3,80 [2,48; 5,11] (95% ДІ) мг/кг, що відповідає встановленим біологічним значенням - 1,0-1,6 мг/кг для міді та 3,3-4,0 мг/кг – для цинку [4]. Порівняння отриманих нами результатів з даними літератури інших регіонів України виявили підвищений вміст у пробах цієї групи харчових продуктів міді ( $0,0011 \pm 0,0004 - 1,00 \pm 0,30$  мг/кг за середніми значеннями для окремих видів овочів та фруктів) та тотожність концентрацій цинку з іншими регіонами України ( $0,025 \pm 0,008 - 4,9 \pm 1,4$  мг/кг) [1], однак суттєво нижчий результатів досліджень у інших країнах ( $3,54 \pm 0,83 - 9,74 \pm 1,83$  мг/кг за середніми значеннями для окремих видів фруктів та овочів для міді та  $7,86 \pm 1,69 - 60,55 \pm 36,02$  мг/кг – для цинку) [18].

Важливою складовою оцінки рівня хімічного забруднення харчової продукції є визначення змін концентрацій важких металів у часовому аспекті. Встановлено, що у динаміці дослідження концентрації есенціальних та токсичних мікроелементів характеризувались певними різноспрямованими коливаннями для різних груп харчових продуктів. Так, вміст важких металів у зернових та зернобобових продуктах, незважаючи на певні коливання, залишався відносно стабільним протягом 2017-2021 рр. Подібна ситуація спостерігається щодо іншої групи харчових продуктів – молока та молочної продукції, де динаміка концентрацій металів за 5-річний період дослідження виявилась недостовірною за винятком зниження у 1,5 разів ( $p < 0,05$ ) вмісту цинку. На відміну від попередніх груп продуктів харчування, відзначалося поступове збільшення концентрацій свинцю у 1,2-1,5 разів, кадмію – у 1,5-1,7 разів у м'ясі та м'ясних продуктах, овочах, фруктах та ягодах, цинку у м'ясі та м'ясних продуктах, міді – у овочах, фруктах та ягодах – у 1,8 разів ( $p < 0,05$  –  $p < 0,01$ ).

У той же час для проведення всебічного аналізу та виявлення загальних закономірностей зміни хімічного забруднення основних груп харчових продуктів нами проведено порівняльну оцінку з нашими попередніми результатами комплексних досліджень 2006-2010 рр. [4] і встановлено достовірне зростання у 1,5-2,8 разів ( $p < 0,01$  –  $p < 0,001$ ) концентрації свинцю за середніми значеннями у 2017-2021 рр. в усіх групах харчових продуктів, що може бути зумовлено, з одного боку, поступовим підвищенням забруднення різних об'єктів довкілля на усіх ланцюгах міграції, а також кумуляцією металу у рослинах і організмі тварин, з іншого – посиленням контролю щодо якості та безпечності харчових продуктів, впровадженням нових, більш чутливих методів дослідження. Динаміка концентрації кадмію в основних групах харчових продуктів виявилась недостовірною за винятком зростання у 1,7 разів його вмісту у м'ясі та м'ясних продуктах ( $p < 0,05$ ). У 2017-

2021 р. порівняно з 2006-2010 рр. спостерігається різноспрямована динаміка концентрацій есенціальних мікроелементів – підвищення у 1,6-2,6 разів концентрації цинку ( $p<0,01$ ) за зниження у 2,0 рази ( $p<0,01$ ) вмісту міді у продуктах тваринного походження за відсутності достовірних змін у продуктах рослинного походження.

### Висновки

1. Регіональні харчові продукти, як природні кумулянти, промислово забрудненої Дніпропетровської області містять такі токсичні метали, як свинець, кадмій, ртуть, миш'як у концентраціях, середні величини яких відповідають вітчизняним і міжнародним стандартам і здебільш тотожні аналогічним даним інших регіонів України та світу. Однак максимальні значення вмісту свинцю в окремих групах продуктів харчування перевищують вітчизняні та міжнародні нормативи у 1,2-3,3 рази.

2. Вміст есенціальних мікроелементів у основних групах харчових продуктів за середніми значеннями сягає 1,81 мг/кг для міді та 11,86 мг/кг – для цинку. При цьому якщо концентрація цинку здебільш відповідає біологічному рівню у досліджуваних групах харчових продуктів або знаходиться на нижній його межі, то вміст міді знаходиться на нижній межі біологічних значень для зерна та зернобобових продуктів, овочів, фруктів і ягід та у 2-2,5 рази нижче відповідних біологічних рівнів для молочних та м'ясних продуктів. Враховуючи, що при кулінарній обробці продуктів втрачається до 26-42% вищезазначених мікроелементів, можна прогнозувати більш виражений їх дефіцит у харчуванні населення регіону, особливо міді.

3. У динаміці 5-річного періоду дослідження концентрації есенціальних та токсичних мікроелементів характеризуються певними різноспрямованими коливаннями для різних груп харчових продуктів. При відносній стабільності досліджених мінерних речовин у зерні та зернобобових продуктах, молоці та молочних продуктах, за винятком зниження у 1,5 разів ( $p<0,05$ ) вмісту цинку, відзначалося поступове збільшення концентрацій свинцю та кадмію у 1,2-1,7 разів у м'ясі та м'ясних продуктах, овочах, фруктах та ягодах, цинку – у м'ясі та м'ясних продуктах, міді – у овочах, фруктах та ягодах ( $p<0,05$  –  $p<0,01$ ). При цьому порівняння результатів дослідження 2017-2021 рр. з нашими даними за попередній 10-річний період виявили поступове зростання середніх концентрацій свинцю у 1,5-2,8 разів в усіх групах харчових продуктів ( $p<0,01$  –  $p<0,001$ ), кадмію – у 1,7 разів у м'ясі та м'ясних продуктах ( $p<0,05$ ) та різноспрямовану динаміку вмісту есенціальних мікроелементів.

4. Результати дійсних досліджень свідчать про актуальність проблеми забезпечення якості та безпечності харчових продуктів, необхідність подальшого удосконалення законодавства у сфері виробництва та реалізації харчових продуктів, його гармонізації з міжнародним, впровадження заходів щодо покращення якості та безпечності харчових продуктів й удосконалення методів їх контролю на усіх рівнях.

5. Отримані нами дані та їх аналіз обґрунтовують доцільність подальшого систематичного контролю і гігієнічної оцінки контамінованості і мікроелементної адекватності харчових продуктів промислових територій, їх впливу на організм шляхом розробки і впровадження профілактичних заходів задля збереження здоров'я населення.

### Внески авторів:

Онул Н.М. – концепція дослідження, організація збору даних, аналіз літератури, статистичне опрацювання, аналіз та інтерпретація даних, написання статті, затвердження статті;

Білецька Е.М. – аналіз та інтерпретація даних, коригування статті, затвердження статті;

Вальчук С.І. – організація збору даних, критичне доопрацювання, затвердження статті;

Юнтунен Г.М. – концепція та дизайн дослідження, збір даних, аналіз літератури, статистична обробка даних, аналіз та інтерпретація даних, написання статті;



Похмурко І.В. – організація збору даних, аналіз даних, критичне доопрацювання статті;

Бельська Т.М. – організація збору даних, аналіз та інтерпретація даних, коригування статті.

**Фінансування.** За рахунок власних коштів згідно з НДР кафедри гігієни, екології та охорони праці Дніпровського державного медичного університету: «Комплексна еколого-гігієнічна оцінка ризику для здоров'я населення в умовах промислового мегаполісу», № держреєстрації: 0120U1026123.

**Конфлікт інтересів.** Відсутній.

#### REFERENCES

1. Shcherbakova NS, Maksymova YuYu. [The influence of toxic elements on organoleptic indicators of milk]. [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. 2019;4:153-8. Ukrainian.
2. Krychkovska LV, Bielinska AP, Ananieva VV, et al. [Food safety: anti-alimentary factors, xenobiotics, food additives: a study guide]. Kharkiv: NTU «KhPI»; 2017. 98 p. Ukrainian.
3. Mazur VA, Tkachuk OP, Yakovets LA. [Environmental safety of grain and leguminous products]. Vinnytsia: VNAU; 2020. 442 p. Ukrainian.
4. 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.
5. Shevchuk VD, Mudrak HV, Franchuk MO. [Ecological assessment of the intensity of soil pollution by heavy metals]. Colloquium-journal. Agricultural Sciences. 2021;10(97):40-6. Ukrainian.
6. Kupchuk OYu. [Determination of the correlation between the content of heavy metals in plant products and soil during environmental monitoring]. Scientific and Technical Journal. 2016;13(1):85-91. Ukrainian.
7. Kumar S, Islam R, Akash PB, et al. Lead contamination in agricultural products and human health risk assessment in Bangladesh. Water Air Soil Pollut. 2022;233-57.  
doi: <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05711-9>
8. Wei J, Cen K. Assessment of human health risk based on characteristics of potential toxic elements (PTEs) contents in foods sold in Beijing, China. Sci. Tot. Environ. 2020;703:134747.  
doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134747>
9. Liubarska LS, Hulich MP. [Calculation of the content of zinc and copper in the diet based on the determined actual content of them in food products]. Hygiene of Populated Places. 2014;63:233-9. Ukrainian.
10. Winiarska-Mieczan A, Katarzyna Kwiatkowska E, Kwiecień M, et al. Dietary intake and content of Cu, Mn, Fe, and Zn in selected cereal products marketed in Poland. Biol Trace Elem Res. 2019;187(2):568-78.  
doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1384-0>
11. Sujka M, Pankiewicz U, Kowalski R, et al. Determination of the content of Pb, Cd, Cu, Zn in dairy products from various regions of Poland. Open Chemistry. 2019;17(1).  
doi: <https://doi.org/10.1515/chem-2019-0072>
12. Norouzirad R, González-Montaña J-R, Martínez-Pastor F, et al. Lead and cadmium levels in raw bovine milk and dietary risk assessment in areas near petroleum extraction industries. Science of the Total Environment. 2018;635:308-14.  
doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.138>
13. Molina DAR, Vargas JHL, Gutierrez JAB, et al. Residues of veterinary drugs and heavy metals in bovine meat from Urabá (Antioquia, Colombia), a promising step forward towards international commercialization. Veterinary and Animal Science. 2021;13:100192.  
doi: <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100192>

14. [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.
15. FAO, WHO. General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193-1995). Switzerland; 2019.
16. [Balances and consumption of basic food products by the population of Ukraine: statistical collection]. Edited by O. Prokopenko. Kyiv; 2021. 59 p. Ukrainian.
17. Abedi A, Zabihzadeh M, Hosseini H, et al. Determination of Lead, Cadmium, Iron and Zinc contents in the meat products supplied in Tehran. *Iranian J Nutr Sci Food Technol.* 2018;13(3):93-102.
18. Rusin M, Domagalska J, Rogala D, et al. Concentration of cadmium and lead in vegetables and fruits. *Sci Rep.* 2021;11:11913.  
doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91554-z>

Надійшла до редакції / Received: 20.09.2022