

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ЮНТУНЕН ГАННА МИХАЙЛІВНА

614.7:334.716:546.3/.8:613.63:616-036.3-053.8(043.3/.5)

ДИСЕРТАЦІЯ
КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ
ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ЯК ЧИННИКА РИЗИКУ ДЛЯ
ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я В УМОВАХ ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії
галузь знань – 22 «Охорона здоров'я»,
за спеціальністю – 229 Громадське здоров'я

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ Ганна ЮНТУНЕН

Науковий керівник: Онул Наталія Михайлівна, доктор медичних наук, професор.

Дніпро – 2025

АНОТАЦІЯ

Юнтунен Г.М. Комплексна оцінка забруднення об'єктів довкілля важкими металами як чинника ризику для громадського здоров'я в умовах промислового регіону. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 22 «Охорона здоров'я» за спеціальністю 229 «Громадське здоров'я». – Дніпровський державний медичний університет, Дніпро, 2025 р.

Дисертаційна робота виконана на базі кафедри гігієни, екології та охорони праці Дніпровського державного медичного університету як фрагмент науково-дослідної роботи «Комплексна еколого-гігієнічна оцінка ризику для здоров'я населення в умовах промислового мегаполісу», №0120U102612, 2020-2023 рр. та «Наукове обґрунтування комплексу заходів для профілактики порушень здоров'я населення, спричинених дією соціальних, природних та техногенних факторів» №0121U114434, 2022-2026 рр.

Погіршення якості довкілля та підвищення рівнів захворюваності сьогодні входять до переліку основних викликів для громадського здоров'я в Європейському регіоні. Розглядаючи чинники, що призвели до такої ситуації, необхідно з-поміж іншого відзначити масштабність антропогенного забруднення довкілля важкими металами. Вони утворюють значну групу токсикантів та визначають активний антропогенний тиск на об'єкти довкілля, а відтак і на організм людини, викликаючи порушення фізіологічних процесів та розвиток захворювань.

У дисертаційній роботі представлено теоретичне обґрунтування та вирішення науково-практичного завдання з вивчення особливостей забруднення важкими металами життєзабезпечуючих об'єктів довкілля та внутрішнього середовища організму людини, оцінки ризику для здоров'я населення за ізолюваної та комбінованої їх дії, визначення мікроелементного статусу за умов техногенного впливу та змін мікроелементного гомеостазу при розвитку

захворювань, розробки науково-обґрунтованих підходів з управління ризиком для здоров'я населення за хронічного впливу важких металів в умовах промислових територій.

Комплексні дослідження виконані в умовах одного з найбільших промислових регіонів України – Дніпропетровській області. Дизайн дослідження представляв собою структурно-логічне поєднання 6 етапів з використанням комплексу методів досліджень – бібліосемантичного, санітарно-гігієнічного, епідеміологічного, клініко-анамнестичного, лабораторного, біохімічного, фізико-хімічного, статистичного та математичного методів з використанням комплексного і системного підходів, оцінки ризику.

За результатами дослідження встановлено, що викиди зі стаціонарних джерел забруднення є провідними у формуванні загального рівня забруднення – 82,3% від загального обсягу викидів за рахунок підприємств переробної, добувної промисловості і розроблення кар'єрів, постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря.

Середньорічні концентрації важких металів здебільш відповідають вітчизняним і міжнародним стандартам, хоч перевищують результати досліджень на незабруднених територіях та характеризуються різноспрямованими тенденціями у динаміці дослідження. Максимальні значення вмісту свинцю в окремих продуктах харчування, алюмінію – у питній воді перевищують чинні гігієнічні регламенти у 1,2-3,3 рази. Одночасна присутність досліджуваних металів у питній воді за санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості перевищує безпечний рівень комбінованої дії.

Первинна захворюваність та поширеність захворюваності дорослого населення Дніпропетровської області за середніми показниками періоду дослідження перевищує загальнодержавний рівень та характеризується достовірною тенденцією до зростання на 6,1-7,5% у більшості міст на фоні зниження випадків госпіталізації на 22,3 %. Хвороби сечостатевої системи

займають друге рангове місце у структурі первинної захворюваності населення області, четверте рангове місце у структурі поширеності захворюваності та шосте рангове місце у структурі госпітальної захворюваності. На обласному рівні простежено чітку тенденцію до збільшення рівня первинної захворюваності та поширеності захворюваності населення на хвороби сечостатевої системи (Тпр.=14,8-16,4%). Провідними нозологічними групами захворювань сечовидільної системи є інфекції нирок, камені нирок і сечоводів та цистит.

Розраховано, що середня добова доза важких металів, що надходять до організму людини з атмосферним повітрям коливається в межах $0,1 \cdot 10^{-5}$ - $8,0 \cdot 10^{-4}$ мг/ (кг×д), з питною водою – $0,28 \cdot 10^{-5}$ - $6,1 \cdot 10^{-3}$ мг/ (кг×д), з харчовими продуктами – $0,25 \cdot 10^{-3}$ – 0,143 мг/ (кг×д), що у 1,6-5,6 разів вище результатів досліджень у зоні еколого-геохімічного оптимуму, зокрема для таких металів, як залізо, свинець, марганець. Рівень добового надходження свинцю у регіоні виявився вищим порівняно з максимально безпечними рівнями впливу відповідно до рекомендацій FDA та EPA, кадмію – знаходиться на максимально безпечному рівні взгідно з рекомендаціями JECFA на фоні дефіцитного рівня надходження цинку. Рівень сумарного добового навантаження організму дорослої людини при комплексному надходженні металів складає 0,24 мг для свинцю, 0,02 мг – для кадмію, 1,6 мг – для міді та 10,2 мг – для цинку. При цьому питома вага харчових продуктів у загальному рівні сумарного добового надходження ксенобіотиків сягає 94%. Основними групами харчових продуктів за рівнем надходження важких металів є хлібобулочні вироби, овочі, фрукти та ягоди – 19,9-44,2% від загального рівня їх надходження, однак абсолютний вміст свинцю і кадмію виявився найвищим у рибі та продуктах моря, м'ясі та м'ясних продуктах, цукрі та солодощах.

За результатами дослідження встановлено, що збільшення вмісту ксенобіотиків у довкіллі корелює зі зростанням рівня первинної захворюваності та поширеності захворюваності серед населення досліджуваних міст ($r=0,77$ -

0,98) залежно від шляху надходження та виду життєзабезпечуючого середовища, за від'ємної закономірності щодо вмісту есенційних мікроелементів ($r=-0,78 - -0,97$).

Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів у населення за ізолюваної дії металів варіює від мінімального до високого, індекс небезпеки за їх комбінованого впливу – від допустимого до високого, залежно від виду металу, шляху надходження та території впливу. Індивідуальний канцерогенний ризик за інгаляційного впливу важких металів варіює від мінімального до середнього, за перорального – від мінімального до допустимого. Сумарний канцерогенний ризик за інгаляційного впливу канцерогенних металів є середнім, за перорального впливу – допустимим.

Виявлено особливості мікроелементного статусу мешканців Дніпропетровської області, з достовірно вищим у 1,2-10,6 разів вмістом токсичних та потенційно токсичних мікроелементів у біосубстратах порівняно з референтними значеннями. Вміст алюмінію, барію та свинцю виявився у 1,2-14,2 рази вище результатів досліджень, проведених у зоні еколого-гігієнічного оптимуму. Концентрація есенційних МЕ у біосубстратах мешканців регіону здебільш відповідає референтним значенням та корелює з результатами подібних досліджень, за винятком нижчого у 1,7-3,5 разів вмісту міді та цинку в сироватці крові, цинку та марганцю – у сечі. Визначено гендерні особливості мікроелементного статусу з достовірно вищим у 1,3-1,8 разів вмістом барію, бору, нікелю, кадмію, свинцю та стронцію в різних біосубстратах чоловіків порівняно з жінками за нижчих у 1,2-1,4 рази рівнів міді та срібла у сироватці крові, алюмінію та марганцю – у сечі. З віком достовірно знижується концентрація хрому, бору та цинку в сироватці крові, кобальту та алюмінію – у сечі за зростання вмісту барію, марганцю та цинку у сечі.

Встановлено розвиток мікроелементного дисбалансу при захворюванні нирок, що проявляється достовірним зростанням у 1,2-3,2 рази вмісту барію,

бору, марганцю, нікелю, свинцю, міді та стронцію у сироватці крові, алюмінію, бору, кадмію, хрому, літію, марганцю та цинку – у сечі порівняно з показниками контрольної групи. Вищезначене зумовлено порушенням виведення мікроелементів при розвитку патологічного процесу на фоні напруження регуляторно-адаптаційних систем організму. Зміни мікроелементного гомеостазу корелюють з клініко-лабораторними показниками організму, з найбільшою питомою вагою змін для морфометричних показників та показників обміну речовин, дихальної та захисної функцій крові, а також біохімічних маркерів функціонального стану нирок.

Отримані результати стали науковим обґрунтуванням розробки підходів з управління ризиком для здоров'я населення за хронічного впливу важких металів в умовах промислових територій, що є важливою складовою для своєчасного прогнозування стану здоров'я за впливу чинників довкілля та при розвитку патологічних процесів в організмі, розробки комплексу заходів для покращення громадського здоров'я.

Наукова новизна. Вперше в умовах промислового регіону: визначені середні добові дози важких металів за їх комплексного надходження до організму людини; з'ясовано питому вагу інгаляційного та перорального шляхів у формуванні рівня сумарного добового надходження та мікроелементного статусу; розраховано ризики розвитку неканцерогенних та канцерогенних ефектів за ізольованої й комбінованої дії металів; виявлено особливості впливу комплексу мікроелементів, у тому числі маловивчених, на організм; визначено мікроелементний статус мешканців промислового регіону за широким спектром мікроелементів, його гендерну та вікову специфіку; доведено формування дисгомеостазу мікроелементів при захворюваннях сечостатевої системи; визначено взаємозв'язок мікроелементного статусу з клініко-лабораторними показниками стану організму, ступенем його адаптації; виявлено індикаторні показники стану організму за впливу важких металів.

Розширені наукові уявлення про: види і питому вагу різних джерел забруднення у формуванні загального обсягу викидів забруднюючих речовин; рівень забруднення важкими металами об'єктів довкілля, роль різних життєзабезпечуючих середовищ та виду металу в формуванні внутрішнього забруднення організму ксенобіотиками; основні групи харчових продуктів – джерел надходження мікроелементів до організму; рівень і структуру захворюваності дорослого населення промислового регіону; ступінь взаємозв'язку важких металів, рівня їх добового надходження з показниками захворюваності населення; основні підходи щодо гігієнічного регламентування чинників довкілля хімічної природи, їх доповнення у частині методології оцінки ризику відповідно до міжнародних стандартів; підходи з управління ризиком для громадського здоров'я за впливу важких металів.

Практичне значення. Встановлено рівень комплексного і комбінованого забруднення важкими металами об'єктів навколишнього середовища; визначено детермінантну питому вагу різних життєзабезпечуючих об'єктів довкілля у формуванні внутрішнього забруднення організму різними металами та мікроелементного статусу; обґрунтовано необхідність застосування біомоніторингових досліджень в практичній діяльності для підвищення ефективності діагностики та профілактики розвитку мікроелементозів у населення за впливу чинників довкілля та при захворюваннях сечостатевої системи; доповнено інформаційну базу щодо вмісту мікроелементів у різних біосубстратах організму в умовах техногенного навантаження; створено кореляційну матрицю взаємозв'язку між ксенобіотиками і есенційними мікроелементами та клініко-лабораторними показниками й ступенем адаптації організму; запропоновано науково-обґрунтовані підходи з управління ризиком для громадського здоров'я за впливу важких металів довкілля.

Ключові слова. Забруднення, промисловий регіон, об'єкти довкілля, ризик, важкі метали, мікроелементи, біосубстрати, громадське здоров'я, захворюваність, сечостатева система, захворювання нирок, доросле населення, профілактика.

ANNOTATION

Yuntunen H.M. Comprehensive assessment of environmental pollution by heavy metals as a risk factor for public health in an industrial region. – Qualifying scientific work on manuscript rights. Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 22 “Health Care” in the specialty 229 “Public Health”. – Dnipro State Medical University, Dnipro, 2025.

The dissertation work was carried out on the basis of the Department of Hygiene, Ecology and Occupational Safety of the Dnipro State Medical University as a fragment of the scientific research work "Complex ecological and hygienic risk assessment for the health of the population in the conditions of an industrial metropolis", N0120U102612, 2020-2023 and "Scientific substantiation of a set of measures for the prevention of public health disorders caused by the action of social, natural and man-made factors N0121U114434, 2022-2026.

Deterioration of environmental quality and increase in morbidity rates are today among the main challenges for public health in the European region. Considering the factors that led to such a situation, it is necessary to note, among other things, the scale of anthropogenic pollution of the environment with heavy metals. They form a significant group of toxicants and determine active anthropogenic pressure on environmental objects, and therefore on the human body, which contributes to the occurrence of pathological processes and diseases.

The dissertation theoretically substantiates and solves an important scientific and practical task dedicated to the study of the features of heavy metal pollution of life-supporting environmental objects and the internal environment of the human body,

assessment of the risk to public health under their isolated and combined effects, determination of the features of microelement status under conditions of technogenic influence and changes in microelement homeostasis during the development of diseases, development of scientifically based approaches to managing the risk to public health under chronic exposure to heavy metals in industrial areas.

Comprehensive research was carried out in the conditions of one of the largest industrial regions of Ukraine – Dnipropetrovsk region. The research design was a structural and logical combination of 6 stages using a complex of research methods - bibliosemantic, sanitary-hygienic, epidemiological, clinical-anamnestic, laboratory, biochemical, physico-chemical, statistical and mathematical methods using complex and systemic approaches, risk assessment.

According to the results of the study, it was established that emissions from stationary sources of pollution are leading ones in the formation of the overall level of pollution, making up 82.3% of the total volume of emissions due to enterprises of the processing, extractive industry and the development of quarries, the supply of electricity, gas, steam and air conditioning.

The average annual concentrations of heavy metals mostly comply with national and international standards, however exceed the results of studies in uncontaminated areas and are characterized by multidirectional trends in the dynamics of research. The maximum values of lead content in certain food products, aluminum – in drinking water exceed the current MPC by 1.2-3.3 times. The simultaneous presence of the studied metals in drinking water exceeds the safe level of combined action in terms of sanitary and toxicological hazard.

Primary morbidity and the prevalence of morbidity of the adult population of Dnipropetrovsk region by average indicators during the study period exceeds the national level and is characterized by a significant tendency to increase by 6.1-7.5% in most cities against the background of a decrease in hospitalizations by 22.3%. Diseases of the genitourinary system rank second in the structure of primary morbidity of the

population of the region, the fourth – in the structure of morbidity prevalence and rank sixth in the structure of hospital morbidity. At the regional level, there is a clear tendency to increase in the level of primary morbidity and the prevalence of morbidity of the population for diseases of the genitourinary system ($T_{pr.}=14.8-16.4\%$). The leading nosological groups of diseases of the urinary system are kidney infections, kidney and ureter stones and cystitis.

It is calculated that the average daily dose of heavy metals entering the human body with atmospheric air ranges from $0.1 \cdot 10^{-5}$ - $8.0 \cdot 10^{-4}$ mg/ (kg $\times$ d), with drinking water - $0.28 \cdot 10^{-5}$ - $6.1 \cdot 10^{-3}$ mg/ (kg $\times$ d), with food - $0.25 \cdot 10^{-3}$ - 0.143 mg/ (kg $\times$ d), which is 1.6-5.6 times higher than the results of research in the zone of ecological and geochemical optimum, in particular for metals such as iron, lead, manganese. At the same time, the level of daily lead intake in the region is higher compared to the maximum safe exposure levels according to the recommendations of the FDA and EPA, cadmium – at the maximum safe level according to the recommendations of JECFA on the background of a deficient level of zinc intake. The level of total daily load on an adult organism with a complex intake of metals is 0.24 mg for lead, 0.02 mg for cadmium, 1.6 mg for copper and 10.2 mg for zinc. At the same time, the share of food products in the total level of total daily intake of xenobiotics reaches 94%. The main groups of food products in terms of the level of intake of heavy metals are bakery products, vegetables, fruits and berries – 19.9-44.2% of the total level of their intake, however, the absolute content of lead and cadmium was highest in fish and seafood, meat and meat products, sugar and sweets.

According to the results of the study, it was established that an increase in the content of xenobiotics in the environment is correlated with an increase in the level of primary morbidity and the prevalence of morbidity among the population of the studied cities ($r=0.77-0.98$) depending on the route of entry and the type of life-supporting environment, with a negative pattern regarding the content of essential trace elements ($r=-0.78$ - -0.97). The hazard coefficient for the development of non-carcinogenic

effects in the population with isolated exposure to metals varies from minimal to high, the hazard index for their combined exposure - from acceptable to high, depending on the type of metal, route of entry and area of exposure. The individual carcinogenic risk by inhalation exposure to heavy metals varies from minimal to moderate, by oral exposure - from minimal to permissible. The total carcinogenic risk by inhalation exposure to carcinogenic metals is moderate, by oral exposure - permissible.

Features of the microelement status of residents of the Dnipropetrovsk region were identified, with a significantly higher content of toxic and potentially toxic microelements in biosubstrates by 1.2-10.6 times compared to reference values. The content of aluminum, barium and lead was 1.2-14.2 times higher than the results of studies conducted in the zone of ecological and hygienic optimum. The concentration of essential ME in biosubstrates of residents of the region mostly corresponds to reference values and correlates with the results of similar studies, with the exception of lower content of copper and zinc in blood serum by 1.7-3.5 times, zinc and manganese in urine. Gender-specific features of microelement status were determined with a significantly higher content of barium, boron, nickel, cadmium, lead and strontium in various biosubstrates of men – by 1.3-1.8 times, compared to women with 1.2-1.4 times lower levels of copper and silver in blood serum, aluminum and manganese in urine. With age, the concentration of chromium, boron, and zinc in blood serum, cobalt, and aluminum in urine, significantly decreases, while the content of barium, manganese, and zinc in urine increases.

The development of microelement imbalance in kidney disease has been established, which is manifested by a significant increase in the content of barium, boron, manganese, nickel, lead, copper and strontium in blood serum, aluminum, boron, cadmium, chromium, lithium, manganese and zinc in urine by – 1.2-3.2 times, compared to the indicators of the control group. The above is due to a disruption of the excretion of microelements during the development of the pathological process against the background of stress on the regulatory and adaptive systems of the body. Changes

in microelement homeostasis correlate with clinical and laboratory indicators of the body, with the greatest specific gravity of changes for morphometric indicators and indicators of metabolism, respiratory and protective functions of the blood, as well as biochemical markers of the functional state of the kidneys.

The obtained results became a scientific basis for the development of risk management approaches for the health of the population under chronic exposure to heavy metals in the conditions of industrial areas, which is an important component for timely forecasting of the state of health under the influence of environmental factors and during the development of pathological processes in the body, the development of a complex of measures to improve public health.

Scientific novelty. For the first time in the conditions of an industrial region: the average daily doses of heavy metals were determined for their complex intake into the human body; the specific weight of the inhalation and oral routes in the formation of the level of total daily intake and microelement status was clarified; the risks of developing non-carcinogenic and carcinogenic effects for the isolated and combined action of metals were calculated; the features of the influence of a complex of microelements, including poorly studied ones, on the body were identified; the microelement status of residents of the industrial region was determined for a wide range of microelements, its gender and age specificity was determined; disturbance of microelement homeostasis in diseases of the genitourinary system was proven; the relationship of microelement status with clinical and laboratory indicators of the body's condition, the degree of its adaptation was determined; indicative findings of the body's condition under the influence of heavy metals were identified.

There were expanded scientific understanding of: types and specific weight of various sources of pollution in the formation of the total volume of pollutant emissions; the level of pollution of environmental objects with heavy metals, the role of various life-supporting environments and the type of metal in the formation of internal pollution of the body with xenobiotics; main groups of food products – sources of microelements

entering the body; the level and structure of morbidity of the adult population of the industrial region; the degree of correlation of heavy metals, the level of their daily intake with indicators of morbidity of the population; basic approaches to hygienic regulation of environmental factors of a chemical nature, their addition in terms of risk assessment methodology in accordance with international standards; approaches to risk management for public health due to exposure to heavy metals.

Practical significance. The level of complex and combined pollution of environmental objects with heavy metals has been established; the determinant specific weight of various life-supporting environmental objects in the formation of internal pollution of the body with various metals and microelement status has been determined; the need for the use of biomonitoring studies in practical activities has been substantiated to increase the effectiveness of diagnostics and prevention of the development of microelementosis in the population under the influence of environmental factors and in diseases of the genitourinary system has been substantiated; the information base on the content of microelements in various biosubstrates of the body under conditions of technogenic load has been supplemented; a correlation matrix of the relationship between xenobiotics and essential microelements and clinical and laboratory indicators and the degree of adaptation of the body has been created; scientifically sound approaches to managing the risk to public health under the influence of heavy metals in the environment have been proposed.

Keywords: pollution, industrial region, environmental objects, risk, heavy metals, trace elements, biosubstrates, public health, morbidity, genitourinary system, kidney diseases, adult population, prevention.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Білецька ЕМ, Онул НМ, Калінічева ВВ, Юнтунен ГМ. Гігієнічні заходи профілактики диселементозів у населення промислових міст. Гігієна населених місць : зб. наук. пр. 2021; вип. 71 : 201-209. DOI: 10.32402/hygiene2021.71.201 (Особистий внесок: аналіз літератури, статистична обробка та узагальнення результатів власних досліджень, підготовка статті до друку).

2. Онул НМ, Білецька ЕМ, Вальчук СІ, Юнтунен ГМ, Похмурко ІВ, Бельська ТМ. Гігієнічна оцінка якості харчових продуктів за вмістом есенціальних та токсичних мікроелементів. Гігієна населених місць: зб. наук. пр. 2022; вип. 72 : 107-116. DOI: 10.32402/hygiene2022.72.107 (Особистий внесок – аналіз літературних джерел, планування дослідження, збір даних, статистичний аналіз та інтерпретація результатів, написання статті).

3. Онул НМ, Гармаш НЛ, Останін АА, Юнтунен ГМ. Госпітальна захворюваність дорослого населення Дніпропетровської області. Україна. Здоров'я нації. 2023; 1 (71): 67-73. DOI: 10.32782/2077-6594/2023.1/11 (Особистий внесок – аналіз літературних джерел, збір даних, статистичний аналіз та інтерпретація результатів, написання статті).

4. Юнтунен ГМ, Онул НМ. Особливості захворюваності дорослого населення Дніпропетровської області на урологічні хвороби. Довкілля та здоров'я. 2023; 4: 11-15. DOI: 10.32402/dovkil2023.04.011 (Особистий внесок – аналіз літературних джерел, збір даних, статистичний аналіз та інтерпретація результатів, написання статті).

5. Онул НМ, Юнтунен ГМ, Шевченко ОА, Вальчук СІ. Ризик для здоров'я населення Дніпропетровської області від забруднення атмосферного повітря

важкими металами. *Intermedical journal*. 2024; 1: 155-159. DOI: 10.32782/2786-7684/2024-1-24 (Особистий внесок – аналіз літературних джерел, збір даних, статистичний аналіз та інтерпретація результатів, написання статті).

6. Юнтунен ГМ, Онул НМ. Мікроелементний склад питної води при централізованому водопостачанні промислових міст Дніпропетровської області. *Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2024; вип. 74:10-17*. DOI: 10.32402/hygiene2024. 74.010 (Особистий внесок – аналіз літературних джерел, планування дослідження, збір даних, статистичний аналіз та інтерпретація результатів, написання статті).

7. Юнтунен ГМ, Онул НМ. Вміст есенційних мікроелементів у сироватці крові мешканців промислового регіону. *Довкілля і здоров'я*. 2025; 1:45-50. DOI: 10.32402/dovkil2025.01.045 (Особистий внесок: аналіз літератури, формування контингенту дослідження, статистична обробка та узагальнення результатів власних досліджень, підготовка статті до друку).

8. Онул НМ, Юнтунен ГМ, Родіонова ВВ, Поліон МЮ, Туренко ОА. Біомоніторинг токсичних та потенційно токсичних важких металів у сечі мешканців промислового регіону. *Мед. перспективи*. 2025;30(1):166-73. DOI: 10.26641/2307-0404.2025.1.325456 (Особистий внесок: аналіз літератури, формування контингенту дослідження, статистична обробка та узагальнення результатів власних досліджень, підготовка статті до друку).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Білецька ЕМ, Онул НМ, Калінічева ВВ, Юнтунен ГМ. Диселементози у населення промислових міст та їх профілактика. *Збірник тез регіонального науково-практичного форуму «Впровадження моделі «зеленої» економіки в Україні: інноваційні екологічні рішення для територіальних громад*. Дніпро, 2021: 6.

2. Onul N, Yuntunen H. The problem of atmospheric air pollution of the industrial city. About modern problems in science and ways to solve them. Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference. Graz, Austria 2021: 241-242.

3. Онул НМ, Гармаш НЛ, Останін АА, Юнтунен ГМ. Особливості захворюваності населення екологічно контрастних міст Дніпропетровської області. Актуальні питання біології та медицини: зб. наук. праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської наукової конференції. Лубни: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023: 154-159.

4. Юнтунен ГМ, Онул НМ. Вплив поліметалевого забруднення харчових продуктів на розвиток урологічної патології дорослого населення. Актуальні питання громадського здоров'я та екологічної безпеки України: збірка тез доповідей науково–практичної конференції з міжнародною участю до 140-річчя з дня народження О.М. Марзеєва (XIX марзеєвські читання). Випуск 23. Київ, 2023: 170-171.

5. Юнтунен ГМ, Онул НМ, Крамарьова ЮС. Методи управління ризиками розвитку неканцерогенних ефектів у населення за хронічного впливу важких металів. Громадське здоров'я: від аналізу минулого до розуміння майбутнього: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Дніпро, 2024: 49-52.

6. Юнтунен ГМ, Онул НМ, Шевченко ОА. Сумарне добове надходження мікроелементів з групи важких металів у організм людини в умовах промислового регіону. Актуальні питання громадського здоров'я та екологічної безпеки України: збірка тез доповідей науково–практичної конференції з міжнародною участю (XX марзеєвські читання). Випуск 24. Київ, 2024: 70-71.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	19
ВСТУП	20
РОЗДІЛ 1 ХІМІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	27
1.1. Аналіз джерел та рівнів забруднення об'єктів навколишнього середовища	27
1.2. Стан здоров'я населення, що проживає в умовах техногенного забруднення довкілля	33
1.3. Вплив забрудненого важкими металами довкілля на стан здоров'я населення та зміну мікроелементного статусу	37
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	44
РОЗДІЛ 3 ТЕРИТОРІАЛЬНО-ЧАСОВІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	63
3.1. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря промислових та контрольного міст Дніпропетровської області	63
3.2. Стан забруднення атмосферного повітря досліджуваних міст	66
3.3. Оцінка рівня поліметалевого забруднення продуктів харчування Дніпропетровського регіону	69
3.4. Аналіз забруднення важкими металами питної води	79
РОЗДІЛ 4 ОСОБЛИВОСТІ ТА СТРУКТУРА ЗАХВОРЮВАНOSTІ НАСЕЛЕННЯ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	83
4.1. Загальна захворюваність населення Дніпропетровської області	83
4.2. Первинна захворюваність населення досліджуваних міст	92
4.3. Аналіз госпіталізованої захворюваності	99

РОЗДІЛ 5 РИЗИК ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТА ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я ВІД КОМПЛЕКСНОГО І КОМБІНОВАНОГО ВПЛИВУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ	103
5.1. Оцінка взаємозв'язків забруднення об'єктів довкілля, організму людини та бінарних систем «навколишнє середовище – організм людини»...	103
5.2. Розрахунок комбінованого і комплексного надходження важких металів до організму людини	107
5.3. Оцінка ризику для здоров'я населення за ізольованої та комбінованої дії важких металів навколишнього середовища	113
РОЗДІЛ 6 МІКРОЕЛЕМЕНТНИЙ СТАТУС НАСЕЛЕННЯ ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ	127
6.1. Мікроелементний склад сироватки крові дорослого населення Дніпропетровської області та його зміни при хворобах сечостатевої системи.	127
6.2. Вміст мікроелементів у сечі населення контрольної та дослідної груп...	134
6.3. Транслокація мікроелементів, їх взаємозв'язок з об'єктами довкілля та клініко-лабораторними показниками стану організму.....	139
РОЗДІЛ 7 НАУКОВО-ОБҐРУНТОВАНІ ПІДХОДИ З УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЗУМОВЛЕНИМ РИЗИКОМ ЯК СКЛАДОВА СИСТЕМИ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я	147
7.1. Управління ризиком та інформування про ризик, як важливі складові методології оцінки ризику	149
7.2. Наукове обґрунтування підходів з управління ризиком для здоров'я населення за хронічного впливу важких металів	152
РОЗДІЛ 8 АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ	162
ВИСНОВКИ	178
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	181
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	182
ДОДАТКИ.....	207

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ADD – середня добова доза, мг/кг×д;
- CR (IELCR) – індивідуальний канцерогенний ризик;
- CRA (Σ IELCR) – сумарний канцерогенний ризик;
- FDA – Управління з контролю якості харчових продуктів та лікарських засобів, США;
- HQ – ризик розвитку неканцерогенних ефектів за ізольованого впливу;
- HI – ризик розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу;
- JECFA – Об'єднаний експертний комітет ФАО/ВООЗ з харчових добавок;
- LADD – середня добова доза сполуки протягом життя, мг/(кг * доба);
- RDA – рекомендовані дієтичні норми;
- RfC – референтні концентрації;
- USEPA – Агентство з охорони навколишнього середовища, США;
- БМД – біомоніторингові дослідження;
- ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я;
- ВМ – важкі метали;
- ГДК с.д. – середньодобова гранично допустима концентрація;
- ДРЦГМ – Дніпропетровський регіональний центр з гідрометеорології
- ІП – індекс проникнення, ум.од.;
- КСВ – коефіцієнти співвідношення;
- МЕ – мікроелементи;
- МКХ-10 – міжнародна класифікація хвороб 10 перегляду;
- ПСЗ – пост спостереження за забрудненням атмосфери;
- СДД – сумарна добова доза;
- СЗЗ – санітарно-захисна зона;
- ФАО – Продовольча та сільськогосподарська організація ООН.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми.

Здоров'я є невід'ємною умовою гармонійного розвитку людей і, в той же час, показником рівня соціально-економічного та культурного розвитку суспільства [1, 2]. Сьогодні в світі існує велике занепокоєння фахівців щодо масштабного тягара захворювань, особливо в умовах проживання на екологічно несприятливих територіях. Накопичені епідеміологічні дані свідчать, що шкідливі фактори довкілля спричиняють розвиток порушень здоров'я людини. Спільна дія комплексу ксенобіотиків довкілля створює значне хімічне навантаження на організм і може негативно впливати на стан здоров'я людини та громадського здоров'я у цілому [3, 4, 5, 6].

Значною мірою такі негативні процеси визначаються посиленням техногенного навантаження саме хімічної етіології [5, 7]. Антропогенне забруднення навколишнього природного середовища, у тому числі важкими металами та їх сполуками, викликає серйозну загрозу своїми негативними наслідками для здоров'я населення, сприяє зниженню резервів здоров'я на індивідуальному та популяційному рівнях, зростанню ступеня напруження організму, виникненню патологічних процесів, розвитку захворювань, і в кінцевому результаті – до явищ депопуляції населення [8, 9, 10]. У цьому випадку для ефективної профілактики дуже важлива адекватна діагностика мікроелементозів, пов'язана, в першу чергу, з біомоніторингом – точним кількісним визначенням мікроелементів в індикаторних біосубстратах людини [11, 12].

Методологія оцінки ризику на сьогоднішній день є одним з найбільш ефективних підходів до встановлення зв'язку між станом навколишнього середовища та здоров'ям населення [13, 14], що дозволяє прогнозувати імовірність виникнення патологічного процесу при різних сценаріях впливу,

розробляти підходи та методи управління чинниками ризику на індивідуальному та популяційному рівнях [15, 16].

Таким чином, дослідження регіональних особливостей техногенного забруднення довкілля хімічної природи, зокрема важкими металами, визначення пріоритетних шляхів їх надходження та рівня накопичення в організмі, оцінка впливу якості довкілля на мікроелементний статус, на ризик виникнення захворювань, прогнозування та розробка комплексного підходу з управління ризиками розвитку захворювань за впливу важких метадів є актуальним напрямком профілактичної медицини та громадського здоров'я.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана згідно з планом досліджень і є складовою частиною науково-дослідних робіт кафедри загальної гігієни Дніпровського державного медичного університету «Комплексна еколого-гігієнічна оцінка ризику для здоров'я населення в умовах промислового мегаполісу», №держреєстрації 0120U102612, 2020-2023 р.р. та кафедри гігієни, екології та охорони праці «Наукове обґрунтування комплексу заходів для профілактики порушень здоров'я населення, спричинених дією соціальних, природних та техногенних факторів» № держреєстрації 0121U114434, 2022-2026 р.р.

Мета роботи: Визначити особливості забруднення важкими металами об'єктів довкілля, їх впливу на мікроелементний статус та захворюваність населення промислового регіону, у тому числі хворобами сечостатевої системи, як наукове обґрунтування розробки підходів з управління ризиками для громадського здоров'я.

Завдання дослідження:

1. Здійснити еколого-гігієнічну оцінку вмісту важких металів у життєзабезпечуючих об'єктах навколишнього середовища.

2. Визначити територіально-часові особливості стану здоров'я населення промислового регіону за показниками первинної, загальної та госпітальної захворюваності.

3. Встановити специфіку комбінованого і комплексного надходження важких металів до організму мешканців Дніпропетровської області.

4. Оцінити вплив важких металів різних об'єктів довкілля на здоров'я людини за даними кореляційного аналізу, оцінки ризику розвитку неканцерогенних та канцерогенних ефектів за ізольованої та комбінованої дії важких металів.

5. Провести біомоніторинг мікроелементів в організмі та оцінити ступінь накопичення біогених та абіогених металів в біосustrатах клінічно здорових мешканців промислового регіону, їх статеві-вікові особливості.

6. Визначити особливості змін мікроелементного гомеостазу при розвитку захворювань сечостатевої системи, його взаємозв'язку з клініко-лабораторними показниками та ступенем адаптації організму.

7. Розробити науково-обґрунтовані підходи з управління ризиками для громадського здоров'я за впливу важких металів.

Об'єкт дослідження: особливості мікроелементного статусу, розвиток мікроелементного дисбалансу, ризик розвитку захворювань у населення промислового регіону, у тому числі хвороб сечостатевої системи за впливу важких металів навколишнього середовища.

Предмет дослідження: важкі метали життєзабезпечуючих об'єктів довкілля, показники первинної, загальної та госпітальної захворюваності населення, середня добова доза та сумарне добове надходження важких металів до організму людини, ризик розвитку неканцерогенних та канцерогенних ефектів за ізольованої та комбінованої дії важких металів, мікроелементний статус клінічно здорового населення та при захворюваннях сечостатевої системи,

клініко-лабораторні показники стану здоров'я, підходи з управління ризиком для громадського здоров'я.

Методи дослідження: бібліосемантичний – аналіз релевантних наукових даних з теми дослідження, санітарно-гігієнічні – оцінка вмісту важких металів у об'єктах довкілля промислових та контрольного міст Дніпропетровської області, епідеміологічні – вивчення рівнів первинної, загальної та госпітальної захворюваності населення, у тому числі на хвороби сечостатевої системи, клініко-анамнестичні – збір скарг, анамнезу захворювання та життя, фізикальне обстеження, лабораторні (загальний клінічний аналіз крові та сечі), біохімічні (визначення вмісту загального білку, білірубіну, креатиніну, сечовини в крові), фізико-хімічні (атомно-емісійна спектроскопія з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-AES) для біомоніторингу важких металів у сироватці крові та сечі), статистичні та математичні методи дослідження з використанням комплексного і системного підходів.

Наукова новизна. Вперше в умовах промислового регіону: визначені середні добові дози важких металів за їх комплексного надходження до організму людини; з'ясовано питому вагу інгаляційного та перорального шляхів у формуванні рівня сумарного добового надходження та мікроелементного статусу; розраховано ризики розвитку неканцерогенних та канцерогенних ефектів за ізольованої й комбінованої дії металів; виявлено особливості впливу комплексу мікроелементів, у тому числі маловивчених, на організм; визначено мікроелементний статус мешканців промислового регіону за широким спектром мікроелементів, його гендерну та вікову специфіку; доведено формування дисгомеостазу мікроелементів при захворюваннях сечостатевої системи; визначено взаємозв'язок мікроелементного статусу з клініко-лабораторними показниками стану організму, ступенем його адаптації; виявлено індикаторні показники стану організму за впливу важких металів.

Розширені наукові уявлення про: види і питому вагу різних джерел забруднення у формуванні загального обсягу викидів забруднюючих речовин; рівень забруднення важкими металами об'єктів довкілля, роль різних життєзабезпечуючих середовищ та виду металу в формуванні внутрішнього забруднення організму ксенобіотиками; основні групи харчових продуктів – джерел надходження мікроелементів до організму; рівень і структуру захворюваності дорослого населення промислового регіону; ступінь взаємозв'язку важких металів, рівня їх добового надходження з показниками захворюваності населення; основні підходи щодо гігієнічного регламентування чинників довкілля хімічної природи, їх доповнення у частині методології оцінки ризику відповідно до міжнародних стандартів; підходи з управління ризиком для громадського здоров'я за впливу важких металів.

Практичне значення. Встановлено рівень комплексного і комбінованого забруднення важкими металами об'єктів навколишнього середовища; визначено детермінантну питому вагу різних життєзабезпечуючих об'єктів довкілля у формуванні внутрішнього забруднення організму різними металами та мікроелементного статусу; обґрунтовано необхідність застосування біомоніторингових досліджень в практичній діяльності для підвищення ефективності діагностики та профілактики розвитку мікроелементозів у населення за впливу чинників довкілля та при захворюваннях сечостатевої системи; доповнено інформаційну базу щодо вмісту мікроелементів у різних біосубстратах організму в умовах техногенного навантаження; створено кореляційну матрицю взаємозв'язку між ксенобіотиками і есенційними мікроелементами та клініко-лабораторними показниками й ступенем адаптації організму; запропоновано науково-обґрунтовані підходи з управління ризиком для громадського здоров'я за впливу важких металів довкілля.

Результати досліджень впроваджені в практичну діяльність, навчальний та науковий процес Полтавського державного медичного університету, Інституту

гігієни та екології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, Дніпровського державного медичного університету, відокремленого структурного підрозділу «Кам'янський районний відділ Державної установи «Дніпропетровський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я», Державної установи «Дніпропетровський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я».

Особистий внесок здобувача. Авторка особисто здійснила пошук та аналіз наукових джерел, дослідила актуальний стан проблеми. Спільно з науковим керівником були визначені мета, завдання дослідження, розроблено дизайн дослідження та вибрані методи дослідження. Аспірантка самостійно провела збір, статистичну обробку та аналіз даних спостережень і лабораторних досліджень за обсягами викидів зі стаціонарних джерел забруднення, концентрацій досліджуваних речовин у атмосферному повітрі, питній воді та харчових продуктах промислових і контрольного міст Дніпропетровської області, оцінку загальної, первинної та госпітальної захворюваності дорослого населення, відбір контингенту для проведення клініко-лабораторних досліджень, аналіз і обробку отриманих даних, виконала розрахунок та оцінку неканцерогенних та канцерогенних ризиків, кореляційний аналіз, науково обґрунтувала підходи з управління ризиком для громадського здоров'я за впливу важких металів. Дисертантка самостійно підготувала усі розділи роботи, сформулювала висновки та практичні рекомендації. Положення наукової новизни, практичної значимості дисертаційного дослідження обговорені та остаточно сформульовані спільно з науковим керівником. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, участь здобувачки є визначальною.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертаційної роботи доповідались на: Всеукраїнській науково-практичній конференції «DniproProfi. Мультиmodalний підхід до профілактики, моніторингу та терапії професійних захворювань» (Дніпро, 14-15 вересня 2021 р.), Регіональному науково-

практичному Еко-форумі «Впровадження моделі «зеленої» економіки в Україні: Інноваційні екологічні рішення для територіальних громад (Дніпро, 12 листопада 2021 р.), XII Міжнародній науково-практичній конференції «About modern problems in science and ways to solve them» (Graz, Austria, 06-08 грудня 2021 р.), XVIII Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні питання біології та медицини» (м. Лубни, 02 червня 2023 р.), Всеукраїнській міждисциплінарній науково-практичній конференції «Респіраторні читання 2024 (Дніпро, 14-15 березня 2024 р.), VIII науково-практичній конференції «Дніпро Профі 2024 «Актуальні питання професійних захворювань в Україні» (Дніпро, 16-17 вересня 2024 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Громадське здоров'я: від аналізу минулого до розуміння майбутнього» (Дніпро, 10 жовтня 2024 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи висвітлені у 14 друкованих наукових працях, з них 8 статей у фахових виданнях України, які входять до наукометричних баз, у тому числі 1 – до бази Scopus та Web of Science, 6 тез в матеріалах вітчизняних та закордонних конференцій, отримано 3 свідоцтва про авторське право на твір.

Обсяг і структура дисертації. Дисертація викладена на 238 сторінках друкованого тексту, складається з вступу, огляду літератури, розділу матеріалів та методів дослідження, 5 розділів власних досліджень, аналізу та узагальнення результатів, висновків, практичних рекомендацій, списку літератури, додатків. Робота ілюстрована 42 таблицями та 15 рисунками.

РОЗДІЛ 1

ХІМІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

1.1. Аналіз джерел та рівнів забруднення об'єктів навколишнього середовища.

Проблема забруднення навколишнього середовища - одна з найбільш гострих екологічних проблем сучасності, адже зумовлює небезпеку існування людини на всіх рівнях – від локального до глобального [17]. 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 [5, 14, 17].

На думку фахівців, до переліку причин важкої екологічної ситуації в Україні відносяться домінування природоємних галузей в промисловості, значна питома вага ресурсоємних та енергоємних застарілих технологій, сировинна орієнтація експорту. Все це призвело до критичного, навіть кризового стану довкілля і, як наслідок, погіршенню здоров'я та скорочення тривалості життя населення. Забруднення довкілля в більшості регіонів збільшилось головним чином внаслідок зниження технічного рівня виробництва, зносу технологічного обладнання, скорочення капітальних внесків в природоохоронні заходи [18, 19].

На жаль, потенціал сфери природокористування і захисту навколишнього природного середовища в Україні не відповідає принципам сталого розвитку, особливо на рівні компаній, про що свідчить її 37-ме місце в рейтингу Інституту розвитку менеджменту (Швейцарія) - 5,51 бала проти 8,24 у Японії. Разом з тим, принципи сталого розвитку та його ідеологія має сильний вплив на менеджерів підприємств. На це вказує те, що в проблемних в екологічному відношенні

регіонах капітальні та поточні витрати підприємств на природоохоронні заходи досить значні (в доларах на одну особу): в Дніпропетровській області 98,2, Луганській 83,6, Запорізькій - 67,1. Але такі витрати відносно невеликі в областях Західної України і коливаються від 3,4 до 5,4 [19].

Дніпропетровська область займає площу 31,92 тис. км², що становить 5,3 % території країни та характеризується потужним промисловим і науковим потенціалом, розгалуженим сільським господарством, вигідним географічним положенням, багатими природними ресурсами, високим рівнем розвитку транспорту та зв'язку [20]. Це унікальний регіон, де зосереджено могутній промисловий потенціал металургійного, гірничо-збагачувального, хімічного та машинобудівного комплексів [21, 22], у зв'язку з чим екологічні проблеми є надзвичайно актуальними. Інтенсивний розвиток різних галузей промислового виробництва, засобів пересування призводить до значного забруднення, у тому числі ВМ і металоїдами, всіх без винятку об'єктах довкілля, що є потенційною проблемою через зростання ризиків для громадського здоров'я [5, 7, 23, 24].

На думку багатьох вчених, одним з чинників навколишнього середовища, який в значній мірі впливає на якість довкілля і здоров'я населення, є стан атмосферного повітря [14, 25, 26]. Слід зазначити, що більшість забруднювачів (53,3 %) проникає в організм інгаляційним шляхом через органи дихання. За добу в легені потрапляє більш 10 тис. л повітря, а в шлунок – 1,5 дм³ рідини, тому організм людини більш чутливий до токсичних речовин, які надходять у нього через легені, тобто з повітрям, що вдихується. З іншого боку, різноманітні забруднювачі, які з атмосферними опадами потрапляють у ґрунт, а потім через природні ланцюги в організм людини, також можуть негативно впливати на здоров'я населення збільшуючи ризик виникнення різних хвороб [9, 27].

В переважній більшості міст України спостерігається наднормативне забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств та автотранспорту. З розвитком виробництва викиди забруднювачів поступово

збільшуються, відповідно прогнозується більше забруднення атмосферного повітря стаціонарними джерелами викидів. Також у викидах зростає кількість хімічних речовин, які негативно впливають на здоров'я населення [5, 17, 18].

Вода є важливим ресурсом для забезпечення життя людини, а доступ до безпечної питної води має вирішальне значення для здоров'я, основним правом людини та складовою ефективною політики захисту здоров'я [28]. Однак впродовж останніх десятиліть на якість води негативно вплинуло безперервне зростання населення, швидка індустріалізація, зростання урбанізації та недбале використання природних ресурсів [7, 29]. Розвиток суспільства на основі концепції про невичерпність і самовідновлюваність запасів прісної води призвів до значної деградації світових водних ресурсів, їх дефіциту, виснаження й погіршення якості внаслідок постійного забруднення.

На сьогоднішній день саме якість водних ресурсів, а не їх кількість є обмежуючим фактором раціонального та екологічно безпечного водокористування на фоні зростання попиту на якісну прісну воду [20]. Відповідність питної води санітарно-гігієнічним та епідеміологічним нормативам є запорукою екологічної безпеки, здоров'я та благополуччя населення планети [28]. Безпечна питна вода вважається досягненням системи громадського здоров'я та є одним з головних пріоритетів екологічної політики країн світу [30]. Проте сьогодні забруднена хімічними речовинами, особливо з групи ВМ, питна вода є фактором ризику погіршення стану здоров'я людини та актуальною проблемою громадського здоров'я.

Згідно зі Звітом про розвиток водних ресурсів у світі за 2021 рік, глобальне використання прісної води зросло в шість разів за останні 100 років і зростає приблизно на 1% на рік з 1980-х років [31]. Забруднення джерел прісної води може бути викликано як антропогенними, так і природними процесами, що може загрожувати водній екосистемі та здоров'ю людини [32]. У всьому світі приблизно 80% промислових і муніципальних стічних вод скидаються в

навколишнє середовище без будь-якої попередньої обробки, що негативно впливає на здоров'я людини та екосистеми [31].

На сьогодні проблема забезпечення населення України питною водою нормативної якості продовжує залишатися актуальною, оскільки невідповідність води нормативним вимогам є однією з причин поширення інфекційних та неінфекційних захворювань, які становлять реальну загрозу для генофонду нації та безпеки країни [33]. Розповсюдження іонів ВМ, які володіють токсичними властивостями у вододжерелах та питній воді останніми роками стало глобальною проблемою як для водної екосистеми, так і для здоров'я людини, серйозною екологічною проблемою у цілому [34, 35]. Адже багато ВМ є надзвичайно токсичними навіть у мінімальних кількостях через тривалий період біологічного розкладання та здатність до біологічного накопичення. З іншого боку, вони розглядаються як мікроелементи, які приймають участь у забезпеченні росту, функціонування організму, обміні речовин, виконують важливу регуляторну роль та інші функції [30, 35]. Вміст ВМ у питній воді у незначних концентраціях можна розглядати як чинник малої інтенсивності, оскільки їх дія може проявитися тільки за умов тривалого впливу на організм унаслідок процесів кумуляції, а відтак - призвести до розвитку хронічних захворювань [33].

Харчування є важливою складовою забезпечення нормального росту та розвитку організму, його функціонування [36, 37]. 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 [38]. У спектрі важливих показників якості харчових продуктів важливе значення належить хімічному їх складу, зокрема важким металам [39].

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 [40, 41, 42]. У який би спосіб важкі метали не потрапляли в їжу та напої, потрапляючи в організм, вони окислюються та утворюють стійкі зв'язки з ферментами або білковими молекулами. Це призводить до дисфункцій, розвитку патологічних процесів та захворювань [43]. У зв'язку з чим все більше уваги вчених та міжнародних організацій приділяється дослідженню вмісту важких металів у їжі та напоях та їх безпеці для здоров'я людини [9, 23].

Важкі метали (Al, Pb, Cu, Zn, Cd, Hg, Cr, Ni, Mn, Fe, Co) і металоїди (As, Se) зростають у ґрунті, воді та повітрі, що впливає на безпеку харчового ланцюга та здоров'я людини. Мінімальні та максимальні концентрації ВМ у харчових продуктах, визначені в мг кг^{-1} для Pb (0,0017 – 30,5); Cu (0,008 – 140,15); Cr (0,01 – 35,89); As (0,002 – 50,34); Zn (2,23 – 229,14); Cd (0,003 – 50,9); Ni (0,02 – 92,1); Fe (0,02 – 654,65); Mn (0,04 – 373,38); Hg (0,002 – 3,51); Co (0,01 – 5,1); Al (2,3 – 349) і Se (0,6 – 1,3) [7].

Щодо окремих груп харчових продуктів, отримано особливості мікроелементного їх складу за результатами досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених. Так, згідно з [38], фактичний вміст свинцю у окремих видах зернових продуктів на період збирання, вирощеного в умовах інтенсивної хімізації землеробства коливається в межах 1,2-3,5 ГДК.

Важкі метали в м'ясі та м'ясних продуктах надходять із забруднених кормів для тварин, особливо в регіонах з інтенсивною індустріалізацією [23]. Так, у дослідженнях [44] вміст токсичних металів у м'ясних продуктах перевищують допустимі рівні згідно з Codex Alimentarius [45] стосовно іонів Pb^{2+} та Cd^{2+} у зразках червоного м'яса з Азії та Африки. Автори зробили висновок, що Cd^{2+} був виявлений у вищих концентраціях у м'ясі з високим вмістом жиру та накопичувався в жирових тканинах.

Молоко є основним компонентом щоденного раціону і містить необхідні поживні речовини для нормального функціонування організму людини та зазвичай концентрації ксенобіотиків у межах ГДК з незначним вмістом есенційних МЕ, зокрема міді та цинку [23]. Високі рівні ВМ у молоці можуть бути наслідком впливу забрудненого довкілля на тварин або споживання забрудненої води та корму, а також сезонні явища. У дослідженні [46], рівні свинцю перевищували максимально допустиме значення (0,02 мг/кг), [45] .

Фрукти та овочі містять як необхідні, так і токсичні важкі метали в різних кількостях [23, 47], які досить часто перевищують безпечні рівні [45], можуть надходити з ґрунту, насамперед через інтенсивне використання добрив і пестицидів. На концентрації важких металів впливають такі фактори, як види рослин, сорти, біодоступність, технології культивування та умови навколишнього середовища, включаючи здатність до біоаккумуляції.

Екологічні проблеми регіону значно ускладнилися в результаті повномасштабної війни. Військова агресія росії призвела до низки небезпечних впливів на всі компоненти навколишнього природного середовища: атмосферне повітря, ґрунти і ландшафти, поверхневі й підземні води, рослинність і тваринний світ. Пожежі у лісах і домогосподарствах, горіння нафтопродуктів, обстріли, знешкодження ворожих ракет та мін, а також наступ російської техніки – усе це призводить до утворення додаткових викидів в атмосферне повітря. Збитків унаслідок воєнних дій 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 [26, 48].

1.2. Стан здоров'я населення, що проживає в умовах техногенного забруднення довкілля.

Взаємодія організму людини з навколишнім середовищем відбувається за умов глобального забруднення довкілля, порушення рівноваги у біосфері. Високі концентрації хімічних речовин призводять до зниження імунного захисту та адаптивних можливостей людини, чимало ксенобіотиків володіють реакційною здатністю, що призводить до зміни властивостей клітинних мембран, порушення метаболічних і нейрогуморальних реакцій [10, 49, 50].

Зростання кількості ксенобіотиків, їхня комбінована дія та поєднана дія з фізичними факторами призводить до ефектів потенціювання, сенсibiliзації, що сприяє ускладненню перебігу адаптаційних процесів та розвитку дезадаптивних станів, виникненню екологічної патології, що вимагає проведення масштабного епідеміологічного аналізу [4, 5, 51].

Здоров'я визначає процес адаптації, яка являється реакцією на соціально створену реальність. Адаптація створює можливість пристосовуватися до змінного зовнішнього середовища, до росту і внутрішніх фізіологічних змін, до лікування при порушеннях і до старіння. До того часу, доки організм спроможний за допомогою адаптаційних механізмів та реакцій забезпечити стабільність внутрішнього середовища при зміні зовнішнього середовища, він знаходиться у стані, який можна оцінити як здоров'я. Якщо ж організм потрапляє в умови, коли інтенсивність впливу факторів довкілля переважає можливості його адаптації, настає стан, протилежний здоров'ю, тобто хвороба, патологія [49].

Здоров'я людини визнають у світі настільки важливим, що цей показник першим входить до індексу людського розвитку – універсального визначення рівня суспільного розвитку будь-якої країни [1, 52]. На жаль, стан здоров'я населення України залишається незадовільним, що значною мірою обумовлено, поряд з іншими чинниками, і впливом денатурованого довкілля. Така ситуація

потребує всебічного аналізу для розробки і впровадження ефективних і дієвих управлінських рішень щодо мінімізації техногенного впливу на здоров'я населення [53]. Основними причинами погіршення стану здоров'я населення України є соціальні, екологічні та економічні чинники. Затяжна трансформація соціальної сфери, поява різноманітних кризових явищ, соціальних негараздів, забруднення об'єктів навколишнього середовища загострили проблему збереження суспільного здоров'я в Україні у цілому та регіоні зокрема на фоні недостатнього фінансування системи охорони здоров'я, несвоєчасного звернення населення за медичною допомогою, а відтак виявлення та надання допомоги кваліфікованими фахівцями, недостатній обізнаності населення щодо профілактичних та санітарно-гігієнічних заходів [2, 51, 52, 54, 55].

Стан здоров'я населення є показником соціально-економічного розвитку країни, невід'ємною складовою рівня та якості життя людей [56]. При цьому на порядку денному світової спільноти на шляху сталого розвитку на період до 2030 року одними з головних перешкод є рівень захворювань, у першу чергу неінфекційних [57], що значною мірою впливають на якість і тривалість життя населення та формують виклики системі охорони здоров'я [58], які вимагають рішучих дій на національному рівні [56, 57].

Входження України у міжнародне медичне поле на тлі реформування системи охорони здоров'я диктує необхідність кардинальної зміни підходу до управління здоров'ям як ключового чинника соціально-економічного розвитку. Міжнародний досвід свідчить про найвищу перспективність поліпшення громадського та індивідуального здоров'я шляхом узгодженої діяльності усіх галузей держави. На перший план виступають стратегічні завдання визначення пріоритетів в охороні здоров'я у глобальному вимірі та встановлення національних особливостей його стану [56, 59].

Оцінка стану здоров'я населення є однією з головних передумов планування лікувально-профілактичних заходів, обґрунтування форм і методів діяльності

мережі закладів охорони здоров'я, оцінки ефективності роботи щодо збереження й зміцнення здоров'я населення [60]. У комплексі медичних показників здоров'я захворюваність посідає особливе місце. Її медико-соціальне значення визначається тим, що саме захворювання є основною причиною смерті, тимчасової та стійкої втрати працездатності, що в свою чергу призводить до великих економічних втрат суспільства, негативного впливу на здоров'я майбутніх поколінь і зменшення чисельності населення [57]. Вивчення захворюваності населення є одним з важливих розділів науково-статистичних досліджень здоров'я населення в цілому і його окремих груп. Матеріали про захворюваність мають першочергове значення для організації роботи органів управління охороною здоров'я та медичних закладів, для існуючого і перспективного планування їх мережі та планування підготовки кадрів [61].

Одним з критеріїв є захворюваність госпіталізованих хворих (госпітальна захворюваність), що вивчається низкою показників госпіталізації. І хоча захворюваність пацієнтів істотно виходить за рамки госпіталізації, дані госпіталізацій часто використовуються як об'єктивний показник захворюваності. За показниками госпітальної захворюваності не можна повною мірою судити про поширеність того чи іншого виду патології, проте порівняння даних щодо звертання до лікаря та госпіталізації дає змогу орієнтуватися у відборі на госпіталізацію з окремих захворювань. Госпітальна захворюваність пов'язана із забезпеченістю лікарняними ліжками і відображає організацію і спадкоємність лікарняної та позалікарняної допомоги [2, 61, 62].

Національна стратегія реформування системи охорони здоров'я в Україні передбачає оптимізацію стаціонарної медичної допомоги, в основі якої лежить забезпечення потреб населення при різній патології за умов планування гарантованих обсягів медичної допомоги [56, 63]. При цьому слід зазначити, що, згідно з даними досліджень [59, 60], в Україні утримується високий рівень госпіталізації та подовжений термін перебування хворих у цілодобових

стаціонарах порівняно із середньоєвропейськими показниками (20,0 проти 17,9 на 100 мешканців та 11,6 дня проти 9,2 дня відповідно).

Захворювання органів сечостатевої системи, як складова загальної захворюваності населення, залишаються актуальною проблемою системи громадського здоров'я у зв'язку з високим рівнем її поширеності [64, 65]. Відтак визначення провідних етіопатогенетичних чинників їх виникнення та прогресування є важливою складовою комплексу заходів, спрямованих на покращення громадського здоров'я та скорочення глобального тягара хвороб, особливо у промислово розвинутому регіоні [17]. Аналіз наукових публікацій свідчить про значну поширеність цієї патології серед населення та її медико-соціальне значення. У статті [64] наведені дані ВООЗ, згідно з якими, хвороби сечостатевої системи уражають людей будь-якого віку, у тому числі молодих людей віком до 40 років. Вони включають аномалії розвитку, травматичні ушкодження та новоутворення сечової та чоловічої статеві сфери, інфекційно-запальні захворювання, сечокам'яну хворобу, гідронефроз, гостру та хронічну ниркову недостатність тощо. Так, згідно з даними III Національного огляду США зі здоров'я та харчування, поширеність хронічних захворювань нирок серед дорослого населення складала 11 %. При цьому, 3,3 % мали I стадію зі стійкою альбумінурією і нормальною швидкістю клубочкової фільтрації, 3,0 % – II стадію хвороби, 4,3 % – III стадію, по 0,2 % – IV і V стадії. Під час дослідження було встановлено, що окрім артеріальної гіпертензії та діабету, вік був ключовим предиктором хронічної хвороби нирок. Інші наукові джерела свідчать, що у Китаї поширеність хронічних захворювань нирок варіювала в межах 8–10 %. Чинниками, що суттєво впливали на величину показників поширеності нефрологічної патології на різних територіях, були вік, стать, гіпертензія, наявність цукрового діабету, історія серцево-судинних захворювань, гіперурикемія, місце проживання та економічний стан родини.

У наукових роботах підкреслюють, що стратегічний напрям розвитку національних систем охорони здоров'я з пріоритетом на профілактику та первинну медичну допомогу потребує перерозподілу обсягів медичної допомоги пацієнтам із захворюваннями сечостатевої системи між різними ланками її надання з акцентом на загальну практику. Водночас, несприятливий перебіг, прогресування багатьох нозологічних форм, що супроводжується значним числом різних ускладнень, вимагає удосконалення спеціалізованого лікування, пошуку нових форм організації урологічної допомоги населенню на усіх рівнях [5]. Як зазначено у роботі [64], вирішення питань профілактики захворювань сечостатевої системи та організації медичної допомоги пацієнтам із цією патологією лежить у площині запровадження моніторингу особливостей та тенденцій їх поширеності, оцінки доступності і якості, визначення ефективності для обґрунтування управлінських заходів.

Важливою на сьогоднішній день складовою оцінки впливу чинників довкілля на стан здоров'я населення є методологія оцінки ризику, яка на сьогоднішній день використовується в усьому світі [13, 16] і свідчить, що це вибір оптимальних у даній конкретній ситуації шляхів усунення або зменшення ризику й складається з трьох взаємопов'язаних елементів: оцінка ризику; управління ризиком; інформування про ризик. Саме їх сукупність дозволяє не лише виявити існуючі проблеми, розробити шляхи їх вирішення, а й створити умови для практичної реалізації цих рішень.

1.3. Вплив забрудненого важкими металами довкілля на стан здоров'я населення та зміни мікроелементного статусу.

Останніми роками зростає екологічна та глобальна стурбованість громадським здоров'ям, пов'язана із забрудненням навколишнього середовища важкими металами [8, 66, 67, 68]. Провідними джерелами важких металів у

навколишньому середовищі є: геогенні, промислові, сільськогосподарські, фармацевтичні, побутові стоки та атмосферні джерела. Забруднення навколишнього середовища є дуже помітним у зонах точкових джерел, таких як гірничодобувна промисловість, ливарні та плавильні заводи та інші промислові підприємства, що використовують метал [69].

Важкі метали – це природні хімічні елементи в навколишньому середовищі з атомною масою понад 63,5 і питомою вагою понад 5,0 г/см³, зазвичай складаються з металів і металоїдів, які загалом необхідні для кращого функціонування біологічних клітин у низьких концентраціях або є потенційно токсичними елементами, особливо у високих концентраціях [7].

Слід зазначити, що ВМ 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, а також обсяг використання в господарській діяльності [37]. 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 екотоксикантів на навколишнє середовище та організм людини [5, 23].

Хоча ВМ є природними елементами, які зустрічаються по всій земній корі, більшість забруднень навколишнього середовища та впливу на людину є результатом антропогенної діяльності, такої як видобуток і металургія, промислове виробництво та використання, а також побутове та сільськогосподарське використання металів і металовмісних сполук [5, 69, 70].

Важкі метали розглядаються як мікроелементи через їх присутність у слідових концентраціях у різних екологічних матрицях. Мікроелементи – елементи, вміст яких в організмі людини знаходиться в межах від 0,01 до

0,00001% [71, 72]. За значенням для життєдіяльності організму мікроелементи з групи ВМ поділяють на три групи [72]:

а) есенційні (життєво необхідні) – біоелементи, які постійно присутні в організмі, для них встановлена виняткова роль в забезпеченні життєдіяльності: залізо, цинк, мідь, марганець, молібден, кобальт, хром, селен, йод;

б) потенційно токсичні – мікроелементи, надходження яких в організм в кількостях, що перевищують допустимий рівень, може викликати розвиток патологічних станів – рубідій, цирконій, олово, срібло, золото, вольфрам, германій, галій, стронцій, титан, тантал;

в) токсичні та з маловивченою роллю – велика група елементів, які в мікрокількостях постійно присутні в організмі, однак їх біологічна роль вивчена ще недостатньо. З огляду на те, багато з цих елементів мають відносно високу токсичність, зазвичай основна увага приділяється саме їх шкідливому впливу на організм – алюміній, свинець, барій, вісмут, кадмій, ртуть, талій, берилій, сурма.

Токсичні і маловивчені МЕ не входять до числа біоелементів (есенційних мікроелементів). Існує велика група елементів, які в організмі людини в нормі не визначаються і роль яких у забезпеченні життєдіяльності не відома або відсутня. Зазвичай по відношенню до організму людини ці елементи виступають як забруднювачі. При цьому автори [72] зазначають, що МЕ умовно есенційні - це елементи, щодо яких накопичується все більше даних про їх важливу роль в забезпеченні нормальної життєдіяльності організму. До цієї групи сьогодні відносять фтор, бор, кремній, нікель, ванадій, бром, миш'як, літій.

ВМ не піддаються процесам розкладання, а здатні лише перерозподілятися між природними середовищами. Вони є серйозною екологічною проблемою у всьому світі через їх токсичність, стабільність у об'єктах довкілля, широке розповсюдження та більш високу потенційну токсичність і біонакопичення в живих організмах, викликаючи при цьому різні патологічні процеси [73, 74, 75]. Серед усього різноманіття ВМ найбільші обсяги їх надходження із засобами

хімізації припадають на свинець, кадмій, ртуть, миш'як, мідь та цинк [38]. За даними ВООЗ, одним з основних забруднювачів навколишнього середовища є свинець [76] – 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 [77, 78]. Саме мембрани еритроцитів та судинного ендотелію першими ушкоджуються сполуками свинцю, що потрапляє в організм, викликаючи «внутрішньоклітинний метаболічний хаос», що веде до розвитку захворювань нирок, нервової та серцево-судинної систем [79, 80].

На біодоступність МЕ впливають такі фізичні фактори, як температура, асоціація фаз, адсорбція та секвестрація [81]. Важкі метали, які відносяться до есенційних мікроелементів, виконують біохімічні та фізіологічні функції в рослинах, тваринах та організмі людини [82]. Вони є важливими складовими кількох ключових ферментів і відіграють важливу роль у різних окислювально-відновних реакціях [83, 84]. Наприклад, мідь є важливим кофактором для кількох ферментів, пов'язаних із окислювальним стресом, включаючи каталазу, супероксиддисмутазу, пероксидазу, цитохром-с-оксидази, фероксидази, моноаміноксидазу та входить до низки металоферментів, які беруть участь у утворенні гемоглобіну, метаболізмі вуглеводів, біосинтезі катехоламінів і зшиванні колагену, еластину та кератину волосся [81].

Метали характеризуються гострими і хронічними токсичними ефектами впливу на різні органи тіла. 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 [68, 85, 86, 87]. Одночасний вплив двох або більше металів може мати кумулятивний ефект [88]. Зазвичай, достатньо інформації щодо впливу ВМ у високих дозах, що викликає різні прояви токсичності та специфічні захворювання. З іншого боку, вплив металів у низьких дозах довгий час не діагностується у повсякденному житті, а відтак є малопомітною та прихованою загрозою, і якщо такий вплив низьких концентрацій триватиме протягом тривалого часу, відбуватимуться донозологічні, а потім і виражені клінічні зміни [5, 81].

Серед найбільш відомих нефротоксикантів слід відзначити кадмій та свинець. Нефротоксичність, викликана кадмієм, призводить до інтенсивних клінічних симптомів, таких як глюкозурія, синдром Фанконі, фосфатурія та аміноацидурія [89, 90, 91]. Проксимальний канальцевий епітелій уражається при прямому впливі на нирки, що призводить до значного рівня кадмію в сечі, нирковий тубулярний ацидоз, ниркова недостатність і гіперкальціурія можуть бути результатом надмірного його впливу [92]. Свинець шкідливо впливає на всі органи, у тому числі на нирки [90, 93, 94, 95]. Гостра свинцева нефропатія викликає дисфункцію проксимальних канальців, що призводить до синдрому Фанконі. Хронічна свинцева нефропатія може характеризуватися гіперплазією, інтерстиціальним фіброзом, атрофією канальців, нирковою недостатністю та гломерулонефритом [89]. Кадмій належить до другого класу небезпеки – високонебезпечні речовини, а згідно з International Agency for Research on Cancer відноситься до групи 1 [96], має виражену тенденцію до накопичення в організмі, потрапляючи до якого він взаємодіє на всіх рівнях: молекулярному, клітинному, органному, спричиняючи негативний вплив на метаболічні перетворення [97]. Кадмій справляє токсичний вплив на низку органів і систем, зокрема на серцево-судинну, сечостатеву, дихальну, систему гемопоезу, опорно-рухову систему [79, 97, 98, 99]. Основними органами-мішенями за інтоксикації цим металом є нирки, кістковий мозок, печінка, трубчасті кістки та частково селезінка [97, 100, 101].

Важливою умовою забезпечення нормального розвитку і функціонування організму є стабільність його мікроелементного статусу, який є одним з важливих факторів, які визначають здоров'я людини та її функціональні резерви [102]. Однак, важкі метали, що надходять з життєзабезпечуючих середовищ довкілля, мають властивість до кумуляції, що призводить до порушення гомеостазу мікроелементів та розвитку мікроелементного дисбалансу [88]. А відтак, за рівнем накопичення токсичних металів та есенційних елементів у різних діагностичних біологічних середовищах можна судити про здоров'я та адаптацію організму до умов оточуючого середовища [102].

Біомоніторинг організму людини 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]. При цьому кращим підходом є вибір без- або малоінвазивних методів, коли йдеться про збір проб, зокрема сечі. Зразки сечі зазвичай використовуються для клінічних, екологічних і токсикологічних досліджень. Зокрема, Центри з контролю та профілактики захворювань США (CDC) [103] публікують Національну доповідь про вплив на людину хімічних речовин навколишнього середовища, яка є серією поточних оцінок впливу хімічних речовин навколишнього середовища на населення США, проведених за допомогою біомоніторингу. Зразки беруться від людей, які приймають участь у Національному дослідженні здоров'я та харчування CDC (NHANES).

Розширення можливостей діагностики мікроелементного статусу населення за показниками вмісту мікроелементів у різних біосубстратах наразі можливе завдяки впровадженню сучасних технологій та використання обладнання, яке дає можливість одночасного виявлення кількох ВМ, зокрема мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-MS), дозволяє проводити мультиелементний

аналіз з використанням як звичайного, так і надзвичайно малого об'єму проби, що дуже важливо для суміщення досліджень мікроелементного статусу з іншими аналітичними методами при клініко-гігієнічних дослідженнях [104, 105].

Важливу роль у процесах виведення ВМ з організму відіграють нирки, а відтак вивчення їх токсичного впливу саме на сечовидільну систему має важливе значення, особливо для ксенобіотиків, вплив яких навіть за низьких концентрацій зумовлює підвищений ризик розвитку нефрологічних захворювань. При цьому одночасний вплив двох або більше металів може мати кумулятивний ефект та потенціювати негативний вплив один одного.

Отже, проблема забруднення навколишнього середовища, особливо в умовах промислово розвинених регіонів, погіршення стану здоров'я населення, що супроводжується зростанням рівнів первинної захворюваності та поширеності захворювань, у тому числі хвороб сечостатевої системи, вимагають удосконалення моніторингу стану хімічних чинників довкілля, в першу чергу найбільш стійких ксенобіотиків – важких металів, з акцентом на методологію оцінки ризику, аналізу епідеміологічних процесів, задля впровадження ефективних та своєчасних діагностичних, лікувально-профілактичних заходів, як важливої складової управління ризиками для здоров'я населення.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Комплексні клініко-гігієнічні дослідження виконані в умовах одного з найбільших промислових регіонів України – Дніпропетровській області. Дизайн проведених досліджень представлено на рис. 2.1 та свідчить про структурно-логічне поєднання 6 етапів для досягнення поставленої мети та завдань.

На першому етапі досліджень проведено аналіз існуючих вітчизняних та закордонних наукових джерел, основних законодавчих, нормативно-правових актів України та інших країн, визначено головні напрацювання та пріоритетні проблеми, невирішені аспекти питання, якому присвячена дисертаційна робота.

Другий етап включав еколого-гігієнічну оцінку об'єктів довкілля в умовах індустріально розвинених промислових міст Дніпропетровської області. Важливим з позиції оцінки впливу чинників довкілля є правильний вибір зон спостереження. У зв'язку з цим нами проаналізовано обсяги викидів забруднюючих речовин у різних містах Дніпропетровської області впродовж 2012-2021 рр. за даними Екологічного паспорту та Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області Департаменту екології та природних ресурсів [20, 21, 22] та обґрунтовано, таким чином, вибір зон спостереження для подальших досліджень – промислові міста (м. Дніпро, м. Кам'янське, м. Кривий Ріг) та контрольне, умовно «чисте» місто Самар.

Оцінку обсягу викидів забруднюючих речовин проводили за їх загальною кількістю, тис.т. та за викидами зі стаціонарних джерел; визначали обсяги викидів з розрахунку на одного мешканця, кг; а також щільність викидів, з розрахунку на 1 км² території, кг.

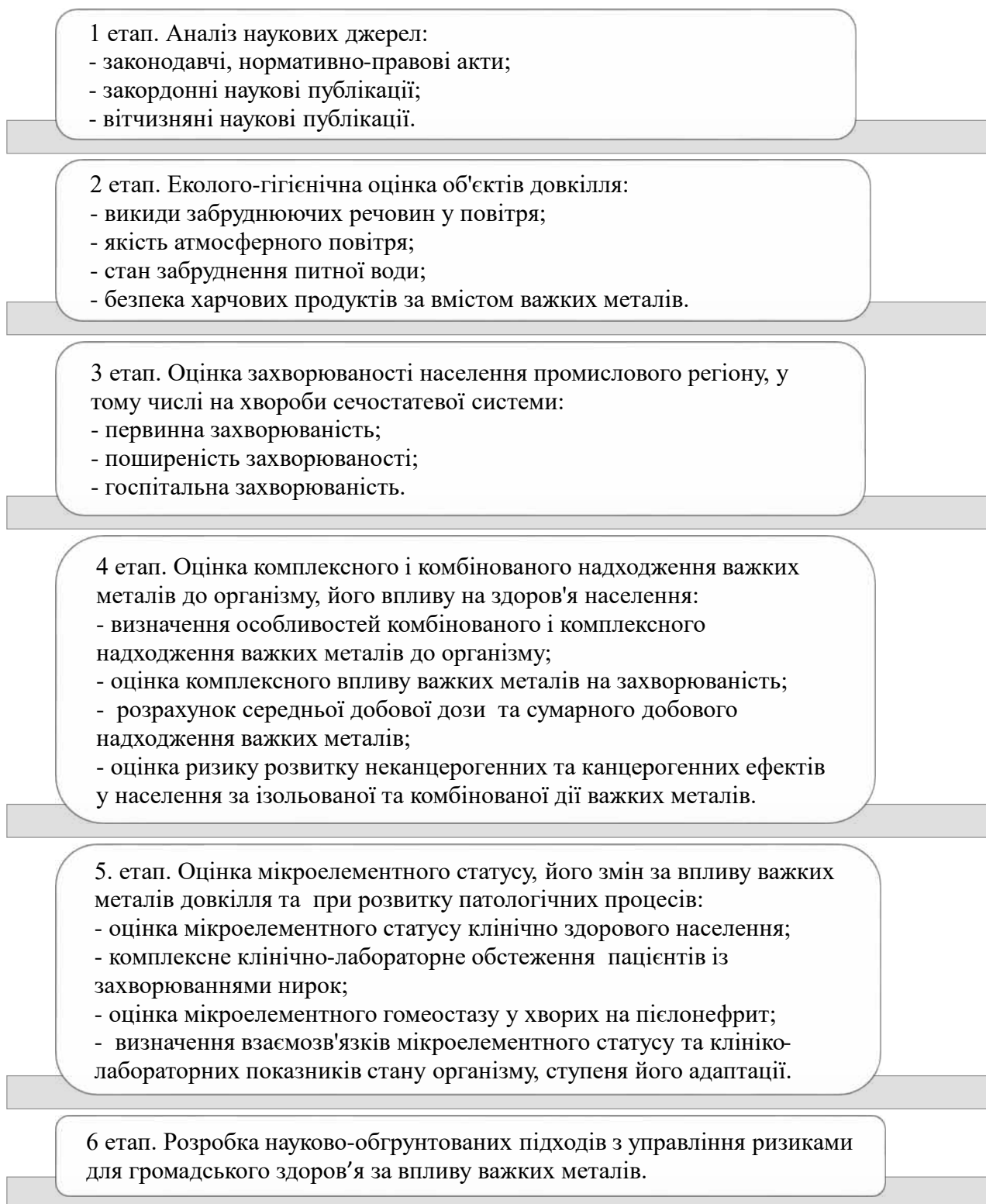


Рис. 2.1. Дизайн дослідження

Крім того, визначено якість об'єктів довкілля – атмосферного повітря, питної води та харчових продуктів, що є важливим не тільки з позицій визначення їх впливу на здоров'я населення, але і особливості комплексної і комбінованої дії забруднюючих речовин, що містяться у життєзабезпечуючих об'єктах довкілля.

Під час досліджень узагальнені та статистично оброблені результати визначення якості атмосферного повітря, виконані впродовж 2012-2021 рр. за результатами спостережень Дніпропетровського регіонального центру з гідрометеорології (ДРЦГМ) та Державної установи "Дніпропетровський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України" (ДУ "Дніпропетровський ОЦКПХ МОЗ").

У процесі дослідження здійснена гігієнічна оцінка характеру, рівня та ступеня небезпеки забруднення атмосферного повітря шляхом порівняння фактичних концентрацій ксенобіотиків з їх середньодобовими гранично допустимими концентраціями (ГДКс.д.) [107], які, як відомо, встановлені для попередження загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного й інших впливів речовин на організм людини, що актуально у контексті теми дисертаційного дослідження, оскільки важкі метали характеризуються здатністю до кумуляції в організмі людини [5, 106]. Крім того, результати аналізували порівняно з фоновими концентраціями забруднюючих речовин атмосферного повітря, даними літератури тощо, 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.

Відбір проб в ДРЦГМ проводився на їх власних стаціонарних постах спостереження, які знаходяться у містах Дніпро, Кам'янське, Кривий Ріг. Усього за 10-річний період було відібрано та проаналізовано 436 987 проб атмосферного повітря. В рамках соціально-гігієнічного моніторингу щоквартально та в умовах лабораторії методом газової хроматографії визначались концентрації хімічних

речовин у атмосферному повітрі ДУ "Дніпропетровський ОЦКПХ МОЗ". Усього у м. Дніпро дослідження проводилися у 3 точках, у м.Кривий Ріг – 2 точках, у м. Кам'янське – 4 точках, а у контрольному місті Самар – в одній точці з найвищим транспортним рухом. Гігієнічна оцінка забруднення атмосферного повітря проводилася згідно з [107, 108].

Аналіз якості питної води у Дніпропетровській області проведено впродовж 2017-2021 рр. за результатами дослідження санітарно-хімічної лабораторії ДУ "Дніпропетровський ОЦКПХ МОЗ" за програмою моніторингових досліджень.

Для визначення потенційної небезпеки комбінованого впливу хімічних речовин з групи важких металів, що належать до I (ртуть) та II (алюміній, кадмій, миш'як, молібден, свинець) класів небезпеки за санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості, нами проведено розрахунок суми відношення концентрацій ($C_1, C_2, \dots, C_n$) кожної із речовин до відповідної ГДК, яка не повинна перевищувати одиницю [109].

Оцінку якості та безпечності харчових продуктів та продовольчої сировини, що використовується для споживання мешканцями Дніпропетровської області, проведено за вмістом токсичних елементів, а саме: важких металів – ртуті, миш'яку, свинцю, кадмію та есенційних мікроелементів – міді та цинку, що визначались на базі санітарно-гігієнічної лабораторії ДУ "Дніпропетровський ОЦКПХ МОЗ" впродовж 2017-2021 рр. з використанням фізико-хімічних методів дослідження.

Дослідженню підлягали наступні групи харчових продуктів: хлібні, зернові та зернобобові продукти, молоко та молочні продукти, м'ясо і м'ясні продукти, овочі, фрукти та ягоди, цукор і солодощі, риба і продукти моря, жирові продукти, яйця. Усього проаналізовано 2 350 проб харчових продуктів за результатами 14 100 досліджень. 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 [110], технічними умовами виробництва харчової продукції, порівняння з міжнародними стандартами ФАО/ВООЗ [111] та даними наукової літератури.

Третій етап полягав у ретроспективному аналізі стану здоров'я дорослого населення промислового регіону. Нами проведено аналіз різних видів захворюваності дорослого населення Дніпропетровської області, досліджуваних промислових і контрольного міст: первинної захворюваності (інцидентності), загальної захворюваності (поширеності), госпітальної захворюваності впродовж 2012-2018 рр. (первинна та загальна захворюваність), 2012-2021 рр. (госпітальна захворюваність). Нами було використано комплексний підхід з аналізом різних типів захворюваності населення, що дало змогу повною мірою вивчити стан та динаміку захворюваності населення у цілому, на хвороби сечостатевої системи зокрема.

У розрахунках використовувались дані Комунального підприємства «Обласний центр громадського здоров'я» Дніпропетровської обласної ради» та Державної служби статистики України. Оперативною вхідною інформацією слугували статистичні дані з форм звітності № 20 «Звіт юридичної особи незалежно від її організаційно-правової форми та фізичної особи – підприємця, які провадять господарську діяльність із медичної практики, за 20__ рік" та форм № 066/о «Статистична карта хворого, який вибув із стаціонару».

Захворюваність дорослого населення Дніпропетровської області вивчали за показниками захворюваності у цілому, за окремими класами та за окремими нозологічними групами, згідно з МКХ-10 [112]. Спектр досліджень включав усі класи хвороб (A00-T98), хвороби сечостатевої системи у цілому (N00-N99) та захворювання сечовидільної системи зокрема.

Рівні первинної захворюваності та поширеності захворюваності розраховували за відповідними формулами:

$$\begin{array}{l} \text{Рівень первинної} \\ \text{захворюваності} \\ \text{відповідною нозологією} \end{array} = \frac{\begin{array}{l} \text{кількість випадків хвороби,} \\ \text{які зареєстровані вперше} \\ \text{протягом року} \end{array}}{\begin{array}{l} \text{загальна чисельність населення,} \\ \text{зареєстрована у поточному році} \end{array}} * 10000 \quad (2.1)$$

$$\begin{array}{l} \text{Поширеність} \\ \text{захворюваності} \\ \text{відповідною нозологією} \end{array} = \frac{\begin{array}{l} \text{кількість усіх зареєстрованих} \\ \text{протягом року випадків хвороби,} \\ \text{виявлених як у поточному,} \\ \text{так і в попередніх роках} \end{array}}{\begin{array}{l} \text{загальна чисельність населення,} \\ \text{зареєстрована у поточному році} \end{array}} * 10000 \quad (2.2)$$

Захворюваність госпіталізованих хворих вивчали за такими показниками:

1) частота (рівень) госпіталізації дорослого населення = (кількість госпіталізованого дорослого населення за рік / середньорічна чисельність населення старше 18 років) * 1000;

2) структура госпіталізації (питома вага кожного захворювання серед загальної кількості госпіталізованих хворих) = (кількість госпіталізованого дорослого населення з приводу певного захворювання за рік / загальна кількість госпіталізованих) * 100 %.

Четвертий етап передбачав оцінку взаємозв'язків між хімічними сполуками у різних об'єктах довкілля та організмі людини, визначення комбінованого та комплексного впливу забрудненого довкілля на мікроелементний статус організму людини та при розвитку захворювань сечостатевої системи.

Для оцінки взаємозалежностей нами розраховані індекси кореляції між забруднюючими речовинами у різних об'єктах довкілля, організмі людини та бінарній системі «навколишнє середовище – організм людини». Нами було проведено розрахунок комбінованого і комплексного впливу різних об'єктів довкілля на мікроелементний статус та загальний стан організму людини, рівень захворюваності за показниками середньодобового надходження важких металів з атмосферним повітрям, харчовими продуктами та питною водою, сумарного добового надходження металів інгаляційним та пероральним шляхами до організму людини.

Розрахунок середньої добової дози (СДД або ADD) хімічних речовин, що можуть надходити до організму людини протягом природної тривалості життя визначалось за наступною формулою [13, 113]:

$$ADD_{inh} = C \times CR \times EF \times ED / BW \times AT \times 365, \quad (2.3)$$

де: ADD – середня добова доза, мг/ (кг×д);

C – концентрація сполуки у забрудненому повітряному середовищі, мг/м³;

CR – швидкість надходження повітря до організму, м³/д ;

EF – частота впливу, днів на рік;

ED – тривалість впливу, років;

BW – маса тіла людини, кг;

AT – період усереднення експозиції, років;

365 – кількість днів на рік.

Для розрахунку аерогенного надходження відповідно до [13, 16, 114, 115], обрані наступні константи: CR, м³/д – 20; EF, днів/рік – 365; ED, років – 30 (для неканцерогенів), 70 (для канцерогенів); BW, кг – 70 (середнє значення для дорослої людини); AT, років – 30 (для неканцерогенів), 70 (для канцерогенів).

Середнє добове аерогенне надходження (АН) досліджуваних хімічних речовин до організму людини визначали як ADD *BW.

Розрахунок та оцінка ризиків проводилась згідно з Наказом МОЗ України від 18.10.2023 № 1811 "Про затвердження Методичних рекомендацій "Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря" [13], US EPA «Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures» [16].

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів (HQ) – порівняння фактичних рівнів впливу сполук з безпечними (референтними) [13]:

$$HQ = C/RfC, \quad (2.4)$$

де: HQ – коефіцієнт небезпеки;

C – рівень впливу речовини, мг/м³;

RfC – безпечний рівень впливу, мг/м³ (табл. 2.1).

Оцінку ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин проводили на основі розрахунку індексу небезпеки (табл. 2.2) за формулою:

$$HI = \sum HQ_i, \quad (2.5)$$

де: HQ_i – коефіцієнти небезпеки і-тих компонентів суміші хімічних речовин, що впливають.

У промислових містах Дніпропетровської області, на території яких функціонують потужні підприємства чорної металургії, коксохімії тощо, викиди яких входять до переліку канцерогенонебезпечних безпосередньо для людини сполук, серед досліджуваних важких металів було ідентифіковано такі канцерогенні речовини, як кадмій, нікель, свинець, хром IV, згідно з [14, 116].

Розрахунок індивідуального канцерогенного ризику (CR) здійснювали за формулою [13]:

$$CR = LADD * SF, \quad (2.6)$$

де: LADD – середня добова доза сполуки протягом життя, мг/ (кг×д);

SF – фактор канцерогенного потенціалу сполуки, (мг/ (кг×д))⁻¹.

Таблиця 2.1

Референтні концентрації речовин за хронічного інгалаційного впливу

Речовина	CAS	RfC, мг/м ³	Джерело	Критичні органи/системи
Завислі частинки (TSP)	-	0,075	EPA	Органи дихання
Кадмій та сполуки	7440-43-9	0,0002	ATSDR	Нирки, органи дихання
Марганець та сполуки	7439-96-5	0,00005	IRIS	Нервова система
Мідь та сполуки	7440-50-8	0,00002	CalEPA	Органи дихання, системні ураження
Нікель	7440-02-0	0,00005	MAWP	Легені, порожнини носа
Свинець та його неорганічні сполуки	7439-92-1	0,0005	CalEPA	Нервова система, кров
Хром (VI)	18540-29-9	0,0001	IRIS	Органи дихання
Цинк та сполуки	7440-66-6	0,0009	CalEPA	Органи дихання

Канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох хімічних сполук розглядали як адитивний і розраховували за формулою:

$$CRA = \sum CRI_i, \quad (2.7)$$

де: CRA – сумарний канцерогенний ризик за аерогенного шляху надходження сполук;

CRI – канцерогенний ризик і-тої канцерогенної речовини.

Таблиця 2.2

Класифікація рівнів неканцерогенного ризику

Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів (HQ) для окремих сполук	Індекс небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів (HI) для групи сполук односпрямованої дії	Рівень ризику
>3	>6	Високий
1,1-3,0	3,1-6,0	Насторожуючий
0,11-1,0	1,1-3,0	Допустимий
0,1 і менше	1,0 і менше	Мінімальний

Таблиця 2.3

Фактори канцерогенного потенціалу речовин

Речовина	CAS	SFi,(мг/ (кг×доба))-1	Джерело	Група за класифікацією МАВР
Кадмій	7440-43-9	6,3	IRIS	1
Нікель	7440-02-0	0,91	CalEPA	1
Свинець	7439-92-1	0,042	CalEPA	2B
Хром VI	18540-29-9	42,0	IRIS	1

Поряд з розрахунками індивідуального канцерогенного ризику проводили визначення популяційного ризику (PCR), який відображає додаткову (до фоновой) кількість випадків новоутворень, які можуть виникнути протягом життя внаслідок впливу досліджуваного фактора за формулою:

$$PCR = CR \times POP, \quad (2.8)$$

де: CR – індивідуальний канцерогенний ризик;

POP – чисельність популяції, що підпадає під вплив даного фактора, чол.

Для оцінки використовується 4 критерії канцерогенного ризику [96].

1) Мінімальний – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів, $<10^{-6}$

2) Низький – допустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення), $10^{-6} - 10^{-4}$

3) Середній – прийнятний для виробничих умов, але неприйнятний для населення; потребує динамічного контролю і поглибленого вивчення джерел викиду і можливих наслідків шкідливої дії для вирішення питання про заходи з його зниження, $10^{-4} - 10^{-3}$;

4) Високий – не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику, $> 10^{-3}$.

Розрахунок середньодобової дози надходження ВМ до організму людини з питною водою проводився за модифікованою формулою відповідно до [117, 118, 119, 120]:

$$ADD = \frac{C \times IR \times ED \times EF}{BW \times AT \times 365}, \quad (2.9)$$

де: ADD – середньодобова доза надходження хімічної речовини протягом життя, мг/ (кг×д);

C – концентрація речовини у питній воді, мг/л;

IR – величина споживання питної води, л /добу;

ED – тривалість впливу, років;

EF – частота впливу, днів/рік;

BW – маса тіла людини, кг;

AT – період усереднення експозиції, років;

365 – кількість днів на рік.

Для розрахунку добового надходження ВМ з водою відповідно до [117, 118, 119, 121], обрані наступні константи: IR – 2 л/добу для дорослої людини; EF, днів/рік – 365; ED, років – 30 (для неканцерогенів), 70 (для канцерогенів); BW, кг – 70 (середнє значення для дорослої людини); AT, років – 30 (для неканцерогенів), 70 (для канцерогенів).

Середнє добове надходження ВМ з питною водою до організму людини визначали як $ADD \cdot BW$.

Ризик для здоров'я дорослого населення промислових міст регіону оцінювався шляхом визначення потенційного канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я, викликаного надходженням ВМ з питною водою за показниками коефіцієнту небезпеки (HQ), індексу небезпеки (HI) та розрахунку додаткового ризику раку протягом життя (IELCR) відповідно до міжнародних рекомендацій та даних літератури [118, 119, 120].

Коефіцієнт небезпеки (HQ) визначали за формулою:

$$HQ = ADD / RfD, \quad (2.10)$$

де ADD – середньодобова доза надходження хімічної речовини протягом життя, мг/ (кг×д);

RfD – порогова (референтна) доза, мг/ (кг×д).

Загальний потенційний неканцерогенний вплив на здоров'я, викликаний впливом суміші важких металів у воді, було оцінено за індексом небезпеки (HI) відповідно до рекомендацій ЕРА щодо використання оцінки ризику для здоров'я:

$$HI = \sum n^{k-1} HQ = HQP \cdot b + HQZu + HQC \quad (2.11)$$

Згідно з даними літератури [117, 118] величина коефіцієнту небезпеки, що характеризує ризик для здоров'я населення від споживання питної води ранжується таким чином: величина HQ дорівнює або менше 0,1 – ризик мінімальний, 0,1–1 – ризик низький, 1–5 – середній ризик, 5–10 – високий ризик і більше 10 – критичний ризик.

Таблиця 2.4

**Референтні концентрації речовин за щоденного перорального надходження
з питною водою (US EPA) [121, 122, 123, 124]**

Речовина	CASRN Number	RfC, мг/ (кг×д)	Речовина	CASRN Number	RfC, мг/ (кг×д)
Алюміній	-	1,0	Миш'як	7440-38-2	0,0003
Залізо	-	0,7	Нікель	7440-02-0	0,02
Кадмій	7440-43-9	0,0005	Ртуть	7487-94-7	0,0003
Марганець	7439-96-5	0,14	Свинець	7439-92-1	0,0003
Мідь	7440-50-8	0,04	Цинк	7440-66-6	0,3

Канцерогенний ризик вказує на ймовірність того, що дана популяція матиме будь-який тип раку в результаті вживання канцерогенів шляхом визначення індивідуального надлишкового канцерогенного ризику протягом життя (IELCR) за формулою:

$$IELCR = CDI_{\text{cancer}} \times SF, \quad (2.12)$$

де: IELCR – індивідуальний канцерогенний ризик протягом життя (мг/ (кг×д));

CDI_{cancer} – хронічне споживання (мг/кг/доба);

SF – коефіцієнт нахилу, мг/кг/доба [120].

Сумарний ризик раку в результаті впливу багатьох забруднювачів через споживання певного типу води припускається як сума індивідуального канцерогенного ризику для кожного металу ($\sum IELCR$). Відповідно до рекомендацій Агентство з охорони навколишнього середовища США (USEPA) індивідуальний ризик раку протягом життя нижче 10^{-6} свідчить про безпечну зону ризику раку, $10^{-6} < IELCR < 10^{-4}$ свідчить про низький (допустимий) канцерогенний ризик, IELCR більше 10^{-4} вказує на значний потенційний ризик для здоров'я [123, 125, 126].

ВООЗ [127] оновлено принципи та підходи щодо оцінки впливу хімічних речовин, що містяться в харчових продуктах (харчові добавки, забруднювачі, поживні речовини, залишки пестицидів та інші речовини). Розрахунок рівня добового надходження ВМ з харчовими продуктами до організму на прикладі мешканців Дніпропетровської області проводили за другим типом оцінки впливу харчового фактору за рекомендацією ВООЗ – хронічний вплив впродовж життя [127], а також відповідно до [128], згідно з якими добове надходження зумовлене C , IR , EF , ED та BW , але зазвичай маса тіла і тривалість впливу є постійними в кожному регіоні, тому CDI визначається здебільш концентрацією сполуки у харчовому продукті та рівнем його споживання:

$$CDI = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365}, \quad (2.13)$$

де: CDI – середньодобова доза надходження хімічної речовини протягом життя, $мг / (кг \times д)$;

C – концентрація речовини у продукті, $мг / кг$;

IR – величина споживання продукту, $кг / особа / добу$;

ED – тривалість впливу, років;

EF – частота впливу, днів/рік;

BW – маса тіла людини, $кг$;

AT – період усереднення експозиції, років;

365 – кількість днів на рік.

Для розрахунку добового надходження ВМ з харчовими продуктами відповідно до [119, 128], обрані наступні константи: IR – $кг / особа / добу$ відповідно до регіонального рівня споживання основних продуктів харчування [129, 130] з урахуванням результатів власних досліджень для дорослого населення області [131]; EF , днів/рік – 365; ED , років – 30 (для неканцерогенів), 70 (для канцерогенів); BW , $кг$ – 70 (середнє значення для дорослої людини); AT , років – 30 (для неканцерогенів), 70 (для канцерогенів).

Середньодобове надходження ВМ з харчовими продуктами до організму людини ми визначали як $CDI \cdot BW$.

Ризик для здоров'я дорослого населення промислових міст регіону оцінювався шляхом визначення потенційного канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я, викликаного надходженням ВМ з харчовими продуктами за показниками коефіцієнту небезпеки (HQ), індексу небезпеки (HI) та розрахунку додаткового ризику раку протягом життя (IELCR) відповідно до міжнародних рекомендацій та даних літератури [132, 133].

Коефіцієнт небезпеки від надходження ВМ з харчовими продуктами (HQ) визначали за формулою:

$$HQ = ADD / RfD, \quad (2.14)$$

де ADD – середньодобова доза перорального надходження хімічної речовини протягом життя, мг/ (кг×д);

RfD – порогова (референтна) пероральна доза, мг/кг/доба, яка становить: 0,001 – для кадмію, 0,0035 – для свинцю, 0,3 – для цинку та 0,04 – для міді [122, 133].

Згідно з даними літератури [117, 118] величина коефіцієнту небезпеки, що характеризує ризик для здоров'я населення від перорального надходження хімічних речовин ранжується таким чином: величина HQ дорівнює або менше 0,1 – ризик мінімальний, 0,1–1 – ризик низький, 1–5 – середній ризик, 5–10 – високий ризик і більше 10 – критичний ризик.

Загальний потенційний неканцерогенний вплив на здоров'я, викликаний впливом суміші важких металів у воді, було оцінено за індексом небезпеки (HI) відповідно до рекомендацій ЕРА щодо використання оцінки ризику для здоров'я [133]:

$$HI = \sum n k-1 HQ = HQP b + HQZu + HQC, \quad (2.15)$$

Канцерогенний ризик вказує на ймовірність того, що дана популяція матиме будь-який тип раку в результаті вживання канцерогенів шляхом

визначення індивідуального надлишкового ризику розвитку раку протягом життя (IELCR) за формулою:

$$IELCR = CDI_{\text{cancer}} \times SF, \quad (2.16)$$

де: IELCR – індивідуальний канцерогенний ризик протягом життя (мг/(кг×д));

CDI_{cancer} – хронічне споживання (мг/кг/доба);

SF - коефіцієнт нахилу, мг/кг/доба: Pb – 0,0085 [122], Cd – 0,0061 [134].

Сумарний ризик раку в результаті впливу багатьох забруднювачів припускається як сума додаткового ризику кожного металу ($\Sigma IELCR$). Відповідно до рекомендацій Агентство з охорони навколишнього середовища США (USEPA) індивідуальний ризик раку протягом життя нижче 10^{-6} свідчить про безпечну зону ризику раку, IELCR більше 10^{-4} вказує на значний потенційний ризик для здоров'я, а $10^{-6} < IELCR < 10^{-4}$ свідчить про низький (допустимий) канцерогенний ризик [122, 134].

Пятий етап включав оцінку мікроелементного статусу клінічно здорового дорослого населення Дніпропетровської області, що не зазнає професійного впливу важких металів, а також особливості розвитку мікроелементного дисбалансу у пацієнтів з захворюваннями нирок за одночасної клініко-гігієнічної оцінки загального їх стану та ступеня адаптації організму.

Клініко-гігієнічні дослідження проведені із залученням 108 мешканців Дніпропетровської області впродовж 2022-2024 рр. Сформовано дві групи обстежених. До першої групи (контрольна) увійшли 40 клінічно здорових мешканців промислових міст віком 18-55 років, що проживали не менше 5 років на відповідній території, не мали гострих і хронічних захворювань, впливу професійних шкідливостей. До другої групи (пацієнти із захворюваннями нирок) увійшли 68 мешканців області віком 18-55 років, які мали клінічно встановлений діагноз – гострий пієлонефрит (ГП) та хронічна хвороба нирок: хронічний пієлонефрит (ХП) у стані загострення, не мали впливу професійних шкідливостей

та знаходились на стаціонарному лікуванні у нефрологічному відділенні Комунального некомерційного підприємства «Міська клінічна лікарня №4» Дніпровської міської ради. Пацієнти в умовах нефрологічного відділення пройшли комплексне обстеження профільними спеціалістами, лабораторні дослідження: загальний аналіз крові, загальний аналіз сечі, біохімічне дослідження крові, аналіз сечі за Нечипоренко, аналіз сечі за Зимницьким, посів сечі на мікрофлору та чутливість, УЗД нирок та сечового міхура, ЕКГ, ФЛГ відповідно до стандартного протоколу обстеження. Усі пацієнти дали інформовану згоду на використання результатів досліджень з науковою метою без зазначення особистих даних.

Для дослідження мікроелементного статусу проводились дослідження вмісту мікроелементів у сироватці крові та сечі населення обох груп. Кров у населення контрольної групи та хворих на пієлонефрит відбирали відповідно до існуючих правил забору та доставки біоматеріалів для лабораторних досліджень [135]: до 10 години ранку, натщесерце, у кількості 5 мл, у пробірку з 0,1 мл гепарину (1:5000 МЕ). 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 $t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до аналізу. Дослідження вмісту мікроелементів 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). Сертифікат калібрування UA/37/230925/001406 від 25.09.2023 року, у лабораторії Випробувального центру НДІ МБП ДДМУ. У якості стандартного розчину використовували багатоелементний стандарт ICP multi-element standard solution IV (23 elements in diluted nitric acid) 1000 mg/l (Merck KGaA, 64271 Darmstadt,

Germany, Ord. No 1.11355.0100). Для оцінки мікроелементного статусу чоловіків та жінок досліджено вміст 18 мікроелементів (Ag, Al, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, In, Li, Mn, Ni, Pb, Sr, Tl, Zn) у зразках сироватки крові та сечі. Отримані результати порівнювали з референтними значеннями, визначали відмінності між групами та гендерно-вікові особливості змін мікроелементного статусу.

Крім того, для вивчення особливостей міграції мікроелементів та їх взаємодії в організмі дорослого населення нами розраховано низку індексів, ум.од: індекс проникнення (ІП) – відношення концентрації металів у сироватці крові до їх СДН; індекс елімінації (ІЕ) – відношення концентрації ВМ у сечі до їх вмісту в сироватці крові; коефіцієнти співвідношення (КСВ) мікроелементів у різних біосубстратах; коефіцієнти взаємодії (КВ) у бінарних системах мікроелементів; ступінь адаптованості елементної системи організму згідно з модифікованою нами формулою [102]:

$$A = n \sum Kk / N, \quad (2.17)$$

де: А – ступінь адаптованості, в ум. од.;

n – число достовірних кореляційних зв'язків ($p < 0,05$);

$\sum Kk$ – сума коефіцієнтів кореляції без урахування знаку;

N – число МЕ, об'єднаних у плеяди.

Досліджували кореляційну залежність між мікроелементним статусом та клініко-лабораторними показниками стану організму при захворюваннях нирок.

Шостий етап програми досліджень присвячено розробці науково-обґрунтованих підходів з управління ризиком для громадського здоров'я від впливу важких металів.

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. З метою перевірки нормальності розподілу кількісних ознак використовували критерій Шапіро-

Уїлка (при $n < 60$) та критерій Колмогорова-Смирнова з поправкою Лілієфорса (при $n > 60$) з перевіркою рівності дисперсій за критерієм Фішера. Показники наведені у вигляді середнього (M), стандартного квадратичного відхилення (SD), медіани (Me), 25 та 75 перцентилів (Q1; Q3), категорійні дані представлено у вигляді кількості (n) та відносних величин (%). 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, для номінальних ознак - χ^2 Пірсона. Коефіцієнт кореляції у діапазоні $0,7 \leq r < 1$ вказував на сильний кореляційний взаємозв'язок; $0,3 \leq r < 0,7$ – на взаємозв'язок середньої сили; $0 < r_s < 0,3$ – на слабкий кореляційний взаємозв'язок. Критичний рівень статистичної значимості при перевірці усіх гіпотез приймався $p < 0,05$ [136].

РОЗДІЛ 3

ТЕРИТОРІАЛЬНО-ЧАСОВІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря промислових та контрольного міст Дніпропетровської області

Дніпропетровська область - це унікальний регіон, де зосереджено могутній промисловий потенціал металургійного, гірничо-збагачувального, хімічного та машинобудівного комплексів. Не зважаючи на те, що в останні роки має місце тенденція до зменшення антропогенного тиску на довкілля, рівень техногенного навантаження залишається високим, а екологічна ситуація незадовільною [20, 21]. Основними забруднювачами довкілля у Дніпропетровському регіоні залишаються підприємства металургійної, добувної промисловості та виробництва електроенергії (рис. 3.1).

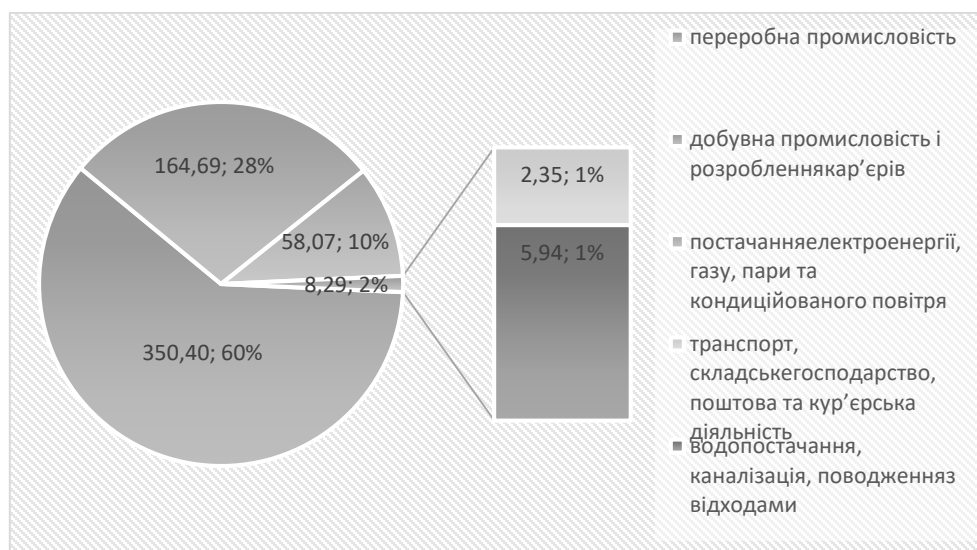


Рис. 3.1. Питома вага викидів промислових підприємств області за видами економічної діяльності, %

Обсяги викидів по Дніпропетровській області, відповідно до аналітичних даних, представлених у регіональних доповідях про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області Департаменту екології та природних ресурсів [21, 22] відображені у таблицях 3.1 та 3.2. Враховуючи провідну роль викидів стаціонарних джерел забруднення у загальний рівень викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Дніпропетровської області та відсутність чіткої і систематичної реєстрації викидів пересувних джерел з 2015 року, подальший аналіз викидів забруднюючих речовин проводився за стаціонарними джерелами забруднення.

Таблиця 3.1

Динаміка викидів забруднюючих речовин у Дніпропетровській області

Роки спостереження	Викиди в атмосферне повітря, тис.т.		Обсяги, з розрахунку на 1 мешканця, кг	Щільність, з розрахунку на 1 км ² території, кг
	усього	з них стаціонарними джерелами		
2012	1173,077	961,947	354,008	36747
2013	1143,848	940,5	346,608	35831,45
2014	1037,075	855,775	260,547	26807,47
2015	876,6	723,9	221,7	22677,5
2016	833,0*	833,0	256,9	26093
2017	657,3*	657,3	203,5	20600
2018	614,3*	614,3	191,6	19200
2019	576,9*	576,9	180,8	18100
2020	534,7*	534,7	170,2	16700
2021	537,6*	537,6	172,4	16841,6

Примітка. * - без урахування викидів від пересувних джерел за відсутності даних в органах Держкомстату.

Аналіз отриманих даних свідчить, що практично за усіма видами діяльності спостерігається зниження викидів у 1,8-2,2 рази як в цілому зі стаціонарних джерел забруднення, так і з розрахунку на 1 мешканця, кг і їх щільності, з розрахунку на 1 км² території.

Як відомо, ВМ можуть акумулюватись на поверхні пилових часточок, і, таким чином розповсюджуватись на більші відстані [137, 138]. Тому, враховуючи тему нашого дослідження, ми визначили обсяги викидів основних забруднюючих речовин (табл. 3.2), аналіз яких свідчить про зниження викидів основних забруднюючих речовин впродовж 2017-2021 рр. у 1,2-1,5 разів. У той же час викиди ВМ характеризувались хвилеподібними коливаннями з тенденцією до їх збільшення.

Таблиця 3.2

Динаміка викидів забруднюючих речовин у Дніпропетровській області

Роки спостереження	Забруднююча речовина, тис. т.				
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	Діоксид та інші сполуки сірки	Діоксид та інші сполуки азоту	Оксид вуглецю	Метали та їх сполуки
2017	86,50	66,80	38,60	324,00	0,60
2018	75,99	52,67	36,39	317,84	0,78
2019	62,10	48,38	32,22	303,40	0,69
2020	52,22	60,86	28,30	274,72	0,62
2021	56,93	55,12	26,56	273,04	*
У середньому	66,75	56,77	32,41	298,60	0,67

Примітка. * - дані відсутні в органах Держкомстату.

3.2. Стан забруднення атмосферного повітря досліджуваних міст

Результати дослідження концентрацій ВМ свідчать, що протягом періоду спостережень їх концентрації в атмосферному повітрі знаходилися в межах нормативного рівня в усіх промислових містах (табл. 1-3 додатка В). Так, середньорічна концентрація свинцю (рис. 3.2) за досліджуваний період виявилась найвищою у м. Кам'янське та становила 0,033 (95% ДІ 0,027 - 0,039) мкг/м³, що відповідає 0,11 ГДК при широкому діапазоні коливань за 10-річний період від 0 до 0,37 ГДК с.д. Вміст свинцю у атмосферному повітрі м. Кам'янське виявився у 1,6 разів ($p < 0,01$) вище порівняно з його концентрацією у м. Кривий Ріг, у той час як відмінності концентрацій з м. Дніпро виявились недостовірними. Концентрація кадмію у середньому за період 2012-2021 рр. коливалась в межах 0,01-0,02 ГДКс.д. При цьому концентрація кадмію у м. Кам'янське виявилась у 1,8 разів ($p < 0,05$) вищою порівняно з його вмістом у атмосферному повітрі м.Дніпро без достовірних відмінностей з м. Кривий Ріг.

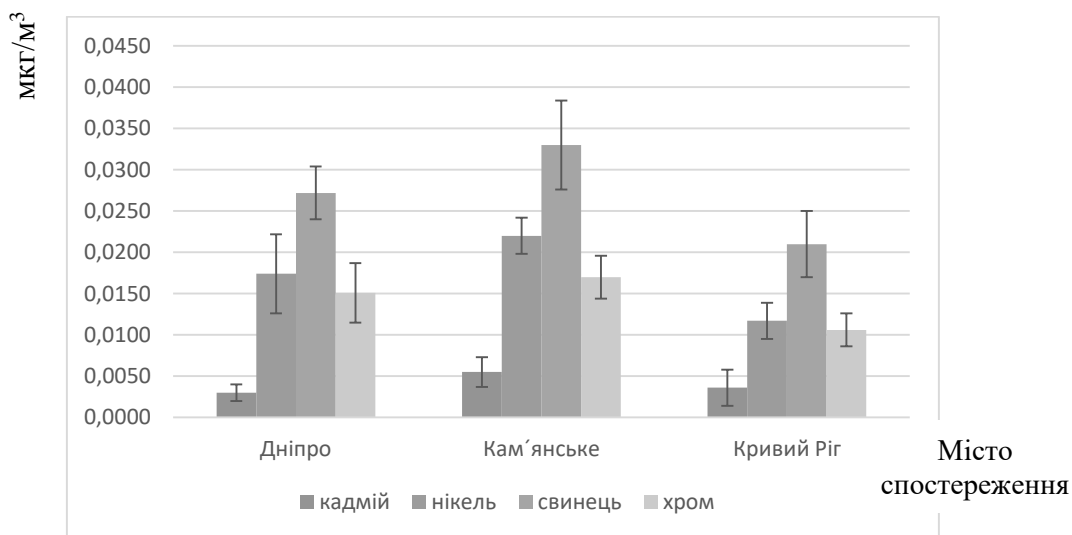


Рис.3.2. Середньорічна концентрація кадмію, нікелю, свинцю та хрому в атмосферному повітрі промислових міст за період 2012-2021 рр., мкг/м³

За досліджуваний період середньорічні концентрації нікелю виявились найнижчими у м. Кривий Ріг - 0,0117 (95% ДІ 0,0092 - 0,0142) мкг/м³ при найвищих показниках вмісту металу у м. Кам'янське - 0,022 (95% ДІ 0,02 - 0,025) мкг/м³, що відповідає 0,01-0,02 ГДКс.д. Концентрація металу у атмосферному повітрі м. Кам'янське виявилась у 1,9 разів вищою ($p < 0,001$) порівняно з даними м. Кривий Ріг, відмінності з м. Дніпро виявились недостовірними. Середньорічна концентрація хрому за досліджуваний період виявилась найвищою у м. Кам'янське - у 1,6 разів ($p < 0,01$) порівняно з його концентрацією у м. Кривий Ріг, у той час як відмінності концентрацій з м. Дніпро виявились недостовірними.

Вміст заліза (рис. 3.3) за досліджуваний період виявився найвищим у м. Кам'янське - 2,79 (95% ДІ 2,118 - 3,454) мкг/м³, або 0,07 ГДК, що у 2,3 разів ($p < 0,01$) вище порівняно з показниками м. Дніпро та у 7,6 разів ($p < 0,001$) вище порівняно з його концентрацією у м. Кривий Ріг. Середньорічні концентрації цинку виявились найнижчими у м. Кривий Ріг - 0,30 (95% ДІ 0,22 - 0,38) мкг/м³ при найвищих показниках вмісту металу у м. Кам'янське - 1,48 (95% ДІ 1,13 - 1,82) мкг/м³, що відповідає 0,006-0,03 ГДКс.д. Концентрація металу у атмосферному повітрі м. Кам'янське виявилась у 1,9 разів вищою ($p < 0,001$) порівняно з даними м. Дніпро та у 4,9 разів ($p < 0,001$) порівняно з його вмістом у атмосферному повітрі м. Кривий Ріг. Концентрація марганцю коливалась в межах 0,01-0,13 ГДКс.д. та була найвищою у м. Кам'янське - у 2,1 разів ($p < 0,001$) вищою порівняно з його вмістом у атмосферному повітрі м. Дніпро та у 11 разів ($p < 0,001$) порівняно з показниками м. Кривий Ріг. Вміст міді виявився найнижчими у м. Кривий Ріг - 0,0152 (95% ДІ 0,0107 - 0,0197) мкг/м³ при найвищих показниках вмісту металу у м. Кам'янське - 0,067 (95% ДІ 0,027 - 0,108) мкг/м³, що відповідає 0,008-0,03 ГДКс.д. Концентрація металу у атмосферному повітрі м. Кам'янське виявилась у 2,5 разів вищою ($p < 0,05$) порівняно з даними м. Дніпро та у 4,4 рази ($p < 0,01$) порівняно з її концентрацією у атмосферному повітрі м. Кривий Ріг.

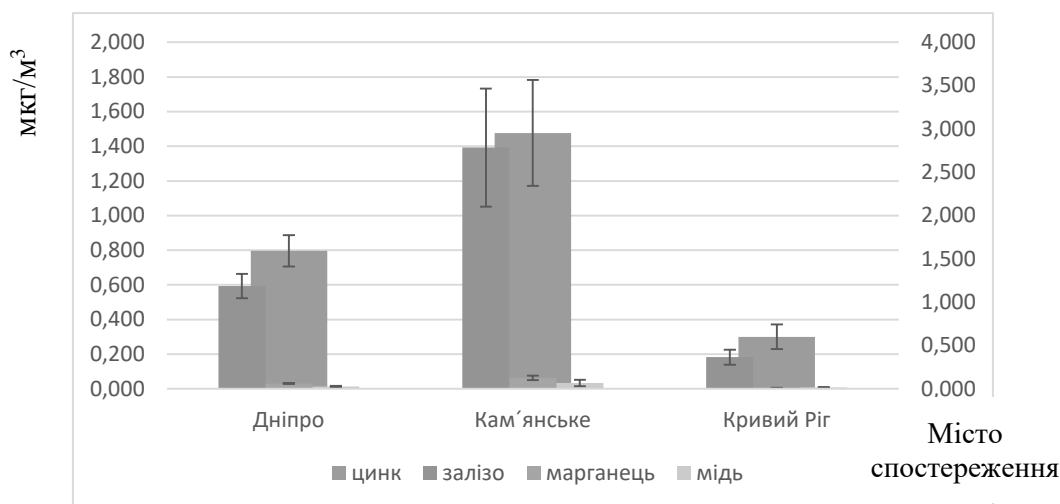


Рис. 3.3. Середньорічна концентрація цинку, заліза, марганцю та міді у атмосферному повітрі промислових міст за період 2012-2021 рр., мкг/м³

Вміст ВМ у атмосферному повітрі промислових міст за ранжуванням їх середньорічних концентрацій можна представити наступним чином: $Fe > Zn > Mn > Pb > Cu > Ni > Cr > Cd$ для м. Дніпро, $Fe > Zn > Mn > Cu > Pb > Ni > Cr > Cd$ для м. Кам'янське, $Fe > Zn > Pb > Cu > Ni > Mn > Cr > Cd$ – для м. Кривий Ріг. Тобто в усіх містах спостерігається найвищий рівень забруднення цинком і міддю за їх абсолютними концентраціями, найнижчі рівні вмісту хрому і кадмію. У той же час, якщо для м. Дніпро та м. Кам'янське третє місце за концентрацією посідає марганець, то у м. Кривий Ріг спостерігається суттєве превалювання вмісту свинцю, а також збільшення концентрації нікелю.

За 10-річний період дослідження концентрації усіх металів характеризуються певними коливаннями залежно як від природи самого металу, так і від території дослідження. Спостерігається зростання концентрацій більшості ВМ у атмосферному повітрі м. Дніпро у 1,4-8,5 разів ($p < 0,01$ - $p < 0,001$). При цьому рівняння апроксимації даних здебільш мали вигляд поліному 2 або 3 ступеня з коефіцієнтами детермінації $R^2 = 0,5920-0,8863$, що свідчить про прийнятну та гарну якість побудованої моделі і рівень точності прогнозу щодо

динаміки до зростання концентрацій вищезначених металів на найближчі роки. Виняток становить мідь та марганець, вміст яких характеризується відносною стабільністю за період 2012-2021 рр. ($R^2 = 0,2608$ та $0,2792$ відповідно а, отже, динаміка концентрацій є недостовірною).

Щодо динаміки концентрацій металів у м. Кам'янське, то такої чіткої тенденції до зростання концентрацій, яка мала місце у м. Дніпро не виявлено. Так, спостерігається достовірне зростання концентрацій свинцю, заліза та марганцю у 1,9 разів ($p < 0,01$ - $p < 0,001$; $R^2 = 0,5419$ - $0,8078$), кадмію – у 13 разів ($p < 0,001$; $R^2 = 0,7026$) при зниженні вмісту міді у 7,8 разів ($p < 0,01$; $R^2 = 0,8433$) за відносної стабільності концентрацій інших металів. У м. Кривий Ріг відзначається зростання концентрацій свинцю, кадмію та нікелю у 1,7-26,7 разів ($p < 0,05$ - $p < 0,001$; $R^2 = 0,4139$ – $0,5547$). Динаміка концентрацій інших важких металів у атмосферному повітрі міста виявилась недостовірною.

3.3. Оцінка рівня поліметалевого забруднення продуктів харчування Дніпропетровського регіону.

Відповідно до затвердженої Кабінетом Міністрів України Концепції розвитку системи громадського здоров'я, з метою зміцнення здоров'я населення, попередження захворювань та збільшення тривалості життя, важливий акцент, серед іншого, робиться на використання у харчуванні екологічно-безпечних продуктів [139]. Серед показників безпечності харчових продуктів важливе місце належить визначенню токсичних елементів, серед яких найбільш небезпечними є свинець, кадмій, ртуть, миш'як, а також есенційних – заліза, міді та цинку.

Згідно з даними Державної служби статистики України [129] та даних літератури [140], серед усіх груп харчових продуктів за обсягами їх споживання, а також за харчовою, біологічною і енергетичною цінністю до основних груп харчових продуктів належать хлібні (зернові та зернобобові) продукти, молоко

та молочні продукти, м'ясо та м'ясні продукти, овочі, фрукти та ягоди. Набори продуктів харчування затверджені Постановою КМ України у 2016 році [141].

Результати аналізу (табл. 3.3) свідчать, що зернові та зернобобові продукти є одним з основних джерел надходження мікроелементів до організму та містять ВМ у широкому діапазоні концентрацій, – від рівня, що нижче порогу чутливості методу визначення до 47,69 мкг/кг за максимальним значенням – для цинку.

Вміст свинцю у зернових та зернобобових продуктах у середньому за 5-річний період дослідження знаходиться на рівні 0,175 мг/кг, що не перевищує гігієнічні нормативи згідно з ДСТУ, Державними гігієнічними правилами і нормами [110] та відповідає рекомендованим максимальним рівням ФАО ВООЗ (0,2 мг/кг) [111]. Однак у окремих пробах концентрація металу перевищувала існуючі ГДК 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. Отримані нами дані виявились нижчі порівняно з результатами досліджень у іншому промисловому регіоні України [143]. Однак у зазначених дослідженнях аналізувалась лише концентрація свинцю у вихідному продукті – зерні, бобових, які, звичайно, містять суттєво вищі концентрації металу порівняно з продуктами їх переробки, які було включено нами до аналізу. При цьому порівняння результатів визначення вмісту свинцю в окремих видах зернової продукції показало тотожність отриманих нами результатів з даними авторів. Концентрації свинцю у вихідній зерновій продукції регіону виявились вищими порівняно з окремими регіонами Франції (0,190 мг/кг), Китаю (0,09 мг/кг) та нижчими за деякі регіонаи Індії (1,43-3,24 мг/кг), Австралії (0,33 мг/кг) [74, 75].

Концентрація іншого ксенобіотика – кадмію у середньому складала 0,0124 мг/кг, що не перевищує відповідні нормативи [110] та безпечні рівні, визначені ФАО ВООЗ. При цьому порівняння результатів визначення вмісту кадмію в окремих видах зернової продукції показало тотожність отриманих нами даних з

результатами досліджень у інших регіонах України [143]. Концентрації ртуті та миш'яку у зернових та зернобобових продуктах визначалися на рівні, який нижче чутливості методів визначення – 0,00015 мг/кг та 0,0025 мг/кг відповідно, що суттєво нижче існуючих ГДК [110] та рекомендованих ФАО/ВООЗ безпечних концентрацій ксенобіотиків у цій групі харчових продуктів.

Таблиця 3.3

Вміст важких металів у продуктах харчування

Дніпропетровської області за період 2017-2021 рр. М (95%ДІ), мг/кг

Мікро- елемент	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]

Що стосується есенційних МЕ – міді та цинку, нами встановлено, що у середньому концентрація біотичного елементу міді у зернових та зернобобових продуктах виявилась на рівні 1,81 (95% ДІ 1,52 - 2,11) мг/кг, цинку – на рівні 11,84 (95% ДІ 9,28 - 14,41) мг/кг. Концентрація цинку відповідала біологічному рівню (4,5-15 мг/кг), у той час як вміст міді знаходився на нижній її межі за її середніми значеннями (1,7-3,0 мг/кг) [5]. 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 [40]. Такі відмінності можуть бути зумовлені декількома причинами – з одного боку, вміст МЕ 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, цільнозернові продукти багатші такими елементами [40, 142, 144]. З іншого боку – концентрації МЕ зумовлені ступенем надходження хімічних речовин під час їх вирощування залежно від рівня забруднення ґрунтів і рухливості хімічних форм ВМ, умовами і тривалістю зберігання, транспортування тощо [145, 146].

Молоко та молочні продукти є важливою складовою раціонального харчування людини, а тому їх мікроелементний склад має важливе значення з позицій безпеки харчування [147, 148]. Вміст свинцю за середніми значеннями 5-річного періоду дослідження складав 0,057 (95% ДІ 0,043;0,073) 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 (95% ДІ 0,018;0,021) мг/кг, що відповідає існуючим гігієнічним вимогам для різних видів молока [110] 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, 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.

Аналогічним є перевищення середньої концентрації свинцю у молоці порівняно з максимальними рівнями, рекомендованими ФАО/ВООЗ для молока та вторинних молочних продуктів (0,02 мг/кг). При цьому слід зазначити, що в окремих видах молочної продукції максимальні концентрації свинцю сягали 0,098 мг/кг – для кефіру, 0,083 г/кг – для молока коров'ячого незбираного, 0,076 мг/кг – для молока пастеризованого та йогурту, що у 3,8-4,9 разів вище існуючих гігієнічних нормативів та міжнародних рекомендацій. Вміст свинцю у молочній продукції Дніпропетровської області відповідає аналогічним показникам інших промислових регіонів України як за середніми значеннями, так і за максимальними концентраціями свинцю [36]. Вміст металу у молоці та молочних продуктах Дніпровського регіону за середніми значеннями співпадає з результатами дослідження якості молока та молочної продукції у Польщі (0,0039-0,156 мг/кг), хоч слід зазначити, що максимальні концентрації свинцю у вихідному продукті – молоці у нашому регіоні перевищують максимальні рівні металу згідно з даними авторів (0,013 мг/кг) [149].

Вміст кадмію за середніми значеннями 5-річного періоду дослідження складала 0,0052 (95% ДІ 0,0032 - 0,0072) мг/кг. Гігієнічні нормативи рівнів металу у цій групі харчових продуктів у чинних Державних гігієнічних правилах і нормах [149] відсутні, що ускладнює проведення гігієнічної оцінки. Зважаючи на відсутність гігієнічного нормативу для металу у цьому виді харчової продукції, порівняння проведено лише стосовно інших регіонів України і світу. Слід зазначити, що концентрація кадмію у молоці та молочних продуктах Дніпропетровської області нижча аналогічних результатів у вихідній сировині – молоці порівняно з іншими регіонами України (0,0035-0,0047 мг/кг за середніми значеннями) [148], знаходиться в межах результатів, отриманих для молока та молочної продукції у Польщі (0,0058 мг/кг) [149]. Концентрації ртуті та миш'яку у цій групі харчових продуктів визначалися на рівні, що нижче чутливості методів визначення – 0,00015 мг/кг та 0,0025 мг/кг відповідно.

Стосовно есенційних МЕ – міді та цинку, нами встановлено, що у середньому концентрація біотичного елементу міді у молочних продуктах виявилась на рівні 0,19 (95% ДІ 0,11 - 0,27) мг/кг, цинку – на рівні 3,61 (95% ДІ 2,94 - 4,28) мг/кг або 0,72 ГДК. Концентрація цинку відповідає біологічному рівню (1,6-6 мг/кг), у той час як концентрація міді у 2 рази нижче біологічного рівня для цієї групи харчових продуктів (0,4 мг/кг) [5]. Порівняння отриманих нами результатів з даними літератури інших регіонів України і світу виявили тотожність концентрацій біотичних мікроелементів з іншими регіонами України [148] та світу (0,0015-4,94 мг/кг для міді та 0,01-56,44 мг/кг для цинку) [149].

М'ясо та м'ясні продукти є вагомим джерелом надходження ВМ до організму людини, тому вивчення мікроелементного складу цієї групи харчових продуктів є важливим з позицій профілактичної медицини. Результати наших досліджень свідчать, що вміст досліджуваних мікроелементів у цій групі харчових продуктів за період 2017-2021 рр. коливається у широкому діапазоні концентрацій, від рівня, що нижче порогу чутливості методу визначення – 0,00015 мг/кг для ртуті до 62,25 мкг/кг за максимальним значенням – для цинку.

Вміст свинцю у м'ясі та м'ясних продуктах у середньому за 5-річний період дослідження складав 0,219 (95% ДІ 0,195 - 0,244) мг/кг, що не перевищує відповідні максимальні рівні для цієї групи харчових продуктів згідно з [110] для субпродуктів великої рогатої худоби, овець, свиней та свійської птиці (0,5 мг/кг). Середні значення концентрації металу у м'ясі різних видів тварин становили 0,100 (95% ДІ 0,086 - 0,113) мг/кг, що також не перевищувало чинний гігієнічний стандарт [110], так само, як і рівні, рекомендовані експертами ФАО/ВООЗ для цієї групи продуктів харчування [142]. 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 безпечності 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. Порівняння отриманих нами даних щодо забруднення свинцем м'яса та м'ясних продуктів Дніпропетровської області з результатами аналогічних досліджень в Україні та світі виявило вищий його вміст порівняно з результатами досліджень цієї групи харчових продуктів у окремих країнах світу – 0,049 мг/кг [150], $0,023 \pm 0,003$ – $0,071 \pm 0,028$ мг/кг [151].

Вміст кадмію за середніми значеннями становив 0,0166 (95% ДІ 0,013 - 0,0202) мг/кг, що не перевищує відповідних максимальних рівнів згідно з [110]. При цьому отримані нами дані вищі порівняно з результатами досліджень у окремих країнах [150, 151]. Концентрації ртуті та миш'яку у цій групі харчових продуктів визначалися на рівні, що нижче чутливості методів визначення – 0,00015 мг/кг та 0,0025 мг/кг відповідно.

М'ясо та м'ясні продукти містять мідь у середній концентрації, що за 5-річний період дослідження складає 0,73 (95% ДІ 0,60 - 0,86) мг/кг, цинк – 11,86 (95% ДІ 8,47 - 15,26) 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) [5]. Враховуючи, що при кулінарній обробці продуктів концентрація цинку у готових стравах зменшується на 42%, міді — на 26% [152], можна очікувати дефіцит есенційних МЕ у харчових раціонах мешканців регіону. Порівняння отриманих результатів з аналогічними даними інших країн

виявили дещо нижчі концентрації цинку у цій групі харчових продуктів (14,65 мг/кг) за тотожності результатів дослідження щодо міді [150].

Овочі, фрукти та ягоди, у тому числі картопля, за рівнем споживання населенням посідають перше місце у структурі харчування населення України [140, 141], 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 (95% ДІ 0,113 - 0,170) мг/кг, що відповідає чинним нормативам та безпечним рівням [110, 111]. Однак максимальні значення металу в 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. Вміст свинцю у овочах, фруктах та ягодах Дніпропетровської області відповідає результатам дослідження хімічного складу цієї групи харчових продуктів у Чернігівській області ($0,12 \pm 0,03$ - $0,40 \pm 0,12$ мг/кг для різних видів овочів та фруктів) [143] та вмісту металу у окремих промислово розвинутих країнах світу [74, 153].

Концентрація кадмію за середніми значеннями склала 0,0116 (95% ДІ 0,0089 - 0,0143) мг/кг або 0,23 ГДК [110] та нижче рівня, рекомендованого експертами ФАО (0,05-0,2 мг/кг для різних видів овочів і фруктів). Концентрації ртуті та миш'яку у цій групі харчових продуктів визначалися на рівні, що нижче чутливості методів визначення – 0,00015 мг/кг та 0,0025 мг/кг відповідно.

Середня концентрація міді у овочах, фруктах та ягодах виявилась на рівні 1,11 (95% ДІ 0,65 - 1,56) мг/кг, цинку – на рівні 3,80 (95% ДІ 2,48-5,11) мг/кг, що їх відповідає біологічним значенням – 1,0-1,6 мг/кг для міді та 3,3-4,0 мг/кг – для цинку [5]. 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), 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) [153].

Результати оцінки вмісту свинцю у інших групах харчових продуктів (табл. 3.4) свідчать, що його середня концентрація у рибі та продуктах моря за 5-річний період дослідження складала $0,471$ мг/кг, що відповідає чинним стандартам та безпечним рівням [110, 111], хоча максимальні значення у окремих продуктах у 1,5-2,5 разів їх перевищували. Середній вміст металу в іншій групі харчових продуктів – яйцях складав $0,19$ мг/кг, жирових продуктах – $0,078$ мг/кг, цукрі та солодошах – $0,24$ мг/кг, що не перевищує гігієнічні регламенти та міжнародні рекомендації. Аналогічна ситуація спостерігається відносно кадмію. Вміст ртуті та миш'яку у означених групах харчових продуктах виявився нижчим чутливості методів виявлення – відповідно $0,00015$ та $0,0025$ мг/кг.

У цілому, середній вміст мікроелементів в усіх групах досліджуваних продуктів можна представити у вигляді $Zn > Cu > Pb > Cd > As > Hg$ та $Fe > Zn > Cu > Pb > Cd > As > Hg$ – для групи жирових продуктів.

Нами встановлено, що найбільший абсолютний вміст свинцю (ранг 1-3) виявлено у рибі та продуктах моря, м'ясі та м'ясних продуктах, цукрі та солодошах. Найвищий вміст кадмію – у рибі та продуктах моря, цукрі та солодошах і м'ясі та м'ясних продуктах. Найвищий вміст міді виявлено у зернових та зернобобових продуктах, цукрі та солодошах і рибі та продуктах моря. Найвищий вміст цинку – у рибі та продуктах моря, м'ясі та м'ясних продуктах і зернових та зернобобових продуктах. Найнижчий вміст (ранг 8) свинцю та кадмію було виявлено у молоці та молочних продуктах, есенційних міді та цинку – у жирових продуктах.

Таблиця 3.4

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

Мікро- елемент	Група харчових продуктів			
	риба, продукти моря	яйця та продукти	жирові продукти	цукор та солодощі
свинець	0,471 [0,391;0,551]	0,19 [0,12;0,25]	0,078 [0,076;0,08]	0,24 [0,216;0,264]
кадмій	0,046 [0,031; 0,06]	0,01 [-]	0,008 [0,008; 0,009]	0,019 [0,017; 0,022]
мідь	1,14 [0,86;1,43]	0,44 [0,35;0,53]	0,15 [0,10;0,20]	1,81 [1,28;2,34]
цинк	15,17 [12,11;18,22]	7,17 [5,89;8,44]	0,73 [0,52;0,95]	6,2 [5,06;7,34]

У динаміці дослідження концентрації есенційних та токсичних МЕ характеризувались різноспрямованими тенденціями для різних груп харчових продуктів. Так, вміст ВМ у зернових та зернобобових продуктах, молоці та молочних продуктах залишався відносно стабільним протягом 2017-2021 рр. за винятком зниження у 1,5 разів ($p < 0,05$) вмісту цинку в молоці. 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 ($p < 0,05$ - $p < 0,01$).

3.4. Аналіз забруднення важкими металами питної води

Розвиток суспільства на основі концепції про невичерпність і самовідновлюваність запасів прісної води призвів до значної деградації світових водних ресурсів, їх дефіциту, виснаження й погіршення якості внаслідок постійного забруднення. На сьогоднішній день саме якість водних ресурсів, а не їх кількість є обмежуючим фактором раціонального та екологічно безпечного водокористування на фоні зростання попиту на якісну прісну воду [23].

Результати лабораторних досліджень питної води на території Дніпропетровської області, згідно з даними [21, 22], свідчать про досить високий відсоток нестандартних проб за санітарно-хімічними показниками, складовою яких є група санітарно-токсикологічних показників, зокрема ВМ. Так впродовж 2017-2021 рр. кількість нестандартних проб питної води з систем централізованого водопостачання коливалась в межах 24,4-30,6 %, проб питної води з водопровідних мереж – в межах 14,5-18,4%.

У досліджуваних містах середньобагаторічні концентрації металів коливались у широкому діапазоні – від 0,0001 мг/л для ртуті до 0,211 мг/л – для алюмінію (табл. 4 додатка В), що відповідає вимогам чинного законодавства [109]. Аналіз вмісту низки металів був ускладнений через те, що їх концентрація була нижче чутливості методу визначення – для кадмію в усіх містах, миш'яку та ртуті – у м. Дніпро та м. Самар.

Концентрація заліза у питній водопровідній воді м. Дніпро варіювала від рівнів, що нижче чутливості методу визначення – 0,05 мг/л до 0,32 мг/л, що у 1,6 разів вище ГДК. Вміст заліза у інших промислових містах за середніми значеннями становив 0,106 та 0,075 мг/л у м. Кривий Ріг та м. Кам'янське за максимальних значень 0,23 та 0,27 мг/л відповідно, що на 15-35% вище чинного нормативу. При цьому слід зазначити, що перевищення гігієнічного нормативу у окремі роки дослідження сягало 5-12% проб. Слід зазначити, що концентрація

заліза у м. Кривий Ріг виявилась найвищою – у 2,1 рази перевищувала показники вмісту заліза у питній воді м. Дніпро та у 1,4 рази – у м. Кам'янське.

Вміст міді у питній воді промислових міст за середніми значеннями становив 0,0054 мг/л, 0,004 мг/л та 0,0024 мг/л у м. Дніпро, м. Кривий Ріг та м. Кам'янське відповідно, що суттєво нижче ГДК. Концентрація цинку в зазначених містах за середньобогаторічним показником знаходилась в межах 0,016-0,068 мг/л, що, як і у випадку з міддю, суттєво нижче існуючого гігієнічного регламенту.

Діапазон концентрацій свинцю складає 0,00001-0,01 мг/л за середніх значень 5-річного періоду дослідження 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. Слід зазначити, що вміст свинцю виявився найвищим у м. Дніпро, який вдвічі перевищує його рівень у питній воді інших промислових міст. Не зважаючи на відповідність середніх рівнів металу у питній воді його ГДК, слід зазначити, що проблема тотального забруднення свинцем докільля настільки актуальна, що вчені світу, зокрема [30, 155, 156], зазначають, що забруднена свинцем питна вода навіть у невеликих кількостях шкідлива для здоров'я людини. Враховуючи рекомендацію Американської академії педіатрії (AAP) про те, що безпечний вміст свинцю в питній воді для дітей не повинен перевищувати 1 мкг/л [157], отримані нами концентрації свинцю у питній воді перевищують зазначений рекомендований безпечний рівень у 1,2-6,5 разів.

Алюміній міститься у питній водопровідній воді у концентраціях, що за середніми значеннями 5-річного періоду дослідження становлять 0,159 мг/л у м. Дніпро, 0,211 мг/л – у м. Кривий Ріг та 0,126 мг/л – у м. Кам'янське, що відповідає чинному стандарту. Однак у окремі роки дослідження спостерігалось перевищення чинного регламенту для питної води, обробленої реагентами, які містять алюміній майже на 20% (0,599 мг/л) за загального перевищення чинного законодавства у 18% досліджених проб у 2019 році у м. Кам'янське.

Концентрація марганцю у питній воді коливалась від рівнів, що нижче чутливості методу визначення до рівнів, що відповідають ГДК – 0,015-0,05 мг/л. Вміст миш'яку у питній воді м. Дніпро був нижче чутливості методу визначення, у м. Кам'янське та м. Кривий Ріг становив, відповідно, 0,00042 мг/л та 0,0019 мг/л за середніми значеннями. Ртуть у питній воді м. Дніпро не визначалась, у питній воді м. Кам'янське та м. Кривий Ріг становила, відповідно, 0,00024 мг/л та 0,0001 мг/л за середніми значеннями, що суттєво нижче ГДК. Концентрація нікелю, кадмію та кобальту у питній воді міст спостереження знаходилась на рівні, що нижче чутливості методу визначення.

Порівняння отриманих нами даних якості питної води в промислових та контрольному містах виявило вищий у 2,0-6,2 рази ($p < 0,001$) вміст цинку, у 1,7-2,2 рази ($p < 0,01$) – алюмінію, у 1,8-6,2 рази ($p < 0,01$ - $p < 0,001$) - свинцю. Концентрації марганцю та миш'яку у питній воді м. Самар були нижче чутливості методів визначення. Вищі концентрації міді та заліза у питній воді контрольного міста за середньобагаторічним показником виявились недостовірними порівняно з промисловими містами.

Вміст важких металів у питній воді досліджуваних міст за ранжуванням їх середньорічних концентрацій можна представити наступним чином: $Al > Fe > Zn > Mn > Co, Cr, Ni, As > Mo > Pb > Cu > Cd$ для м. Дніпро, $Al > Fe > Ni > Mn > Zn > Cu > Pb > As > Hg$ для м. Кам'янське, $Al > Fe > Zn > Mn > Cu > Pb > As > Hg$ – для м. Кривий Ріг. Тобто в усіх містах спостерігається найвищий рівень забруднення питної води алюмінієм за його абсолютною концентрацією, найнижчі рівні кадмію для м. Дніпро, миш'яку та ртуті – для інших міст. При цьому відзначається поступове зниження на 15,0-54,5% концентрації свинцю у питній воді промислових та контрольного міст ($p < 0,05$), що, ймовірно, пов'язане зі спадом промислового виробництва. У динаміці дослідження спостерігається відносна стабільність концентрацій заліза та цинку у питній воді за достовірного зростання концентрації міді у 3,0 рази ($p < 0,001$) у питній воді м. Кам'янське.

Оцінка комбінованого впливу досліджуваних металів, які відносяться до групи санітарно-токсикологічних показників виявила, що сума відношення концентрацій кожної із зазначених речовин до їх ГДК відповідає 1,1 ум.од. у м. Дніпро, 1,4 ум.од. – у м. Кривий Ріг, тобто за санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості одночасна присутність цих металів перевищує безпечний рівень комбінованої дії у воді вищезначених міст, 0,71 ум.од. – у м. Кам'янське, що відповідає безпечному рівню. Аналогічний показник у контрольному місті становить 0,44 ум.од., що у 1,5-2,5 разів нижче показника промислових міст та свідчить про безпечний рівень комбінованого впливу ксенобіотиків I та II класів небезпеки на організм людини при споживанні цієї питної води.

Таким чином, проведені дослідження дозволили виявити специфіку забруднення навколишнього середовища Дніпропетровської області, у якій зосереджено могутній промисловий потенціал металургійного, гірничо-збагачувального, хімічного, машинобудівного та інших комплексів. Встановлено територіально-часові особливості забруднення важкими металами об'єктів довкілля – атмосферного повітря, питної води та продуктів харчування; найбільш забруднені об'єкти довкілля за питомою вагою проб, що не відповідають чинним гігієнічним нормам; особливості комбінованої дії ксенобіотиків у окремих життєзабезпечуючих середовищах.

Результати розділу опубліковані в наукових працях: [158, 159, 160].

РОЗДІЛ 4

ОСОБЛИВОСТІ ТА СТРУКТУРА ЗАХВОРЮВАНOSTІ НАСЕЛЕННЯ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Стан здоров'я населення є показником соціально-економічного розвитку країни, невід'ємною складовою рівня та якості життя людей. У системі громадського здоров'я для характеристики населення можуть бути використані показники кількості та якості. Для кількісної характеристики населення використовуються передусім медико-демографічні показники. Проте медико-демографічна ситуація в Україні характеризується незадовільними тенденціями та віддзеркалює незадовільний стан здоров'я населення України [1, 161]. У зв'язку з цим, особливого значення набуває друга характеристика населення – його якість, зокрема здоров'я нації. Таким чином, питання покращення здоров'я українців перетворюється на проблему їхнього виживання та збереження людського потенціалу країни [1, 2, 54, 161].

4.1. Загальна захворюваність дорослого населення промислового регіону

Загальна захворюваність дорослого населення Дніпропетровської області у середньому за період 2012-2018 рр. дослідження представлена у табл. 1 додатка Г і свідчить, що рівень загальної захворюваності на усі хвороби (клас A00-T98) дорослого населення Дніпропетровської області склав 22 250,84 (95% ДІ 21818,71 - 22682,98) на 10 тис. дорослого населення. При цьому найвищий рівень загальної захворюваності характерний для м. Дніпро – 28 400,78 випадків на 10 тис. дорослого населення, що у 1,4 рази ($p < 0,001$) вище порівняно з поширеністю хвороб серед населення м. Кам'янське, у 1,3 рази ($p < 0,001$) – м. Кривий Ріг, у 1,5

разів ($p < 0,001$) – контрольного міста та у 1,3 разів ($p < 0,001$) порівняно з рівнем захворюваності по Дніпропетровській області у цілому.

При ранжуванні різних класів захворювань встановлено, що перше місце за поширеністю традиційно посідають хвороби системи кровообігу (клас I00-I99) – 7 985,79 (95% ДІ 7794,66 – 8176,91), друге місце – хвороби органів дихання (клас J00-J99) – 2955,48 (95% ДІ 2896,26 – 3014,71), третє – хвороби органів травлення (клас K00-K93) – 2 383,91 (95% ДІ 2314,11 – 2453,72), четверте місце посідають хвороби сечостатевої системи (клас N00-N99) – 1 723,89 (95% ДІ 1654,54 – 1793,25) на 10 тис. дорослого населення відповідно, п'ятірку найбільш поширених хвороб замикають хвороби кістково-м'язової системи (клас M00-M99) – 1 527,60 (95% ДІ 1470,65 – 1584,55) на 10 тис. дорослого населення. Отримані нами результати мають деякі відмінності порівняно з загальноукраїнськими даними [57, 65, 162] у частині більшої питомої ваги хвороб сечостатевої системи та органів дихання у населення Дніпропетровської області при нижчому рівні загальної захворюваності на хвороби системи кровообігу.

Аналогічна ситуація спостерігається в усіх досліджуваних містах, однак з певними територіальними особливостями. Так, якщо перша п'ятірка найбільш поширених класів захворювань у м. Дніпро повністю відображає тенденції по Дніпропетровській області, то у м. Кам'янське на другому місці знаходяться хвороби органів травлення, випереджаючи поширеність захворювань на хвороби органів дихання; хвороби сечостатевої системи посідають 3-тє місце за поширеністю серед населення м. Кривий Ріг і 5-тє – у м. Кам'янське і м. Самар.

У динаміці дослідження відзначалась тенденція до зростання загальної захворюваності населення Дніпропетровської області – темп приросту за досліджуваний період (Тпр.) склав 7,5% при середньому річному тренді зростання 1,25% на рік, за значення 1 % приросту в діапазоні 210,37-231,18 випадків на 10 тис. населення. Аналогічна тенденція характерна практично для усіх досліджуваних міст, де відзначається тенденція до зростання рівня загальної

захворюваності дорослого населення в межах 4,2-18,2%. Враховуючи мету та завдання дослідження акцент зроблено на аналізі захворюваності населення на хвороби сечостатевої системи.

Загальна захворюваність дорослого населення області хворобами сечостатевої системи складає 1 723,89 (95% ДІ 1 654,54 - 1 793,25) на 10 тис. населення. Що стосується показників захворюваності на хвороби сечостатевої системи у досліджуваних містах, вона виявилась найвищою у м. Дніпро - 2 678,16 (95 % ДІ 2 541,98 - 2 814,34) на 10 тис. населення, що у 1,6 разів ($p < 0,001$) перевищує показники Дніпропетровської області у цілому, у 2,23 рази ($p < 0,001$) вище за рівень поширеності патології серед населення м. Кам'янське – 1188,24 (95 % ДІ 1138,23 - 1238,26) на 10 тис. населення, у 1,5 разів ($p < 0,001$) вище за показники захворюваності населення м. Кривий Ріг – 1853,21 (95 % ДІ 1774,94 - 1931,48) на 10 тис. населення і у 2,9 разів ($p < 0,001$) вище за поширеність даного класу хвороб серед населення контрольного міста – 912,13 (95 % ДІ 882,01 - 942,25) на 10 тис. населення.

Вищеозначена проблема ще більше загострюється у зв'язку з підвищенням частоти та поширеності хвороб сечостатевої системи, на що вказує низка наукових публікацій [64, 65] і результати власних досліджень (рис. 4.1). Так, впродовж 2012-2018 рр. спостерігалось поступове зростання загальної захворюваності населення Дніпропетровської області хворобами сечостатевої системи – темп приросту за період 2012-2018 рр. склав 16,4% ($p < 0,01$) при середньому річному тренді зростання 2,73% на рік, за значення 1 % приросту в діапазоні 15,69-17,96 випадків на 10 тис. населення. Відзначається також збільшення їх питомої ваги у структурі загальної захворюваності населення області. Для визначення багаторічних тенденцій захворюваності населення області на хвороби сечостатевої системи проведено аналіз ліній трендів, апроксимація яких свідчить про їх високі операційні характеристики ($R^2 = 0,94$) та можливість використовувати для прогнозування динаміки в найближчий

період. Подібна негативна тенденція щодо росту поширеності захворюваності серед мешканців м. Дніпро – темп росту за досліджуваний період склав 21,12% ($R^2 = 0,94$), м. Кривий Ріг - 11,98% ($R^2 = 0,76$), м. Самар - 14,53% ($R^2 = 0,82$), м. Кам'янське – 9,14% (при низькій достовірності апроксимації $R^2 = 0,04$). При цьому така ситуація зумовлена зростанням як абсолютних показників захворюваності, так і скороченням чисельності населення області.

Слід зазначити, що захворюваність населення на хвороби сечостатевої системи може суттєво варіювати не тільки у різних країнах – зокрема, захворюваність дорослого населення на хвороби сечостатевої системи за зверненнями в заклади охорони здоров'я коливалася в межах 7093,0–12071,3 випадків на 100 тис. населення у країнах Східної Європи, але й в межах одного регіону [64], тому визначення регіональних особливостей патології є істотною складовою організації медико-профілактичної допомоги населенню задля зміцнення і збереження урологічного здоров'я.

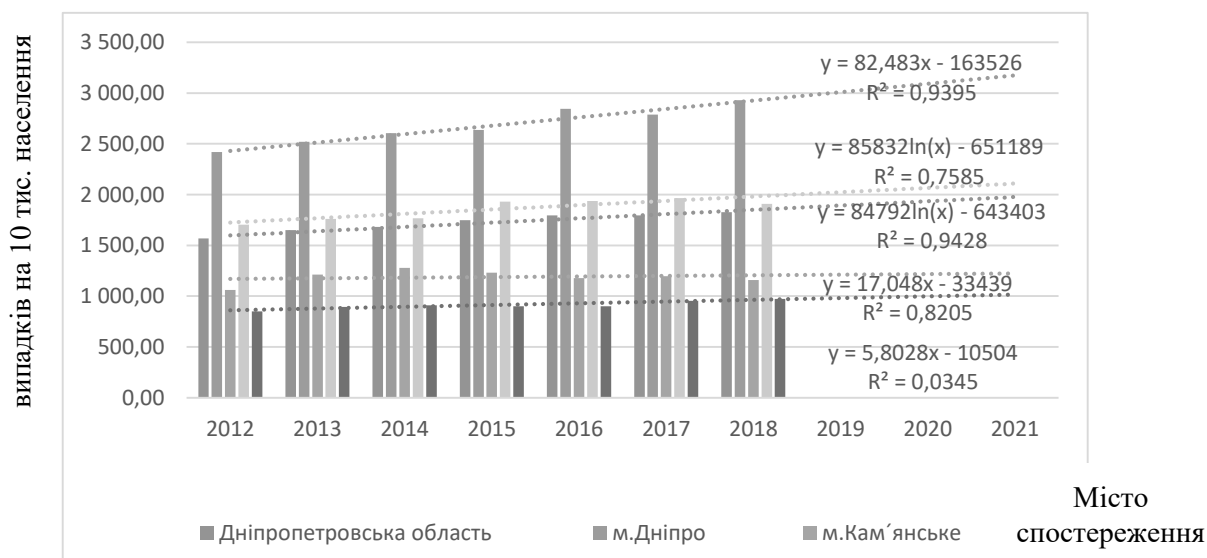


Рис. 4.1. Динаміка загальної захворюваності населення Дніпропетровської області на хвороби сечостатевої системи (клас N00-N99) за період 2012-2018 рр. з прогнозом до 2021 р.

Рівень загальної захворюваності дорослого населення на хвороби сечовидільної системи у досліджуваних містах у середньому за період дослідження наведений у табл. 2 додатка Г і свідчить, що найбільш поширеною патологією сечовидільної системи серед дорослого населення області є інфекції нирок, рівень якої у середньому за період спостереження склав 378,11 (ДІ 369,85 – 386,36) на 10 тис. населення. Друге місце за поширеністю займають камені нирок і сечоводів – 92,63 (ДІ 89,90 – 95,37) на 10 тис. населення, третє – цистит – 87,20 (ДІ 82,87 – 91,54) на 10 тис. населення.

Поширеність вищезначених хвороб серед населення м. Дніпро має схожі тенденції, проте з деякими відмінностями. Так, найбільш поширеною патологією сечовидільної системи серед дорослого населення м. Дніпро є інфекції нирок, рівень якої у середньому за період спостереження склав 483,30 (95 % ДІ 468,58 - 498,02) на 10 тис. населення, що у 1,31 рази ($p < 0,001$) перевищує показники Дніпропетровської області у цілому, у 1,6 рази ($p < 0,001$) вище за рівень поширеності патології серед населення м. Кам'янське, у 1,28 рази ($p < 0,001$) вище за показники м. Кривий Ріг і у 2,62 рази ($p < 0,001$) вище за поширеність даної групи хвороб у серед населення контрольного міста. Друге місце за поширеністю, на відміну від результатів області у цілому, займає цистит - 168,69 (95 % ДІ 159,52 - 177,85) на 10 тис. населення. При цьому рівень поширеності цієї нозології у м. Дніпро, як і у випадку з інфекцією нирок, виявився найвищим у області і у середньому перевищує загальнообласний рівень у 1,92 рази ($p < 0,001$), у 4,66 рази ($p < 0,001$) вище за рівень поширеності патології серед населення м. Кам'янське, у 2,14 рази ($p < 0,001$) вище за показники захворюваності населення м. Кривий Ріг і у 5,34 рази ($p < 0,001$) вище за поширеність даної групи хвороб серед населення контрольного міста. Третє місце за ранжуванням поширеності урологічної патології мешканців м. Дніпро посідають камені нирок і сечоводів - 91,40 (95 % ДІ 87,74 - 95,06) на 10 тис. населення, що практично ідентично загальнообласним показникам, однак у 2,19 рази ($p < 0,001$) перевищує показники поширеності

патології серед населення м. Кам'янське, у 1,38 рази ($p < 0,01$) вище за поширеність даної групи хвороб серед населення контрольного міста. У той же час рівень захворюваності населення м. Дніпро каменями нирок і сечоводів у 1,27 рази ($p < 0,001$) нижче рівня захворюваності мешканців м. Кривий Ріг.

Поширеність урологічної патології серед населення м. Кривий Ріг відображає загальні тенденції Дніпропетровської області з найвищим рівнем захворюваності на інфекції нирок, рівень якої у середньому за період спостереження склав 376,68 (95 % ДІ 361,38 - 391,97) на 10 тис. населення, що у 1,23 рази ($p < 0,001$) вище за рівень поширеності патології серед населення м. Кам'янське та у 2,05 рази ($p < 0,001$) вище за показники захворюваності населення м. Кривий Ріг і у 2,62 рази ($p < 0,001$) вище за поширеність даної групи хвороб серед населення контрольного міста. Друге місце за поширеністю займають камені нирок і сечоводів – 115,87 (95 % ДІ 108,81 - 122,94) на 10 тис. населення, що є найвищим рівнем захворюваності серед усіх досліджуваних міст та Дніпропетровської області у цілому – в межах 1,27 - 2,78 разів ($p < 0,001$). Третє місце за рівнем поширення займає цистит – 78,65 (95 % ДІ 73,96 - 83,35) на 10 тис. населення, що практично відповідає загальнообласному рівню, достовірно нижче рівня захворюваності населення м. Дніпро, у 2,17 рази ($p < 0,001$) вище за рівень поширеності патології серед населення м. Кам'янське та у 2,49 рази ($p < 0,001$) вище за показники серед населення контрольного міста.

Для населення м. Кам'янське відзначаються такі ж тенденції щодо поширеності урологічних захворювань, як і для Дніпропетровської області у цілому: перше місце посідають інфекції нирок, рівень якої у середньому за період спостереження склав 301,76 (95 % ДІ 275,42 - 328,11) на 10 тис. населення, нижче за загальнообласний рівень та показники м. Дніпро і Кривий Ріг, однак у 1,64 рази ($p < 0,001$) перевищує показники поширеності даної групи хвороб серед населення контрольного міста. Друге місце за поширеністю займають камені нирок і сечоводів – 41,69 (95 % ДІ 38,53 - 44,85) на 10 тис. населення, що виявилось

найнижчим рівнем серед усіх досліджуваних міст. Третє – цистит – 36,22 (95 % ДІ 29,87 - 42,57) на 10 тис. населення, який також виявився нижчим порівняно з іншими промисловими містами та обласним рівнем загалом. Ранжування захворюваності серед населення контрольного м. Самар виявило загальні для області тенденції. Найбільш поширеною групою захворювань є інфекції нирок, рівень якої у середньому за період спостереження склав 184,11 (95 % ДІ 165,72 - 202,51) на 10 тис. населення. Друге місце за поширеністю займають камені нирок і сечоводів – 66,46 (95 % ДІ 52,98 - 79,93) на 10 тис. населення, третє – цистит – 31,60 (95 % ДІ 29,44 - 33,76) на 10 тис. населення.

У динаміці дослідження спостерігається поступове зростання поширеності захворюваності населення області на інфекції нирок (рис. 4.2) – темп приросту за період 2012-2018 рр. склав 6,63% при середньому річному тренді зростання 1,11% на рік, за значення 1 % приросту в діапазоні 3,61-3,93 випадків на 10 тис. населення. Подібна тенденція характерна для мешканців м. Дніпро – темп приросту за період дослідження склав 7,41% ($R^2 = 0,87$), м. Кам'янське - 32,56% ($R^2 = 0,69$). Темп приросту захворюваності серед мешканців м. Самар виявився найвищим і становив 70,33% ($R^2 = 0,89$). Отримані нами результати кореспондуються з результатами інших подібних дослідженнях на теренах нашої держави [2, 3]. Лише для мешканців м. Кривий Ріг виявлено зниження поширеності захворюваності на 5,6% за досліджуваний період з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,05$, що свідчить про її низькі операційні характеристики.

Поширеність захворюваності населення на камені нирок і сечоводів також характеризується тенденцією до зростання (рис. 4.3) на 7,3% при середньому річному тренді зростання 1,22% на рік, за значення 1 % приросту в діапазоні 0,86-0,97 випадків на 10 тис. населення.

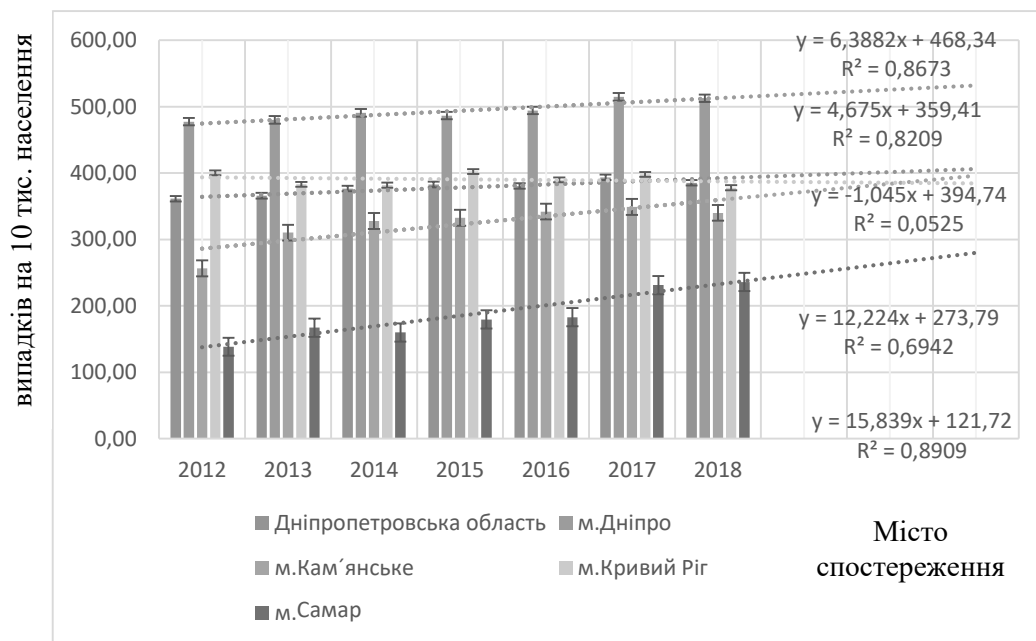


Рис. 4.2. Динаміка захворюваності на інфекції нирок у досліджуваних містах та по Дніпропетровській області у цілому за період 2012-2018 рр.

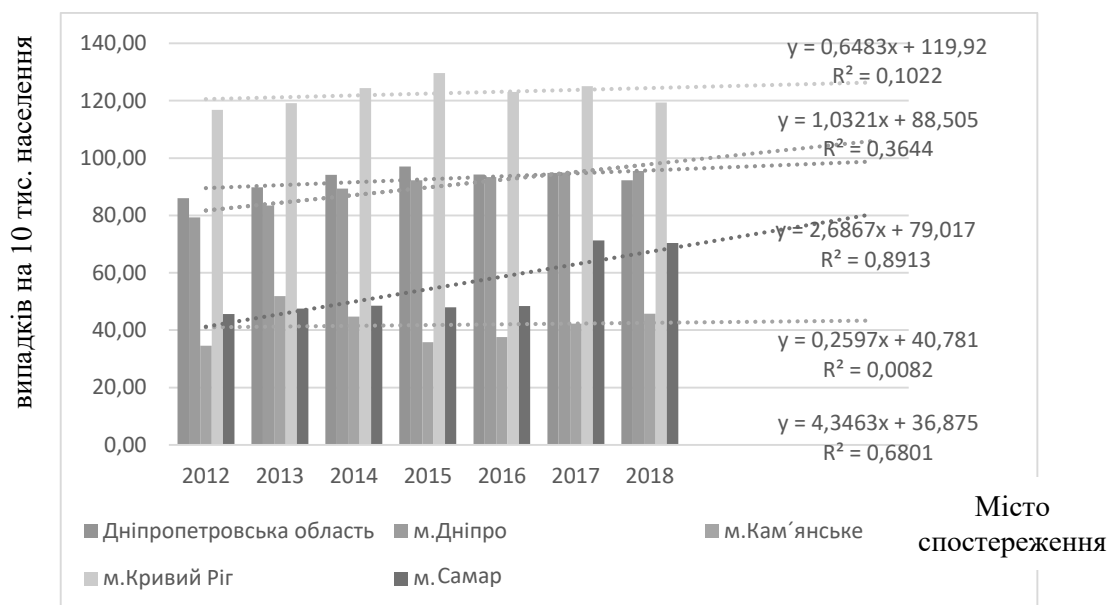


Рис. 4.3. Динаміка захворюваності на камені нирок і сечоводів у досліджуваних містах та по Дніпропетровській області у цілому за період 2012-2018 рр.

Однак при апроксимації даних $R^2=0,32$, що свідчить про низькі операційні характеристики побудованої моделі та неможливість її використання для прогнозування динаміки захворюваності в найближчі роки. Подібна негативна тенденція щодо росту поширеності захворюваності на інфекції нирок для мешканців м. Дніпро – темп приросту за період дослідження склав 20,36% ($R^2 = 0,89$). Темп приросту захворюваності серед мешканців м. Самар виявився найвищим і становив 54,35% ($R^2 = 0,68$). Отримані нами результати кореспондуються з результатами інших подібних дослідженнях на теренах нашої держави [64, 65]. Що стосується динаміки захворюваності серед мешканців м. Кривий Ріг та м. Кам'янське, темп приросту склав 2,2% та 32,29% відповідно при низькому коефіцієнті детермінації $R^2=0,1$ та 0,008.

За період дослідження динаміка поширеності захворюваності циститом населення Дніпропетровської області виявилась подібною до інших нозологічних груп (рис. 4.4) - темпи приросту / зменшення коливалися від -1,76 % до +9,81 % ($R^2 = 0,76$).

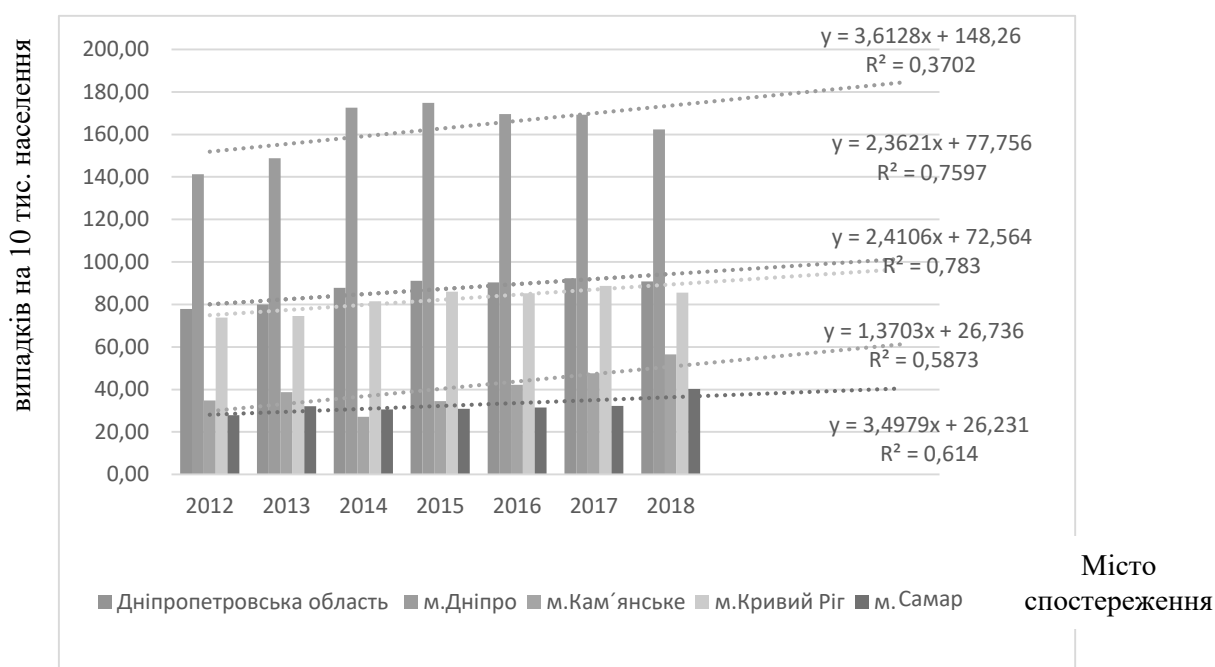


Рис. 4.4. Динаміка захворюваності циститом у досліджуваних містах та по Дніпропетровській області у цілому за період 2012-2018 рр.

У цілому визначається тенденція щодо зростання поширеності захворюваності населення області, темп приросту за період 2012-2018 рр. склав 16,64% при середньому річному тренді зростання 2,77% на рік, за значення 1 % приросту в діапазоні 0,780,92 випадків на 10 тис. населення. Подібна негативна тенденція щодо росту поширеності захворюваності на інфекції нирок для мешканців м. Дніпро – темп приросту за період дослідження склав 14,93% при низькому коефіцієнті детермінації $R^2=0,37$, що свідчить про низькі операційні характеристики побудованої моделі, м. Кам'янське – 62,38% ($R^2 = 0,61$), м. Кривий Ріг – 15,9% ($R^2 = 0,78$) та м. Самар – 44,8% ($R^2 = 0,59$). Отримані нами результати кореспондуються з результатами інших подібних дослідженнях на теренах нашої держави [64, 65].

4.2. Первинна захворюваність населення досліджуваних міст Дніпропетровської області

В результаті проведеного аналізу встановлено, що впродовж 2012-2018 рр. середній багаторічний показник первинної захворюваності населення Дніпропетровської області за всіма класами хвороб (A00-T98) МКХ-10 становив 7 272,23 (95% ДІ 7085,09 - 7459,38) на 10 тис. дорослого населення (табл. 3 додатка Г), що перевищує загальнонаціональний показник [162]. При цьому найвищий рівень первинної захворюваності, аналогічно поширеності хвороб, характерний для мешканців м. Дніпро – 10 047,35 випадків на 10 тис. дорослого населення, що у 1,7 рази ($p<0,001$) вище, порівняно з первинною захворюваністю населення м. Кам'янське - 5 978,51 випадків на 10 тис. дорослого населення, у 1,4 рази ($p<0,001$) вище за показники інцидентності серед населення м. Кривий Ріг – 7 391,54 випадків на 10 тис. дорослого населення, у 1,6 рази ($p<0,001$) вище за первинну захворюваність населення контрольного міста – 6 271,52 випадків на

10 тис. дорослого населення та у 1,41 разів ($p < 0,001$) порівняно з рівнем інцидентності по області у цілому.

У динаміці дослідження відзначалась тенденція до зростання первинної захворюваності – темп приросту за досліджуваний період ($T_{пр.}$) склав 6,1% при середньому річному тренді зростання 1,01% на рік, за значення 1 % приросту в діапазоні 68,19-75,82 випадки на 10 тис. населення. Аналогічна тенденція характерна практично для усіх досліджуваних міст, де відзначається тенденція до зростання рівня первинної захворюваності дорослого населення в межах 1,8-18,6%. Виняток становить м. Дніпро, де відзначалось певне зниження первинної захворюваності ($T_{зн.} = -2,3\%$, однак воно недостовірне, що підтверджує рівняння апроксимації лінії тренду за низької достовірності апроксимації $R^2 = 0,01$).

При ранжуванні різних класів захворювань встановлено, що у структурі первинної захворюваності хвороби сечостатевої системи (клас N00-N99) займали друге місце з показником 879,22 випадків на 10 тис. дорослого населення або 12,1% за питомою вагою. Що стосується показників первинної захворюваності, вона виявилась найвищою у м. Дніпро – 1 546,09 (95 % ДІ 1 481,33 - 1 610,86) на 10 тис. населення, що у 1,76 рази ($p < 0,001$) перевищує показники Дніпропетровської області у цілому, у 2,79 рази ($p < 0,001$) вище за рівень інцидентності у м. Кам'янське – 553,29 (95 % ДІ 526,11 - 580,47) на 10 тис. населення, у 1,69 рази ($p < 0,001$) вище за показники м. Кривий Ріг – 916,12 (95 % ДІ 869,16 - 963,08) на 10 тис. населення і у 3,0 рази ($p < 0,001$) вище за первинну захворюваність хворобами сечостатевої системи серед населення контрольного міста – 514,92 (95 % ДІ 496,81 - 533,03) на 10 тис. населення.

Порівняння питомої ваги хвороб сечостатевої системи у структурі усіх захворювань мешканців області та досліджуваних міст зокрема виявило певні закономірності (рис. 4.5). Так, питома вага первинної захворюваності у структурі усіх хвороб, що вперше зареєстровані, коливається в межах 2,93-5,56%, що

майже у 2 рази нижче порівняно з показниками поширеності даного класу хвороб у структурі усіх захворювань населення Дніпропетровської області.



Рис. 4.5. Питома вага хвороб сечостатевої системи серед усіх захворювань населення Дніпропетровської області за період 2012-2018 рр., %

Як і у випадку з поширеністю захворювань, спостерігається зростання первинної захворюваності населення на хвороби сечостатевої системи - темп приросту за період 2012-2018 рр. склав 14,8% ($p < 0,01$) при середньому річному тренді зростання 2,47% на рік, за значення 1 % приросту в діапазоні 7,88-9,36 випадків на 10 тис. населення. Для визначення багаторічних тенденцій захворюваності населення області на хвороби сечостатевої системи проведено аналіз ліній трендів (рис. 4.6), які є достовірними ($R^2 = 0,76$) та можуть використовуватися для прогнозування динаміки в найближчий період. Подібна негативна тенденція щодо росту інцидентності серед мешканців м. Дніпро – темп росту за досліджуваний період склав 12,398% ($R^2 = 0,66$), м. Кривий Ріг - 11,53% ($R^2 = 0,54$), м. Самар – 4,7% (при низькій достовірності апроксимації $R^2 = 0,005$), м. Кам'янське – 5,89% (при низькій достовірності апроксимації $R^2 = 0,07$).

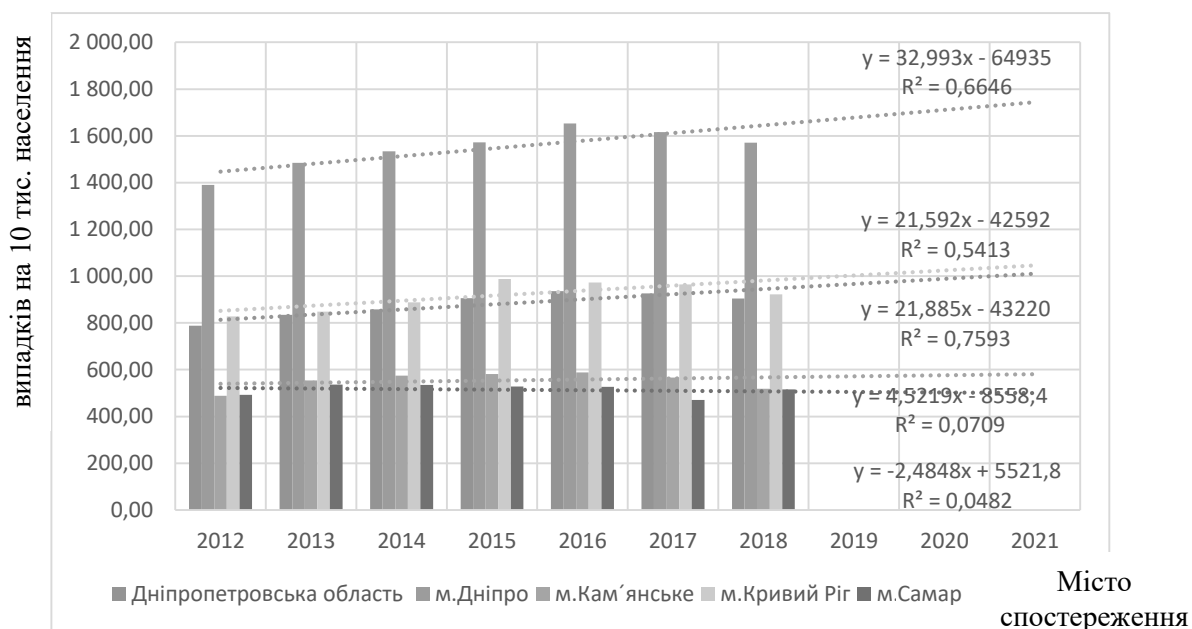


Рис. 4.6. Динаміка первинної захворюваності населення Дніпропетровської області на хвороби сечостатевої системи (клас N00-N99) за період 2012-2018 рр. з прогнозом до 2021 р.

Рівень первинної захворюваності дорослого населення на хвороби сечовидільної системи у досліджуваних містах у середньому за 2012-2018 рр. наведений у таблиці 4 додатка Г і свідчить, що провідними нозологічними групами урологічних захворювань, що вперше реєструється у дорослого населення Дніпропетровської області, аналогічно показникам загальної захворюваності, є інфекції нирок, камені нирок і сечоводів та цистит.

Однак, на відміну від загальної захворюваності, частота реєстрації циститу найвища і у середньому за період спостереження складає 64,88 (95 % ДІ 61,63 – 68,12) на 10 тис. населення. Друге місце за частотою вперше виявлених хвороб займають інфекції нирок – 43,23 (95 % ДІ 41,44 – 45,03) на 10 тис. населення, третє – камені нирок і сечоводів – 17,92 (95 % ДІ 17,36 - 18,49) на 10 тис. населення.

Аналогічні тенденції щодо інцидентності урологічних захворювань характерні для м. Дніпро, де найбільш частою урологічною патологією є цистит, рівень якого у середньому за період спостереження склав 131,33 (95 % ДІ 123,58 – 139,08) на 10 тис. населення, що у 2,0 рази ($p < 0,001$) перевищує показники первинної захворюваності циститом населення Дніпропетровської області у цілому, у 3,0-4,7 разів ($p < 0,001$) вище за рівень первинної захворюваності населення, що мешкає у інших промислових та контрольному місті. Друге місце за частотою займають інфекції нирок – 52,50 (95 % ДІ 51,82 – 53,18) на 10 тис. населення. Однак рівень первинної захворюваності цієї нозологією, на відміну від циститу, виявився найвищим у м. Кривий Ріг та перевищує загальнообласний рівень у 1,3 рази ($p < 0,001$), у 1,4 рази ($p < 0,05$) вище за рівень первинної захворюваності населення м. Кам'янське, і у 1,8 разів ($p < 0,001$) вище за показники інцидентності у контрольному місті. Відмінності між частотою захворюваності населення м. Дніпро і м. Кривий Ріг виявилися недостовірними. Третє місце за ранжуванням первинної урологічної патології мешканців м. Дніпро посідають камені нирок і сечоводів – 17,92 (95 % ДІ 17,36 – 18,49) на 10 тис. населення. При цьому рівень первинної захворюваності цієї нозологією, як і у випадку з інфекціями нирок, виявився найвищим у м. Кривий Ріг та перевищує загальнообласний рівень у 1,7 разів ($p < 0,001$), у 1,9-3,8 разів ($p < 0,001$) вище за рівень первинної захворюваності населення інших міст.

Аналіз рівня первинної захворюваності урологічною патологією мешканців інших міст спостереження виявив дещо іншу тенденцію. На першому місці за частотою виявлення знаходяться інфекції нирок – 56,85 (95 % ДІ 51,97-61,72), 41,57 (95 % ДІ 30,19-52,95) та 30,87 (95 % ДІ 25,84-35,89) на 10 тис. населення у м. Кривий Ріг, Кам'янське та Самар відповідно. На другому місці за рівнем інцидентності у вищезначених містах знаходиться цистит – 43,63 (95 % ДІ 40,77-46,50), 30,58 (95 % ДІ 24,82-36,35), 27,67 (95 % ДІ 25,92-29,43) на 10 тис. населення у м. Кривий Ріг, Кам'янське та Самар відповідно. Третє місце серед

вперше виявлених захворювань посідають камені нирок і сечоводів – 29,74 (95 % ДІ 27,8-31,68), 7,83 (95 % ДІ 4,67-10,99), 15,65 (95 % ДІ 13,46-17,85) на 10 тис. населення у м. Кривий Ріг, Кам'янське та Самар відповідно.

Як і у випадку з поширеністю захворювань, спостерігається зростання первинної захворюваності населення на цистит – при коливаннях темпів приросту від -3,33 % до +10,05 %, темп приросту за період 2012-2018 рр. склав 13,8% ($p < 0,01$) при середньому річному тренді зростання 2,31% на рік, за значення 1 % приросту в діапазоні 0,58-0,69 випадків на 10 тис. населення. Для визначення багаторічних тенденцій первинної захворюваності населення області на цистит проведено аналіз ліній трендів (рис. 4.7), апроксимація яких свідчить про їх високі операційні характеристики ($R^2 = 0,68$) та можливість використовувати для прогнозування динаміки в найближчий період.

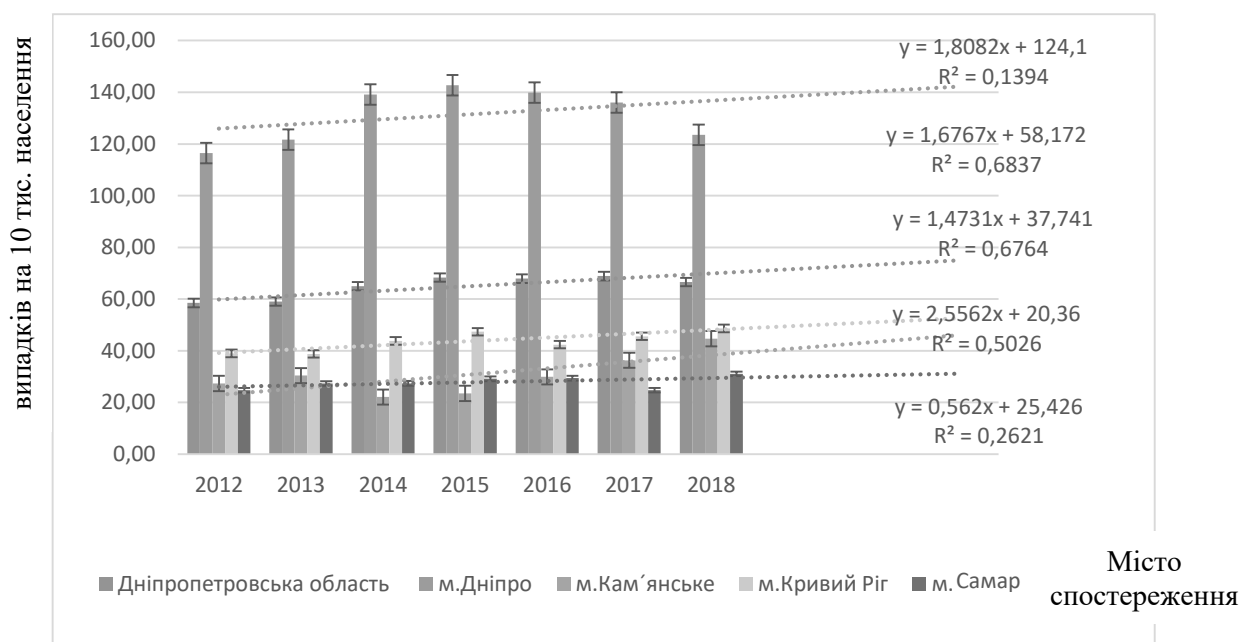


Рис. 4.7. Динаміка первинної захворюваності (інцидентності) циститом мешканців досліджуваних міст та по Дніпропетровській області у цілому за період 2012-2018 рр.

Подібна негативна тенденція щодо росту інцидентності серед мешканців м. Кривий Ріг – 24,9 ($R^2 = 0,68$) та м. Кам'янське – 63,4% ($R^2 = 0,50$) при аналогічних тенденціях, однак з низьким показником достовірності апроксимації у м. Дніпро – темп росту за досліджуваний період склав 6,1% ($R^2 = 0,14$) та м. Самар – 25,5% ($R^2 = 0,26$).

Що стосується динаміки первинної захворюваності дорослого населення Дніпропетровської області на інфекції нирок, то, як і для первинної захворюваності населення на цистит, спостерігається її зростання – при коливаннях темпів приросту від -7,75 % до +4,99 %, темп приросту за період 2012-2018 рр. склав 6,34% ($p < 0,01$) при середньому річному тренді зростання 1,06% на рік, за значення 1 % приросту в діапазоні 0,39-0,46 випадків на 10 тис. населення. Для подальшої можливості прогнозування рівнів первинної захворюваності, апроксимація та аналіз ліній трендів (рис. 4.8), що загальна тенденція до зростання буде спостерігатись і у найближчий 3-річний період ($R^2 = 0,38$) та можливість використовувати для прогнозування динаміки в найближчий період. Подібна негативна тенденція щодо росту інцидентності серед мешканців м. Кривий Ріг – 16,5% ($R^2 = 0,34$) та м. Кам'янське – 307,3% ($R^2 = 0,66$) при аналогічних тенденціях, однак з низьким показником достовірності апроксимації у м. Самар – 9,04% ($R^2 = 0,0009$). Виняток складає динаміка захворюваності у м. Дніпро, де спостерігається зниження рівня первинної захворюваності – темп зниження за період дослідження склав -2,25%, однак з низьким показником достовірності апроксимації $R^2 = 0,01$.

За період дослідження визначалось зростання первинної захворюваності населення області на камені нирок і сечоводів – при коливаннях темпів приросту від -5,40 % до +9,36 %, темп приросту за період 2012-2018 рр. склав 1,7% ($p < 0,01$) при середньому річному тренді зростання 0,3% на рік, за значення 1 % приросту в діапазоні 0,17-0,19 випадків на 10 тис. населення. Однак, враховуючи суттєві коливання частоти захворюваності у містах впродовж періоду дослідження,

вирівнювання динамічного ряду виявило, що достовірний ріст захворюваності характерний лише для м. Дніпро ($p < 0,05$).

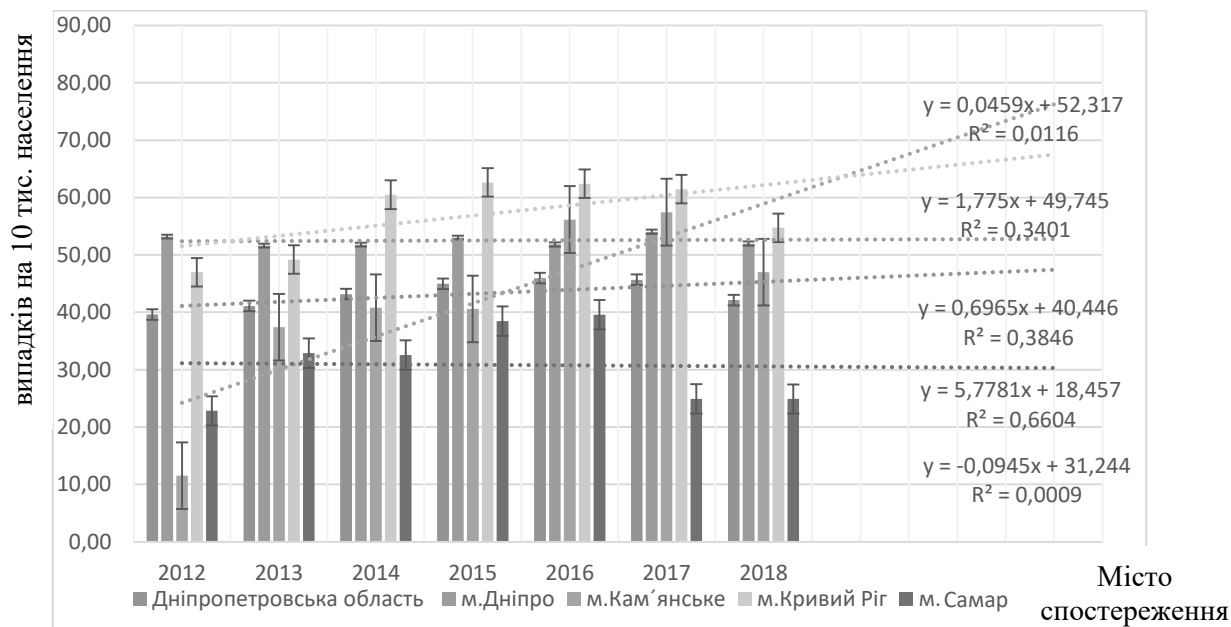


Рис. 4.8. Динаміка первинної захворюваності (інцидентності) дорослого населення на інфекції нирок у досліджуваних містах та по Дніпропетровській області у цілому за період 2012-2018 рр.

4.3. Аналіз госпіталізованої захворюваності населення Дніпропетровської області

Входження України у міжнародне медичне поле на тлі реформування системи охорони здоров'я диктує необхідність кардинальної зміни підходу до управління здоров'ям як ключового чинника соціально-економічного розвитку [59, 163]. Міжнародний досвід свідчить про найвищу перспективність поліпшення громадського та індивідуального здоров'я шляхом узгодженої діяльності усіх галузей держави. На перший план виступають стратегічні завдання визначення пріоритетів в охороні здоров'я у глобальному вимірі та встановлення національних особливостей його стану [56, 59, 164].

Оцінка стану здоров'я населення є однією з головних передумов планування лікувально-профілактичних заходів, обґрунтування форм і методів

діяльності мережі закладів охорони здоров'я, оцінки ефективності роботи щодо збереження й зміцнення здоров'я населення. Одним з критеріїв є захворюваність госпіталізованих хворих (госпітальна захворюваність), що вивчається низкою показників госпіталізації. І хоча захворюваність пацієнтів істотно виходить за рамки госпіталізації, дані госпіталізацій часто використовуються як об'єктивний показник захворюваності [165]. За показниками госпітальної захворюваності не можна повною мірою судити про поширеність того чи іншого виду патології, проте порівняння даних щодо звертання до лікаря та госпіталізації дає змогу орієнтуватися у відборі на госпіталізацію з окремих захворювань. Госпітальна захворюваність пов'язана із забезпеченістю лікарняними ліжками і відображає організацію і спадкоємність лікарняної та позалікарняної допомоги [62].

Національна стратегія реформування системи охорони здоров'я в Україні передбачає оптимізацію стаціонарної медичної допомоги, в основі якої лежить забезпечення потреб населення при різній патології за умов планування гарантованих обсягів медичної допомоги [63, 164]. При цьому слід зазначити, що, згідно з даними досліджень [59], в Україні утримується високий рівень госпіталізації та подовжений термін перебування хворих у цілодобових стаціонарах порівняно із середньоєвропейськими показниками (20,0 проти 17,9 на 100 мешканців та 11,6 дня проти 9,2 дня відповідно).

У результаті проведених досліджень встановлено (табл. 5 додатка Г), що за період з 2012 по 2021 рр. загальна кількість дорослого населення Дніпропетровської області, які були госпіталізовані у лікарні за усіма хворобами складала 580 127 осіб, або 216,79 % (95 % ДІ 202,33 - 231,25) за середнім показником 10-річного періоду дослідження при достовірному ($p < 0,001$) зниженні випадків госпіталізації на 22,3 % у 2021 році (177,58 %), що відповідає середньоєвропейським показникам [59, 63], порівняно з 2012 роком (228,57 %). Темпи приросту / зменшення частоти госпіталізації незначно коливалися від +0,95 % до -1,51 % до 2020 року включно; у період з 2020 по 2021 рр.

спостерігалось суттєве зменшення показника (-24,74 % в середньому); у 2021 р. визначалося невелике збільшення на 5,57 %. При цьому значення 1 % приросту незначно коливалося у діапазоні 2,24 ‰ - 2,3 ‰, а в останній рік спостереження зменшилося 1,68 ‰. У цілому визначається тенденція щодо зменшення частоти госпіталізації, середній 10-ти річний тренд зменшення склав -4,53% на рік.

Така ситуація, поряд з іншими організаційними чинниками щодо зменшення обсягів стаціонарної допомоги, зумовлена також суттєвим зниженням рівня госпіталізації у період пандемії Covid-19 2020-2021 рр. порівняно з базовим допандемічним періодом майже на чверть (при коливаннях для різних груп захворювань у межах 17,6 - 40,3 %) за винятком захворювань органів дихання, що кореспондується з динамікою рівнів госпіталізації у до- та постковідний період в інших країнах при більш високих їх показниках в нашій державі [166].

При ранжуванні рівнів госпіталізації встановлено (табл.4.5 додатка Б), що перше місце за частотою та у структурі госпіталізації дорослого населення Дніпропетровської області посідають хвороби системи кровообігу – 45,92 ‰ або 21,2 % усіх зареєстрованих випадків госпіталізації за середнім показником, на другому місці – вагітність, пологи та післяпологовий період – 23,41 ‰ або 10,8 %, на третьому місці – новоутворення – 19,11 ‰ або 8,8 %. Слід зазначити, що у часовому аспекті лише рівень госпіталізації з приводу хвороб системи кровообігу незмінно займав перше місце, у той час як рівень госпіталізації з приводу інших хвороб змінювався як за частотою, так і за питомою вагою у структурі загальної госпіталізації населення області. Так, якщо у 2012 році високим був рівень госпіталізації з приводу вагітності, пологів та післяпологового періоду, хвороб органів травлення, новоутворень та хвороб сечостатевої системи (57,9 % усіх зареєстрованих випадків госпіталізації), то у 2021 році ці показники дещо змінилися, на друге місце у розподілі вийшли хвороби органів дихання, які не входили до п'ятірки провідних причин госпіталізації у 2012 році. Така ситуація цілком закономірно пояснюється підвищенням потреби у госпіталізації у зв'язку

з пандемією Covid-19 протягом останніх років [166]. Третє місце у структурі госпіталізації у 2021 році займали новоутворення, четверте – вагітність, пологи та післяпологовий період і п'яте - хвороби органів травлення (58,7 % усіх зареєстрованих випадків госпіталізації). Вищезначені зміни подібні до результатів дослідження у інших областях України [57, 62, 63], однак з певними регіональними відмінностями щодо нижчої питомої ваги хвороб системи кровообігу та дещо вищої – хвороб органів дихання.

Така ситуація зумовлена певним чином скороченням рівня госпіталізації населення при різних захворюваннях з найвищими показниками темпу зменшення для інфекційних захворювань (-53,06 % за 10-річний період дослідження), вагітності, пологів та післяпологового періоду (-42,21 % за 10-річний період дослідження), хвороб вуха та соскоподібного відростку (-40,25 % за 10-річний період дослідження). Лише рівень госпіталізації на хвороби органів дихання зріс за період 2012-2021 рр. на 32,53 %.

Таким чином, проведені дослідження дозволили встановити особливості різних видів захворюваності серед дорослого населення екологічно контрастних міст Дніпропетровської області – первинної захворюваності, поширеності захворюваності та госпітальної захворюваності у цілому на усі класи хвороб, зробити більш детальний аналіз хвороб сечостатевої системи у цілому та урологічних хвороб зокрема, особливості їх часової динаміки з визначенням пріоритетних тенденцій. Отримані дані є важливим підґрунтям щодо оцінки впливу забруднення довкілля на здоров'я населення з метою розробки комплексу заходів профілактики та пошуку шляхів мінімізації негативного впливу ксенобіотиків на організм людини, збереження і зміцнення громадського здоров'я у цілому.

Результати розділу опубліковані в наукових працях: [167, 168, 169].

РОЗДІЛ 5

РИЗИК ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТА ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я ВІД КОМПЛЕКСНОГО І КОМБІНОВАНОГО ВПИВУ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ГРУПИ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

5.1. Оцінка взаємозв'язків забруднення об'єктів довкілля, організму людини та бінарних систем «навколишнє середовище – організм людини».

Дані комплексного аналізу якості об'єктів довкілля промислових та контрольного міст Дніпропетровської області та стану здоров'я населення за показниками первинної захворюваності, поширеності захворюваності та госпітальної захворюваності стали основою для визначення впливу хімічного забруднення життєзабезпечуючих середовищ та нозологічні класи і групи захворювань та ступеня їх екологічної залежності.

Як відомо, ВМ можуть акумулюватись на поверхні пилових часточок, і, таким чином розповсюджуватись на значні відстані. Проаналізовані нами взаємозв'язки між обсягами викидів пилу від стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря та його концентрацією в атмосферному повітрі промислових міст Дніпропетровської області, а також вмістом ВМ виявили відсутність достовірної залежності, що корелює з подібними результатами досліджень [170] та може бути пов'язано з умовами розсіювання, переміщенням забруднюючих речовин до нижніх шарів атмосфери з депонуючих середовищ, додатковим впливом пересувних джерел забруднення. У той же час, достовірний зв'язок виявлено між концентраціями пилу і ВМ у атмосферному повітрі міст спостереження для міді в повітрі м. Дніпро ($r=-0,65$, $p=0,04$), свинцю ($r=-0,80$, $p=0,006$) та хрому ($r=-0,71$, $p=0,02$) – у м. Кам'янське. Вищезазначене, на нашу думку, зумовлено природою металу та особливостями їх накопичення в

частинках пилу, оскільки ВМ зазвичай накопичуються більше в дрібних частинках пилу порівняно з великими, оскільки менші частинки з більшою питомою площею поверхні мають більше активних центрів навколо поверхні та сильнішу адсорбцію в тонкому та грубому режимі порівняно з крупнодисперсними частинками [171].

Подальший аналіз взаємозв'язку між ВМ у складі атмосферного повітря виявив, що з 168 бінарних систем досліджуваних металів достовірними ($p < 0,05$) виявились лише 14, з них прямий зв'язок був у переважній більшості випадків, лише для комбінацій свинець-марганець, мідь-марганець та свинець-мідь було виявлено від'ємну залежність. При цьому найбільша кількість достовірних зв'язків характерна для м. Кам'янське, найменша – м. Кривий Ріг (табл. 5.1).

Нашими дослідженнями встановлено, що вміст ВМ у атмосферному повітрі досліджуваних міст впливає на зміни показників первинної захворюваності та поширеності захворюваності серед населення. Попри те, що між захворюваністю населення на усі класи хвороб (A00-T98) та концентрацією ВМ у атмосферному повітрі достовірної кореляційної залежності не виявлено ($p > 0,05$), рівень захворюваності на хвороби сечостатевої системи у м. Дніпрі має пряму залежність з концентрацією заліза у приземному шарі атмосферного повітря ($r = 0,81$; $p < 0,05$). Найбільше кореляційних зав'язків виявлено для захворюваності населення промислових міст на інфекції нирок та цистит – пряму залежність між вмістом кадмію у повітрі м. Кам'янське та захворюваністю на інфекції нирок ($r = 0,77$; $p < 0,05$), марганцю – у атмосферному повітрі м. Кривий Ріг ($r = 0,85$; $p < 0,001$), від'ємну – з вмістом міді у повітрі м. Кам'янське ($r = -0,79$; $p < 0,05$). Захворюваність населення промислових міст на цистит має пряму кореляційну залежність із концентрацією заліза ($r = 0,89-0,95$; $p < 0,001$), кадмію ($r = 0,90$; $p < 0,001$) та нікелю ($r = 0,77-0,86$; $p < 0,05$) у атмосферному повітрі м. Дніпро, та характеризується від'ємною тенденцією з вмістом міді у атмосферному повітрі м. Кам'янське ($r = -0,78$; $p < 0,05$).

Таблиця 5.1

Кореляційна залежність між важкими металами у атмосферному повітрі досліджуваних міст ($p < 0,05$)

Бінарні системи	Міста спостереження		Бінарні системи	Міста спостереження
	Дніпро	Кривий Ріг		
Fe-Mn	0,733	-	Cd-Mn	0,686
Cd-Ni	0,911	-	Cu-Mn	-0,632
Cd-Cr	0,690	-	Zn-Mn	0,760
Cd-Zn	0,689	-	Pb-Cu	-0,664
Cr-Ni	0,752	-	Pb-Cr	0,751
Zn-Fe	-	0,732	Zn-Pb	0,720
Pb-Mn	-	-0,761	Zn-Cr	0,826

Аналіз кореляційної залежності між рівнем забруднення питної води та показниками загальної й первинної захворюваності населення промислових міст на усі хвороби, хвороби сечостатевої системи та захворювання сечовидільної системи зокрема виявив, що з 270 бінарних систем «забруднення питної води-захворюваність населення» достовірними виявились 13 або 5%. Як і у випадку аналізу впливу атмосферного повітря, нами не виявлено жодного достовірного зв'язку між вмістом ВМ у питній воді та показниками загальної й первинної захворюваності населення промислових міст Дніпропетровської області на усі хвороби (A00-T98). У той же час виявлено існування прямого кореляційного зв'язку між концентрацією миш'яку у питній воді м. Кам'янське та поширеністю захворюваності населення міста на хвороби сечостатевої системи (N00-N99) ($r=0,96$; $p=0,03$), від'ємного – з вмістом міді у питній воді ($r=-0,89$; $p=0,038$). Слід відзначити, що підвищення есенційних мікроелементів, зокрема заліза, у питній

воді м. Кривий Ріг зумовлює зниження рівня поширеності захворюваності на хвороби сечостатевої системи ($r=-0,89$; $p=0,039$) та частоти виникнення цієї групи захворювань, зокрема міді ($r=-0,88$; $p=0,047$) та марганцю ($r=-0,91$; $p=0,031$).

Що стосується частоти і поширеності захворюваності мешканців промислових міст на інфекції нирок (N10-N12), то встановлено, що зростання вмісту ксенобіотиків, зокрема ртуті у питній воді сприяє підвищенню захворюваності у м. Кам'янське ($r=0,89$; $p=0,041$), миш'яку – у м. Кривий Ріг ($r=0,88$; $p=0,043$). У той же час підвищення есенційних мікроелементів сприяють зниженню поширеності захворюваності, зокрема у м. Кам'янське за впливу цинку ($r=-0,97$; $p=0,002$), у м. Кривий Ріг – за впливу цинку ($r=-0,94$; $p=0,016$) та міді ($r=-0,91$; $p=0,002$). Що стосується каменів нирок і сечоводів, встановлено наявність прямого зв'язку між вмістом свинцю у питній воді та первинною захворюваністю населення у м. Кам'янське ($r=0,87$; $p=0,049$). Підвищення вмісту ртуті та кадмію у питній воді міста зумовлює збільшення частоти ($r=0,93$; $p=0,019$) та поширеності ($r=-0,94$; $p=0,014$) циститу, а підвищення марганцю, навпаки сприяє її зниженню ($r=-0,93$; $p=0,022$).

Аналіз кореляційної залежності між рівнем забруднення основних груп харчових продуктів та показниками загальної й первинної захворюваності населення промислових міст на усі захворювання, хвороби сечостатевої системи та урологічні захворювання зокрема виявив, що з 160 бінарних систем «забруднення повітря-захворюваність населення» достовірними виявились 14 або 9%. Встановлено існування прямого кореляційного зв'язку між концентрацією свинцю та кадмію у харчових продуктах та захворюваністю населення області на хвороби сечостатевої системи (N00-N99), зокрема вмісту свинцю у м'ясі та м'ясопродуктах, овочах, фруктах та ягодах ($r=0,74$; $p<0,05$ - $p<0,01$), кадмію – у хлібобулочних виробах, овочах, фруктах та ягодах ($r=0,83$ - $0,85$; $p<0,05$), при цьому вплив більшою мірою проявляється у поширеності даного класу хвороб у порівняно з первинною захворюваністю.

Встановлено існування прямої залежності між вмістом ксенобіотиків з групи ВМ у окремих групах харчових продуктів, зокрема свинцю у зернових та хлібобулочних výroбах, кадмію – у молоці та молочних продуктах та первинною захворюваністю населення на інфекції нирок ($r=0,88$; $p=0,038$ та $r=0,82$; $p=0,008$ відповідно). Зростання вмісту свинцю у овочах, фруктах та ягодах, а кадмію – у зернових та хлібобулочних výroбах, молоці та молочних продуктах зумовлює певним чином зростання частоти захворюваності на камені нирок та сечоводів ($r=0,88$, $p=0,01$; $r=0,92$, $p=0,005$; $r=0,98$, $p=0,013$ відповідно).

У той же час зниження есенційних мікроелементів у харчовому раціоні зумовлює підвищення частоти урологічної патології серед населення. Так, дефіцит міді у зернових продуктах зумовлює підвищення первинної захворюваності на інфекції нирок ($r=-0,97$; $p=0,004$), цинку – на поширеність цієї нозологічної групи хвороб ($r=0,79$; $p=0,028$), недостатній вміст цинку у м'ясі та м'ясних продуктах зумовлює збільшення поширеності інфекцій нирок серед населення ($r=0,87$; $p=0,024$). Дефіцит цинку у м'ясі та м'ясних продуктах призводить до зростання поширеності циститу серед населення області ($r=-0,97$, $p=0,023$).

5.2. Розрахунок комбінованого і комплексного надходження важких металів до організму людини.

Для визначення комбінованого та комплексного надходження хімічних речовин атмосферного повітря, зокрема ВМ, до організму людини, яка проживає в промислових містах Дніпропетровської області, нами була розрахована середня добова доза, що може надходити до організму дорослої людини протягом природної тривалості життя (ADD) відповідно до методики [13].

Результати досліджень свідчать, що ADD має певні часові та територіальні особливості, а також залежить від природи ВМ (табл. 1, додаток Д). Так, ADD

виявився найвищим за середніми багаторічними значеннями для заліза, цинку, марганцю, міді. Меншою мірою в організм надходять свинець, нікель, хром та кадмій. При цьому встановлено певну територіальну специфіку – найбільша середня добова доза ВМ для організму людини встановлена у м. Кам'янське.

Середньодобове аерогенне надходження ВМ до організму дорослої людини протягом природної тривалості життя у м. Дніпро представлено у табл. 5.2. Аналіз отриманих результатів свідчить, що у найбільшій кількості до організму надходить залізо – 0,007-0,06 мг/добу за середньобагаторічними даними, цинк – 0,006-0,03 мг/добу, меншою мірою марганець – 0,0012-0,0025 мг/добу, приблизно на одному рівні визначено середньодобове аерогенне надходження свинцю і міді, нікелю та хрому, в найменшій кількості до організму надходить кадмій.

Таблиця 5.2

Середньодобове аерогенне надходження ВМ до організму дорослої людини протягом природної тривалості життя за 2012-2021 рр., мг/добу

Місто	Важкий метал							
	Fe	Cd	Mn	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn
Дніпро	0,024	0,00006	0,0012	0,0005	0,00035	0,00054	0,0003	0,016
Кам'янське	0,056	0,00011	0,0025	0,0013	0,00045	0,00066	0,00033	0,03
Кривий Ріг	0,007	0,00007	0,0002	0,0003	0,00023	0,00042	0,00021	0,006

Порівняння отриманих нами результатів з даними літератури [170] свідчить, що рівень надходження заліза практично не змінився, хоч він і продовжує залишатись у 2 рази вищим порівняно з міжнародними даними. Добове надходження цинку зросло у 2-6 разів порівняно з регіональними даними за останні 20 років, свинцю та міді – знизилось у 1,5-5,0 разів, нікелю – практично тотожне міжнародним даним, хрому – у 3 рази вище, і лише у 3-10 разів знизився

рівень надходження кадмію порівно з попереднім 20-літнім періодом, що відповідає міжнародним даним.

Для визначення рівня надходження ВМ з питною водою до організму людини, що проживає у промислових містах Дніпропетровської області, нами були проведені розрахунки середньої добової дози (СДД), результати яких представлені у таблиці 2 додатка Д. Аналіз отриманих результатів свідчить, що СДД ВМ коливається від 0,0000028 мг/ (кг×д) для ртуті до 0,003 мг/ (кг×д) для заліза. Порівняння СДД ВМ, що надходять до організму людини з питною водою з результатами інших досліджень [120] свідчать, що СДД для марганцю у Дніпропетровській області у 2,7-5,6 разів вище (СДД = 0,000156 мг/ (кг×д)), свинцю – у 1,6-4,7 разів вище (СДД = 0,0000384 мг/ (кг×д)), у той же час вміст таких есенційних для організму мікроелементів як цинк і мідь виявились у 7,5-33,3 (СДД = 0,0143 мг/ (кг×д)) та у 10,8-23,1 разів (СДД = 0 мг/ (кг×д)) нижче.

Середньодобове надходження ВМ до організму дорослої людини протягом природної тривалості життя з питною водою представлено у таблиці 3 додатка Д. Аналіз отриманих результатів свідчить, що у найбільшій кількості до організму надходить алюміній – 0,25-0,42 мг/добу за середніми значеннями періоду дослідження, залізо – 0,1-0,21 мг/добу, що у 4,2-8,8 разів вище порівняно з надходженням металу з атмосферним повітрям, цинк – 0,031-0,14 мг/добу, що у 1,9-8,8 разів вище порівняно з аерогенним шляхом, марганець – 0,03-0,064 мг/добу, що у 25-53 разів вище порівняно з аерогенним шляхом, приблизно на одному рівні визначено середньодобове аерогенне надходження свинцю і міді, яке у 8-26 разів вище за рівень надходження з атмосферним повітрям, а також миш'яку та ртуті, у найменшій кількості, як і у випадку аналізу аерогенного надходження, до організму надходить кадмій. Порівняння отриманих нами результатів з даними літератури [9] свідчить, що рівень надходження практично усіх ВМ виріс порівняно з регіональними даними за останні 20 років у 6,8-16

разів, у той час як для міді ці показники залишались або практично незмінними або, як і у випадку з аерогенним надходженням, знизилась у 5,2 разів.

Фактичне споживання основних груп харчових продуктів мешканцями області (табл. 5.3) виявилось на 23% вище порівняно із загальнодержавними показниками (51,7-53,8 кг/особу/рік) [129] та регламентованим рівнем [141] для м'яса та м'ясних продуктів, на 26% (276,6-289,3 кг/особу/рік) – для овочів, фруктів та ягід [129, 141], на 8,7% (273-282 шт/особа/рік) для яєць [129], співпадає із загальнодержавним рівнем споживання молока та молочних продуктів (197,7- 201,9 кг/особу/рік) [129], однак вище регламентованого рівня [141], риби та рибних продуктів (10,8-12,5 кг/особа/рік) [129, 141], цукру, олії [129, 141], нижче порівняно із загальнодержавними показниками (98,6 кг/особу/рік) [129] та регламентованим рівнем [141] для хліба та зернобобових продуктів.

Таблиця 5.3

**Споживання основних продуктів харчування населенням
Дніпропетровської області, кг/особа/рік**

Група харчових продуктів	кг/особа/рік					
	2017	2018	2019	2020	2021	2017-2021
Хлібні продукти	93,6	94,8	91,2	88,8	85,2	90,7
Молоко та молочні продукти	200,3	199,2	197,5	196,4	196,0	197,9
М'ясо та м'ясні продукти	64,1	65,9	65,9	65,6	64,6	65,2
Овочі, фрукти, ягоди	359,4	373,9	360,1	347,5	350,3	358,2
Риба та рибні продукти	11,3	12,1	13,0	13,0	13,4	12,6
Цукор та кондитерські вироби	30,6	30,6	28,5	27,3	27,9	29,0
Жирові продукти	12,1	12,3	12,6	13,1	14,5	12,9
Яйця, шт/кг	294/ 17,1	304/ 17,6	304/ 17,6	303/ 17,5	297/ 17,2	300/ 17,4

Таблиця відображає рівень споживання основних груп харчових продуктів населенням області, тому додатково нами було проведено розрахунок середнього рівня споживання основних груп харчових продуктів для дорослого працездатного населення відповідно до [131], яке становить: для хліба та хлібобулочних виробів – 0,374 кг/особа/доба, молока та молочних продуктів – 0,312 кг/особа/доба, м'яса та м'ясних продуктів – 0,106 кг/особа/доба, овочів, фруктів, ягід – 0,526 кг/особа/доба, риби та рибних продуктів – 0,028 кг/особа/доба, цукру та кондитерських виробів – 0,079 кг/особа/доба, жирових продуктів – 0,039 кг/особа/доба, яєць – 0,037 кг/особа/доба.

ADD свинцю за 5-річний період дослідження (табл. 5.4) становила 0,0032 мг/(кг×д), що більш ніж у 10 разів вище порівняно з максимально безпечним добовим рівнем впливу свинцю згідно з оновленими даними FDA (0,16 мкг/(кг×д)) та суттєво вище відповідно до результатів досліджень рівня надходження свинцю до організму дорослих (0,11 мкг/(кг×д)) [172]. Ранжування груп харчових продуктів, як джерел надходження різних ВМ дало змогу встановити, що основними групами харчових продуктів за рівнем надходження свинцю та кадмію є овочі, фрукти та ягоди – 33,3% та 34,7% від загального рівня надходження металу до організму людини відповідно, хлібобулочні вироби – 29,3% та 26,4% відповідно, м'ясо і м'ясні продукти – 10,4% та 10,0% відповідно. Основним джерелом надходження міді є хлібобулочні вироби – 42,5%, овочі, фрукти та ягоди – 36,5%. Основним джерелом надходження цинку до організму з харчовими продуктами є хлібобулочні вироби – 44,2%, овочі, фрукти та ягоди – 19,9%, м'ясо і м'ясні продукти – 12,6%.

Середньодобове надходження ВМ до організму дорослої людини протягом природної тривалості життя з основними харчовими продуктами представлено у таблиці 5.5. Аналіз отриманих результатів свідчить, що до організму мешканців Дніпропетровської області надходять токсичні ВМ – свинець та кадмій у кількості 0,22 мг/добу та 0,02 мг/добу відповідно.

Таблиця 5.4

Середня добова доза надходження важких металів до організму людини з харчовими продуктами, мг/ (кг×д) (2017-2021 рр.)

Група харчових продуктів	Важкі метали			
	Pb	Cd	Cu	Zn
Хлібні продукти	0,00094	0,000066	0,0097	0,063
Молоко та молочні продукти	0,00026	0,000023	0,0008	0,016
М'ясо та м'ясні продукти	0,00033	0,000025	0,0011	0,018
Овочі, фрукти, ягоди	0,00106	0,000087	0,0083	0,029
Риба та рибні продукти	0,00019	0,000018	0,0005	0,006
Цукор та солодоці	0,00027	0,000021	0,002	0,007
Жирові продукти	0,00004	0,000005	0,00008	0,0004
Яйця	0,0001	0,000005	0,0002	0,0038
Усього	0,0032	0,00025	0,023	0,143

Отримані нами дані щодо рівня середньодобового надходження свинцю та кадмію відповідають результатам досліджень, проведених у більш ранній період (0,097-0,27 мг/доба) та (0,02-0,033 мг/доба) [170], хоч у 1,2 та 1,7 разів нижче максимальних показників попереднього періоду дослідження, що узгоджується з даними ФАО/ВООЗ щодо зниження рівня забруднення вищезначеними ВМ об'єктів довкілля останнім часом. При цьому рівень добового надходження свинцю у регіоні виявився суттєво вищим порівняно з максимально безпечними рівнями впливу відповідно до рекомендацій FDA та EPA, кадмій – на максимально безпечному рівні відповідно до рекомендацій JECFA [172]. Рівень надходження есенційних МЕ– цинку та міді складає 10,02 мг/добу та 1,59 мг/добу відповідно. Рівень надходження міді до організму мешканців регіону відповідає результатам подібних досліджень у США (1,1-1,7 мг/доба) [173], Китаї (1,4

мг/доба) [174], однак нижче порівняно з результатами досліджень у інших районах Китаю - 2,10 (1,63-2,89 мг/доба) [175] та даними у 1,1 – 1,9 разів нижче відносно порівняно з результатами наших досліджень за більш ранній період [170].

Таблиця 5.5

Середньодобове надходження ВМ з харчовими продуктами до організму людини в умовах промислового регіону, мг/доба (2017-2021 рр.)

Група харчових продуктів	Важкі метали			
	Pb	Cd	Cu	Zn
Хлібні продукти	0,065	0,0046	0,68	4,42
Молоко та молочні продукти	0,018	0,0016	0,06	1,13
М'ясо та м'ясні продукти	0,023	0,0018	0,08	1,26
Овочі, фрукти, ягоди	0,074	0,0061	0,58	2,0
Риба та рибні продукти	0,013	0,0013	0,03	0,42
Цукор та солодоці	0,019	0,0015	0,14	0,49
Жирові продукти	0,003	0,0003	0,006	0,03
Яйця	0,007	0,0004	0,016	0,27
Усього	0,22	0,018	1,59	10,02

Порівняння рівня надходження з RDA для міді (0,9 мг/доба) [176] та Нормами фізіологічних потреб [177] свідчить про достатній рівень надходження міді (1,0 мг/добу) до організму мешканців обох статей. Та суттєво нижчий за Допустимі верхні рівні споживання (UL) для міді (10 мг/доба) [178]. Однак, враховуючи, що на засвоєння міді сильно впливає кількість міді в раціоні - біодоступність коливається від 75% за рівня мікроелемента в раціоні 400 мкг/день, до 12%, коли дієта містить 7,5 мг/день міді [176], може спостерігатись дефіцит міді у організмі.

Рівень надходження цинку відповідає подібним дослідженням у Китаї – 10,7 мг/доба [174], однак нижче, ніж у інших районах Китаю – 13,0 (12,0-14,0) мг/доба [175], відповідає результатам наших попередніх досліджень (7,1-13,2 мг/доба) [170]. Порівняння рівня надходження з RDA для цинку [176] виявило його відповідність, однак порівняння з Нормами фізіологічних потреб [177] встановило дефіцит на 16,7% для для жінок. Враховуючи підвищення потреби у мікроелементі у жінок певних категорій: на 0,4 мг – для вагітних, 2,8-3,0 мг/добу – для годуючих залежно від терміну годування, то дефіцит цього есенційного МЕ буде ще більш виражений. Що стосується чоловіків, то відзначається дефіцит цинку у харчовому раціоні, оскільки середній рівень надходження МЕ до організму чоловіків області становить 66,7% від його добової потреби за середніми значеннями [177]. Враховуючи, що кількість цинку, що поглинається з їжею, коливається від 5% до понад 50%, залежно від кількості рослинної їжі [176], дефіцит цього есенційного мікроелемента буде ще більш виражений.

Розрахунок сумарного добового навантаження ВМ при комплексному їх надходженні з продуктами харчування, питною водою та атмосферним повітрям мешканців Дніпропетровської області представлено у таблиці 5.6. Аналіз отриманих даних свідчить, що рівень сумарного добового надходження свинцю складає 0,24 мг, кадмію – 0,02 мг, міді – 1,6 мг, цинку – 10,2 мг.

Таблиця 5.6

Сумарне добове надходження ВМ до організму людини, мг (2017-2021 рр.)

Шлях надходження	Важкі метали			
	Pb	Cd	Cu	Zn
Харчові продукти	0,22	0,018	1,59	10,02
Питна вода	0,013	0,001	0,011	0,14
Атмосферне повітря	0,001	0,0001	0,001	0,03
Сумарний рівень	0,24	0,02	1,6	10,2

Питома вага харчових продуктів у загальному рівні сумарного добового надходження ксенобіотиків виявилась найвищою і сягала 93-94%, питної води – 5%, атмосферного повітря – менше 1%. У той же час порівняння з результатами попереднього періоду дослідження виявило зниження на 5% питомої ваги харчового шляху (98-99%) [170]. Питома вага харчових продуктів для есенційних мікроелементів сягає 98-99%, питної води – близько 1%, атмосферного повітря – менше 0,5%.

5.3. Оцінка ризику для здоров'я населення за ізольованої та комбінованої дії важких металів навколишнього середовища

Результати комплексного аналізу якості життєзабезпечуючих середовищ довкілля – атмосферного повітря, питної води та харчових продуктів за вмістом забруднюючих речовин хімічної природи, у тому числі ВМ, у промислових та контрольному місті стали основою розрахунків неканцерогенного та канцерогенного ризиків для здоров'я населення. Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів, згідно з [13], є мінімальним (табл. 5.7) за вмістом кадмію ($HQ=0,02-0,03$) та свинцю ($HQ=0,04-0,07$), у той час як за вмістом нікелю ($HQ=0,23-0,45$) та хрому ($HQ=0,11-0,17$) в усіх досліджуваних містах, цинку – у м. Дніпро та м. Кривий Ріг ($HQ=0,33-0,88$), міді – у м. Кривий Ріг ($HQ=0,76$) є допустимим, за вмістом марганцю – насторожуючим ($HQ=1,23-2,53$), за винятком м. Кривий Ріг, де рівень ризику є допустимим ($HQ=0,23$), міді – насторожуючим у м. Дніпро ($HQ=1,33$) та високим – у м. Кам'янське ($HQ=3,37$).

НІзаг. від впливу ВМ атмосферного повітря (табл. 5.8) на організм людини для усіх досліджуваних міст за 10-річний період дослідження коливався в межах 1,72-8,26 і мав певні територіальні особливості. Найвищий НІзаг. за комбінованого інгаляційного впливу ВМ виявлено у м. Кам'янське – 8,26, що свідчить про високий ризик для здоров'я населення, а, відтак, згідно з

рекомендацією US EPA [13, 16], така ситуація потребує проведення термінових оздоровчих та інших заходів щодо його зниження. Загальний сумарний ризик у м. Дніпро за комбінованого впливу ВМ виявився насторожуючим ($H_{\text{заг.}} = 4,01$), що потребує постійного контролю, розробки і проведення планових оздоровчих заходів. Лише для м. Кривий Ріг встановлено допустимий рівень сумарного ризику за впливу ВМ ($H_{\text{заг.}} = 1,72$), що вимагає здійснення постійного контролю за цими сполуками, планування і проведення додаткових заходів щодо його зниження.

Таблиця 5.7

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення за хронічного інгалаційного впливу ВМ у промислових містах, 2012-2021 рр.

ВМ	Міста спостереження					
	Дніпро		Кам'янське		Кривий Ріг	
	HQ	Характеристика ризику	HQ	Характеристика ризику	HQ	Характеристика ризику
Cd	0,02	мінімальний	0,03	мінімальний	0,02	мінімальний
Mn	1,23	насторожуючий	2,53	насторожуючий	0,23	допустимий
Cu	1,33	насторожуючий	3,37	високий	0,76	допустимий
Ni	0,35	допустимий	0,45	допустимий	0,23	допустимий
Pb	0,05	мінімальний	0,07	мінімальний	0,04	мінімальний
Cr	0,15	допустимий	0,17	допустимий	0,11	допустимий
Zn	0,88	допустимий	1,64	насторожуючий	0,33	допустимий

При цьому розрахунок індексу небезпеки за інгалаційного комбінованого впливу ВМ з урахування критичних органів і систем виявив, що рівень сумарного неканцерогенного ризику для людини, що проживає в умовах м.

Кам'янське для усіх систем і органів (для органів дихання, нервової системи та нирок (сечовидільної системи)) був насторожуючим (HI = 3,41-5,97), у м. Дніпро – допустимим (HI = 1,35-2,73), у м. Кривий Ріг – допустимим для органів дихання та нервової системи (HI = 1,03-1,45) та мінімальними – для нирок (сечовидільної системи) (HI = 0,78).

Таблиця 5.8

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення за хронічного інгаляційного впливу ВМ у досліджуваних містах, 2012-2021 рр.

Міста	Показники небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів										
	Коефіцієнт небезпеки (HQ)							Індекс небезпеки (HI)			
	Cd	Mn	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn	загальний	органи дихання	нервова система	нирки
Дніпро	0,02	1,23	1,33	0,35	0,05	0,15	0,88	4,01	2,73	2,61	1,35
Кам'янське	0,03	2,53	3,37	0,45	0,07	0,17	1,64	8,26	5,66	5,97	3,41
Кривий Ріг	0,02	0,23	0,76	0,23	0,04	0,11	0,33	1,72	1,45	1,03	0,78

Окремо необхідно звернути увагу, що серед аналізованих нами ВМ присутні речовини, що володіють канцерогенними властивостями. Зокрема, за класифікацією IARC [179], до канцерогенів категорії 1 (речовини, канцерогенні для людини) відносяться три метали: Cd, Cr та Ni; до категорії 2B (речовини, можливо канцерогенні для людини) – Pb.

Результати розрахунку CR від інгаляційного надходження канцерогенів у досліджуваних містах за період 2012-2021 роки представлені у таблиці 5.9, аналіз яких свідчить, що найбільш небезпечним з досліджуваних ВМ є хром, що кореспондується з аналогічними дослідженнями [14]. CR при інгаляційному надходженні хрому, згідно з критеріями ВООЗ [13], є середнім – прийнятним для виробничих умов, але неприйнятним для населення. Така ситуація потребує

динамічного контролю і поглибленого вивчення джерел викиду і можливих наслідків шкідливої дії для вирішення питання про заходи з його зниження. CR при надходженні кадмію та нікелю до організму людини в усіх досліджуваних містах є низьким, тобто таким, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення, при надходженні свинцю – мінімальним.

Таблиця 5.9

Індивідуальний канцерогенний ризик (CR) від інгаляційного надходження канцерогенних ВМ до організму у досліджуваних містах за 2012-2021 роки

Міста	Індивідуальний канцерогенний ризик			
	Cd	Ni	Pb	Cr
Дніпро	$5,65 \cdot 10^{-6}$	$4,52 \cdot 10^{-6}$	$3,26 \cdot 10^{-7}$	$1,81 \cdot 10^{-4}$
Кам'янське	$9,85 \cdot 10^{-6}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$	$3,96 \cdot 10^{-7}$	$1,98 \cdot 10^{-4}$
Кривий Ріг	$6,44 \cdot 10^{-6}$	$3,04 \cdot 10^{-6}$	$2,52 \cdot 10^{-7}$	$1,27 \cdot 10^{-4}$
ГДК	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$

Однак слід зазначити, що розраховані нами величини індивідуального канцерогенного ризику для населення на рівні чинних ГДК для вищезначених ВМ становлять $5,4 \cdot 10^{-4}$ для кадмію, $2,6 \cdot 10^{-4}$ – для нікелю, $3,6 \cdot 10^{-6}$ – для свинцю та $1,8 \cdot 10^{-2}$ – для хрому, тобто ГДКс.д. для ВМ атмосферного повітря за міжнародною класифікаційною шкалою відповідають прийнятному ризику ($1 \cdot 10^{-4}$) лише для свинцю. Для кадмію та нікелю рівень канцерогенного ризику є середнім, тобто неприйнятним для населення, а для хрому – високим, тобто неприйнятним як для виробничих умов, так і для населення. Таким чином, як зазначають вчені [13], гігієнічні нормативи практично для усіх вищезначених металів в атмосферному повітрі населених місць за міжнародними стандартами не відповідають вимогам безпечності для населення і потребують перегляду.

Як свідчать результати наукових досліджень, за впливу компонентів суміші на одні й ті ж органи або системи організму найбільш ймовірним типом їх комбінованого впливу є сумація (адитивність) [96]. Зважаючи на це більш об'єктивним критерієм канцерогенного ризику є показник сумарного ризику, розрахунок якого свідчить, що у промислових містах Дніпропетровської області у 2012-2021 роках CR_A , а також CR_{A1} коливався в межах $1,37-2,14 \cdot 10^{-4}$, що свідчить про середній рівень канцерогенного ризику, який є прийнятним для виробничих умов, але неприйнятним для населення, що потребує динамічного контролю і поглибленого вивчення джерел викиду і можливих наслідків шкідливої дії для вирішення питання про заходи з його зниження (рис. 5.1).

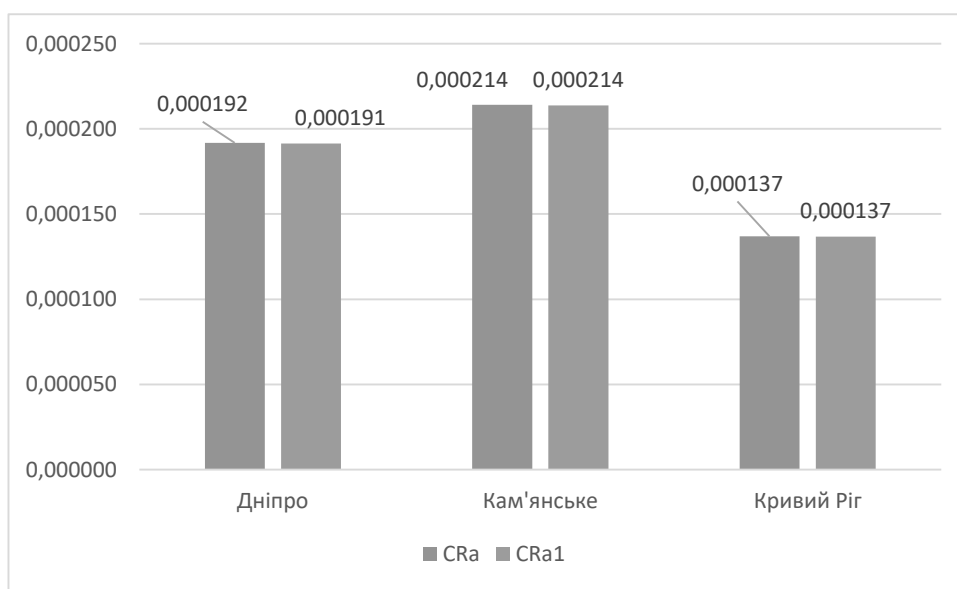


Рис. 5.1. CR_A та CR_{A1} при впливі канцерогених ВМ у промислових містах, у середньому за період 2012-2021 рр.

З метою визначення реальної канцерогенної небезпеки для населення, що проживає на території досліджуваних міст, від впливу хімічних канцерогенів з групи ВМ ми розраховували популяційний канцерогенний ризик (табл. 5.10), який відображає додаткову (до фоновой) кількість випадків новоутворень внаслідок

контакту з цими речовинами. Враховуючи, що кількість дорослого населення у м. Дніпро за середніми показниками досліджуваного періоду становила 825,3 тис. чоловік, м. Кам'янське - 205,6 тис. чоловік, м. Кривий Ріг - 534,7 тис. чоловік, ми розрахували величину популяційного канцерогенного ризику, який за впливу кадмію коливається в межах 2,02-4,66, нікелю – 1,2-3,73, свинцю – 0,08-0,27, хрому – 40,72-149,55. Вищезазначене свідчить, що лише за впливу 4-х досліджених нами канцерогенних сполук і тільки за рахунок їх інгаляційного надходження із зовнішнім атмосферним повітрям внесок у загальну захворюваність коливається в межах 0,6-1,0 випадку раку на 100 тис. населення протягом життя від впливу кадмію, 0,3-0,6 випадків раку на 100 тис. населення – від впливу нікелю, 0,02-0,04 випадки на 100 тис. населення – від впливу свинцю та 12,7-20,0 випадків раку на 100 тис. населення – від впливу хрому.

Таблиця 5.10

Популяційний канцерогенний ризик (CR) від інгаляційного надходження канцерогенних ВМ для населення досліджуваних міст за 2012-2021 роки

Міста	Популяційний канцерогенний ризик			
	Cd	Ni	Pb	Cr
Дніпро	4,66	3,73	0,27	149,55
Кам'янське	2,02	1,20	0,08	40,72
Кривий Ріг	3,45	1,63	0,13	68,02

Загалом від інгаляційного надходження чотирьох канцерогенів у досліджуваних містах можна спрогнозувати 19,14 випадків раку на 100 тис. населення у м. Дніпро, 21,4 випадків раку на 100 тис. населення у м. Кам'янське та 13,8 випадків раку на 100 тис. населення у м. Кривий Ріг.

Розрахунок коефіцієнту небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів від впливу ВМ питної води представлений у таблиці 5.11 і свідчить, що HQ є мінімальним за вмістом більшості досліджуваних металів – заліза, міді, цинку, алюмінію, марганцю, руті та кадмію, у той час як за вмістом миш'яку у м. Кривий Ріг є допустимим (HQ=0,39), свинцю – допустимим (HQ=0,21-0,62) в усіх досліджуваних містах. Отримані нами результати співпадають з результатами інших досліджень, за якими HQ ВМ питної води є мінімальним або допустимим за рівнем більшості ВМ – заліза, цинку та марганцю [6, 114, 120,], різноспрямовані дані порівняно з різними територіями по свинцю – суттєво вищі за нашими даними (HQ=0,011-0,04) [114, 120, 180] або відповідають (HQ=0,47) [6], однак ризик для населення від надходження міді з питною водою за нашими даними у 10 разів нижче (HQ=0,04) [10], ртуті – у 2,7-8,5 разів вище (HQ=0,0033) [114], так само як і миш'яку – у 1,7-16,3 рази (HQ=0,024) [120]. При цьому HQ ВМ на рівні їх ГДК у питній воді відповідає мінімальному рівню (HQ=0,00001-0,029), на відміну від показників ГДК для окремих ВМ у атмосферному повітрі.

Таблиця 5.11

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення за хронічного надходження ВМ з питною водою у досліджуваних містах, 2017-2021 рр.

Міста	Показники небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів								
	Коефіцієнт небезпеки (HQ)								Індекс небезпеки (HI)
	Fe	Cu	Zn	As	Pb	Al	Mn	Hg	
Дніпро	0,002	0,004	0,003	-	0,62	0,005	0,003	-	0,64
Кам'янське	0,003	0,002	0,002	0,04	0,21	0,004	0,004	0,009	0,28
Кривий Ріг	0,004	0,003	0,008	0,39	0,34	0,003	0,007	0,028	0,79

Розрахунок ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу ВМ питної води виявив, що його рівень за середньобагаторічними даними не перевищував 1 і коливався в межах 0,28-0,79, тобто є допустимим, з найвищим показником для м. Кривий Ріг.

Індивідуальний канцерогенний ризик від надходження As з питною водою до організму людини у м. Кам'янське, в середньому за 5-річний період дослідження, становив $1,79 \times 10^{-5}$, що, згідно з рекомендаціями USEPA, свідчить про низький (допустимий) канцерогенний ризик. Отримані дані узгоджуються з результатами досліджень у інших країнах – $1,8 \times 10^{-5}$ - $3,1 \times 10^{-5}$ [120, 121]. Індивідуальний канцерогенний ризик від надходження As з питною водою у м. Кривий Ріг, в середньому за 5-річний період дослідження, становив $8,31 \times 10^{-5}$, що, згідно з рекомендаціями USEPA, також свідчить про низький (допустимий) канцерогенний ризик.

Індивідуальний канцерогенний ризик від надходження свинцю з питною водою у різні роки спостереження у м. Дніпро коливається від $8,5 \times 10^{-7}$ до $2,7 \times 10^{-6}$ з середнім показником за 5-річний період дослідження $1,6 \times 10^{-6}$, що свідчить про низький (допустимий) канцерогенний ризик, який, однак, виявився дещо вищим порівняно з результатами досліджень у інших країнах $3,3-5,6 \times 10^{-7}$ [120, 126]. IELCR від надходження свинцю у м. Кам'янське та м. Кривий Ріг за середніми концентраціями періоду дослідження становить $5,4-7,8 \times 10^{-7}$, що відповідає безпечному рівню та вказує на додаткові 5-8 випадків раку на 1000000 мешканців. IELCR від надходження свинцю на рівні ГДК становить $2,4 \times 10^{-6}$, тобто є низьким (допустимим).

Канцерогенний ризик від комбінованого надходження свинцю і миш'яку з питною водою у м. Кам'янське за середньобагаторічним показником становить $1,8 \times 10^{-5}$, м. Кривий Ріг - $8,4 \times 10^{-5}$, що, згідно з рекомендаціями USEPA, свідчить про низький (допустимий) канцерогенний ризик та вказує на додаткові 2 та 8

випадків раку на 100 000 мешканців відповідно та кореспондується з результатами досліджень у інших країнах Європи- $1,96E-05$ [120].

Розрахунок коефіцієнту небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів від впливу ВМ харчових продуктів представлений у таблиці 5.12 і свідчить, що коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів (NQ) від надходження свинцю з різними групами харчових продуктів коливається від мінімального – 0,012 (жирові продукти) до допустимого – 0,30 (овочі, фрукти, ягоди) і становить 0,91, тобто є допустимим, за рівнем загального добового надходження з харчовими продуктами, що корелює з результатами досліджень у інших країнах [133, 181]. NQ для кадмію з різними групами харчових продуктів коливається від 0,004 для жирових продуктів до 0,087 – для овочів, фруктів, ягід, тобто є мінімальним за загального рівня NQ 0,25, що характеризує його як допустимий. Отримані дані дещо нижчі порівняно з результатами досліджень, проведеними у Китаї [181]. Що стосується NQ для есенційних мікроелементів – міді та цинку, встановлено, що NQ за надходження міді з хлібними продуктами є найвищим та становить 0,24, за загального рівня 0,54, тобто є допустимим. Аналогічна ситуація спостерігається щодо ризику розвитку неканцерогенних ефектів надходження цинку з харчовими продуктами, який є найвищим за споживання хлібних продуктів – 0,21, загального споживання продуктів харчування – 0,48, тобто є допустимим.

У той же час розрахунок індексу небезпеки (HI) свідчить, що одночасна присутність цих металів у харчових продуктах зумовлює зростання ризику для окремих груп харчових продуктів, найбільш виражений для хлібних продуктів – 0,79 та овочів, фруктів та ягід – 0,69, що відповідає допустимому рівню. HI за одночасного надходження ВМ з усіма продуктами харчових раціонів мешканців Дніпропетровської області становить 2,21, що свідчить про допустимий ризик розвитку неканцерогенних ефектів.

Таблиця 5.12

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів у населення за хронічного надходження ВМ з харчовими раціонами у мешканців Дніпропетровської області, 2017-2021 рр.

Група харчових продуктів	Показники небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів				
	Коефіцієнт небезпеки (HQ)				Індекс небезпеки (HI)
	Pb	Cd	Cu	Zn	
Хлібні продукти	0,27	0,066	0,24	0,21	0,79
Молоко та молочні продукти	0,07	0,023	0,021	0,054	0,17
М'ясо та м'ясні продукти	0,1	0,025	0,028	0,06	0,21
Овочі, фрукти, ягоди	0,30	0,087	0,21	0,095	0,69
Риба та рибні продукти	0,05	0,018	0,011	0,02	0,10
Цукор та солодоші	0,08	0,021	0,051	0,023	0,17
Жирові продукти	0,012	0,004	0,002	0,001	0,02
Яйця	0,03	0,005	0,006	0,013	0,05
Усього	0,91	0,25	0,57	0,48	2,21

Результати розрахунку індивідуального канцерогенного ризику від вживання харчових продуктів, що містять кадмій (за класифікацією відноситься до канцерогенів групи B1) та свинець (за класифікацією відноситься до канцерогенів групи B2) у існуючих концентраціях представлений у таблиці 5.13 і свідчить, що IELCR від надходження свинцю з харчовими продуктами у середньому за 5-річний період для мешканців Дніпропетровської області коливався від $3,69 \cdot 10^{-7}$ до $9,03 \cdot 10^{-6}$ для різних груп харчових продуктів за загального значення $2,71 \cdot 10^{-5}$, що згідно з рекомендаціями USEPA свідчить про допустимий канцерогенний ризик та вказує на додаткові 3 випадки раку на 100

000 мешканців за середніми значеннями періоду дослідження через вживання харчових продуктів, що містить свинець у встановлених концентраціях.

Таблиця 5.13

Ризик розвитку канцерогенних ефектів у населення за хронічного надходження ВМ з харчовими раціонами у мешканців Дніпропетровської області, 2017-2021 рр.

Група харчових продуктів	Додатковий ризик раку протягом життя		
	За впливу одного ВМ		Сумарний
	Pb	Cd	
Хлібні продукти	7,95E-06	4,04E-07	8,35E-06
Молоко та молочні продукти	2,19E-06	1,41E-07	2,33E-06
М'ясо та м'ясні продукти	2,82E-06	1,53E-07	2,97E-06
Овочі, фрукти, ягоди	9,03E-06	5,32E-07	9,56E-06
Риба та рибні продукти	1,60E-06	1,12E-07	1,71E-06
Цукор та солодощі	2,30E-06	1,31E-07	2,43E-06
Жирові продукти	3,69E-07	2,72E-08	3,97E-07
Яйця	8,54E-07	3,22E-08	8,86E-07
Усього	2,71E-05	1,53E-06	2,86E-05

Канцерогенний ризик від надходження кадмію з різними групами харчових продуктів у різні роки спостереження у регіоні коливається від 2,72E-08 до 5,32E-07 з загальним рівнем надходження з харчовими раціонами на рівні 1,53E-06, що свідчить про допустимий канцерогенний ризик. Канцерогенний ризик від комбінованого надходження свинцю і кадмію з різними групами харчових продуктів коливається від 3,97E-07 до 9,56E-06 за загальним рівнем надходження з харчовим раціоном на рівні 2,86E-05, що, згідно з рекомендаціями USEPA,

свідчить про допустимий канцерогенний ризик та вказує на додаткові 3 випадки раку на 100 000 мешканців.

Таким чином, проведені нами дослідження з використанням методів кореляційного, регресійного аналізів та оцінки ризику дозволили виявити певні закономірності взаємодії ВМ у різних об'єктах довкілля та специфіку впливу на стан здоров'я населення регіону. Встановлено досить високі рівні надходження низки ксенобіотиків з групи ВМ до організму людини. При цьому рівень СДН свинцю у регіоні виявився суттєво вищим порівняно з максимально безпечними рівнями впливу відповідно до рекомендацій FDA та EPA. У той же час відзначається дефіцит окремих есенційних мікроелементів у харчовому раціоні, зокрема цинку, порівняно з Нормами фізіологічних потреб населення у основних речовинах і енергії. Існуючий рівень хімічного забруднення ВМ об'єктів довкілля досліджуваних міст, особливо за їх комплексного надходження не є безпечним та чинником ризику для здоров'я населення.

Результати розділу опубліковані в наукових працях: [182, 183, 184].

РОЗДІЛ 6

МІКРОЕЛЕМЕНТНИЙ СТАТУС НАСЕЛЕННЯ ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ

Мікроелементи – це важливі компоненти закономірно існуючої еволюційно-давньої та складної фізіологічної системи, яка бере участь у регулюванні практично всіх життєвих процесів організмів на всіх стадіях розвитку [88, 102, 185, 186]. Мікроелементний баланс організму людини відіграє надзвичайно важливу роль у нормальному його функціонуванні, оскільки надлишок чи нестача окремих хімічних елементів або їх сполук нерідко призводить до виникнення патологічних станів [187, 188]. Організм здорової людини забезпечений досить чіткою системою гомеостазу, що саморегулюється, в якій важливу роль відіграють і хімічні елементи. Їх рівень у крові відповідає певним фізіологічним закономірностям. Елементний гомеостаз – одна із форм загальної гомеостатичної системи організму, порушення якої відбивається на здатності організму до адаптації в екстремальних умовах [186, 189].

6.1. Мікроелементний склад сироватки крові дорослого населення Дніпропетровської області та його зміни при хворобах сечостатевої системи.

Визначення концентрації мікроелементів у рідинах організму є основною передумовою для отримання інформації про стан здоров'я, а також для оцінки ризиків для здоров'я населення в цілому, у тому числі порушення нормальної роботи нирок [187]. Кількісний та якісний вміст хімічних сполук у різних біосубстратах організму людини відіграє надзвичайно важливу роль для діагностики донозологічних станів, тобто виявлення тих змін, які передують формуванню патологічного процесу.

В результаті дослідження встановлено, що середній вік досліджуваного контингенту складав $34,0 \pm 1,4$ років, з них чоловіки – $33,4 \pm 2,0$ роки, жінки – $34,8 \pm 1,9$ років у групі контролю та $35,1 \pm 1,3$ років, з них чоловіки – $35,4 \pm 2,1$ років, жінки – $33,9 \pm 1,6$ років відповідно – у групі хворих на пієлонефрит. Частка чоловіків у обох групах становила 48% (52 чоловіка), жінок – 52% (56 жінок). Зіставлення груп дослідження між собою не показало суттєвих відмінностей за статеві-віковим складом ($p > 0,05$), що дозволяє коректно порівнювати за іншими параметрами.

Мікроелементний склад сироватки крові контрольної та дослідної груп представлено у таблиці 1 додатка Е, аналіз яких свідчить про широкий діапазон коливання концентрацій мікроелементів. Рівні Ga, In та Tl в усіх зразках сироватки крові були нижче межі виявлення, Ag – понад 50% проб біосубстратів. Концентрація срібла та бору у сироватці крові клінічно здорових обстежених мешканців промислового регіону виявилась на рівні 0,80 та 37,58 мкг/л відповідно, що узгоджується з даними літератури та референсними значеннями [11, 190, 191]. Вміст алюмінію та барію становив, відповідно, 98,37 та 170,55 мкг/л, що узгоджується з результатами дослідження, проведених на теренах нашої держави [102], однак у 1,2-1,3 рази вище порівняно з результатами подібних досліджень у інших країнах [11] та вище референтних значень, представлених у публікаціях [11, 190].

Концентрація кадмію у сироватці крові дорослого клінічно здорового населення промислового регіону коливалась в межах 0,08-2,0 мкг/л та становила за медіаною 0,37 [0,24;0,74] мкг/л, збігаються з результатами подібних досліджень, однак у 1,7 разів перевищують референтні значення [192], хоча відповідають результатам подібних досліджень у інших країнах [193, 194].

Вміст кобальту у сироватці крові виявився на рівні 3,99 (1,84) мкг/л, що знаходиться у діапазоні референтних концентрацій та даних досліджень, проведених Azmawati M. et al. [11], хоча згідно з іншими референтними

значеннями [11, 190], середні та максимальні значення концентрацій виявились у 3-15 разів вищими. Діапазон коливання концентрацій хрому у сироватці крові контрольної групи виявився в межах 15,19-52,10 мкг/л за середньої арифметичної 30,7 мкг/л, що узгоджується з результатами досліджень інших українських вчених [102], однак вище референтних значень [11, 190]. Однак автори [11] отримали результати дослідження вмісту цього МЕ у сироватці крові здорового населення на рівні, як і у наших дослідженнях, що на порядок вище зазначених референтних рівнів.

Така ситуація свідчить про територіальні відмінності нормативного рівня мікроелементів, зокерма кобальту, хрому тощо і потребує активної уваги з боку вчених щодо розробки національних референтних значень різних мікроелементів у біологічних субстратах організму, з урахуваннях методів визначення, тест-систем та одиниць вимірювань, про нагальну необхідність чого активно наголошують українські вчені [102].

Концентрація міді у сироватці крові за середніми показниками становила 404,93 (95,56) мкг/л, що нижче референтних значень [192], особливо стосовно мінімальних показників, які виявились у 2 рази нижчими для мешканців промислового регіону, так само, як і у співставленні з результатами подібних досліджень на теренах нашої держави [102], хоча корелюють з даними подібних досліджень, проведених у Болгарії [193]. Максимальні значення вмісту міді у сироватці крові здорового населення відповідає референтним значенням та даним літератури [11, 192].

Вміст заліза знаходився в діапазоні 427,1-3347,0 мкг/л, за середнього значення 1895,5 (860,4) мкг/л, що відповідає референтним значенням та даним літератури [11, 192], однак у 14,3% обстежених його вміст виявився нижче мінімального рівня. Отримані результати у 1,8-2,3 рази вищі даних досліджень, проведених українськими вченими на території еколого-гігієнічного оптимуму [102], що може бути наслідком надмірного його надходження до організму

техногенного походження, зумовлених як підвищеним рівнем забруднення об'єктів довкілля, у тому числі внаслідок впливу ракетних обстрілів, руйнувань об'єктів, інших пошкоджень на території області в умовах війни.

Вміст літію у сироватці крові клінічно здорового населення промислового регіону становив за середніми значеннями 6,11 (2,28) мкг/л, що знаходиться у діапазоні референсних концентрацій, хоча у 1,8 разів вище даних досліджень інших авторів [190, 192]. Концентрація марганцю у сироватці крові клінічно здорового населення промислового регіону виявилась на рівні 10,22 мкг/л за медіаною, що вище референтних значень, представлених у роботі [11, 192], відповідає результатам, отриманим вченими інших країн [11] та у 1,5-1,7 разів вище порівняно з аналогічними дослідженнями у зоні еколого-гігієнічного оптимуму [102], що може свідчити про внутрішнє забруднення металом організму мешканців промислового регіону. Вміст нікелю сироватці крові дорослих, клінічно здорових мешканців промислового регіону становив за середніми значеннями 19,23 (7,78) мкг/л, що у 2,3 разів вище референтних концентрацій та у 3,7 разів – результатів досліджень інших авторів [11, 190].

Концентрація свинцю у сироватці крові виявилась на рівні 5,7 мкг/л за медіаною, що на порядок перевищує референтні значення та дослідження інших вчених [11, 192] та свідчить про значний рівень внутрішнього забруднення організму [186]. У той же час отримані нами результати знаходяться в діапазоні даних, отриманих у низці досліджень у населення різних вікових груп – від підлітків до населення старших вікових груп [195, 196, 197]. Вміст стронцію у сироватці крові клінічно здорового населення промислового регіону за середніми показниками знаходиться на рівні 189,37 (78,4) мкг/л, що знаходиться у діапазоні референтних концентрацій та даних досліджень інших авторів, однак за середніми їх рівнями вищі у 2,9 разів [11].

Середня концентрація цинку у сироватці крові клінічно здорових мешканців становить 1146,59 (626,19) мкг/л за медіани 890 мкг/л, що у цілому відповідає

референтним значенням та даним літератури [11, 192], хоча мінімальні рівні на 44% нижчі порівняно з результатами досліджень вчених, проведених на теренах нашої держави та на 22,5% нижче середнього рівня референтних значень згідно з [11]. При цьому рівень гіпоцинкемії у контрольній групі у нашому випадку складав 15% на відміну від результатів подібних досліджень [198] серед дитячого контингенту, де питома вага гіпоцинкемії у контрольній групі була у 1,8 разів нижчою, а у пацієнтів з пієлонефритом – у 22% обстежених, що у 2,4 рази нижче вищезазначених досліджень. Вищезазначене, як зазначають [198, 199] є доволі показовим, оскільки з недостатністю цинку пов'язане зниження антиоксидантного захисту ферментативних систем та формування адекватної відповіді організму на дію бактеріальних агентів при захворюваннях нирок, і в умовах дефіциту цинку глюкокортикоїди викликають швидку атрофію тимусу і лімфопенію. У той же час епідеміологічні і експериментальні дослідження свідчать, що гіпоцинкемія виникає впродовж раннього періоду після інфікування у гострій фазі.

У пацієнтів із захворюваннями нирок виявлено відмінності щодо концентрацій як есенційних, так і токсичних МЕ сироватки крові порівняно з контрольною групою. Відзначаються тенденції до зниження концентрацій срібла та алюмінію, проте без достовірних відмінностей. У групі хворих на пієлонефрит міст бору у сироватці крові виявився майже у 3 рази достовірно вищим порівняно з контрольною групою і за середніми даними становив 110,84 (61,5) мкг/л. Подібна ситуація характерна і для барію, рівень якого у сироватці крові хворих на пієлонефрит виявився майже у 2 рази вищим ($p < 0,001$) порівняно з контрольною групою і складав 332,25 (150,43) мкг/л.

Рівень кадмію у сироватці крові при захворюваннях нирок, виявився у 1,4 рази вищим за медіану порівняно з контрольною групою, однак без достовірних відмінностей. Отримані нами дані корелюють з результатами досліджень мікроелементного дисбалансу внаслідок хвороб нирок [200, 201], де автори також

відзначали зростання його концентрації у таких пацієнтів, що зумовлено, на думку авторів, хронічним перебігом захворювання за погіршення функції нирок.

Вміст кобальту та хрому зріс на 10% при пієлонефриті, однак без достовірної різниці порівняно з показниками контрольної групи і становив за середніми значеннями 4,41 (1,33) мкг/л та 33,85 (11,8) мкг/л відповідно. Отримані нами результати узгоджуються з результатами досліджень інших вчених України [199], в яких також було виявлено відсутність відмінностей в концентрації металів у сироватці крові між контрольною групою та групою пацієнтів з сечокам'яною хворобою. Що стосується міді, рівень мікроелемента у сироватці крові хворих на пієлонефрит виявився у 1,4 рази ($p < 0,001$) вищим порівняно з контрольною групою і становив 549,93 (229,68) мкг/л. Отримані результати узгоджуються з даними досліджень інших вітчизняних та зарубіжних вчених, у яких встановлено підвищення концентрації Cu в сироватці крові під час гострих запальних процесів [202], зокрема при урологічній патології [199] в організмі. Як відомо, Cu є важливим мікроелементом та ключовим компонентом для розвитку та підтримки імунної та антиоксидантної системи захисту, впливаючи на клітинно-опосередковані імунні реакції як вродженого, так і набутого імунного захисту.

У хворих на пієлонефрит концентрація заліза та літію у сироватці крові практично не відрізнялась від показників контрольної групи. У той же час вміст марганцю і нікелю виявилась у 2,8 ($p < 0,001$) та у 1,4 рази ($p < 0,05$) вище показників контрольної групи і становить за середніми значеннями 24,41 (10,67) мкг/л та 26,68 (7,99) мкг/л відповідно, що, ймовірно пов'язане з порушенням видільної функції нирок та особливостями участі вищезначених мікроелементів у метаболічних процесах організму.

Рівень свинцю у сироватці крові хворих на пієлонефрит виявився у 2 рази вищим порівняно з контрольною групою ($p < 0,05$) і за середніми показниками становив 19,79 (11,76) мкг/л. Про подібне підвищення концентрації ксенобіотика

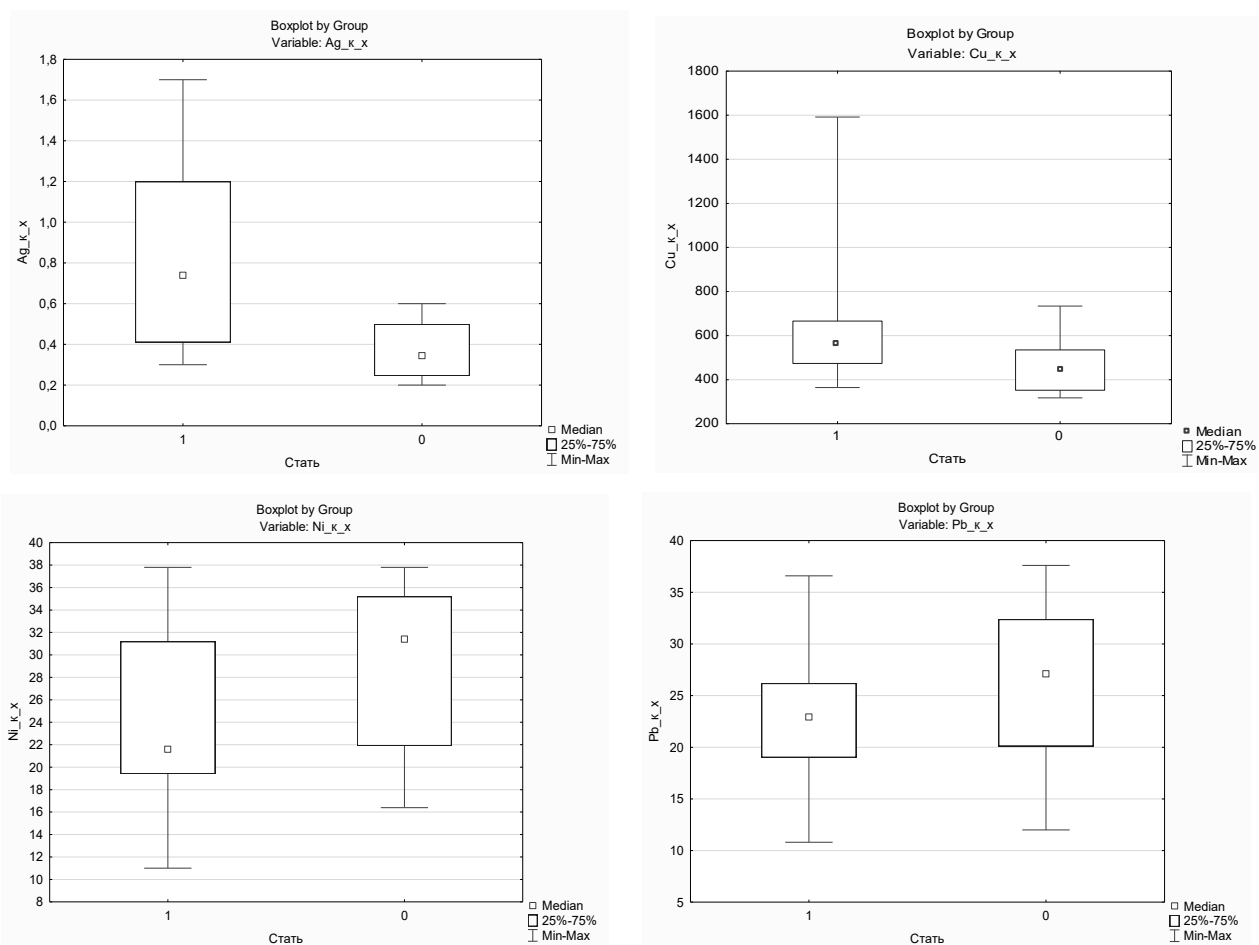
у сироватці крові при захворюваннях нирок вказують і інші вчені [196], які виявили підвищення концентрації свинцю у пацієнтів з хронічною хворобою нирок, особливо тих, які перебувають на попередньому діалізі та на гемодіалізі порівняно з контрольною групою у 12,7 та 13,7 разів, відповідно, що пов'язано на думку авторів, з порушенням основних шляхів виведення металу через нирки, а також можливого прямого впливу на концентрацію елементу у сироватці крові його вмісту у діалізній рідині. Аналогічні особливості виявлені для стронцію, вміст якого у сироватці крові при захворюваннях нирок виявився у 1,5 разів вищим ($p < 0,001$) порівняно з показниками контрольної групи і становить за середніми значеннями 287,61 (67,51) мкг/л.

Концентрація цинку у групі урологічних хворих суттєво не відрізняється від показників групи контролю, хоча характеризується тенденцією до зниження на 5-10%. При цьому у 20% пацієнтів виявлено гіпоцинкемію. Вищезначене є доволі показовим [11, 195], оскільки з недостатністю цинку пов'язане зниження антиоксидантного захисту ферментативних систем та формування адекватної відповіді організму на дію бактеріальних агентів при захворюваннях нирок.

Аналіз вікових та статевих особливостей концентрації металів у сироватці крові свідчить про тенденцію до їх зростання з віком для низки металів – кадмію, міді, заліза, марганцю, нікелю, стронцію, однак без достовірних відмінностей. У той же час встановлено, що з віком достовірно знижується концентрація хрому в сироватці крові мешканців регіону обох статей ($r = -0,335$, $p = 0,006$), а також хрому, бору та цинку у чоловіків ($r = -0,361 - -0,410$, $p = 0,024-0,049$), про що зазначають інші автори у своїх дослідженнях [203].

Виявлено гендерні відмінності щодо більш високих показників вмісту МЕ у сироватці крові чоловіків порівняно з жінками для таких металів, як алюміній, кадмій, кобальт, залізо, літій, марганець, стронцій, цинк, однак достовірними ці відмінності виявились для барію – у 1,2 рази ($p = 0,027$), свинцю ($p = 0,009$) та нікелю – у 1,3 рази ($p = 0,014$). У групі хворих на захворювання нирок виявлено

тенденцію до більш високих показників вмісту таких металів як кадмій, кобальт, хром, нікель, свинець, стронцій у сироватці крові чоловіків порівняно з жінками, однак достовірними ці відмінності виявились для нікелю та свинцю – у 1,2 рази ($p=0,014$). Вміст міді та срібла виявився у 1,4 та 1,3 разів вище в сироватці крові жінок ($p=0,0003$ та $0,033$ відповідно) (рис. 6.1).



Примітка. 0 – чоловіки, 1 - жінки

Рис. 6.1. Статеві відмінності концентрацій МЕ у сироватці крові осіб контрольної та дослідної груп, мкг/л

6.2. Вміст мікроелементів у сечі населення контрольної та дослідної груп

Дослідження вмісту мікроелементів у сироватці крові є важливою інформаційною базою для розуміння короткотривалого, недавнього впливу мікроелементів з групи ВМ на організм людини. У той же час для поглиблення розуміння впливу, визначення особливостей транлокації металів в організмі, за умов більш тривалого впливу, є дослідження вмісту металів у сечі [170, 186].

Результати проведених досліджень мікроелементного складу сечі контрольної та дослідної груп представлено у таблиці 2 додатка Е, аналіз яких свідчить про широкий діапазон коливання концентрацій мікроелементів. Так, концентрація срібла і алюмінію виявилась на рівні 1,18 та 30,8 мкг/л відповідно, що відповідає даним літератури та референтним значенням [102, 135, 190]. Концентрація бору в сечі людей контрольної групи за середніми показниками становила 476,03 (337,3) мкг/л, що узгоджується з даними [190, 204].

Вміст барію у сечі дорослого клінічно здорового населення промислового регіону за середніми значеннями становив 6,74 мкг/л за медіани 8,81 мкг/л, що на порядок вище референтних значень [103, 190], хоча корелює з результатами подібних досліджень [104]. Концентрація кадмію у сечі дорослого населення промислового регіону виявилась на рівні 0,33 (0,28) мкг/л за медіани 0,18 мкг/л, що відповідає референтним значенням та даним біомоніторингу [12, 103, 135]. Вміст кобальту у сечі виявився на рівні 1,44 (1,02) мкг/л, що у 3 рази вище референтних концентрацій [103], хоча узгоджується з результатами досліджень інших вчених [190, 195].

Діапазон коливання концентрацій хрому у сечі контрольної групи виявився в межах 3,45-20,8 мкг/л, що узгоджується з результатами досліджень інших українських вчених [102], хоча вище референтних значень [11]. Концентрація міді за середніми показниками становила 5,78 (2,97) мкг/л, що відповідає референтним значенням [190], однак нижче середнього рівня вищезначеного

показника за результатами досліджень інших вчених [12, 104, 135]. Отримані нами результати підтверджують власні дослідження стосовно існування мідьдефіцитних станів у населення промислового регіону [186]. Діапазон коливання концентрацій заліза у сечі контрольної групи виявився в межах 23,18-118 мкг/л, що відповідає діапазону референтних значень, хоча за середнім рівнем 59,07 (33,9) мкг/л у 1,5 рази вище [135].

Вміст літію у сечі становив за середніми значеннями 14,27 (3,69) мкг/л, що знаходиться у діапазоні референтних концентрацій та даних досліджень інших авторів [190]. Вміст марганцю виявився на рівні 5,75 (2,98) мкг/л, що знаходиться у діапазоні референтних концентрацій, хоча у 3,5 разів нижче показників територій еколого-геохімічного оптимуму, проведених на теренах нашої держави [102]. Вміст нікелю у сечі характеризується значною варіацією, свідченням чому є показники середнього, стандартного відхилення та медіани, які становлять 8,58, 9,27 та 2,23 мкг/л відповідно. Отримані дані за медіаною відповідають референтним значенням та даним досліджень інших авторів [12, 104, 135, 190].

Концентрація свинцю у сечі дорослого умовно «здорового» населення промислового регіону виявилась на рівні 5,73 мкг/л за середнім арифметичним значенням та 4,21 мкг/л – за медіаною, що перевищує референтні значення та дані досліджень у екологічно-сприятливому регіоні [12, 103], хоча нижче результатів досліджень інших авторів [195]. Вміст стронцію у сечі клінічно здорового населення промислового регіону знаходиться у діапазоні референтних концентрацій та даних досліджень інших авторів, однак за середніми значеннями у 1,5 разів їх перевищує [104, 135, 190].

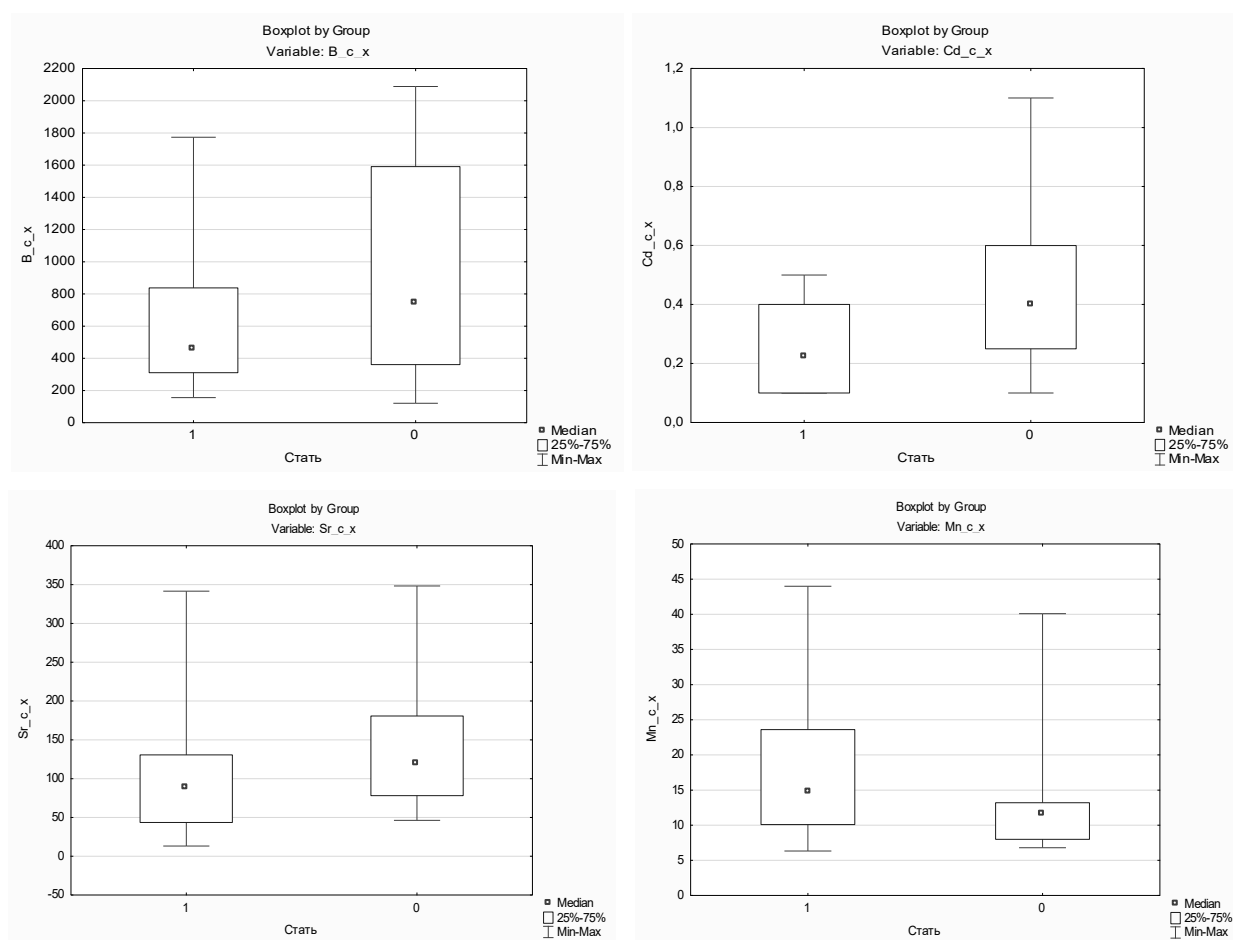
Діапазон коливання концентрацій цинку у сечі контрольної групи виявився в межах 82,5-524,5 мкг/л за середнього значення 335,74 (149,8) мкг/л, що відповідає референтним значенням та даним літератури [135, 190], хоча у 3,3 рази менше порівняно з результатами досліджень інших вчених [12]. Рівні Ga та In в

усіх зразках сечі були нижче межі виявлення. У декількох пробах у обох груп спостереження було виявлено талій у концентраціях 0,45-1,05-2,1 мкг/л, що відповідає або дещо перевищує результати подібних досліджень, проведених у інших країнах: 0,52–0,69 [12], 0,07-0,84 [190], 0,01-1,44 [104], проте через незначний обсяг даних подальший аналіз є неможливим.

Порівняння отриманих нами результатів з базами даних NHANES [103] свідчить, що максимальні концентрації таких металів, як кадмій та стронцій у організмі мешканців регіону не перевищують дані щодо їх вмісту в даному біосубстраті неекспонованого населення, у той же час за медіаною концентрація кадмію та стронцію виявилась у 1,4-1,5 разів вище. Подібна ситуація характерна і для свинцю та барію, концентрація яких у сечі за результатами наших досліджень виявилась у 2,4-14,2 рази вищою.

У групі хворих на пієлонефрит нами встановлено дисбаланс мікроелементів порівняно з клінічно здоровими мешканцями регіону. Так, концентрація срібла, нікелю, свинцю та стронцію при захворюваннях нирок достовірно не відрізнялася від показників контрольної групи, хоча і спостерігалось незначне підвищення концентрацій. У той же час вміст алюмінію, бору, кадмію, хрому, літію, марганцю та цинку у сечі хворих на гострий та хронічний гломерулонефрит за медіаною виявився у 1,2-3,2 рази вищим ($p < 0,05$ - $p < 0,001$). Концентрація барію виявилась у 3,5 разів нижчою ($p < 0,01$) порівняно з результатами досліджень у контрольній групі. Для більш глибокого аналізу отриманих даних нами здійснена оцінка відповідно до форми захворювання, яка виявила достовірну відмінність у групі хворих на хронічний гломерулонефрит порівняно з контрольною групою ($p < 0,05$) за відсутності відмінностей у групі пацієнтів з гострим пієлонефритом. Для заліза, міді та кобальту також виявлено незначне зниження вмісту у сечі хворих на пієлонефрит, однак без достовірних відмінностей.

Аналіз гендерних та вікових відмінностей виявив, що вміст усіх досліджуваних металів виявився вищим у сечі чоловіків контрольної групи порівняно з жінками, однак достовірними ці відмінності виявились для барію – у 1,3 рази ($p=0,039$). У хворих на пієлонефрит вміст ВМ у сечі чоловіків порівняно з їх рівнем у сечі жінок виявився достовірно вищим для таких мікроелементів, як бор ($p=0,032$), кадмій ($p=0,023$), свинець ($p=0,029$) та стронцій ($p=0,011$) та нижчим – для алюмінію ($p=0,001$) та марганцю ($p=0,011$) (рис. 6.2).



Примітка. 0 – чоловіки, 1 - жінки

Рис. 6.2. Статеві відмінності концентрацій бору, кадмію, стронцію та марганцю у сечі хворих на пієлонефрит, мкг/л

При цьому з віком спостерігається тенденція до зростання у сечі здорового населення вмісту низки металів – алюмінію, кадмію, міді та літію, однак достовірними ці відмінності виявились для барію ($r=0,360$, $p=0,018$), марганцю ($r=0,64$; $p=0,005$) та цинку ($r=0,57$; $p=0,018$) при достовірному зниженні концентрації кобальту ($r=-0,44$; $p=0,042$). В сечі пацієнтів із захворюваннями нирок виявлено зниження з віком вмісту алюмінію ($r=-0,264$, $p=0,028$).

6.3. Транслокація мікроелементів з групи важких металів в організмі, їх взаємозв'язок з об'єктами довкілля та клініко-лабораторними показниками.

Біомоніторинг концентрацій металів у біологічних субстратах є важливою складовою діагностики стану організму та інформаційною базою для подальшої оцінки змін мікроелементного статусу населення за умов впливу як чинників довкілля, так і при формуванні різноманітної патології, зокрема вивченні особливостей транслокації металів в організмі, їх взаємодії між собою, та кореляції з клініко-лабораторними показниками загального стану організму, для можливості визначення біомаркерів впливу, прогнозування ймовірних змін мікроелементного статусу [102].

Результати аналізу міграційних особливостей металів в системі «навколишнє середовище-організм людини» свідчать, що ІП у сироватку крові порівняно з СДН для свинцю та кадмію практично ідентичні й становлять 0,04 ум. од., для цинку – 0,11 ум.од., що корелює з даними щодо переважного накопичення вищезначених металів у клітинах крові - еритроцитах, лейкоцитах [186]. Найвищий ІП виявлено для міді – 0,25 ум.од, що свідчить про більш високі рівні мікроелемента безпосередньо у сироватці крові – близько 40-50% від загальної кількості у крові [205], що узгоджується із рівнем її засвоєння залежно від кількості в раціоні – в межах від 12 до 75%.

Міграційні особливості ВМ в організмі людини у обох групах представлено в табл. 6.1, які свідчать, що вміст трьох металів – бору, літію та срібла у сечі обох груп перевищує їх концентрації у сироватці крові, а також хрому у сечі хворих на пієлонефрит, що може бути зумовлено низкою причин, серед яких переважне накопичення вищезначених ВМ у еритроцитах, кумуляція у тканинах нирок тощо [185]. Отримані нами результати співвідносяться з даними інших авторів [190], в яких вміст бору у сечі виявився майже у 18 разів вище порівняно з вмістом у сироватці крові, а літію – 3,5 разів.

Щодо інших ВМ, найбільш інтенсивно порівняно з сироваткою крові елімінуються з організму марганець та стронцій, найменш інтенсивно – мідь та залізо. При цьому розвиток патології сечовидільної системи супроводжується зменшенням виведення з організму бору, барію, кобальту, нікелю, свинцю, стронцію, збільшення виведення кадмію, хрому, літію, цинку при практично незмінних концентраціях алюмінію, міді, заліза, марганцю, що, поряд з результатами аналізу абсолютних концентрацій ВМ у біосубстратах, та свідчить про розвиток мікроелементного дисбалансу в організмі.

Таблиця 6.1

Міграційні особливості металів у організмі людини за ІЕ, у.од.

Метал	Індекс елімінації, ум.од.		Метал	Індекс елімінації, ум.од.	
	Контрольна група	Пацієнти із захворюваннями нирок		Контрольна група	Пацієнти із захворюваннями нирок
Al	0,44	0,43	Li	2,33	4,9
B	12,67	7,09	Mn	0,66	0,65
Ba	0,04	0,02	Ni	0,45	0,22
Cd	0,50	0,64	Pb	0,65	0,35
Co	0,36	0,26	Sr	0,66	0,41
Cr	0,40	1,24	Zn	0,29	0,47
Cu	0,01	0,01	Ag	1,48	2,25
Fe	0,03	0,02	-	-	-

Відомо, що в сучасних умовах організм людини зазнає впливу кількох металів одночасно, що може суттєво модифікувати напрямок і інтенсивність їх дії внаслідок синергетичних чи антагоністичних взаємовідносин між цими металами. Такий підхід забезпечує цілісне розуміння впливу комплексу чинників, які можуть відрізнитись від ізольованої дії металу [189].

Результати вивчення взаємодії мікроелементів в організмі представлені у таблиці 3 додатка Е, які свідчать, що з проаналізованих 105 кореляційних матриць взаємозв'язку концентрацій МЕ у сироватці крові здорового населення промислового регіону достовірну кореляцію виявлено для 28,6% бінарних систем. При цьому найбільшу кількість зв'язків між МЕ у сироватці крові виявлено для марганцю (8), бору, барію, свинцю (7), алюмінію (6). При захворюваннях нирок кількість достовірних бінарних систем МЕ зросла у 1,7 рази та становила 47,6% (табл. 4 додатка Е) порівняно з контрольною групою. Найбільшу кількість зв'язків виявлено для кобальту (12), хрому (10), барію, марганцю, стронцію, свинцю (9), заліза, нікелю (8), бору, цинку (7), літію (6).

Що стосується взаємодії між МЕ у сечі, подібно до результатів аналізу сироватки крові, достовірну кореляцію виявлено для 31,4% бінарних систем металів (табл. 5 додатка Е). При захворюваннях нирок кількість достовірних бінарних систем металів зросла у 1,3 рази та становила 41,9% (табл. 6 додатка Е). Найбільшу кількість зв'язків між МЕ у сечі виявлено для барію, кобальту, хрому, марганцю та свинцю.

Слід зазначити, що аналіз кореляційних матриць в системі «концентрація МЕ в сироватці крові – концентрація МЕ в сечі» визначив наявність прямого кореляційного зв'язку для міді ($r=0,592$; $p=0,0001$) й свинцю ($r=0,327$; $p=0,042$) та від'ємного – для алюмінію ($r=-0,466$; $p=0,006$) і бору ($r=-0,4295$; $p=0,032$). Тобто зростання концентрації міді та свинцю у сироватці крові зумовлює підвищення їх вмісту у сечі, у той час як виведення алюмінію і бору уповільнюється при розвитку урологічної патології.

Відомо, що мінімальна присутність токсичних та умовно токсичних елементів не несе загрози зриву адаптаційних механізмів організму і становить один з найважливіших компонентів нормального його функціонування. У той же час, в умовах постійного впливу ВМ, зміни кореляційних зв'язків свідчать про адаптаційну напругу між фізіологічними параметрами (стадія напруги), а у випадку успішної адаптації відбувається їх зменшення [189].

Розрахований нами ступінь адаптованості організму за показниками вмісту ВМ у сироватці крові у здорового населення за впливу ВМ виявився у 1,4 рази нижчим порівняно з аналогічним показником у групі урологічних хворих (92,24 ум.од. проти 129,75 ум.од.), що, вірогідно, є проявом напруги регуляційно-адаптаційних систем внаслідок патологічних змін в організмі, зумовлених розвитком урологічних захворювань. Ступінь адаптованості організму за показниками вмісту ВМ у сечі у здорового населення за впливу ВМ виявився у 1,1 рази нижчим порівняно з аналогічним показником у групі урологічних хворих (101,4 ум.од. проти 109,7 ум.од.).

Важливим діагностичним маркером стану організму є співвідношення мікроелементів у біологічних субстратах. Нами встановлено (табл. 7 додатка Е), що коефіцієнти співвідношення (КСВ) мікроелементів у сироватці крові осіб контрольної групи характеризуються різноспрямованими змінами, що супроводжуються зростанням вмісту одних елементів на фоні відносної стабільності або зниження концентрації інших, як, наприклад, КСВ для Al/Cd, B/Co, Ba/Li, Cu/Cd, Mn/Ag, Pb/Cd та інші. Або, навпаки, характеризуються зниженням їх вмісту по відношенню до інших, що супроводжуються зменшенням КСВ – Al/B, Cd/Mn, Cu/Pb, Fe/Ni, Sr/B та інші, чи не зазнають суттєвих змін (до 10% величини КСВ) – Al/Co, B/Mn, Cd/Zn, Co/Cu, Li/Zn, Mn/Pb, Pb/B.

При розвитку патології сечовидільної системи для більшості МЕ КСВ характеризуються різноспрямованими тенденціями залежно від бінарних систем, у той же час для окремих МЕ встановлено певні закономірності. Так, КСВ в

бінарних системах МЕ зростає практично в усіх матрицях для бору, марганцю та свинцю та знижується або залишається незмінним для цинку порівняно з контрольною групою. Отримані нами дані свідчать, що при формуванні патології нирок у сироватці крові найбільшою мірою в організмі зростають такі ВМ, як бор, марганець та свинець при зниженні цинку.

Вивчення взаємозв'язку вмісту ВМ у біосубстратах – сироватці крові й сечі з загальними та клініко-лабораторними показниками стану здоров'я дозволило встановити, що за даними кореляційного аналізу на показник зросту, ваги та індексу маси тіла, як морфометричних показників та показників обміну речовин наступні мікроелементи мали прямий вплив: кобальт, хром, барій, свинець, нікель у населення обох статей, мідь та бор залежно від статі (табл. 8 додатка Е). І лише зростання концентрації марганцю у крові корелювало зі зниженням ваги тіла ($r = -0,383$, $p = 0,039$) та ІМТ відповідно, а також рівнем артеріального тиску. Концентрація цинку у сироватці крові та частота серцевих скорочень характеризувались від'ємною кореляцією ($r = -0,244$, $p = 0,047$).

Важливим показником стану організму є загальний аналіз крові, який використовуються для оцінки гостроти і активності патологічного процесу. В результаті проведеного аналізу встановлено (табл. 9 додатка Е), що вміст таких ВМ, як хром та кобальт прямо корелюють з рівнем гемоглобіну у крові, що можна пояснити з точки зору есенційності їх функцій в організмі, оскільки, згідно з даними літератури, вони суттєво впливають на процеси кровотворення - стимулюють утворення еритропоєтину та синтез гемоглобіну [206]. У той же час свинець та алюміній, як токсичні МЕ, характеризується наявністю від'ємної кореляції з рівнем гемоглобіну, особливо свинець, який належить до групи кров'яних отрут, пригнічує ферменти, що беруть участь у синтезі гему і глобіну та як наслідок – порушення синтезу гемоглобіну та зниження його кількості ($r = -0,469$, $p = 0,0008$) [170, 205]. Зниження кількості лейкоцитів в організмі корелювало зі зростанням таких токсичних МЕ, як барій, стронцій, свинець та

нікель. У той же час підвищення вмісту срібла в організмі, так само як і міді корелювало з підвищенням кількості лейкоцитів у організмі та свідчить про активацію антимікробного захисту за участю цих мікроелементів у кількостях, що відповідають референтним значенням і підтверджують дані, наведені вище та результати досліджень інших авторів щодо участі МЕ у антиоксидантному захисті організму, що проявляється, крім іншого, підвищенням концентрації МЕ, зокрема міді, в сироватці крові під час гострих запальних процесів [202].

Як відомо, нирки належать до органів, які першими реагують на токсичний вплив ксенобіотиків, що пов'язано з їхньою детоксикаційною функцією. Надмірний вплив ВМ докілья на фоні розвитку патології сечовидільної системи може потенціювати патологічний процес, що супроводжується порушенням функції нирок. Нами проведено кореляційний аналіз між вмістом ВМ сироватки крові та низкою біохімічних маркерів функціонального стану нирок, таких як: креатинін крові, сечовина, азот сечовини, загальний білок та швидкість клубочкової фільтрації. У результаті проведеного аналізу встановлено пряму кореляцію між вмістом кадмію, та креатинінемією, яка завжди є доказом погіршення екскреторної функції нирок та від'ємну – концентрацією есенційного кобальту у сироватці крові. Сечовина є ключовим маркером функції нирок, оскільки вона відображає ефективність фільтрації та виведення відходів метаболізму з організму. Зростання концентрації кадмію у крові корелює зі збільшенням концентрації азоту сечовини крові. У той же час між вмістом марганцю і літію, рівнем сечовини та азоту сечовини – від'ємний зв'язок. Вміст бору та стронцію прямо корелюють з рівнем загального білка крові, як маркера інфекційного та інших патологічних процесів в організмі. Підвищення кадмію, а також барію і срібла у крові супроводжується зниженням швидкості клубочкової фільтрації та ще раз підтверджує нефротоксичну дію кадмію, що узгоджується з результатами подібних досліджень [207].

Зростання концентрації кадмію, свинцю та нікелю у крові корелює зі збільшенням питомої ваги сечі, збільшення вмісту кадмію – зі збільшенням виділення білка з сечею ($r = 0,676$, $p = 0,008$) за від'ємної кореляції вищезначених показників з есенційними і умовно есенційними металами – цинком, міддю, кобальтом, хромом та бором. Інший важливий показник функціонального стану нирок – визначення добового діурезу, який вказує на здатність нирок до концентрування сечі і її осмотичного розведення. Аналіз кореляційних матриць між концентрацією ВМ у крові та рівня добового діурезу виявило існування прямого зв'язку

Зі збільшенням вмісту свинцю у крові рівень добового діурезу знижується ($r=-0,672$, $p = 0,0006$), що зумовлено переважно змінами щодо об'єму денного діурезу. При цьому виявлено цікаву залежність між концентрацією кобальту у сироватці крові та показниками концентраційної функції сечі в залежності від статі – якщо в організмі жінок зростання його вмісту у крові корелює зі зниженням питомої ваги сечі, то для чоловіків виявлено зниження рівня добового діурезу, зумовлене зниженням виділення як денної, так і нічної порції сечі. Підвищення в крові вмісту бору корелює зі зростанням рівня добового діурезу переважно за рахунок нічної його порції та зумовлено переважними змінами у організмі жінок. Зростання концентрації срібла та цинку в крові корелює зі збільшенням рівня добового діурезу переважно за рахунок денного діурезу. Зростання рівня барію та міді у сироватці крові корелює зі зростанням рівня добового діурезу, що узгоджується зі зниженням питомої ваги сечі. Між концентрацією міді та кобальту у сироватці крові та рівнем лейкоцитів і еритроцитів у сечі виявлено пряму кореляцію. Аналогічно впливають зміни концентрації ксенобіотиків – нікелю та кадмію.

Що стосується наявності взаємозалежностей між загальними та клініко-лабораторними показниками стану організму й рівнем металів у сечі, встановлено (табл. 6.11 додатку Е), що прямий вплив на показник зросту мав

лише кадмій ($r = 0,669$, $p = 0,0005$), для усіх інших ВМ виявлено від'ємний зв'язок, що цілком узгоджується з результатами аналізу концентрацій металів у сироватці крові. Отже можна припустити, що збільшення виведення таких ксенобіотиків, як барій та свинець зумовлює покращення стану організму, метаболічних процесів, а відтак зниження показників маси тіла, частоти серцевих скорочень. У той же час вага та ІМТ знижуються при підвищенні рівня виведення марганцю в організмі, так само як і рівнем систолічного артеріального тиску. Тобто на відміну від ксенобіотиків, підвищення рівня виведення марганцю не мало відмінностей від аналогічних показників сироватки крові і може бути підтвердженням його есенційності та свідчить про ймовірно інші механізми елімінації у порівнянні з токсичними металами з організму.

Підвищення рівня екскреції бору та літію, як умовно есенційних мікроелементів, прямо корелює з питомою вагою сечі, так само, як і вміст кадмію та рівень протеїнурії – $r = (0,322$, $p = 0,049)$. У той же час підвищення рівня марганцю у сечі має від'ємний зв'язок з рівнем білка у сечі. Прямий кореляційний зв'язок між вмістом алюмінію та барію у сечі виявлено з рівнем еритроцитів у сечі, свинцю – з рівнем лейкоцитів у сечі. У той же час підвищення вмісту хрому, кобальту та літію корелювало зі зниженням кількості еритроцитів та лейкоцитів у сечі. Концентрація бору і хрому у сечі корелювала з рівнем добового діурезу.

Отже, проведені нами БМД дозволили встановити особливості вмісту токсичних, потенційно токсичних та есенційних мікроелементів у біосубстратах клінічно здорового дорослого населення та при захворюваннях сечостатевої системи, визначити гендерні та вікові закономірності динаміки мікроелементного статусу, встановити розвиток дисгомеостазу мікроелементів, особливості їх транслокації в системі «навколишнє середовище – організм людини» та взаємозв'язок з клініко-лабораторними показниками стану здоров'я.

Результати розділу опубліковані в наукових працях: [208, 209].

РОЗДІЛ 7

НАУКОВО-ОБҐРУНТОВАНІ ПІДХОДИ З УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЗУМОВЛЕНИМ РИЗИКОМ ЯК СКЛАДОВА СИСТЕМИ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я

Національні системи оцінювання ризиків і загроз функціонують у багатьох країнах світу. Вони дозволяють виявляти небезпечні тенденції та загрози для національної безпеки, а також уразливості в державі та суспільстві. Отримана інформація використовується керівництвом держави та уповноваженими державними органами для прийняття рішень щодо формування відповідної державної політики, планування заходів із підвищення рівня готовності до широкого спектру загроз, розвитку необхідних спроможностей, а також розподілу ресурсів держави [210].

Відповідно до [211], ризик для здоров'я – імовірність розвитку негативних наслідків для здоров'я у окремих індивідів або групи осіб, які зазнали певного впливу хімічної речовини. Характеризується величиною, що лежить в інтервалі (0..1), де 0 означає відсутність ефекту, а 1 – обов'язковий його прояв. При цьому фактори ризику - негативні чинники, що провокують або збільшують ризик розвитку певних ефектів (захворювань). Згідно з визначенням US EPA [16], оцінка ризику для здоров'я людини – це процес оцінки характеру та ймовірності несприятливих наслідків для здоров'я людей, які можуть зазнати впливу хімічних речовин у забруднених навколишніх середовищах зараз або в майбутньому.

Методологія оцінки ризику – це вибір оптимальних у даній конкретній ситуації шляхів усунення або зменшення ризику, яка складається з трьох взаємопов'язаних блоків [115]: оцінка ризику, управління ризиком та інформування про ризик. Повна або базова схема оцінки ризику передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів [13, 16, 115, 212], а саме:

ідентифікацію небезпеки; оцінку експозиції; характеристику небезпеки (оцінку залежності "доза-відповідь"); характеристику ризику.

Ідентифікація небезпеки. Головним завданням цього етапу є відбір пріоритетних, індикаторних хімічних речовин, вивчення яких дозволить з достатньою точністю охарактеризувати рівні ризику порушення стану здоров'я населення та джерела його виникнення. Пріоритетність досліджуваних речовин визначають на основі даних щодо їх біологічної активності, у т. ч. канцерогенної, фізико-хімічних властивостей, які обумовлюють особливості поширеності і поведінки їх у навколишньому природному середовищі та впливу на організм людини, залежності розвитку негативних ефектів (специфічних і неспецифічних) від шляху надходження речовини в організм. При цьому, як правило, використовують вторинні джерела інформації (аналітичні огляди, звіти, довідники, бази даних), що вже містять висновки висококваліфікованих експертів про небезпечні властивості даної речовини.

Оцінка експозиції – етап оцінки ризику, у процесі якого встановлюється кількісний рівень надходження речовини до організму людини певним шляхом. Він передбачає визначення шляху розповсюдження у навколишньому середовищі і впливу на організм забруднюючої сполуки, вивчення її концентрацій, установлення терміну дії і загальної тривалості впливу, оцінки чисельності популяції, яка знаходиться або вірогідно може знаходитись під впливом шкідливого чинника.

Кількісна характеристика експозиції передбачає визначення концентрації хімічних сполук, що впливають на людину, орієнтуючись на дані:

- моніторингових досліджень;
- моделювання поширеності та поведінки хімічних сполук;
- комбінації результатів моніторингових спостережень із даними, отриманими на основі моделювання.

Характеристика небезпеки. Головним завданням етапу є узагальнення та аналіз наявних даних щодо гігієнічних нормативів, безпечних рівнів впливу (референтних доз та концентрацій), критичних органів/систем та негативних ефектів, що можуть виникати за дії певної речовини або групи речовин.

Характеристику ризику. Це завершальний етап, метою якого є синтез усіх результатів оцінки ризику і формулювання висновків. При оцінці ризику, створеного декількома хімічними речовинами, що володіють системною токсичністю, якщо є підстави допустити адитивність їхньої дії, рекомендується підсумовувати величини HQ, що відповідають кожному такому токсиканту.

Наступним, надзвичайно важливим блоком методології оцінки ризику для здоров'я населення за впливу хімічних чинників довкілля є блоки «Управління ризиком» та «Інформування про ризики».

7.1. Управління ризиком та інформування про ризик, як важливі складові методології оцінки ризику.

Серед основних викликів для громадської охорони здоров'я в 21 столітті в Європейському регіоні, на які повинна відповідати політика в сфері громадського здоров'я, відповідно до Всесвітньої організації охорони здоров'я, є погіршення довкілля і зміни клімату та підвищення рівнів хронічних захворювань, особливо неінфекційних, які визнані одними з головних перешкод на шляху сталого розвитку на період до 2030 року [213].

При цьому для досягнення цілей сталого розвитку Регіональним бюро Всесвітньої організації охорони здоров'я розроблено Підхід E4A, актуальність і необхідність якого відзначається і вітчизняними фахівцями у сфері громадського здоров'я [213, 214].

Виникнення сучасних підходів до оцінювання й управління ризиками можна віднести до 1975 р., оскільки саме з цього часу накопичені фахівцями різних

галузей знання почали поступово використовуватися при розробці методів оцінювання ризиків. До 1986 року US EPA розробило та опублікувало близько 30 документів щодо процедури проведення оцінювання та аналізу ризиків. Одночасно були прописані рекомендації для управління ризиками [215].

Методологія оцінювання ризиків у різних країнах неоднакова. За результатами комплексного дослідження кращих світових практик профільними спеціалістами [210] було виокремлено кілька основних етапів цього процесу:

1. Визначення найбільших загроз для національної безпеки.
2. Поглиблений аналіз можливих наслідків, розробка сценарних прогнозів, моделювання.
3. Оцінка спроможностей, виявлення уразливостей.
4. Комплексне картографування, геопросторова підтримка.
5. Поширення результатів оцінювання ризиків, візуалізація.
6. Моніторинг і повторне оцінювання ризиків з урахуванням отриманого досвіду.

Управління ризиками – процес зважування варіантів політики за оцінки ризику, а також вибір і впровадження відповідних варіантів втручання, включаючи регуляторні заходи [216], який включає послідовне і логічне поєднання основних завдань (рис. 7.1).

Управління ризиком – відмінний від оцінки ризику процес вибору альтернативних рішень на підставі результатів оцінки ризику та у разі необхідності вибору і впровадження відповідних засобів управління (контролю), включаючи коригувальні заходи. Інформування про ризик – це процес розповсюдження результатів визначення ступеня ризику для здоров'я людини і рішень щодо його контролю [115].



Рис. 7.1. Основні завдання управління ризиком

Для оптимального проведення аналізу ризику необхідно функціонально відокремити оцінку ризиків від управління ризиками, оскільки це забезпечує наукову достовірність і запобігає виникненню будь-якого конфлікту інтересів, хоча на практиці це не завжди можливо.

Існує дві основні фази управління ризиками [115]. На першому етапі поетапний процес складається з визначення небезпеки, оцінювання «дози–відповіді», оцінювання впливу, характеристики ризику. Будь-яке оцінювання ризику починається з виявлення небезпеки або визначення проблеми. Після того, як небезпеки були виявлені, наступним кроком є визначення потенційної шкоди об’єктам навколишнього середовища; вплив відбувається, коли тіло контактує з небезпекою, тобто спільна поява в часі та місці (просторі) небезпеки та «рецептора» (індивіда). Іншими словами, небезпека є ризиком лише за наявності такого контакту. Метою оцінювання «дози–відповіді» є визначення взаємозв’язку між ступенем впливу небезпеки та розміром та імовірністю побічних ефектів. При характеристиці ризику оцінювання експозиції та дози–

реакції поєднуються для надання кількісних оцінок ризику та пов'язаних з ними невизначеностей. Цей крок є «мостом» між оцінкою ризику й управлінням ризиками. Управління ризиком базується на сукупності політичних, соціальних і економічних оцінок отриманих величин ризиків, порівняльній характеристиці можливої шкоди для здоров'я людини і суспільства в цілому, можливих витрат на реалізацію різних варіантів управлінських рішень зі зниження ризику і тих вигод, які будуть отримані в результаті реалізації заходів [115].

Як засвідчує світовий досвід, найбільш ефективними є багаторівневі системи оцінювання ризиків і загроз, коли відповідний аналіз проводиться як на національному, так і на регіональному та/або місцевому рівні [215].

7.2. Наукове обґрунтування підходів з управління ризиком для здоров'я населення за хронічного впливу важких металів в умовах промислових територій.

Класичний підхід до процесу управління ризиками складається з основних 3-х етапів [215]: визначення ризиків; оцінювання ризику; вибір методів управління ризиками та їх застосування.

Запропонована нами модель управління ризиком для здоров'я населення за хронічного впливу важких металів в умовах промислових територій розроблена з урахуванням класичних підходів, існуючих наукових розробок та результатів власних досліджень (рис.7.2). Основними складовими є наступні етапи: визначення екологічної небезпеки; оцінка контингенту впливу; характеристика ризику; прогнозування впливу; профілактичні заходи; оцінка ефективності.

На першому етапі визначається чинник ризику, вплив якого підлягає подальшій оцінці та аналізу. Відповідно до рекомендацій US EPA [16], було визначено вид екологічної небезпеки; джерела надходження чинників ризику в

об'єкти довкілля; об'єкти довкілля, через які чинники ризику впливають на організм; шляхи надходження чинників ризику до організму людини.



Рис. 7.2. Модель управління ризиком для здоров'я населення за хронічного впливу важких металів в умовах промислових територій

Вибір складової екологічної небезпеки, по відношенню до впливу якої на відповідний контингент проводиться подальший аналіз обумовлений метою і завданнями дослідження. Відповідно до мети дослідження в якості виду екологічної небезпеки нами було обрано хімічні чинники довкілля, зокрема важкі метали, які є політропними ксенобіотиками з однієї сторони, а з іншої – життєво необхідними складовими нормального росту і розвитку, функціонування організму людини, що створює певні труднощі у проведенні подальших інтерпретацій отриманих результатів. У контексті цього етапу програма спостереження за хімічною складовою довкілля складається з відбору проб,

визначення концентрації хімічних чинників у об'єктах довкілля, відповідності чинним гігієнічним регламентам, порівняння з фоновими концентраціями територій еколого-геохімічного оптимуму за даними вітчизняних та зарубіжних досліджень. Важливим аспектом даного етапу є визначення провідних джерел надходження чинників ризику в об'єкти довкілля, об'єкти навколишнього середовища, через які чинники ризику впливають на людину та безпосередньо шляхи їх надходження до організму.

На основі результатів оцінки та аналізу рівня хімічного забруднення навколишнього середовища роблять висновок про ступінь його екологічної безпеки. При цьому виявляють провідні джерела та об'єкти впливу, їх кількісно-якісні характеристики за умови ізолюваної, комбінованої та комплексної дії, біоефекти взаємодії в суміжних середовищах довкілля. Враховуючи постійний вплив важких металів, нами застосовано комплексний підхід в вивченні якості життєзабезпечуючих середовищ – атмосферного повітря, питної води та харчових продуктів, а відтак перорального та інгаляційного шляхів надходження.

Прикладом реалізації першого етапу є визначення особливостей ізолюваного та комбінованого забруднення важкими металами життєзабезпечуючих об'єктів довкілля в умовах Дніпропетровської області. Нами було обрано специфічні забруднювачі у промислових містах – важкі метали, проаналізовано дані щодо їх концентрацій в об'єктах довкілля, особливості взаємодії, а також розрахована середня добова доза, середньодобове надходження аерогенним, пероральним шляхами та сумарне добове надходження до організму дорослого населення протягом природної тривалості життя. Встановлено, що середньорічні концентрації окремих металів у атмосферному повітрі, харчових продуктах та питній здебільш не перевищують існуючі гігієнічні нормативи та характеризуються різноспрямованими тенденціями у динаміці дослідження. У той же час, одночасна їх присутність у зазначених концентраціях перевищує регламентований безпечний рівень. Максимальні

значення вмісту свинцю у продуктах харчування, алюмінію – у питній воді перевищують чинні ГДК у 1,2-3,3 рази. Така ситуація призводить до зростання середньої добової дози ВМ, яка складає $0,1 \cdot 10^{-5} - 8,0 \cdot 10^{-4}$ мг/ (кг×д) з атмосферним повітрям, $0,28 \cdot 10^{-5} - 6,1 \cdot 10^{-3}$ мг/ (кг×д) – з питною водою, $0,25 \cdot 10^{-3} - 0,143$ мг/ (кг×д) – з харчовими продуктами, що у 1,6-5,6 разів вище результатів досліджень у зоні еколого-геохімічного оптимуму, зокрема для таких металів, як залізо, свинець, марганець. ри цьому рівень добового надходження свинцю у регіоні виявився більш ніж у 10 разів вищим порівняно з максимально безпечними рівнями впливу відповідно до рекомендацій FDA та EPA, рівень добового надходження кадмію знаходиться на максимально безпечному рівні відповідно до рекомендацій JECFA на фоні дефіцитного рівня надходження цинку. Рівень сумарного добового навантаження організму дорослої людини при комплексному надходженні металів складає 0,24 мг для свинцю, 0,02 мг – для кадмію, 1,6 мг – для міді та 10,2 мг – для цинку.

На другому етапі проводиться оцінка громадського здоров'я в умовах промислового регіону серед контингенту, що зазнає впливу чинників ризику. Він передбачає вибір групи населення, що зазнає впливу чинника ризику, та подальший аналіз стану здоров'я вищезазначеної групи за результатами епідеміологічного аналізу, що здійснюється за окремими медико-демографічними показниками або їх сукупністю. У наших дослідженнях, відповідно до мети та завдань, був проведений аналіз різних видів захворюваності – первинної, поширеності захворювань та госпітальної захворюваності на усі хвороби у цілому, хвороби сечостатевої системи та захворювання сечовидільної системи зокрема серед дорослого населення, що проживає в найбільших промислових містах Дніпропетровської області.

Інша складова цього етапу – комплексна клініко-гігієнічна оцінка індивідуального здоров'я (клінічне обстеження профільними спеціалістами, лабораторні та інструментальні методи дослідження специфічних індикаторів,

оцінка мікроелементного статусу за даними аналізу різних біологічних середовищ організму, експериментальні дослідження в натурних чи лабораторних умовах. Вибір форми проведення клініко-гігієнічного дослідження залежить від мети та поставлених завдань.

Нашими дослідженнями на цьому етапі встановлено високий рівень захворюваності населення регіону, який за середньобагаторічними показниками перевищує загальнодержавний рівень та характеризується достовірною тенденцією до зростання на 6,1-7,5% у більшості міст на фоні зниження випадків госпіталізації на 22,3 %. У структурі захворюваності населення Дніпропетровської області хвороби сечостатевої системи займають друге рангове місце у структурі первинної захворюваності, четверте рангове місце у структурі поширеності захворюваності та шосте рангове місце у структурі госпітальної захворюваності. На обласному рівні простежено чітку тенденцію до збільшення рівня первинної захворюваності населення та поширеності захворюваності на хвороби сечостатевої системи ($T_{пр}=14,8-16,4\%$). При цьому провідними нозологічними групами захворювань сечовидільної системи є інфекції нирок, камені нирок і сечоводів та цистит.

На третьому етапі проводиться детальна оцінка впливу чинника ризику на об'єкт впливу та прогнозування впливу. Теоретичні основи цього етапу базуються на вивченні закономірностей впливу чинників ризику різних об'єктів довкілля та внутрішнього середовища організму на стан здоров'я населення та дозволяє з використанням методів статистичного аналізу встановити умови, механізми та причини виникнення певної патології за впливу хімічних чинників довкілля. Системний аналіз і оцінка ризику спрямовані на визначення реального впливу чинника ризику на організм людини як за умови ізольованої, так і комбінованої і комплексної дії за хронічного його впливу впродовж значної частини життя або всього життя досліджуваного контингенту; визначення первинних індикаторів екологічно зумовлених донозологічних змін в організмі;

ступеня впливу хімічної компоненти на організм людини та взаємозв'язку між станом здоров'я населення і хімічним чинником ризику, зокрема ВМ.

Прогнозування впливу чиннику ризику в подальшому за умови відсутності використання методів управління ризиком впливу полягає у передбаченні подальшого перебігу або тенденцій розвитку певних явищ у стані здоров'я населення – мікроелементний статус, донозологічні зміни за результатами лабораторного та інструментального обстеження, стан здоров'я окремої людини чи громадське здоров'я у цілому. Одним із основних критеріїв таких моделей є прогностична цінність, тобто вірогідність розвитку негативних відхилень у стані здоров'я за впливу чинника ризику. Він базується на результатах математичного моделювання та прогнозування стану здоров'я мешканців екологічно несприятливих територій, визначенні порогових рівнів маркерів експозиції та оцінці ступеня екологічно детермінованих змін.

У контексті нашого дослідження нами проведено визначення особливостей впливу та ризиків для здоров'я населення внаслідок дії важких металів на рівні «фактору малої інтенсивності», тобто за умови постійного, тривалого і комплексного впливу низки важких металів, яким притаманні як токсичні, так і есенційні для організму людини властивості та прогнозування. При цьому визначення ризику від забруднення об'єктів довкілля дозволяє прогнозувати імовірність і медико-соціальну значимість можливих порушень здоров'я при різних сценаріях впливу, а ще й встановлювати першочерговість і пріоритетність заходів з управління факторами ризику на індивідуальному та популяційному рівнях [16, 96, 138, 217]. Одночасно результати можна використовувати для розрахунків економічних втрат суспільства у результаті погіршення здоров'я населення або визначення затрат на впровадження профілактичних заходів та поліпшення стану навколишнього природного середовища.

На цьому етапі встановлено, що важкі метали, які містяться у атмосферному повітрі, питній воді та харчових продуктах за їх комплексного надходження до

організму людини, з урахуванням інгаляційного та аліментарного шляхів, зумовлюють погіршення стану здоров'я населення промислових міст, свідченням чому є зростання показників первинної захворюваності та поширеності захворюваності, які мають пряму кореляційну залежність з концентрацією найбільш поширених ксенобіотиків – кадмію, свинцю, марганцю, нікелю, миш'яку та ртуті у вищезначених об'єктах довкілля ($r=0,77-0,98$) залежно від шляху надходження та виду життєзабезпечуючого середовища, за від'ємної закономірності щодо вмісту есенційних мікроелементів ($r=-0,78 - -0,97$).

Для характеристики ризику розвитку неканцерогенних та канцерогенних ефектів нами було обрано модель референтних концентрацій (RfC) та фактор канцерогенного потенціалу (SF) відповідно. Розрахунок індексів небезпеки проводили у цілому за комбінованої дії досліджуваних сполук та з урахуванням критичних органів і систем, оскільки, як зазначають [13], за впливу компонентів суміші на одні і ті ж органи або системи організму найбільш ймовірним типом їх комбінованого впливу є сумація (адитивність). Це правило не є універсальним, разом з тим, на думку міжнародних експертів, такий підхід хоча і може перебільшувати небезпеку для здоров'я, однак має більшу перевагу порівняно з роздільною, незалежною оцінкою кожного із компонентів.

Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів у населення за ізольованого впливу ВМ варіює від мінімального до високого залежно від виду металу, шляху надходження та території впливу. Індекс небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів у населення за хронічного комбінованого інгаляційного, перорального та комплексного впливу варіює від допустимого до високого, залежно від міста спостереження. Індивідуальний канцерогенний ризик за інгаляційного впливу канцерогенних ВМ варіює від мінімального до середнього, за перорального – від мінімального до допустимого. Сумарний канцерогенний ризик за інгаляційного впливу канцерогенних ВМ є середнім. При цьому величини індивідуального канцерогенного ризику для населення на рівні

чинних ГДК для хрому, кадмію та нікелю у атмосферному повітрі не відповідають вимогам безпечності для населення за міжнародними стандартами. Сумарний канцерогенний ризик за перорального впливу ВМ є допустимим.

Таким чином, за результатами проведених досліджень можна стверджувати, що існуючий рівень забруднення важкими металами об'єктів довкілля Дніпропетровської області не може вважатись безпечним, а для окремих ксенобіотиків, шляхів надходження і територій – є неприйнятним для населення та дозволяє прогнозувати ймовірність ризику ураження різних систем та органів людини, а відтак – погіршення громадського здоров'я у цілому. Така ситуація потребує розробки і впровадження комплексу профілактичних заходів і оцінки їх ефективності, що є наступними етапами моделі управління ризиками.

Отже, результати попередніх етапів висувують актуальні завдання з розробки комплексу заходів громадської охорони здоров'я, необхідності міжсекторального підходу з нагляду, моніторингу та координації, обґрунтовують необхідність активного впровадження комплексу профілактичних заходів: законодавчих, технічних і технологічних, санітарно-гігієнічних та екологічних, спрямованих на оздоровлення довкілля.

Надаючи безсумнівну пріоритетність цим загальноспрямованим попереджувальним заходам, важливою складовою ефективного управління ризиком впливу чинників довкілля на стан громадського здоров'я є медико-біологічний напрямок з актуалізацією персоніфікованого підходу до визначення впливу чинника ризику на організм та зміни суспільної парадигми з орієнтацією на підвищення відповідальності за власне здоров'я. Важливим аспектом такого підходу є донозологічна діагностика внутрішнього забруднення організму важкими металами з проведенням біомоніторингових досліджень для визначення мікроелементного статусу людини. Адже за результатами досліджень виявлено достовірно вищий у 1,2-10,6 разів вміст токсичних та потенційно токсичних мікроелементів у біосубстратах порівняно з референтними значеннями. Вміст

алюмінію, барію та свинцю виявився у 1,2-14,2 рази вище результатів досліджень, проведених у зоні еколого-гігієнічного оптимуму, що підтверджує техногенність їх походження. Така ситуація потребує широкого впровадження системи біомоніторингу та врахування її результатів при здійсненні гігієнічної регламентації чинників довкілля.

При цьому такий підхід слід застосовувати не лише для визначення впливу чинників довкілля, але і особливості їх змін при різних патологічних процесах в організмі, що стане важливою інформаційною базою для персоніфікованого підходу щодо призначення комплексу медико-профілактичних заходів при тому чи іншому захворюванні. Наприклад, в результаті дослідження встановлено, що захворювання нирок супроводжуються та можуть посилюватись на тлі мікроелементного дисбалансу, що проявляється достовірним збільшенням у 1,2-3,2 рази концентрації низки металів, а відтак, профілактичні заходи, спрямовані на ефективну нейтралізацію ВМ у біологічних середовищах та інтенсифікацію їх виведення з організму є вкрай важливим компонентом для підвищення ефективності лікувально-профілактичних заходів. Впровадження таких заходів необхідне, оскільки вони не використовуються широким загалом спеціалістів, у той час як рівень мікроелементного дисгOMEОстазу, яке патогенетичної основи дезадаптаційних станів організму невинно зростає [170, 189].

При цьому, як зазначають провідні вчені [102], для підвищення ефективності такого підходу необхідна активна розробка та формування національної бази референтних значень вмісту металів у різних біосубстратах для коректної інтерпретації отриманих результатів, залежно від різних методів дослідження, у різних біосубстратах людей залежно від гендерних та вікових особливостей. Адже протягом останніх трьох десятиліть у кожній країні існує тенденція визначати референсні значення для мікроелементів у популяції. Таким чином можна порівняти концентрації мікроелементів між групами населення в усьому світі, між населенням однієї території залежно від статеві-вікових

особливостей, а також виявити зміни мікроелементного профілю в організмі хворого, що має високу діагностичну та прогностичну цінність [11, 187, 218]. За допомогою систематичного біомоніторингу людини можна визначити довгострокові часові тенденції впливу токсичних речовин і впливу на здоров'я населення. Широкомасштабний, репрезентативний біомоніторинг у різних популяціях має величезну наукову та соціальну цінність, оскільки він забезпечує основу або довідку для формулювання та оцінки ефективної політики управління якістю довкілля [188]. Співпраця з державними, регіональними та місцевими посадовими особами охорони здоров'я, академічними та громадськими лідерами може допомогти визначити потенційні політичні, культурні та економічні бар'єри та рішення для успішного впровадження програми біомоніторингу.

Отже, погіршення якості життєзабезпечуючих об'єктів довкілля, зокрема через постійне та тривале забруднення ВМ, навіть на рівні «фактору малої інтенсивності», підвищення рівня внутрішнього забруднення організму, що свідчить про перманентний їх вплив, поряд з іншими хімічними речовинами, високі показники захворюваності та поширеності хвороб мешканців регіону, негативні тенденції до їх збільшення вимагають удосконалення моніторингу якості об'єктів довкілля, біомоніторингу організму, стану здоров'я населення, з акцентом на діагностику на донозологічному рівні, попередження, своєчасне виявлення захворювань, якісне їх лікування. Це висуває актуальні завдання з системи громадської охорони здоров'я з акцентом на міжсекторальний підхід. Україна повинна переймати досвід інших Європейських країн шляхом збільшення фінансування на охорону довкілля, здоров'я та профілактичних заходів щодо зменшення рівня захворювань.

Результати розділу опубліковані в наукових працях: [219, 220].

РОЗДІЛ 8

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Проведений нами аналіз сучасних нормативно-правових документів та літературних джерел вітчизняних і зарубіжних вчених дозволив окреслити актуальність проблеми екологічно зумовлених змін стану громадського й індивідуального здоров'я, що потребує всебічного аналізу для розробки і впровадження ефективних й дієвих управлінських рішень щодо мінімізації техногенного впливу на здоров'я населення. Адже розвиток промисловості, надмірне використання хімічних речовин, а також інтенсифікація автомобільного руху постійно створюють серйозні екологічні дисбаланси [9, 10, 170, 186].

Антропогенна діяльність в сучасну епоху чинить безпрецедентний тиск на екологічну ситуацію в усьому світі, яка загрожує не лише природі, а й екосистемі людини, внаслідок чого порушуються умови її життєдіяльності, підвищується рівень захворюваності [221]. Основні виклики, з якими зараз стикаються різні галузі промисловості у європейських країнах – необхідність підвищення екологічної ефективності виробництва для досягнення цілей Зеленої угоди ЄС до 2050 року, що вимагає стратегічного перегляду та зміни парадигми поточних виробничих процесів [222].

Проблема хімічного забруднення навколишнього середовища в Україні надзвичайно актуальна та набула особливого значення після початку повномасштабного вторгнення [223]. Дніпропетровська область відноситься до провідних індустріальних регіонів України, де проблема антропогенного забруднення довкілля, особливо стійкими у міграційних ланцюгах забруднюючими речовинами, до яких відносяться ВМ, потребує широкого вивчення з позицій попередження та управління ризиками для екосистеми у цілому та організму людини зокрема.

Комплексні дослідження, проведені нами у Дніпропетровській області, дозволили досягнути мети і вирішити поставлені завдання. Встановлено [21, 22], що викиди зі стаціонарних джерел забруднення є провідними у формуванні загального рівня забруднення – 82,3 % від загального обсягу викидів за рахунок підприємств переробної, добувної промисловості і розроблення кар'єрів, постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря.

Найвищий рівень викидів спостерігається у м. Кривий Ріг, що у 3,5-4,0 рази ($p < 0,001$) вище порівняно з іншими промисловими містами. Обсяги викидів хімічних речовин в атмосферне повітря м. Самар виявилося на 3-4 порядки нижче порівняно з викидами у промислових містах, що обґрунтовує його вибір в якості міста-порівняння при проведенні епідеміологічних досліджень. При цьому нами встановлено певну особливість – на фоні скорочення обсягів викидів низки забруднюючих речовин в 1,7-6,5 разів ($p < 0,01$ - $p < 0,001$) спостерігається відносна стабільність викидів ВМ.

Впродовж 2012-2021 рр. концентрації ВМ у атмосферному повітрі знаходилися в межах нормативного рівня зі специфікою металевого забруднення у кожному промисловому місті. Найбільш забрудненим виявилось м. Кам'янське, що у 1,5-11,0 разів достовірно вище порівняно з іншими містами. За 10-річний період дослідження спостерігається зростання концентрацій ВМ – свинцю, заліза, кадмію, нікелю та марганцю у 1,4-26,7 разів ($p < 0,05$ - $p < 0,001$) у атмосферному повітрі досліджуваних міст за відносної стабільності концентрацій інших металів.

Харчові продукти, які споживають мешканці регіону, 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 [74, 75]. Однак максимальні значення вмісту свинцю в основних групах продуктів харчування перевищують вітчизняні та міжнародні нормативи у 1,2 - 3,3 рази [110, 111].

Вміст есенційних МЕ 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 нижній межі біологічного рівня, 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 [5]. Враховуючи, що при кулінарній обробці продуктів втрачається до 26-42% вищезазначених мікроелементів, можна прогнозувати більш виражений їх дефіцит у харчуванні населення регіону, особливо міді.

У динаміці 5-річного періоду дослідження відзначалося поступове достовірне 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 при відносній стабільності досліджених міnorних речовин у зерні та зернобобових продуктах, молоці та молочних продуктах, за винятком зниження в 1,5 разів ($p < 0,05$) вмісту цинку.

Вода є основним ресурсом для існування життя, а доступ до безпечної питної води має вирішальне значення для здоров'я [29]. Однак впродовж останніх десятиліть на якість води негативно вплинули швидка індустріалізація, зростання урбанізації та недбале використання природних ресурсів [224]. Встановлено, що 24,4-30,6 % проб з систем централізованого водопостачання не відповідають гігієнічним регламентам за санітарно-хімічними показниками, 14,5-18,4% – з водопровідних мереж. Середньобагаторічні концентрації металів у питній воді усіх досліджуваних міст коливались у широкому діапазоні – від 0,0001 мг/л для ртуті до 0,19 мг/л – для алюмінію, що відповідає вимогам чинного законодавства. Однак за максимальними значеннями вмісту окремих металів в усіх промислових містах спостерігалось перевищення гігієнічних регламентів, найбільш виражене для заліза, яке сягало 60%. При цьому питома вага проб з перевищенням гігієнічного нормативу сягала 5-12%. Середній рівень свинцю у питній воді

досліджуваних міст відповідає гігієнічному регламенту та рекомендаціям ВООЗ, однак перевищує рекомендовані ААР рівні безпечного для дітей вмісту металу в питній воді у 1,2-6,5 разів [157]. Концентрації інших мікроелементів з групи ВМ як за середніми показниками, так і за максимальними значеннями відповідають ГДК, хоча вищі відповідних показників у непромисловому регіоні України. У динаміці дослідження відзначається поступове зниження на 14,2-54,5% концентрації свинцю у питній воді усіх промислових та контрольного міст ($p < 0,05$). Встановлено, що одночасна присутність мікроелементів з групи ВМ, що належать до I та II класів небезпеки за санітарно-токсикологічною лімітуючою ознакою шкідливості коливається в межах 1,1-1,9, тобто перевищує регламентований ДСанПіН 2.2.4-171-10 безпечний рівень.

У комплексі медичних показників захворюваність посідає особливе місце. Реалізація цілей щодо досягнення високих стандартів здоров'я і благополуччя передбачає вплив на провідні детермінанти здоров'я [55]. Нашими дослідженнями встановлено, що середній багаторічний показник первинної захворюваності населення Дніпропетровської області за всіма класами хвороб становив 7 272,23 випадки, загальної захворюваності – 22 250,84 випадки, госпітальної захворюваності – 2167,9 випадки на 10 тис. дорослого населення. При цьому найвищий рівень загальної та первинної захворюваності характерний для мешканців м. Дніпро – у 1,3-1,8 разів ($p < 0,001$) вище порівняно з показниками інших міст. У динаміці дослідження рівень первинної захворюваності достовірно збільшився – темп приросту склав 1,8-18,6%, за винятком м. Дніпро. Поширеність усіх хвороб також достовірно збільшилась – темп приросту за досліджуваний період коливався в межах 4,2-18,2%. У той же час спостерігається достовірне зниження випадків госпіталізації на 22,3 % у 2021 році порівняно з 2012 роком, що відповідає середньоєвропейським показникам.

У структурі захворюваності населення Дніпропетровської області хвороби сечостатевої системи займають друге рангове місце за показниками первинної

захворюваності, четверте рангове місце у структурі поширеності захворюваності та шосте рангове місце у структурі госпітальної захворюваності і свідчить про вищі, порівняно з загальнодержавним рівнем, показники [64, 65, 162]. Найвищий рівень захворюваності характерний для мешканців м. Дніпро, що у 1,5-3,0 рази ($p < 0,001$) перевищує показники Дніпропетровської області та інших міст.

На обласному рівні простежено чітку тенденцію до збільшення рівня первинної захворюваності та поширеності захворюваності населення на хвороби сечостатевої системи ($T_{пр.} = 14,8\%$ та $T_{пр.} = 16,4\%$ відповідно), їх питомої ваги у структурі загальної захворюваності при достовірному зниженні на 24,5% у 2020-2021 рр. порівняно з базовим 2012 роком ($p < 0,05$) рівня госпіталізації населення з вищезначеними хворобами. Отримані нами результати підтверджують загальносвітову тенденцію щодо зростання частоти і поширеності хвороб сечостатевої системи, що може бути зумовлено впливом цілого комплексу як зовнішніх, так і внутрішніх чинників, у тому числі й рівня забруднення об'єктів довкілля та свідчить про актуальність цієї проблеми для мешканців регіону. Провідними нозологічними групами захворювань сечовидільної системи, що вперше реєструються, є цистит, інфекції нирок та камені нирок і сечоводів. Найбільш поширеною патологією є інфекції нирок, камені нирок і сечоводів та цистит. При цьому відзначається загальна тенденція до зростання рівня захворюваності для більшості міст – на 5,2-36,0% ($p < 0,05$ - $p < 0,01$).

Комплексний аналіз якості об'єктів довкілля та стану здоров'я населення стали основою для визначення ступеня впливу хімічного забруднення довкілля на показники захворюваності, рівня добового надходження ВМ з різних об'єктів довкілля та комплексного їх надходження аліментарним та інгаляційним шляхами, а також розрахунку ризику розвитку неканцерогенних та канцерогенних ефектів за ізолюваного та комбінованого впливу ВМ.

Встановлено, що викиди забруднюючих речовин зі стаціонарних джерел забруднення у атмосферне повітря промислових міст безпосередньо чинять

незначний вплив на захворюваність населення, що, ймовірно, зумовлено географічними особливостями та умовами розсіювання. У той же час захворюваність населення промислових міст на хвороби сечостатевої системи, у т.ч. інфекції нирок та цистит має пряму залежність з концентрацією кадмію, заліза, марганцю та нікелю у приземному шарі атмосферного повітря ($r=0,77-0,95$; $p<0,05$), від'ємну – з вмістом міді ($r=-0,78 - -0,79$; $p<0,05$). Що стосується забруднення ВМ питної води, встановлено, що збільшення концентрації абіотичних миш'яку, ртуті, свинцю та кадмію прямо корелює зі зростанням рівня захворюваності населення на хвороби сечостатевої системи, у т.ч. інфекції нирок, камені нирок і сечоводів, циститу ($r=0,87 - 0,96$). Підвищення есенційних МЕ у питній воді, зокрема заліза, міді, цинку та марганцю зумовлює зниження рівня захворюваності населення на хвороби сечостатевої системи ($r= -0,88 - -0,97$).

Зростання вмісту ксенобіотиків з групи ВМ у основних групах харчових продуктів зумовлює підвищення частоти та поширеності захворюваності серед населення промислового регіону на хвороби сечостатевої системи ($r=0,74-0,98$; $p<0,05-p<0,01$). У той же час зниження вмісту есенційних МЕ у зернових та хлібобулочних виробах, м'ясі та м'ясних продуктах призводить до зростання частоти і поширеності окремих захворювань сечовидільної системи ($r=-0,79 - -0,97$; $p<0,05-p<0,01$). З усіх виявлених кореляційних зав'язків найбільша їх питома вага характерна для кадмію, що підтверджує результати досліджень інших вчених щодо токсичного впливу цього металу на нирки та їх функцію, що проявляється здебільш у підвищенні показників захворюваності населення на камені нирок і сечоводів та інфекції нирок.

Нашими дослідженнями встановлено, що СДД ВМ, які можуть надходити до організму дорослої людини з атмосферним повітрям протягом природної тривалості життя складає $0,1 \cdot 10^{-5} - 8,0 \cdot 10^{-4}$ мг/ (кг×д) та перевищує у 2-3 рази результати подібних досліджень у інших країнах [170]. СДД ВМ, які надходять з питною водою, коливається в широкому діапазоні залежно від виду металу. При

цьому СДД для токсичних ВМ у Дніпропетровській області виявився у 1,6-5,6 разів вище порівняно з результатами досліджень інших вчених [120]. Середньодобове надходження ВМ з питною водою виявилось найвищим для алюмінію – 0,25-0,42 мг/добу, заліза – 0,1-0,21 мг/добу, що у 4,2-8,8 разів вище порівняно з їх надходженням з атмосферним повітрям.

СДД свинцю з харчовими продуктами становила 0,0032 мг/ (кг×д), що більш ніж у 10 разів вище порівняно з максимально безпечним добовим рівнем його впливу згідно з даними FDA [172]. СДД кадмію становила 0,000251 мг/ (кг×д), що відповідає максимально безпечному добовому рівню впливу згідно з рекомендаціями FDA та EPA, відповідає даним досліджень, проведених у США та знаходяться на граничному рівні згідно з рекомендаціями JECFA [172]. Основними групами харчових продуктів за рівнем надходження ВМ є хлібобулочні вироби, овочі, фрукти та ягоди – 19,9-44,2% від загального рівня їх надходження, хоч абсолютний вміст свинцю і кадмію виявився найвищим у рибі та продуктах моря, м'ясі та м'ясних продуктах, цукрі та солодошах.

На фоні надмірного навантаження організму свинцем, нами встановлено зниження рівня надходження есенційних МЕ цинку та міді, який становить 10,02 мг/добу та 1,59 мг/добу відповідно. Рівень надходження цинку відповідає RDA [176], у той час як його дефіцит у харчовому раціоні порівняно з Нормами фізіологічних потреб складає 16,7-33,3% [177]. Враховуючи, що кількість цинку, що поглинається з їжею, коливається від 5% до понад 50%, залежно від кількості рослинної їжі, дефіцит цього есенційного МЕ може буде ще більш вираженим [176]. Рівень надходження міді відповідає RDA [176], Нормами фізіологічних потреб [177] і результатам подібних досліджень [173, 174]. Однак, враховуючи, що на засвоєння міді сильно впливає її кількість в раціоні - біодоступність коливається від 12 до 75%, може спостерігатись дефіцит міді у організмі [176].

Рівень СДН ВМ при комплексному їх надходженні з харчовими продуктами, питною водою та атмосферним повітрям в умовах Дніпропетровської області

складає 0,24 мг для свинцю, кадмію – 0,02 мг, міді – 1,6 мг, цинку – 10,2 мг. При цьому питома вага харчових продуктів у загальному рівні сумарного добового надходження ВМ становить 93-94%, питної води – 5%, атмосферного повітря – менше 1%, що корелює з результатами інших досліджень [70].

Проведений нами розрахунок і оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів у населення за хронічного інгалаційного впливу ВМ виявив, що коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів за хронічного інгалаційного впливу ВМ є мінімальним для кадмію та свинцю в усіх досліджуваних містах ($HQ=0,02-0,07$), допустимим – для нікелю та хрому в усіх містах ($HQ=0,11-0,45$), марганцю, цинку та міді у м. Кривий Ріг ($HQ=0,23-0,76$), насторожуючим – для марганцю у м. Дніпро та Кам'янське, цинку – у м. Кам'янське ($HQ=1,23-2,53$), високим – для міді у м. Кам'янське ($HQ=3,37$).

Загальний сумарний ризик розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу у м. Кам'янське є високим ($HI_{\text{заг}}=7,66-8,79$ ум.од.), що, згідно з [13, 16], потребує проведення термінових оздоровчих та інших заходів щодо його зниження. Загальний сумарний ризик у м. Дніпро за комбінованого впливу ВМ виявився насторожуючим ($HI_{\text{заг.}} = 4,01$). Лише для м. Кривий Ріг встановлено допустимий рівень сумарного ризику за впливу ВМ ($HI_{\text{заг.}} = 1,72$), що вимагає здійснення постійного контролю за цими сполуками, планування і проведення додаткових заходів щодо його зниження. Розрахунок індексу небезпеки за інгалаційного комбінованого впливу ВМ з урахування критичних органів і систем виявив, що рівень сумарного неканцерогенного ризику для людини, що проживає в умовах м. Кам'янське для усіх систем і органів (для органів дихання, нервової системи та нирок (сечовидільної системи)) був насторожуючим ($HI = 3,41-5,97$), у м. Дніпро – допустимим ($HI = 1,35-2,73$), у м. Кривий Ріг – допустимим для органів дихання та нервової системи ($HI = 1,03-1,45$) та мінімальними – для нирок (сечовидільної системи) ($HI = 0,78$).

Найбільш небезпечним з досліджуваних ВМ щодо формування канцерогенного ризику для населення є хром [14], CR якого є середнім – прийнятним для виробничих умов, але неприйнятним для населення. CR при надходженні кадмію та нікелю до організму людини в усіх досліджуваних містах є низьким. Однак слід зазначити, що розраховані величини індивідуального канцерогенного ризику для населення на рівні чинних ГДК для вищезначених ВМ становлять $5,4 \cdot 10^{-4}$ для кадмію, $2,6 \cdot 10^{-4}$ – для нікелю, $3,6 \cdot 10^{-6}$ – для свинцю та $1,8 \cdot 10^{-2}$ – для хрому, тобто ГДКс.д. для ВМ атмосферного повітря за міжнародною класифікаційною шкалою відповідають прийнятному ризику ($1 \cdot 10^{-4}$) лише для свинцю. Таким чином, гігієнічні нормативи практично для усіх вищезначених металів в атмосферному повітрі населених місць за міжнародними стандартами не відповідають вимогам безпечності для населення і потребують перегляду, на що наголошують вчені Інституту громадського здоров'я ім. О.М.Марзєєва [14].

У промислових містах Дніпропетровської області у 2012-2021 роках канцерогенний ризик за комбінованої дії досліджуваних ВМ (CR_A), а також речовин з доведеною небезпекою для людини, група 1 (CR_{A1}) коливався в межах $1,37\text{--}2,14 \cdot 10^{-4}$, що свідчить про середній рівень канцерогенного ризику для населення, який є прийнятним для виробничих умов, але неприйнятним для населення та потребує динамічного контролю і поглибленого вивчення джерел викиду і можливих наслідків шкідливої дії для вирішення питання про заходи з його зниження. Загалом від інгаляційного надходження чотирьох канцерогенів у досліджуваних містах можна спрогнозувати 19,14 випадків раку на 100 тис. населення у м. Дніпро, 21,4 випадків раку на 100 тис. населення у м. Кам'янське та 13,8 випадків раку на 100 тис. населення у м. Кривий Ріг.

HQ від впливу ВМ питної води для усіх досліджуваних ВМ менше 1, так само як і HI за їх сумарного впливу, тобто є допустимим, а відтак питна водопровідна вода за вмістом ВМ безпечна для споживання людиною, що

кореспондується з результатами досліджень зарубіжних вчених [6, 120, 180]. Індивідуальний та сумарний канцерогенний ризик від споживання питної води, що містить миш'як та свинець у існуючих концентраціях у різних промислових містах відповідає допустимому рівню за середніми значеннями 5-річного періоду дослідження.

Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів від ізольованої дії досліджуваних ВМ – свинцю, кадмію, цинку та міді з харчовими продуктами є допустимим ($HQ=0,25-0,91$), що корелює з результатами досліджень у інших країнах [133, 181]. Надходження ВМ з усіма продуктами харчових раціонів мешканців Дніпропетровської області становить 2,21, що свідчить про допустимий ризик розвитку неканцерогенних ефектів.

Канцерогенний ризик від надходження свинцю і кадмію з харчовими продуктами для мешканців Дніпропетровської області становив $2,71E-05$ та $1,53E-06$ відповідно, що згідно з рекомендаціями USEPA, свідчить про допустимий канцерогенний ризик. Канцерогенний ризик від комбінованого надходження свинцю і кадмію також є допустимим – $2,86E-05$ та вказує на додаткові 3 випадки раку на 100 000 мешканців.

Як один з найбільш інформативних методів визначення впливу хімічних речовин на організм останнім часом набув поширення біомоніторинг, який проводиться з метою доказу наявності зв'язку між зовнішньою експозицією хімічних речовин та поглиненою їх дозою, між станом адаптаційно-компенсаторних процесів в організмі та ризиком погіршення здоров'я [188] та вважається «золотим стандартом» для оцінки впливу на людину ВМ.

Результати проведених досліджень мікроелементного статусу здорового населення, яке проживає в умовах промислово забруднених територій, та при розвитку захворювань сечовидільної системи дозволили встановити певні особливості, гендерну та вікову специфіку, а також зв'язок з показниками стану

організму. З 18 досліджених мікроелементів нижче межі визначення виявились Ga, In та Tl в усіх зразках сироватки крові, Ag – понад 50% проб біосубстратів.

Аналіз мікроелементного складу сироватки крові клінічно здорових обстежених мешканців промислового регіону виявив, що концентрація більшості токсичних та потенційно токсичних МЕ виявились у 1,2-10,6 разів вище референтних значень, представлених у публікаціях зарубіжних вчених та результатів подібних досліджень у зоні еколого-гігієнічного оптимуму [11, 14, 190]. Вміст кадмію та стронцію відповідає результатам подібних досліджень, однак за середніми показниками у 2,9-4,7 разів вищий порівняно з референтними значеннями [11, 192]. Лише концентрація срібла тотожна результатам подібних досліджень у зоні еколого-гігієнічного оптимуму та відповідають референтним значенням, встановленим у окремих країнах [11, 190, 191]. Отримані дані свідчать про значний рівень внутрішнього забруднення ВМ організму мешканців промислових територій.

Концентрація есенційних та умовно есенційних МЕ – кобальту, хрому, відповідають результатам подібних досліджень, нікелю – у 3,7 разів вище результатів досліджень інших авторів та у 2,3-4,7 разів вищі за референтні значення [11, 90, 192]. Вміст бору та літію відповідає референтним значенням, встановленим у окремих країнах [11, 190, 191] за вищих у 1,8 разів рівнів літію порівняно з даними досліджень інших авторів [190, 192]. Вміст марганцю вищий, заліза – відповідає референтним значенням та даним літератури [11, 192], однак у 14,3% обстежених виявлено вміст МЕ на рівні, що нижче мінімальних значень. Отримані нами дані виявились у 1,5-2,3 рази вищі за результати досліджень на території еколого-гігієнічного оптимуму [102]. Така ситуація може бути наслідком підвищеного надходження ВМ до організму мешканців промислових територій, зумовлена техногенним забрудненням довкілля, у тому числі внаслідок ракетних обстрілів.

Вміст цинку у сироватці крові клінічно здорового дорослого населення промислового регіону у цілому відповідає референтним значенням та даним літератури [11, 192], хоча мінімальні рівні на 44% нижчі порівняно з результатами досліджень вчених, проведених на теренах нашої держави та на 22,5% нижче середнього рівня референтних значень згідно з [11]. Концентрація міді виявилась нижче референтних значень [192], особливо стосовно мінімальних показників, які виявились у 2 рази нижчими для мешканців промислового регіону, так само, як і у співставленні з результатами подібних досліджень на теренах нашої держави [102], а, отже, можна припустити існування цинк- та мідьдефіцитних станів у населення промислового регіону.

У пацієнтів з пієлонефритом виявлено певні відмінності щодо концентрацій як МЕ сироватки крові порівняно з контрольною групою. Вміст барію, бору, марганцю, нікелю, свинцю та стронцію виявився у 1,4-3,0 разів достовірно вищим за показники контрольної групи. Вміст міді у сироватці крові хворих на пієлонефрит виявився у 1,4 рази ($p < 0,001$) вищим порівняно з контрольною групою, що згідно з [199], може розглядатись як захисна реакція. Важливим фактором збільшення концентрації міді у крові хворих, як зазначають автори, можна вважати її конкурентний антагонізм із цинком за спільні лігандні зв'язки під час її засвоєння. Концентрація цинку у групі хворих суттєво не відрізняється від показників групи контролю, хоча характеризується тенденцією до зниження на 5-10%. При цьому у 20% пацієнтів виявлено гіпоцинкемію. Вищезначене є доволі показовим [11, 195], оскільки з недостатністю цинку пов'язане зниження антиоксидантного захисту ферментативних систем та формування адекватної відповіді організму при захворюваннях нирок.

Аналіз вікових та статевих особливостей концентрації металів у сироватці крові свідчить про тенденцію до їх зростання з віком для низки металів, однак без достовірних відмінностей. У той же час встановлено, що з віком достовірно знижується концентрація хрому, бору та цинку, про що зазначають інші автори

у своїх дослідженнях [203]. Що стосується гендерних відмінностей – виявлено тенденцію до більш високих показників вмісту металів у сироватці крові чоловіків порівняно з жінками, однак достовірними ці відмінності виявились для барію, свинцю та нікелю – у 1,2-1,3 рази. Вміст міді та срібла виявився у 1,3-1,4 разів вище в сироватці крові жінок.

Аналіз мікроелементного складу сечі дозволив встановити, що рівні Ga та In в усіх зразках були нижче межі виявлення. У декількох пробах у обох груп спостереження було виявлено талій у концентраціях 0,45-2,1 мкг/л, що відповідає або дещо перевищує подібні результати [12, 104, 190]. Концентрація срібла, бору, алюмінію, нікелю, літію та кадмію у сечі дорослого клінічно здорового населення промислового регіону відповідає даним літератури та референтним значенням [12, 103, 104, 135, 190]. Вміст барію, кобальту, заліза, хрому та стронцію виявився у 1,5-8,8 разів вище референтних значень [11, 103, 104, 135, 190], хоча корелює з результатами подібних досліджень [102, 104, 190, 195]. Концентрація свинцю перевищує референтні значення та дані досліджень у екологічно-сприятливому регіоні [12, 103]. Вміст міді відповідає референтним значенням [190], однак нижче середнього рівня за даними [12, 104, 135], а відтак отримані нами результати можуть свідчити про існування мідьдефіцитних станів у населення [170, 186]. Вміст марганцю знаходиться у діапазоні референтних концентрацій, хоча у 3,5 разів нижче показників територій еколого-геохімічного оптимуму [102]. Діапазон коливання концентрацій цинку відповідає референтним значенням та даним літератури [135, 190], хоча у 3,3 рази менше порівняно з [12].

Порівняння отриманих нами результатів з базами даних NHANES [103] свідчить, що максимальні концентрації кадмію та стронцію виявились у 1,4-1,5 разів вище порівняно з неекспонованим населенням. Подібна ситуація характерна і для свинцю та барію, концентрація яких у сечі виявилась у 2,4-14,2 рази вищою. Отримані дані узгоджуються з результатами наших попередніх досліджень щодо підвищення вмісту токсичних та потенційно токсичних ВМ у

біосубстратах мешканців промислового регіону [5, 170] та свідчить про досить значний рівень внутрішнього забруднення організму людини, що проживає в умовах техногенно забруднених територій та становить потенційну загрозу для здоров'я як на індивідуальному, так і популяційному рівнях.

У групі хворих на пієлонефрит нами встановлено порушення мікроелементного балансу. Так, вміст алюмінію, бору, кадмію, хрому, літію, марганцю та цинку у сечі виявився у 1,2-3,2 рази вищим ($p < 0,05$ - $p < 0,001$) порівняно з групою контролю. Концентрація барію виявилась у 3,5 разів нижчою ($p < 0,01$). При цьому такі відмінності зумовлені здебільш мікроелементним дисбалансом у пацієнтів з хронічною формою захворювання. Для заліза, міді та кобальту також виявлено незначне зниження вмісту у сечі хворих на пієлонефрит, однак без достовірних відмінностей.

Аналіз гендерних та вікових особливостей виявив, що вміст усіх досліджуваних металів виявився вищим у сечі чоловіків контрольної групи порівняно з жінками, однак достовірними ці відмінності виявились для барію, бору, кадмію, свинцю та стронцію, а також нижчим – для алюмінію та марганцю. З віком спостерігається тенденція до зростання у сечі здорового населення вмісту низки металів – алюмінію, кадмію, міді та літію, однак достовірними ці відмінності виявились для барію, марганцю та цинку при достовірному зниженні концентрації кобальту та алюмінію.

Результати аналізу міграційних особливостей металів в системі «навколишнє середовище-організм людини» свідчать, що мідь характеризується найвищим ІІ порівняно з іншими металами, що певним чином зумовлено особливостями її засвоєння та низьким рівнем включення у формені елементи крові. Найбільш інтенсивно порівняно з сироваткою крові елімінуються з організму марганець та стронцій, найменш інтенсивно – мідь та залізо. При цьому розвиток патології супроводжується порушенням виведення з організму більшості мікроелементів. Найбільшою мірою взаємодіяли з іншими МЕ у обох

біосубстратах кобальт, хром, барій, марганець, стронцій та свинець. При розвитку захворювань нирок у 1,3-1,7 разів зростає питома вага достовірних кореляційних зв'язків між досліджуваними ВМ.

Розрахований нами ступінь адаптованості організму за показниками вмісту ВМ у досліджуваних біосубстратах у здорового населення за впливу ВМ виявився у 1,1-1,4 рази нижчим порівняно з аналогічним показником у групі хворих, що, вірогідно, є проявом напруги регуляційно-адаптаційних систем внаслідок патологічних змін в організмі, зумовлених розвитком захворювань сечовидільної системи. Тобто зростання концентрації міді та свинцю у сироватці крові зумовлює підвищення їх вмісту у сечі, у той час як виведення алюмінію і бору уповільнюється при патологічному процесі. При формуванні патології сечовидільної системи у сироватці крові найбільшою мірою за КСВ в організмі зростають такі ВМ, як бор, марганець та свинець при зниженні цинку.

Вивчення взаємозв'язку вмісту ВМ у біосубстратах – сироватці крові й сечі з загальними та клініко-лабораторними показниками стану здоров'я дозволило встановити, що за даними кореляційного аналізу на показник зросту, ваги та індексу маси тіла, як морфометричних показників та показників обміну речовин наступні мікроелементи мали прямий вплив: кобальт, хром, барій, свинець, нікель у населення обох статей, мідь та бор залежно від статі. І лише зростання концентрації марганцю у крові корелювало зі зниженням ваги тіла, ІМТ, а також рівнем артеріального тиску.

Вміст таких ВМ, як хром та кобальт прямо корелюють з рівнем гемоглобіну у крові, у той же час свинець та алюміній, як токсичні мікроелементи, характеризується наявністю від'ємної кореляції. Зниження кількості лейкоцитів в організмі корелювало зі зростанням таких токсичних МЕ, як барій, стронцій, свинець та нікель. У той же час підвищення вмісту срібла в організмі, так само як і міді корелювало з підвищенням кількості лейкоцитів у організмі та свідчить про активацію антимікробного захисту за участю цих мікроелементів.

Кореляційний аналіз між вмістом ВМ сироватки крові та низкою біохімічних маркерів функціонального стану нирок, таких як: креатинін крові, сечовина, азот сечовини, загальний білок та швидкість клубочкові фільтрації дозволив встановити, що підвищення кадмію сприяє підвищенню креатинінемії, збільшенням концентрації азоту сечовини крові. У той же час зростання вмісту марганцю, кобальту і літію у крові корелює зі зниженням рівня креатиніна, сечовини та азоту сечовини крові. Підвищення кадмію, барію і срібла у крові супроводжується зниженням швидкості клубочкової фільтрації, у той же час літію і бору – підвищується. Виявлено взаємозв'язок окремих МЕ з питомою вагою сечі, виділенням білка з сечею, добовим діурезом. Підвищення рівня екскреції бору та літію прямо корелює з питомою вагою сечі, так само, як і вміст кадмію та рівень протеїнурії $r = (0,322, p = 0,049)$.

Базуючись на класичних підходах, існуючих наукових розробках [16, 115, 211, 212, 213, 215, 217], з урахуванням регіональних особливостей та результатів власних досліджень, нами розроблені науково-обгрунтовані підходи з управління ризиком для здоров'я населення за хронічного впливу важких металів в умовах промислових територій.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено теоретичне обґрунтування та вирішення науково-практичного завдання з вивчення особливостей забруднення важкими металами життєзабезпечуючих об'єктів довкілля та внутрішнього середовища організму людини, оцінки ризику для здоров'я населення за ізолюваної та комбінованої їх дії, визначення мікроелементного статусу за умов техногенного впливу та змін мікроелементного гомеостазу при розвитку захворювань, розробки науково-обґрунтованих підходів з управління ризиком для здоров'я населення за хронічного впливу важких металів в умовах промислових територій.

1. Встановлено особливості поліметалевого забруднення життєзабезпечуючих об'єктів довкілля Дніпропетровської області. Середньорічні концентрації важких металів здебільш відповідають вітчизняним і міжнародним стандартам, хоч перевищують результати досліджень на незабруднених територіях та характеризуються різноспрямованими тенденціями у динаміці дослідження. Максимальні значення вмісту свинцю в окремих продуктах харчування, алюмінію – у питній воді перевищують чинні гігієнічні регламенти у 1,2-3,3 рази. Одночасна присутність досліджуваних металів у питній воді за санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості перевищує безпечний рівень комбінованої дії.

2. Визначено, що первинна захворюваність та поширеність захворюваності дорослого населення Дніпропетровської області перевищує загальнодержавний рівень та характеризується тенденцією до зростання на 6,1-7,5% у більшості досліджених міст. Хвороби сечостатевої системи займають друге рангове місце у структурі первинної захворюваності, четверте – у структурі поширеності захворюваності та шосте – у структурі госпітальної захворюваності. Відзначається тенденція до збільшення рівня захворюваності населення на

хвороби сечостатевої системи. Провідними нозологічними групами захворювань сечовидільної системи є інфекції нирок, камені нирок і сечоводів та цистит.

3. Розраховано, що середня добова доза важких металів, що надходять до організму з атмосферним повітрям, становить $0,1 \cdot 10^{-5} - 8,0 \cdot 10^{-4}$ мг/ (кг×д), з питною водою – $0,28 \cdot 10^{-5} - 6,1 \cdot 10^{-3}$ мг/ (кг×д), з харчовими продуктами – $0,25 \cdot 10^{-3} - 0,143$ мг/ (кг×д), що у 1,6-5,6 разів достовірно вище результатів досліджень у зоні еколого-геохімічного оптимуму. Рівень добового надходження свинцю перевищує максимально безпечні рівні впливу відповідно до рекомендацій FDA та ЕРА, кадмію – знаходиться на верхній його межі згідно з рекомендаціями JECFA на фоні дефіциту надходження цинку. Рівень сумарного добового навантаження організму дорослої людини при комплексному надходженні металів складає 0,24 мг для свинцю, 0,02 мг – для кадмію, 1,6 мг – для міді та 10,2 мг – для цинку.

4. Доведено вплив важких металів навколишнього середовища на стан здоров'я мешканців регіону. Збільшення вмісту ксенобіотиків у довкіллі корелює зі зростанням рівня первинної захворюваності та поширеності захворюваності населення ($r=0,77-0,98$) за від'ємної тенденції щодо есенційних мікроелементів ($r=-0,78 - -0,97$). Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів у населення за ізолюваної дії металів варіює від мінімального до високого, індекс небезпеки за їх комбінованого та комплексного впливу – від допустимого до високого, залежно від виду металу, шляху надходження та території впливу. Сумарний канцерогенний ризик за інгаляційного впливу важких металів є середнім, за перорального впливу – допустимим.

5. Виявлено особливості мікроелементного статусу мешканців Дніпропетровської області, з достовірно вищим у 1,2-10,6 разів вмістом токсичних та потенційно токсичних мікроелементів у біосубстратах порівняно з референтними значеннями. Вміст алюмінію, барію та свинцю виявився у 1,2-14,2 рази вище результатів досліджень, проведених у зоні еколого-гігієнічного

оптимуму. Концентрація есенційних мікроелементів у біосубстратах мешканців регіону здебільш відповідає референтним значенням та корелює з результатами подібних досліджень, за винятком нижчого у 1,7-3,5 разів вмісту міді та цинку в сироватці крові, цинку та марганцю – у сечі. Визначено гендерні особливості мікроелементного статусу з достовірно вищим у 1,3-1,8 разів вмістом барію, бору, нікелю, кадмію, свинцю та стронцію в різних біосубстратах чоловіків порівняно з жінками за нижчих у 1,2-1,4 рази рівнів міді та срібла у сироватці крові, алюмінію та марганцю – у сечі. З віком достовірно знижується концентрація хрому, бору та цинку у сироватці крові, кобальту та алюмінію – у сечі за зростання вмісту барію, марганцю та цинку у сечі.

6. Встановлено розвиток мікроелементного дисбалансу при захворюванні нирок, що проявляється достовірним зростанням у 1,2-3,2 рази вмісту барію, бору, марганцю, нікелю, свинцю, міді та стронцію у сироватці крові, алюмінію, бору, кадмію, хрому, літію, марганцю та цинку – у сечі порівняно з показниками контрольної групи. Вищезначене зумовлено порушенням виведення мікроелементів при розвитку патологічного процесу на фоні напруження регуляторно-адаптаційних систем організму. Зміни мікроелементного гомеостазу корелюють з клініко-лабораторними показниками організму, з найбільшою питомою вагою змін морфометричних показників та показників обміну речовин, дихальної та захисної функцій крові, а також біохімічних маркерів функціонального стану нирок.

7. Запропоновано підходи з управління ризиком для здоров'я населення за хронічного впливу важких металів в умовах промислових територій, що є важливою складовою для своєчасного прогнозування стану здоров'я за впливу чинників довкілля та при різних патологічних процесах в організмі, розробки комплексу заходів для покращення громадського здоров'я населення.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Встановлено рівень комплексного і комбінованого забруднення важкими металами об'єктів довкілля, що створює умови для підвищення ефективності провадження міжсекторального підходу з мінімізації негативних наслідків техногенного забруднення навколишнього середовища.

2. Визначено детермінантну питому вагу різних життєзабезпечуючих об'єктів довкілля у формуванні внутрішнього забруднення організму важкими металами та мікроелементного статусу, що сприяє актуалізації персоніфікованого підходу при розробці профілактичних заходів.

3. Обґрунтовано необхідність застосування біомоніторингових досліджень в практичній діяльності для підвищення ефективності діагностики та профілактики розвитку мікроелементозів у населення за впливу чинників довкілля та при захворюваннях сечостатевої системи.

4. Доповнено інформаційну базу щодо вмісту мікроелементів у різних біосубстратах організму в умовах техногенного навантаження, що підвищує ефективність проведення біомоніторингу.

5. Створено кореляційну матрицю взаємозв'язку між ксенобіотиками і есенційними мікроелементами та клініко-лабораторними показниками й ступенем адаптації організму, що дозволяє прогнозувати вплив важких металів на стан здоров'я населення.

6. Запропоновано науково-обґрунтовані підходи з управління ризиком для громадського здоров'я за впливу важких металів довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бердник ОВ, Скочко ТП, Добрянська ОВ, Рудницька ОП. Багатовимірність поняття «хвороба» у контексті громадського здоров'я (частина 1 – теоретичне дослідження). Довкілля та здоров'я. 2022;3:4-11. DOI: 10.32402/dovkil2022.03.004
2. Гребняк МП, Таранов ВВ, Федорченко РА. Сучасна динаміка здоров'я населення України у глобальному вимірі. Довкілля та здоров'я. 2018;3(88):27-33.
3. Jalili C, Kazemi M, Cheng H, Mohammadi H, Babaei A, Taheri E, et al. Associations between exposure to heavy metals and the risk of chronic kidney disease: a systematic review and meta-analysis. Crit Rev Toxicol. 2021;51(2):165-82. DOI: 10.1080/10408444.2021.1891196
4. Linkage methods for environment and health analysis: general guidelines, a report of the Health and Environment Analysis for Decision-Making (HEADLAMP) project. United Nations Environment Program, United States Environmental Protection Agency, WHO [Internet]. [cited 2024 Apr 10]. Available from: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/60978?locale=ru#sthash.ZR6sJ6id.dpuf>
5. Beletskaya EM, Onul NM. Ecological-hygienic assessment of the anthropogenic load of the environment as a risk factor for the health of the population of the Dnipropetrovsk region. Dnepropetrovsk: Aktsent PP; 2016. 140 p.
6. Mawari G, Kumar N, Sarkar S, Frank AL, Daga MK, Singh MM, et al. Human health risk assessment due to heavy metals in ground and surface water and association of diseases with drinking water sources: a study from Maharashtra, India. Environ Health Insights. 2022;16:11786302221146020. DOI: 10.1177/11786302221146020
7. Machate DJ. Anthropogenic hyperactivity for natural resources increases heavy metals concentrations in the environment: Toxicity of healthy food and cancer risks estimated. Journal of trace elements and minerals. 2023;4:100057. DOI: 10.1016/j.jtemin.2023.100057
8. Mitra S, Chakraborty AJ, Tareq AM, Emran TB, Nainu F, Khusro A, et al. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity. Journal of King Saud University. 2022;34(3):101865. DOI: 10.1016/j.jksus.2022.101865

9. Гуліч МП, Харченко ОО, Ємченко НЛ, Ольшевська ОД, Любарська ЛС. Війна в Україні: проблема забруднення важкими металами сільськогосподарських угідь та продукції (аналіз літературних даних). Довкілля і здоров'я. 2024;4(113):38-44. DOI: 10.32402/dovkil2024.04.038
10. Fu Z, Xi S. The effects of heavy metals on human metabolism. Toxicol mech methods. 2020;30(3):167-76. DOI: 10.1080/15376516.2019.1701594
11. Nawi AM, Chin S-F, Jamal R. Simultaneous analysis of 25 trace elements in micro volume of human serum by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Practical Laboratory Medicine. 2020;18:e00142. DOI: 10.1016/j.plabm.2019.e00142
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 Pt A):189-200. DOI: 10.1016/j.ijheh.2016.10.006
13. Про затвердження Методичних рекомендацій "Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря. Наказ МОЗ України від 18.10.2023 № 1811 [Інтернет]. 2023 [цитовано 2024 Січ 21]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1811282-23#Text>
14. Черниченко ІО, Литвиченко ОМ, Бабій ВФ, Кондратенко ОЄ, Главачек ДО. Хімічні канцерогени у навколишньому середовищі України: ризик для населення, шляхи попередження, удосконалення гігієнічного регламентування. Довкілля та здоров'я. 2023;3(108):4-11. DOI: 10.32402/dovkil2023.03.004
15. Ati-Hellal M, Hellal F. Heavy metals in the environment and health impact. In: Otsuki T, editor. Environmental Health. IntechOpen; 2021, p. 1-14. DOI: 10.5772/intechopen.97204
16. Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures. US EPA [Internet]. [cited 2024 Jan 21]. Available from: <https://www.epa.gov/risk/guidelines-health-risk-assessment-chemical-mixtures>

17. Сердюк АМ, Стусь ВП, Ляшенко ВІ. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності населення у промислових регіонах України. Дніпропетровськ: Пороги; 2011. 486 с.
18. Шмандій ВМ, Шмандій ОВ. Екологічна безпека – одна з основних складових національної безпеки держави. Екологічна безпека. 2008;1:9-15.
19. Захарченко ВІ, Захарченко СВ. Ефективність природокористування і стан навколишнього природного середовища як чинники міжнародної конкурентоспроможності України та її регіонів. Збалансоване природокористування. 2017;1:57-62.
20. Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2021 рік. Дніпро; 2022. 241 с.
21. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2021 р. Дніпро; 2022. 304 с.
22. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2019 р. Дніпро; 2020. 320 с.
23. Scutarașu EC, Trincă LC. Heavy metals in foods and beverages: global situation, health risks and reduction methods. Foods. 2023;12(18):3340. DOI: 10.3390/foods12183340
24. Шевчук ВД, Мудрак ГВ, Франчук МО. Екологічна оцінка інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами. Colloquium-journal. Agricultural sciences. 2021;10(97):40-6.
25. Турос ОІ, Петросян АА, Маремуха ТП, Моргульова ВВ, Царенок ТВ. Оцінка ризику для здоров'я та соціальні втрати населення від забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств і автотранспорту. Довкілля та здоров'я. 2022;4(89):49-53. DOI: 10.32402/dovkil2022.02.049
26. Дудоров О, Письменський Є. Забруднення атмосферного повітря як злочин проти довкілля: законодавчий, правозастосовний і теоретичний аспекти. Наук. вісн. НДІ проблем досудового розслідування. 2024;2:146-96. DOI: 10.61417/2786-7900.2024.2.11
27. Nguyen Van T, Ozaki A, Nguyen Tho H, Nguyen Duc A, Tran Thi Y, Kurosawa K. Arsenic and Heavy Metal Contamination in Soils under Different Land Use in an Estuary

in Northern Vietnam. *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Nov 5;13(11):1091. DOI: 10.3390/ijerph13111091

28. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. WHO [Internet]. 2022 [cited 2024 Nov 16]. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/352532/9789240045064-eng.pdf?sequence=1>

29. Zamora-Ledezma C, Negrete-Bolagay D, Figueroa F, Zamora-Ledezma E, Ni M, Alexis F, et al. Heavy metal water pollution: A fresh look about hazards, novel and conventional remediation methods. *Environmental Technology & Innovation*. 2021;22:101504. DOI: 10.1016/j.eti.2021.101504

30. Fawkes L, Sansom G. Preliminary Study of Lead-Contaminated Drinking Water in Public Parks-An Assessment of Equity and Exposure Risks in Two Texas Communities. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(12):6443. DOI: 10.3390/ijerph18126443

31. Li L, Haoran Y, Xiaocang X. Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review. *Frontiers in Environmental Science*. 2022;10:880246. DOI: 10.3389/fenvs.2022.880246

32. Singh A, Sharma A, Verma KR, Chopade LR, Pandit PP, Nagar V, et al. Heavy Metal Contamination of Water and Their Toxic Effect on Living Organisms. In: Dorta DJ, editor. *The Toxicity of Environmental Pollutants* [Internet]. Intech Open; 2022 [cited 2024 Nov 16]. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/82246> DOI: 10.5772/intechopen.105075

33. Лотоцька ОВ, Прокопов ВО. Гігієнічні проблеми питного водопостачання в Західному регіоні України. Тернопіль: ТНМУ; 2021. 200 с.

34. Hama Aziz KH, Mustafa FS, Omer KM, Hama S, Hamarawf RF, Rahman KO. Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review. *RSC Adv*. 2023;13(26):17595-610. DOI: 10.1039/d3ra00723e

35. Unsal V, Dalkiran T, Cicek M. The role of natural antioxidants against reactive oxygen species produced by cadmium toxicity: a review. *Adv Pharm Bull*. 2020;10:184-202. DOI: 10.34172/apb.2020.023

36. Щербакова НС, Максимова ЮЮ. Вплив токсичних елементів на органолептичні показники молока. Вісн. Полтав. держ. аграрної академії. 2019;4:153-8. DOI: 10.31210/visnyk2019.04.19
37. Кричковська ЛВ, Белінська АП, Анан'єва ВВ. Безпека харчових продуктів: антиаліментарні фактори, ксенобіотики, харчові добавки: навч. посіб. Харків: НТУ «ХП»; 2017. 98 с.
38. Мазур ВА, Ткачук ОП, Яковець ЛА. Екологічна безпека зернової та зернобобової продукції. Вінниця: ВНАУ; 2020. 442 с.
39. Гуліч МП, Харченко ОО, Петренко ОД, Ященко ОВ, Любарська ЛС. Харчування і стрес: виклики воєнного стану. Довкілля і здоров'я. 2023;3(108):31-8. DOI: 10.32402/dovkil2023.03.031
40. 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: 10.1007/s12011-018-1384-0
41. 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: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.138
42. 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: 10.1016/j.vas.2021.100192
43. Rai PK, Lee SS, Zhang M, Tsang YF, Kim KH. Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. Environment international. 2019;125:365-85. DOI: 10.1016/j.envint.2019.01.067
44. Salim SA, Ov NS, Dana Z, Hashami Z, Afrah A, Sadeghi E, et al. A comprehensive image of environmental toxic heavy metals in red meat: A global systematic review and meta-analysis and risk assessment study. Sci Total Environ. 2023;889:164100. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164100

45. FAO CXS193-1995-General Standards for Contaminants and Toxins in Food and Feed [Internet]. 2023 [cited 2022 Dec 18]. Available from: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B193-1995%252FCXS_193e.pdf
46. Dağcılar K, Gezer C. Heavy metal residues in milk and dairy products produced in Northern Cyprus. *Prog Nutr*. 2021;23:e2021019. DOI: 10.23751/pn.v23i1.9384
47. Roşca M, Hlihor RM, Mihalache M, Stoleru V. Heavy metals contamination of fruits and vegetables in Europe. *Sci Pap Horti Ser USV Iasi*. 2021;64:227-32.
48. Zalakeviciute R, Mejia D, Alvarez H, Bermeo X, Bonilla-Bedoya S, Rybarczyk Y, et al. War Impact on Air Quality in Ukraine. *Sustainability*. 2022;14:13832. DOI: 10.3390/su142113832
49. Шаторна ВФ. Вплив важких металів на морфо-функціональний стан репродуктивної системи (огляд даних літератури). *Перспективи та інновації науки*. 2024;3(37):1541-50. DOI: 10.52058/2786-4952-2024-3(37)-1541-1550
50. Xu X, Wang G, Chen N, et al. Long-term exposure to air pollution and increased risk of membranous nephropathy in china. *J Am Soc Nephrol*. 2016;27(12):3739-46. DOI: 10.1681/ASN.2016010093
51. Дослідження STEPS: поширеність факторів ризику неінфекційних захворювань в Україні у 2019 році. Копенгаген: Європейське регіональне бюро ВООЗ; 2020. 88 с.
52. Онул НМ. Наукове обґрунтування системи управління ризиком розвитку екологічно зумовленої репродуктивної патології у населення. *Мед. перспективи*. 2015;20(3):127-32. DOI: 10.26641/2307-0404.2015.3.53697
53. Сердюк АМ. Медико-екологічні передумови демографічної кризи в Україні та шляхи їх подолання. *Журн. АМН України*. 2007;13(3):486-502.
54. Голубчиков МВ, Орлова НМ. Міжнародний досвід використання інтегральних показників для моніторингу та оцінки стану здоров'я населення. *Україна. Здоров'я нації*. 2017;3(44):89-94.

55. Грузєва Т. Інноваційна сутність та стратегічний і практичний потенціал нової Європейської політики «Здоров'я – 2020». Вісн. пробл. біології та медицини. 2014;1(110):25-33.
56. Цілі сталого розвитку: Україна. Національна доповідь, 2017. Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України; 2017, с. 83-89.
57. Гущук ІВ, Гільман АЮ, Кулеша НП. Демографічна ситуація та стан захворюваності населення Рівненської області за 2013-2017 роки. Довкілля і здоров'я. 2020;1:34-9. DOI: 10.32402/dovkil2020.01.034
58. Boakye H, Atabila A, Hinneh T, Ackah M, Ojo-Benys F, Bello AI. The prevalence and determinants of non-communicable diseases among Ghanaian adults: A survey at a secondary healthcare level. PLoS ONE. 2023;18(2):e0281310. DOI: 10.1371/journal.pone.0281310
59. Лехан ВМ, Слабкий ГО, Шевченко МВ. Аналіз результатів реформування системи охорони здоров'я в пілотних регіонах: позитивні наслідки, проблеми та можливі шляхи їх вирішення. Україна. Здоров'я нації. 2015;3:67-86.
60. Бугро ВІ, Горачук ВВ. Вивчення потреби населення у вторинній медичній допомозі в стаціонарних умовах за критеріями екстреної госпіталізації. Вісн. соц. гігієни та орг. охорони здоров'я України. 2015;4(66):9-11.
61. Lekhan VN, Zaiarskyi MI, Vudvud VV. National health expenditure trends, 2000 to 2019. Wiad Lek. 2022;75(5):1141-7. DOI: 10.36740/WLek202205116
62. Рогач ІМ, Данко ДВ. Характеристика госпіталізації населення в заклади охорони здоров'я спеціалізованої медичної допомоги Закарпатської області. Україна. Здоров'я нації. 2019;3(56):55-9. DOI: 10.24144/2077-6594.3.2019.191634
63. Олексюк ОБ. Стан госпіталізації дорослого населення Львівської області. Україна. Здоров'я нації. 2021;1(63):32-7. DOI: 10.24144/2077-6594.1.1.2021.227148
64. Дячук МД. Поширеність урологічної патології та проблеми організації надання урологічної допомоги населенню (огляд наукової літератури). Вісн. соц. гігієни та орг. охорони здоров'я України. 2018;3(77):48-58. DOI: 10.11603/1681-2786.2018.3.9761

65. Возіанов СО, Сайдакова НО, Григоренко ВМ, Онищук АП, Ониськів ОО. Первинна, загальна захворюваність, смертність від основних хвороб органів сечостатевої системи в аспекті діяльності ДУ «Інститут урології НАМН України». Урологія. 2015;3(74):15-28.
66. El Ati-Hellal M, Hellal F. Heavy Metals in the Environment and Health Impact In: Otsuki T, edited. Environmental Health [Internet]. IntechOpen; 2021 [cited 2024 Jun 15]. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/76043> DOI: 10.5772/intechopen.97204
67. Rahman Z, Singh VP. The relative impact of toxic heavy metals (THMs) (arsenic (As) cadmium (Cd) chromium (Cr) (VI) mercury (Hg) and lead (Pb)) on the total environment: an overview. Environ Monit Assess. 2019;191:1-21. DOI: 10.1007/s10661-019-7528-7
68. Rehman K, Fatima F, Waheed I, Akash MSH. Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. J Cell Biochem. 2018;119:157-84. DOI: 10.1002/jcb.26234
69. Yeremeyev I, Dychko A, Remez N, Kraychuk S, Ostapchuk N. Problems of sustainable development of ecosystems. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021;628:012014. DOI: 10.1088/1755-1315/628/1/012014
70. Yuan TH, Ke DY, Wang JE, Chan CC. Associations between renal functions and exposure of arsenic and polycyclic aromatic hydrocarbon in adults living near a petrochemical complex. Environ Pollut. 2020;256:113457. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113457
71. Unsal V, Dalkiran T, Cicek M. The role of natural antioxidants against reactive oxygen species produced by cadmium toxicity: a review. Adv Pharm Bull. 2020;10:184-202. DOI: 10.34172/apb.2020.023
72. Трахтенберг ІМ, Шафран ЛМ, Андрусишина ІМ, та ін. Довідник термінів у мікроелементології. Київ; 2018. 32 с.
73. Ali H, Khan E, Ilahi I. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. J Chem. 2019;2019:6730305. DOI: 10.1155/2019/6730305

74. 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;233:257. DOI: 10.1007/s11270-022-05711-9
75. 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: 10.1016/j.scitotenv.2019.134747
76. Lanphear BP, Rauch S, Auinger P, Allen RW, Hornung RW. Low-level lead exposure and mortality in US adults: A population-based cohort study. *Lancet Public Health.* 2018;3:e177-e184. DOI: 10.1016/S2468-2667(18)30025-2
77. Assi MA, Hezmee MN, Haron AW, Sabri MY, Rajion MA. The detrimental effects of lead on human and animal health. *Vet World.* 2016;9:660-71. DOI: 10.14202/vetworld.2016.660-671
78. Boskabady MH, Tabatabai SA, Farkhondeh T. Inhaled lead affects lung pathology and inflammation in sensitized and control Guinea pigs. *Environ Toxicol.* 2016;31(4):452-60. DOI: 10.1002/tox.22058
79. 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 Sec Predictive Toxicology.* 2021;12:643972. DOI: 10.3389/fphar.2021.643972
80. Paschoalini AL, Savassi LA, Arantes FP, et al. Heavy metals accumulation and endocrine disruption in *Prochilodus argenteus* from a polluted neotropical river. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2019;169:539-50. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.11.047
81. Трахтенберг ІМ. Профілактична токсикологія та медична екологія. Київ: Авіцена; 2011. 120 с.
82. Jomova K, Makova M, Alomar SY, Alwasel SH, Nepovimova E, Kuca K, et al. Essential metals in health and disease. *Chem Biol Interact.* 2022 Nov 1;367:110173. DOI: 10.1016/j.cbi.2022.110173

83. Rocha GH, Steinbach C, Munhoz JR, et al. Trace metal levels in serum and urine of a population in southern Brazil. *J Trace Elem Med Biol.* 2016;35:61-5. DOI: 10.1016/j.jtemb.2015.12.005
84. Stojšavljević A, Jagodić J, Vujotić L, et al. Reference values for trace essential elements in the whole blood and serum samples of the adult Serbian population: significance of selenium deficiency. *Environ Sci Pollut Res.* 2020;27:1397-405. DOI: 10.1007/s11356-019-06936-8
85. 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 Apr 13;12:643972. DOI: 10.3389/fphar.2021.643972
86. Luo L, Wang B, Jiang J, Huang Q, Yu Z, Li H, et al. Heavy metal contaminations in herbal medicines: determination. comprehensive risk assessments. *Front Pharmacol.* 2020;11:595335. DOI: 10.3389/fphar.2020.595335
87. Lee J, Oh S, Kang H, et al. Environment-wide association study of CKD. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2020;15(6):766-75. DOI: 10.2215/CJN.06780619
88. Трахтенберг ІМ, Чекман ІС, Линник ВО, та ін. Взаємодія мікроелементів: біологічний, медичний і соціальний аспект. *Вісн. нац. акад. наук України.* 2013;6;11-21.
89. Wang M, Chen Z, Song W, Hong D, Huang L, Li Y. A review on Cadmium Exposure in the Population and Intervention Strategies Against Cadmium Toxicity. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2021 Jan;106(1):65-74. DOI: 10.1007/s00128-020-03088-1
90. Lentini P, Zanolli L, Granata A, Signorelli SS, Castellino P, Dell'Aquila R. Kidney and heavy metals – the role of environmental exposure (Review). *Mol Med Rep.* 2017 May;15(5):3413-9. DOI: 10.3892/mmr.2017.6389
91. Wang T, Zhang L, Liu Y, Li J, Chen G, Zhou H, et al. Combined exposure to multiple metals and kidney function in a midlife and elderly population in China: a prospective cohort study. *Toxics.* 2023;11:274. DOI: 10.3390/toxics11030274
92. Friberg L, Kjellström T, Elinder C-G, Nordberg GF, editors. Cadmium and health: a toxicological and epidemiological appraisal. *Cadmium Heal. A Toxicol Epidemiol Apprais.* CRC Press; 2019. 320 p. DOI: 10.1201/9780429260599

93. Gazwi HSS, Yassien EE, Hassan HM. Mitigation of lead neurotoxicity by the ethanolic extract of Laurus leaf in rats. *Ecotoxicol Environ Safe*. 2020;192:110297. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.110297
94. Yin G, Ge X, Zhao M, Xu J, Li A, Mei Y, et al. Effects of environmental heavy metal interactions on renal impairment: epidemiological evidence from rural Northeastern China. *Expo Health*. 2022;15(3):1-148. DOI: 10.1007/s12403-022-00524-x
95. Anupama YJ, Kiran SK, Hegde SN. Heavy metals and pesticides in chronic kidney disease—results from a matched case—control study from a rural population in Shivamogga district in South India. *Indian J Nephrol*. 2019;29(6):402-9. DOI: 10.4103/ijn.IJN_325_18
96. Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. US EPA [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 18]. Available from: <https://www.epa.gov/risk/guidelines-carcinogen-risk-assessment>
97. Chen XX, Xu YM, Lau ATY. Metabolic effects of long-term cadmium exposure: an overview. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022 Dec;29(60):89874-88. DOI: 10.1007/s11356-022-23620-6
98. Moody EC, Coca SG, Sanders AP. Toxic metals and chronic kidney disease: a systematic review of recent literature. *Curr Environ Health Rep*. 2018;5(4):453-63. DOI: 10.1007/s40572-018-0212-1
99. Burroughs Peña MS, Rollins A. Environmental exposures and cardiovascular disease: a challenge for health and development in low- and middle-income countries. *Cardiol Clin*. 2017;35:71-86. DOI: 10.1016/j.ccl.2016.09.001
100. Seif MM, Madboli AN, Marrez DA, Aboulthana WM. Hepato-renal protective effects of Egyptian purslane extract against experimental cadmium toxicity in rats with special emphasis on the functional and histopathological changes. *Toxicol Rep*. 2019;6:625-31. DOI: 10.1016/j.toxrep.2019.06.013
101. Genchi G, Sinicropi MS, Lauria G, Carocci A, Catalano A. The Effects of Cadmium Toxicity. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:3782. DOI: 10.3390/ijerph17113782
102. Іщейкін КЄ, Андрусішина ІМ, Голуб ІО, Лампека ОГ, Пивовар ТМ, Цапко ВГ. Нові підходи до гігієнічного нормування оптимальних концентрацій токсичних

металів та есенційних мікроелементів у біологічних середовищах людини. *Ukrainian Journal of Occupational Health*. 2022;18(2):96-106. DOI: 10.33573/ujoh2022.02.096

103. National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. National Center for Environmental Health. U.S. Department of Health and Human Services. Centers for Disease Control and Prevention [Internet]. 2022 [updated 2024 Mar; cited 2024 Sep 7]. Available from: <https://www.cdc.gov/biomonitoring/resources/national-exposure-report.html>

104. Heitland P, Köster HD. Biomonitoring of 30 trace elements in urine of children and adults by ICP-MS. *Clin Chim Acta*. 2006;365(1-2):310-8. DOI: 10.1016/j.cca.2005.09.013

105. Goullé JP, Mahieu L, Castermant J, et al. Metal and metalloid multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair. Reference values. *Forensic Sci Int*. 2005;4,153(1):39-44. DOI: 10.1016/j.forsciint.2005.04.020

106. Головкова ТА, Главацька ВІ. Сучасні аспекти проблеми впливу важких металів довкілля на репродуктивне здоров'я жінок. *Intermedical journal*. 2024;2: 104-107. DOI: 10.32782/2786-7684/2024-2-18

107. Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць. Наказ МОЗ України № 813 від 10.05.2024 року [Інтернет]. 2024 [цитовано 2024 Груд 24]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0763-24#Text>

108. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide [Internet]. 2021 [cited 2023 Nov 24]. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

109. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Наказ МОЗ України від 12.05.2010 № 400 [Інтернет]. 2010 [цитовано 2024 Груд 17]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#n25>

110. Державні санітарні правила і норми «Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах». Наказ МОЗ України від

- 13.05.2013 № 368, зі змінами від 22.05.2020 р. № 1238 [Інтернет]. 2020 [цитовано 2022 Груд 15]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0684-20#Text>
111. FAO, WHO. General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193–1995). Switzerland; 2019. 77 p.
112. Міжнародний класифікатор хвороб 10 перегляду [Інтернет]. [цитовано 2023 Січ 17]. Доступно: <https://e-mis.com.ua/mkx-10>
113. 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 [Internet]. 2016 [cited 2022 Dec 25]. Available from: http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/human_health_exposure.htm
114. Morakinyo OM, Mukhola MS, Mokgobu MI. Health Risk Analysis of Elemental Components of an Industrially Emitted Respirable Particulate Matter in an Urban Area. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Apr 1;18(7):3653. DOI: 10.3390/ijerph18073653
115. Караєва НВ, Варава ІВ. Методи і засоби оцінки ризику здоров'ю населення від забруднення атмосферного повітря: навч. посіб. Київ; 2018. 56 с.
116. Черниченко ІО, Литвиченко ОМ, Бабій ВФ, Кондратенко ОЄ, Рудницька ОП, Главачек ДО. Оцінка безпеки пріоритетних канцерогенних речовин на рівні гігієнічних регламентів для атмосферного повітря. *Мед. перспективи*. 2023;28(2):170-5. DOI: 10.26641/2307-0404.2023.2.283402
117. Лотоцька ОВ, Прокопов ВО. Оцінка ризику споживання питної води з підвищеним вмістом нітратів на здоров'я населення Тернопільської області. *Довкілля та здоров'я*. 2018;4(89):21-5. DOI: 10.32402/dovkil2018.04.020
118. Валерко РА, Герасимчук ЛО, Касумова ВЮ. Оцінка потенційного ризику для здоров'я сільського населення внаслідок споживання питної води. *Тавр. наук. вісник*. 2022;125:218-24.
119. US Environmental Protection Agency. Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories [Internet]. US EPA; Washington, DC, USA; 2018 [cited 2024 Nov 26]. Available from: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-01/dwtable2018.pdf>

120. Michalski R, Pecyna-Utylska P, Kernert J, Grygoyć K, Klyta J. Health risk assessment of selected metals through tap water consumption in Upper Silesia, Poland. *J Environ Health Sci Eng*. 2020 Oct 31;18(2):1607-14. DOI: 10.1007/s40201-020-00579-5
121. EPA 822-F-18-001. Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories [Internet]. 2018 [cited 2024 Nov 26]. Available from: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-01/dwtable2018.pdf>
122. USEPA United States Environmental Protection Agency (EPA). Retrieved from IRIS chemical assessment quick list [Internet]. 2016 [cited 2024 Dec 18]. Available from: http://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/simple_list.cfm?list_type=alpa
123. Emmanuel UC, Chukwudi MI, Monday SS, Anthony AI. Human health risk assessment of heavy metals in drinking water sources in three senatorial districts of Anambra State, Nigeria. *Toxicol Rep*. 2022 Apr 15;9:869-75. DOI: 10.1016/j.toxrep.2022.04.011
124. Liu Z, Tao S, Sun Z, Chen Y, Xu J. Determination of Heavy Metals and Health Risk Assessment in Tap Water from Wuhan, China, a City with Multiple Drinking Water Sources. *Water*. 2023;15:3709. DOI: 10.3390/w15213709
125. Munene EN, Hashim NO, Ambusso WN. Human health risk assessment of heavy metal concentration in surface water of Sosian river, Eldoret town, Uasin-Gishu County Kenya. *MethodsX*. 2023 Aug 1;11:102298. DOI: 10.1016/j.mex.2023.102298
126. Khanniri E, Esmaeili S, Akbari ME, Molaei-aghaee E, Sohrabvandi S, et al. Determination of Heavy Metals in Municipal Water Network of Tehran, Iran: A Health Risk Assessment with a Focus on Carcinogenicity. *Int J Cancer Manag*. 2023;16(1):e137240. DOI: 10.5812/ijcm-137240
127. Dietary exposure assessment for chemicals in food. Ch. 6. Sec. ed. WHO [Internet]. 2020 [cited 2022 Oct 12]. 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)
128. Ghanati K, Zayeri F, Hosseini H. Potential Health Risk Assessment of Different Heavy Metals in Wheat Products. *Iran J Pharm Res*. 2019;18(4):e126274. DOI: 10.22037/ijpr.2019.1100865

129. Прокопенко О, редактор. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України: статистичний збірник. Київ; 2021. 59 с.
130. Державна служба статистики України. Україна у цифрах, 2022: статистичний збірник. Київ; 2023. 34 с.
131. Biletska EM, Onul NM, Holovkova TA, Gorbuntsov VV. Current tendencies in the nutrition of women and pregnant women of industrial region of Ukraine and their influence on microelements supply. *Wiad Lek.* 2018;71(4):843-8.
132. Nag R, Cummins E. Human health risk assessment of lead (Pb) through the environmental-food pathway. *Sci Total Environ.* 2022 Mar 1;810:151168. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.151168
133. Zeng X, Wang Z, Wang J, Guo J, Chen X, Zhuang J. Healthrisk assessment of heavy metals via dietary intake of wheatgrown in Tianjin sewage irrigation area. *Ecotoxicol.* 2015;24(10):2115-24. DOI: 10.1007/s10646-015-1547-0
134. Osae R, Nukpezah D, Darko DA, Koranteng SS, Mensah A. Accumulation of heavy metals and human health risk assessment of vegetable consumption from a farm within the Korle lagoon catchment. *Heliyon.* 2023 May 5;9(5):e16005. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16005
135. Zhang Z, Guo S, Hua L, Wang B, Chen Q, Liu L, et al. Urinary levels of 14 metal elements in general population: a region-based exploratory study in China. *Toxics.* 2023 May 27;11(6):488. DOI: 10.3390/toxics11060488
136. Грузева ТС, Лехан ВМ, Огнєв ВА, та ін. Біостатистика: підруч. для студентів. Вінниця: Нова Книга; 2020. 384 с.
137. Liu J, Liu YJ, Liu Y, Liu Z, Zhang AN. Quantitative contributions of the major sources of heavy metals in soils to ecosystem and human health risks: A case study of Yulin, China. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2018;164:261-9. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.08.030
138. Javid A, Nasiri A, Mahdizadeh H, Momtaz SM, Azizian M, Javid N. Determination and risk assessment of heavy metals in air dust fall particles. *Environmental Health Engineering and Management Journal.* 2021;8(4):319-27. DOI: 10.34172/EHEM.2021.36
139. Савчук Є, Мальчевська К, Прокіна А. Стан екологічної безпеки продуктів харчування в Україні. *Scientific Collection «InterConf».* 2023;156:484-7.

140. Кваша С, Павленко О, Вакуленко В. Стан виробництва та споживання харчових продуктів в Україні в умовах сьогодення. Економіка та суспільство [Інтернет]. 2023 [цитовано 2022 Листоп 18];58. Доступно: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3269/3192> DOI: 10.32782/2524-0072/2023-58-15
141. Постанова Кабінету Міністрів України від 11.10.2016 №780 «Про затвердження наборів продуктів харчування, наборів непродовольчих товарів та наборів послуг для основних соціальних і демографічних груп населення». [Інтернет]. 2018 [цитовано 2022 Листоп 18]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/780-2016-%D0%BF#Text>
142. Nguyen SN, Drawbridge P, Beta T. Distribution of cereal phytochemicals and micronutrients in whole grains: A review of nutraceutical, industrial, and agricultural implications. *Cereal Chemistry*. 2024;101(2):903-25. DOI: 10.1002/cche.10790
143. Купчик ОЮ. Визначення кореляції між вмістом важких металів у продуктах рослинництва та ґрунті при екологічному моніторингу. *Науково-технічний журнал*. 2016;13(1):85-91.
144. Barron C, Holopainen-Mantila U, Sahlstrom S, Hotekjolen AK, Lullien-Pellerin V. Assessment of biochemical markers identified in wheat for monitoring barley grain tissue. *Journal of Cereal Science*. 2017;74:11-8. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.01.004
145. Neaman A, Schoffer J, Navarro-Villarreal C, Pelosi C, Peñaloza P, Dovletyarova E, et al. Copper contamination in agricultural soils: A review of the effects of climate, soil properties, and prolonged copper pesticide application in vineyards and orchards. *Plant Soil Environ*. 2024;70(7):407-17. DOI: 10.17221/501/2023-PSE
146. Santa-Cruz J, Robinson B, Krutyakov YA, Shapoval OA, Penaloza P, Yanez C, et al. An assessment of the feasibility of phytoex-traction for the stripping of bioavailable metals from contaminated soils. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2023;42:558-65. DOI: 10.1002/etc.5554
147. Özbay S, Dikici E, Soylukan C. Evaluation of biological (feed, water), seasonal, and geological factors affecting the heavy metal content of raw milk. *J Food Compos Anal*. 2023;121:105401. DOI: 10.1016/j.jfca.2023.105401

148. Sanjulián L, Fernández-Rico S, González-Rodríguez N, Cepeda A, Miranda JM, Fente C, et al. The Role of Dairy in Human Nutrition: Myths and Realities. *Nutrients*. 2025;17(4):646. DOI: 10.3390/nu17040646
149. 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):694-702. DOI: 10.1515/chem-2019-0072
150. 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.
151. Любарська ЛС, Гуліч МП. Розрахунок вмісту цинку та міді в раціоні харчування на основі визначеного фактичного вмісту їх в харчових продуктах. *Гігієна населених місць*. 2014;63:233-9.
152. Molina DAR, Vargas JHL, Gutierrez JAB, Gallo-Ortiz A, Duarte-Correa Y. Residues of veterinary drugs and heavy metals in bovine meat from Urabá (Antioquia, Colombia), a promising step forward towards international commercialization. *Vet Anim Sci*. 2021;13:100192. DOI: 10.1016/j.vas.2021.100192
153. Rusin M, Domagalska J, Rogala D, et al. Concentration of cadmium and lead in vegetables and fruits. *Sci Rep*. 2021;11:11913. DOI: 10.1038/s41598-021-91554-z
154. Скиба ОІ, Грубінко ВВ, Федонюк ЛЯ. Запобігання забрудненню гідроекосистем важкими металами як одна з форм реалізації цілей сталого розвитку в Україні. *Екологічні науки*. 2018;4(23):101-5. DOI: 10.32846/2306-9716-2018-4-23-22
155. Zhang P, Yang M, Lan J, Huang Y, Zhang J, Huang S, et al. Water Quality Degradation Due to Heavy Metal Contamination: Health Impacts and Eco-Friendly Approaches for Heavy Metal Remediation. *Toxics*. 2023 Sep 30;11(10):828. DOI: 10.3390/toxics11100828
156. Nawaz R, Nasim I, Irfan A, Islam A, Naeem A, Ghani N, et al. Water Quality Index and Human Health Risk Assessment of Drinking Water in Selected Urban Areas of a Mega City. *Toxics*. 2023 Jul 2;11(7):577. DOI: 10.3390/toxics11070577

157. Parks J, Pieper KJ, Katner A, Tang M, Edwards M. Potential Challenges Meeting the American Academy of Pediatrics' Lead in School Drinking Water Goal of 1 µg/L. *Corrosion*. 2018;74:914-7. DOI: 10.5006/2770
158. Онул НМ, Білецька ЕМ, Вальчук СІ, Юнтунен ГМ, Похмурко ІВ, Бельська ТМ. Гігієнічна оцінка якості харчових продуктів за вмістом есенціальних та токсичних мікроелементів. *Гігієна населених місць: зб. наук. праць*. 2022;72:107-16. DOI: 10.32402/hygiene2022.72.107
159. Юнтунен ГМ, Онул НМ. Мікроелементний склад питної води при централізованому водопостачанні промислових міст Дніпропетровської області. *Гігієна населених місць: зб. наук. праць*. 2024;74:10-7. DOI: 10.32402/hygiene2024.74.010
160. Onul N, Yuntunen H. The problem of atmospheric air pollution of the industrial city. About modern problems in science and ways to solve them. In: *Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference; Graz, Austria; 2021*. 2021, p. 241-2.
161. Чорна ВВ, Хлєстова СС, Гуменюк НІ, Махнюк ВМ, Сидорчук ТМ. Показники захворюваності і поширеності та сучасні погляди на профілактику хвороб. *Вісн. Вінниц. нац. мед. університету*. 2020;24(1):158-64.
162. Державна служба статистики України. Заклади охорони здоров'я та захворюваність населення України у 2017 році. Статистичний збірник [Інтернет]. Київ; 2018 [цитовано 2023 Груд 16]. 109 с. Доступно: https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2018/zb/06/zb_zoz_17.pdf
163. Макаренко ОВ, Заславський ДД. Аналіз сучасних тенденцій в обізнаності та ставленні студентів-медиків до ризиків захворювань сечостатевої системи. *Intermedical journal*. 2024;2:153-6. DOI: 10.32782/2786-7684/2024-2-26
164. Національна стратегія реформування системи охорони здоров'я в Україні на період 2015–2020 років. Стратегічна дорадча група з питань реформування системи охорони здоров'я в Україні [Інтернет]. 2015 [цитовано 2023 Груд 16]. 41 с. Доступно: <http://healthsag.org.ua/strategiya>

165. Шіфріс ІМ, Крот ВФ, Гончар Ю, Красюк ЕК, Дудар ІО. Госпіталізована захворюваність хворих на хронічну хворобу нирок VД стадії. Укр. журн. нефрології та діалізу. 2014;4(44):31-40.
166. Bodilsen J, Nielsen PB, Sogaard M, Dalager-Pedersen M, Speiser LOZ, Yndigegn T, et al. Hospital admission and mortality rates for non-covid diseases in Denmark during COVID-19 pandemic: nationwide population based cohort study. BMJ. 2021;373:n1135. DOI: 10.1136/bmj.n1135
167. Юнтунен ГМ, Онул НМ. Особливості захворюваності дорослого населення Дніпропетровської області на урологічні хвороби. Довкілля та здоров'я. 2023; 4: 11-15. DOI: 10.32402/dovkil2023.04.011.
168. Онул НМ, Гармаш НЛ, Останін АА, Юнтунен ГМ. Госпітальна захворюваність дорослого населення Дніпропетровської області. Україна. Здоров'я нації. 2023;1(71):67-73. DOI: 10.32782/2077-6594/2023.1/11
169. Онул НМ, Гармаш НЛ, Останін АА, Юнтунен ГМ. Особливості захворюваності населення екологічно контрастних міст Дніпропетровської області. В: Актуальні питання біології та медицини: зб. наук. праць за матеріалами XVIII Всеукр. наук. конференції; 2023. Лубни: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка»; 2023, с. 154-9.
170. Сердюк АМ, Белицкая ЭН, Паранько НМ, Шматков ГГ. Тяжелые металлы внешней среды и их влияние на репродуктивную функцию женщин. Днепропетровск: Арт-пресс; 2004. 148 с.
171. Zhi M, Zhang X, Zhang K, Ussher SJ, Lv W, Li J, et al. The characteristics of atmospheric particles and metal elements during winter in Beijing: Size distribution, source analysis, and environmental risk assessment. Ecotoxicol Environ Saf. 2021 Mar 15;211:111937. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.111937
172. 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 Apr;130:105122. DOI: 10.1016/j.yrtph.2022.105122

173. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. What We Eat in America, 2013-2014 [Internet]. 2017 [cited 2022 Jun 21]. Available from: https://www.ars.usda.gov/ARSPUserFiles/80400530/pdf/1314/tables_1-56_2013-2014.pdf
174. Zhao D, Huang Y, Wang B, Chen H, Pan W, Yang M, et al. Dietary Intake Levels of Iron, Copper, Zinc, and Manganese in Relation to Cognitive Function: A Cross-Sectional Study. *Nutrients*. 2023 Jan 30;15(3):704. DOI: 10.3390/nu15030704
175. Liu X, Zhang Y, Yishake D, Luo Y, Liu Z, Chen Y, et al. Dietary intake and serum levels of copper and zinc and risk of hepatocellular carcinoma: A matched case-control study. *Chin Med J (Engl)*. 2024 Mar 5;137(5):596-603. | DOI: 10.1097/CM9.00000000000002761
176. Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington, DC: National Academies Press; 2001. DOI: 10.17226/10026
177. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії. Наказ МОЗ України від 02.10.2017 № 1073 [Інтернет]. 2017 [цитовано 2022 Листоп 18]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#Text>
178. Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes: Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline. Washington, DC: National Academy Press; 1998. DOI: 10.17226/6015
179. IARC [Internet]. [cited 2024 Dec 17]. Available from: https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/electromagnetic-fields/glossary/ghi/iarc-classification.htm
180. Wang J, Zhu X, Dai Y, Xu M, Wang D, Han Y, et al. Health Risk of Heavy Metals in Drinking Water Sources of Water-Carrying Lakes Affected by Retreating Polder: A Case Study of Luoma Lake. *Water*. 2024;16(18):2699. DOI: 10.3390/w16182699
181. Liang G, Gong W, Li B, Zuo J, Pan L, Liu X. Analysis of Heavy Metals in Foodstuffs and an Assessment of the Health Risks to the General Public via Consumption in Beijing, China. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16:909. DOI: 10.3390/ijerph16060909

182. Онул НМ, Юнтунен ГМ, Шевченко ОА, Вальчук СІ. Ризик для здоров'я населення Дніпропетровської області від забруднення атмосферного повітря важкими металами. *Intermedical journal*. 2024;1:155-9. DOI: 10.32782/2786-7684/2024-1-24
183. Юнтунен ГМ, Онул НМ. Вплив поліметалевого забруднення харчових продуктів на розвиток урологічної патології дорослого населення. В: Актуальні питання громадського здоров'я та екологічної безпеки України: зб. тез доп. наук.-практ. конф. з міжнар. участю до 140-річчя з дня народж. ОМ. Марзеєва (XIX Марзеєвські читання). Вип. 23. Київ; 2023, с. 170-1.
184. Юнтунен ГМ, Онул НМ, Шевченко ОА. Сумарне добове надходження мікроелементів з групи важких металів у організм людини в умовах промислового регіону. В: Актуальні питання громадського здоров'я та екологічної безпеки України: зб. тез доп. наук.-практ. конф. з міжнар. участю (XX Марзеєвські читання). Вип. 24. Київ; 2024, с. 70-1.
185. Шаторна ВФ, Краснов ОО. Аналіз хронічного впливу хлоридом кадмію на нефрогенез щура. *Акт. пробл. сучас. медицини: Вісн. Укр. мед. стоматол. академії*. 2024;1(85):154-8. DOI: 10.31718/2077-1096.24.1.154
186. Білецька ЕМ, Онул НМ. Селен у навколишньому середовищі: еколого-гігієнічні аспекти проблеми. 2-е вид., перероб. та доп. Дніпро; 2020. 332 с.
187. Zhao M, Yin G, Xu J, Ge X, Li A, Mei Y, et al. Independent, combine and interactive effects of heavy metal exposure on dyslipidemia biomarkers: a cross-sectional study in northeastern China. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2023 Jan 15;250:114494. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2022.114494
188. Cao Z, Lin S, Zhao F, Lv Y, Qu Y, Hu X, et al. Cohort profile: China National Human Biomonitoring (CNHBM)—a nationally representative, prospective cohort in Chinese population. *Environ Int*. 2021 Jan;146:106252. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106252
189. Andrusyshyna I. Elemental state of the organism of workers and population as manifestation of adaptation to the technogenic effect of metals: new methodological approaches. *Мед. перспективи*. 2021;26(4):174-80. DOI: 10.26641/2307-0404.2021.4.248220

190. Goullé JP, Mahieu L, Castermant J, et al. Metal and metalloid multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair. Reference values. *Forensic Sci Int*. 2005 Oct 4;153(1):39-44. DOI: 10.1016/j.forsciint.2005.04.020
191. Usuda K, Kono K, Yoshida Y. Serum boron concentration from inhabitants of an urban area in Japan. Reference value and interval for the health screening of boron exposure. *Biol Trace Elem Res*. 1997 Feb;56(2):167-78. DOI: 10.1007/BF02785390
192. Alimonti A, Bocca B, Mannella E, Petrucci F, Zennaro F, Cotichini R, et al. Assessment of reference values for selected elements in a healthy urban population. *Ann Ist Super Sanita*. 2005;41(2):181-7.
193. Valkova E, Atanasov V, Vlaykova T, Tacheva T, Zhelyazkova Y, Dimov D, et al. The Serum Levels of the Heavy Metals Cu, Zn, Cd, and Pb and Progression of COPD – A Preliminary Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Jan 12;20(2):1427. DOI: 10.3390/ijerph20021427
194. Asgary S, Movahedian A, Keshvari M, Taleghani M, Sahebkar A, Sarrafzadegan N. Serum levels of lead, mercury and cadmium in relation to coronary artery disease in the elderly: A cross-sectional study. *Chemosphere*. 2017 Aug;180:540-4. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.03.069
195. Qureshi M, Brown RH Jr, Rogers JT, Cudkowicz ME. Serum ferritin and metal levels as risk factors for amyotrophic lateral sclerosis. *Open Neurol J*. 2008 Sep 12;2:51-4. DOI: 10.2174/1874205X00802010051
196. Gaman L, Delia CE, Luzardo OP, Zumbado M, Badea M, Stoian I, et al. Serum concentration of toxic metals and rare earth elements in children and adolescent. *Int J Environ Health Res*. 2020 Dec;30(6):696-712. DOI: 10.1080/09603123.2019.1626353
197. 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 [Internet]. *Hypertension*. 2024 [cited 2024 Jan 06];81(1). Available from: https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/hyp.81.suppl_1.P129 DOI: 10.1161/hyp.81.suppl_1.P129
198. Mahyar A, Ayazi P, Farzadmanesh S, Sahmani M, Oveisi S, Chegini V, et al. The role of zinc in acute pyelonephritis. *Infez Med*. 2015 Sep;23(3):238-42.

199. Литвинець ЄА, Скоропад НТ. Макро- та мікроелементний статус у хворих на сечокам'яну хворобу. *Здоров'є людини*. 2018;1(64):106-8.
200. Stojšavljević A, Ristić-Medić D, Krstić Đ, Rovčanin B, Radjen S, Terzić B, et al. Circulatory Imbalance of Essential and Toxic Trace Elements in Pre-dialysis and Hemodialysis Patients. *Biol Trace Elem Res*. 2022 Jul;200(7):3117-25. DOI: 10.1007/s12011-021-02940-7
201. Anwar A, Alam B, Alam KS, et al. WCN23-0077 levels of essential and toxic elements in serum of patients with chronic kidney disease: a study from an urban renal center in a developing country. *Kidney International Reports*. 2023;8(Iss 3):S164. DOI: 10.1016/j.ekir.2023.02.369
202. Laine JT, Tuomainen TP, Salonen JT, et al. Serum copper-to-zinc-ratio and risk of incident infection in men: the Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study. *Eur J Epidemiol*. 2020;35:1149-56. DOI: 10.1007/s10654-020-00644-1
203. Baarz BR, Laurentius T, Wolf J, et al. Short-term zinc supplementation of zinc-deficient seniors counteracts CREM α - mediated IL-2 suppression. *Immun Ageing*. 2022;19:40. DOI: 10.1186/s12979-022-00295-8
204. Usuda K, Kono K, Dote T, Watanabe M, Shimizu H, Tanimoto Y, et al. An overview of boron, lithium, and strontium in human health and profiles of these elements in urine of Japanese. *Environ Health Prev Med*. 2007 Nov;12(6):231-7. DOI: 10.1007/BF02898029
205. Трахтенберг ІМ, Дмитруха НМ, Луговський СП, Чекман ІС, Купрій ВО, Дорошенко АМ. Свинець — небезпечний політанта. Проблема стара і нова. *Укр. журн. сучас. пробл. токсикології*. 2015;3(71):14-24.
206. Maxwell P, Salnikow K. HIF-1: an Oxygen and metal responsive transcription factor. *Cancer Biology and Therapy*. 2004;3(1):29-35. DOI: 10.4161/cbt.3.1.547
207. Chen X, Chen X, Wang X, Wang M, Liang Y, Zhu G, et al. The association between estimated glomerular filtration rate and cadmium exposure: An 8-year follow-up study. *Int J Hyg Environ Health*. 2021 Jun;235:113774. DOI: 10.1016/j.ijheh.2021.113774

208. Юнтунен ГМ, Онул НМ. Вміст есенційних мікроелементів у сироватці крові мешканців промислового регіону. Довкілля і здоров'я. 2025; 1:45-50. DOI: 10.32402/dovkil2025.01.045
209. Онул НМ, Юнтунен ГМ, Родіонова ВВ, Поліон МЮ, Туренко ОА. Біомоніторинг токсичних та потенційно токсичних важких металів у сечі мешканців промислового регіону. Мед. перспективи. 2025;30(1):166-73. DOI: 10.26641/2307-0404.2025.1.325456.
210. Резнікова ОО, Войтовський КЄ, Лепіхов АВ. Національні системи оцінювання ризиків і загроз: кращі світові практики, нові можливості для України : аналіт. доп. Київ: НІСД; 2020. 84 с.
211. Human Health Risk Assessment. US EPA [Internet]. 2023 [cited 2024 Jan 11]. Available from: <https://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment>
212. Integrated Risk Information System (IRIS). U. S. Environmental Protection Agency (EPA) [Internet]. [cited 2024 Jan 11]. Available from: <http://www.epa.gov/iris>
213. Лехан ВМ, Онул НМ, Крячкова ЛВ. Засади міжнародної та національної політики і стратегій у сфері громадського здоров'я. In: Public health system in Ukraine and EU countries: realities, transformation, development vectors, perspectives : scientific monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing; 2024. 748 p. DOI: 10.30525/978-9934-26-330-9-3
214. World Health Organization Regional Office for Europe, 2019 [Internet]. [cited 2024 Apr 14]. Available from: <https://www.who.int/europe/home?v=welcome>
215. Бредун ВІ. Екологічна безпека та управління ризиками: навч. посіб. Полтава: Видання Нац. ун-ту ім. Юрія Кондратюка; 2021. 189 с.
216. Rapid Risk Assessment of Acute Public Health Events. WHO [Internet]. 2012 [cited 2024 Feb 15]. Available from: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/70810/WHO_HSE_GAR_ARO_2012.1_eng.pdf
217. Rashid A, Schutte BJ, Ulery A, Deyholos MK, Sanogo S, Lehnhoff EA, et al. Heavy metal contamination in agricultural soil: environmental pollutants affecting crop health. Agronomy. 2023;13:1521. DOI: 10.3390/agronomy13061521

218. Khalaf AE, Abduljaleel ESA, Al-Jassani MH. Appraisal of Trace Elements and Heavy Metals Levels in Breast Cancer Patients of Basrah Province. *Toxicology International*. 2021;28(2):127-34. DOI: 10.18311/ti/2021/v28i2/26484
219. Юнтунен ГМ, Онул НМ, Крамарьова ЮС. Методи управління ризиками розвитку неканцерогенних ефектів у населення за хронічного впливу важких металів. В: Громадське здоров'я: від аналізу минулого до розуміння майбутнього: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю; 2024; Дніпро. Дніпро; 2024, с. 49-52.
220. Білецька ЕМ, Онул НМ, Калінічева ВВ, Юнтунен ГМ. Гігієнічні заходи профілактики диселементозів у населення промислових міст. *Гігієна населених місць: зб. наук. праць*. 2021;71:201-9. DOI: 10.32402/hygiene2021.71.201
221. Benetto E, Huijbregts MAJ, Verones F, Wood R. Life-cycle ssessment to guide solutions for the triple planetary crisis. *Nat Rev Earth Environ*. 2023;4(7):471-86. DOI: 10.1038/s43017-023-00449-2
222. Barnosell I, Pozo C. The impacts of the European chemical industry on the planetary boundaries. *Sustainable Production and Consumption*. 2024;44:188-207. DOI: 10.1016/j.spc.2023.12.006
223. Hryhorczuk D, Levy BS, Prodanchuk M, et al. The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine. *J Occup Med Toxicol*. 2024;19:1. DOI: 10.1186/s12995-023-00398-y
224. Sarker B, Keya KN, Mahir FI, Nahiun KM, Shahida SA, Khan R. Surface and ground water pollution: causes and effects of urbanization and industrialization in south asia. *Guigoz Sci Rev*. 2021 Jul 8;(73):32-41. DOI: 10.32861/sr.73.32.41

ДОДАТКИ

Додаток А

Наукові праці в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Білецька ЕМ, Онул НМ, Калінічева ВВ, Юнтунен ГМ. Гігієнічні заходи профілактики диселементозів у населення промислових міст. Гігієна населених місць : зб. наук. пр. 2021; вип. 71 : 201-209. DOI: 10.32402/hygiene2021.71.201.
2. Онул НМ, Білецька ЕМ, Вальчук СІ, Юнтунен ГМ, Похмурко ІВ, Бельська ТМ. Гігієнічна оцінка якості харчових продуктів за вмістом есенціальних та токсичних мікроелементів. Гігієна населених місць: зб. наук. пр. 2022; вип. 72 : 107-116. DOI: 10.32402/hygiene2022.72.107.
3. Онул НМ, Гармаш НЛ, Останін АА, Юнтунен ГМ. Госпітальна захворюваність дорослого населення Дніпропетровської області. Україна. Здоров'я нації. 2023; 1 (71): 67-73. DOI: 10.32782/2077-6594/2023.1/11.
4. Юнтунен ГМ, Онул НМ. Особливості захворюваності дорослого населення Дніпропетровської області на урологічні хвороби. Довкілля та здоров'я. 2023; 4: 11-15. DOI: 10.32402/dovkil2023.04.011.
5. Онул НМ, Юнтунен ГМ, Шевченко ОА, Вальчук СІ. Ризик для здоров'я населення Дніпропетровської області від забруднення атмосферного повітря важкими металами. Intermedical journal. 2024; 1: 155-159. DOI: 10.32782/2786-7684/2024-1-24.
6. Юнтунен ГМ, Онул НМ. Мікроелементний склад питної води при централізованому водопостачанні промислових міст Дніпропетровської області. Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2024; вип. 74:10-17. DOI: 10.32402/hygiene2024.74.010.
7. Юнтунен ГМ, Онул НМ. Вміст есенційних мікроелементів у сироватці крові мешканців промислового регіону. Довкілля і здоров'я. 2025; 1:45-50. DOI: 10.32402/dovkil2025.01.045
8. Онул НМ, Юнтунен ГМ, Родіонова ВВ, Поліон МЮ, Туренко ОА. Біомоніторинг токсичних та потенційно токсичних важких металів у сечі мешканців

промислового регіону. Мед. перспективи. 2025;30(1):166-73. DOI: 10.26641/2307-0404.2025.1.325456.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Білецька ЕМ, Онул НМ, Калінічева ВВ, Юнтунен ГМ. Диселементози у населення промислових міст та їх профілактика. Збірник тез регіонального науково-практичного форуму «Впровадження моделі «зеленої» економіки в Україні: інноваційні екологічні рішення для територіальних громад. Дніпро, 2021: 6.
2. Onul N, Yuntunen H. The problem of atmospheric air pollution of the industrial city. About modern problems in science and ways to solve them. Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference. Graz, Austria 2021: 241-242.
3. Онул НМ, Гармаш НЛ, Останін АА, Юнтунен ГМ. Особливості захворюваності населення екологічно контрастних міст Дніпропетровської області. Актуальні питання біології та медицини: зб. наук. праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської наукової конференції. Лубни, 2023: 154-159.
4. Юнтунен ГМ, Онул НМ. Вплив поліметалевого забруднення харчових продуктів на розвиток урологічної патології дорослого населення. Актуальні питання громадського здоров'я та екологічної безпеки України: збірка тез доповідей науково-практичної конференції з міжнародною участю до 140-річчя з дня народження О.М. Марзеєва (XIX марзеєвські читання). Київ, 2023: 170-171.
5. Юнтунен ГМ, Онул НМ, Крамарьова ЮС. Методи управління ризиками розвитку неканцерогенних ефектів у населення за хронічного впливу важких металів. Громадське здоров'я: від аналізу минулого до розуміння майбутнього: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Дніпро, 2024: 49-52.
6. Юнтунен ГМ, Онул НМ, Шевченко ОА. Сумарне добове надходження мікроелементів з групи важких металів у організм людини в умовах промислового регіону. Актуальні питання громадського здоров'я та екологічної безпеки України: збірка тез доповідей науково-практичної конференції з міжнародною участю (XX марзеєвські читання). Випуск 24. Київ, 2024: 70-71.

Додаток Б

Акти впровадження

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор
з науково-педагогічної роботи
Полтавського державного медичного
університету,
Валентин ДВОРНИК
» 2022 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ*

1. **Найменування пропозиції** (метод профілактики, діагностики, лікування, пристрій, форма організаційної роботи та ін.): Метод діагностики якості харчових продуктів за мікроелементним складом та прогнозування розвитку аліментарних диселементозів у населення.

2. **Ким і коли запропонований:** ДДМУ, Онул Н.М. д.м.н., професор, професор кафедри гігієни, екології та охорони праці; Білецька Е.М., д.м.н., професор, професор кафедри гігієни, екології та охорони праці; Юнтунен Г.М., аспірант кафедри гігієни, екології та охорони праці з очною вечірньою формою навчання.

Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, звіт про НДР, дисертація, монографія, з'їзди, конференції, семінари та ін.): Онул Н.М., Білецька Е.М., Вальчук С.І., Юнтунен Г.М., Похмурко І.В., Бельська Т.М. Гігієнічна оцінка якості харчових продуктів за змістом есенціальних та токсичних мікроелементів. Гігієна населених місць: Збірник наукових праць. 2022; випуск 72 :107-116; Білецька Е.М., Онул Н.М., Калінічева В.В., Юнтунен Г.М. Гігієнічні заходи профілактики диселементозів у населення промислових міст. Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2021. Вип. 71. С. 201-209; Onul N.M. Microelementosis as an actual clinical and hygienic problem // Actual problems of science and practice. Abstracts of XVI International Scientific and Practical Conference. Stockholm, Sweder 2021. Pp. 84-85.

4. **Базова установа, що проводить впровадження:** кафедра гігієни, екології та охорони праці в галузі Полтавського державного медичного університету (№ протоколу засідання кафедри 9 від 05.12.2022р.).

5. **Термін впровадження:** 01.09.2022 – 01.12.2022 рр.

6. **Кількість студентів, що прослухали курс:** 175.

7. **Соціально-економічний ефект:** покращання підготовки молодих фахівців з актуальних питань комунальної гігієни, гігієни харчування, особистої гігієни та здорового способу життя.

Відповідальний за впровадження:

в.о. завідувача кафедри гігієни та екології, доцент
«05» грудня 2022 р.

Володимир КОРИШЕНКО

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з наукової роботи та інновацій
Національного медичного університету імені
О.О. Богомольця

доктор медичних наук, професор

Сергій ЗЕМСКОВ

«23» _____ 2023 року

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування:** Оцінка безпечності та якості харчових продуктів за показниками вмісту есенціальних і токсичних важких металів.
2. **Установа, що розробила, її поштова адреса, прізвище та ініціали авторів:** Дніпровський державний медичний університет, вул. Володимира Вернадського, 9, м. Дніпро, Україна, 49044. Кафедра гігієни, екології та охорони праці. Н.М. Онул, Е.М. Білецька, Г.М. Юнтунен.
3. **Джерело інформації:** Онул Н.М., Білецька Е.М., Вальчук С.І., Юнтунен Г.М., Похмурко І.В., Бельська Т.М. Гігієнічна оцінка якості харчових продуктів за вмістом есенціальних та токсичних мікроелементів. Гігієна населених місць: Збірник наукових праць. 2022; випуск 72 :107-116.
4. **Установа, в якій здійснено впровадження:** Інститут гігієни та екології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця.
5. **Термін впровадження:** 2023 рік.
6. **Загальна кількість спостережень:** 80.
7. **Ефективність впровадження:** матеріали використовуються при аналізі та оцінці результатів наукових досліджень з вирішення актуальних фундаментальних і прикладних медико-профілактичних проблем.
8. **Матеріали наукових досліджень та результати їх впровадження** розглянуті на засіданні наукової частини Інституту гігієни та екології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця 01.11.2023 року (протокол № 12).

«02» _____ 2023 р.

Відповідальний за впровадження:
Директор Інституту гігієни та екології
НМУ імені О.О. Богомольця д.мед.н.,
професор, член-кореспондент НАМН України

_____ Сергій ОМЕЛЬЧУК

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Проректор з наукової роботи

Дніпровського державного

медичного університету

професор

Олександр ГУДАР'ЯН

«01» 12 2023 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

- Найменування:** Метод оцінки та прогнозування рівня і структури захворюваності дорослого населення, окремих показників роботи стаціонарів Дніпропетровської області.
- Установа, що розробила, її поштова адреса, прізвище та ініціали авторів:** Дніпровський державний медичний університет, вул. Володимира Вернадського, 9, м. Дніпро, Україна, 49044, кафедра гігієни, екології та охорони праці. Н.М. Онул, Г.М. Юнтунен.
- Джерело інформації:** Онул Н.М., Гармаш Н.Л., Останін А.А., Юнтунен Г.М. Госпітальна захворюваність дорослого населення Дніпропетровської області. Україна. Здоров'я нації. 2023. № 1 (71). С. 67-73. Онул Н.М., Гармаш Н.Л., Останін А.А., Юнтунен Г.М. Особливості захворюваності населення екологічно контрастних міст Дніпропетровської області. Актуальні питання біології та медицини: зб. наук. праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської наукової конференції. Лубни: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023: 154-159.
- Установа, в якій здійснено впровадження:** Дніпровський державний медичний університет, кафедра соціальної медицини, громадського здоров'я та управління охороною здоров'я.
- Термін впровадження:** вересень-грудень 2023 року.
- Кількість здобувачів, що прослухали курс:** 150.
- Соціально-економічний ефект:** покращення підготовки студентів за спеціальністю 222 Медицина та збільшення ефективності підвищення кваліфікації медичних кадрів з актуальних питань громадського здоров'я та управління охороною здоров'я.

«01» 12 2023 р.

Відповідальний за впровадження:
завідувач кафедри соціальної медицини,
громадського здоров'я та управління
охороною здоров'я, д.м.н., професор
Лілія КРЯЧКОВА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Генеральний директор
Державної установи «Дніпропетровський
обласний центр контролю та профілактики
хвороб Міністерства охорони здоров'я
України» _____ Сергій ВАЛЬЧУК
« 22 » 11 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування:** Метод оцінки та управління ризиком розвитку неканцерогенних ефектів у населення внаслідок впливу важких металів довкілля.
2. **Установа, що розробила, її поштова адреса, прізвище та ініціали авторів:** Дніпровський державний медичний університет, вул. Володимира Вернадського, 9, м. Дніпро, Україна, 49044, кафедра гігієни, екології та охорони праці. Н.М. Онул, Г.М. Юнтунен, О.А. Шевченко, С.І. Вальчук, Ю.С. Крамарьова.
3. **Джерело інформації:** Онул Н.М., Юнтунен Г.М., Шевченко О.А., Вальчук С.І. Ризик для здоров'я населення Дніпропетровської області від забруднення атмосферного повітря важкими металами. *Intermedical journal*. 2024 №1. С. 155-159. Юнтунен Г.М., Онул Н.М., Крамарьова Ю.С. Методи управління ризиками за хронічного впливу важких металів. *Громадське здоров'я: від аналізу минулого до розуміння майбутнього: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю*. Дніпро, 10.10.2024. С. 49-52.
4. **Установа, в якій здійснено впровадження:** Державна установа «Дніпропетровський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України», відділ епідеміологічного нагляду (спостереження) та профілактики неінфекційних захворювань.
5. **Термін впровадження:** 2024 рік.
6. **Загальна кількість спостережень:** 80.
7. **Зауваження, пропозиції:** немає.
7. **Ефективність впровадження:** підвищення ефективності заходів з профілактики негативного впливу важких металів на здоров'я населення промислових міст.

« 22 » 11 2024 р.

Відповідальний за впровадження:
завідувач відділу епідеміологічного
нагляду (спостереження) та
профілактики неінфекційних захворювань
_____ Сергій ЄВСЄВ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Виконуючий обов'язки завідувача
відокремленого структурного
підрозділу «Кам'янський районний
відділ Державної установи
«Дніпропетровський обласний центр
контролю та профілактики хвороб
Міністерства охорони здоров'я
України»

Валерій ЯЦЕНКО

2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

- 1. Найменування:** Метод оцінки та управління ризиком розвитку неканцерогенних ефектів у населення внаслідок впливу важких металів довкілля.
- 2. Установа, що розробила, її поштова адреса, прізвище та ініціали авторів:** Дніпровський державний медичний університет, вул. Володимира Вернадського, 9, м. Дніпро, Україна, 49044, кафедра гігієни, екології та охорони праці. Н.М. Онул, Г.М. Юнтунен, О.А. Шевченко, С.І. Вальчук, Ю.С. Крамарьова.
- 3. Джерело інформації:** Онул Н.М., Юнтунен Г.М., Шевченко О.А., Вальчук С.І. Ризик для здоров'я населення Дніпропетровської області від забруднення атмосферного повітря важкими металами. Intermedical journal. 2024 №1. С. 155-159. Юнтунен Г.М., Онул Н.М., Крамарьова Ю.С. Методи управління ризиками за хронічного впливу важких металів. Громадське здоров'я: від аналізу минулого до розуміння майбутнього: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Дніпро, 10.10.2024. С. 49-52.
- 4. Установа, в якій здійснено впровадження:** Відокремлений структурний підрозділ «Кам'янський районний відділ Державної установи «Дніпропетровський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України», відділення епідеміологічного нагляду (спостереження) та профілактики неінфекційних захворювань.
- 5. Термін впровадження:** 2024 рік.
- 6. Загальна кількість спостережень:** 55.
- 7. Зауваження, пропозиції:** немає
- 7. Ефективність впровадження:** поглиблення рівня знань у фахівців на курсах безперервного професійного розвитку з питань профілактики неінфекційних захворювань у населення за впливу ксенобіотиків довкілля.

«22» 11 2024 р.

Відповідальний за впровадження:
лікар із загальної гігієни відділення
епідеміологічного нагляду
(спостереження) та профілактики
неінфекційних захворювань
Мальвіна ЗУБ

Додаток В

Таблиця 1

Середньорічні концентрації важких металів в атмосферному повітрі

м. Дніпро за 2012-2021 рр., М(SD), мкг/м³

Роки	Метали, мкг/м ³ (M±m)							
	залізо	кадмій	марганець	мідь	нікель	свинець	хром	цинк
2012	0,738 (0,469)	0,0008 (0,0011)	0,046 (0,021)	0,039 (0,037)	0,007 (0,003)	0,018 (0,008)	0,010 (0,005)	0,435 (0,302)
2013	1,027 (0,418)	0,0009 (0,0013)	0,064 (0,026)	0,014 (0,007)	0,011 (0,008)	0,029 (0,009)	0,012 (0,009)	0,811 (0,646)
2014	1,246 (0,429)	0,0045 (0,0031)	0,067 (0,023)	0,036 (0,019)	0,024 (0,011)	0,034 (0,019)	0,028 (0,009)	0,864 (0,537)
2015	1,449 (0,434)	0,0034 (0,0020)	0,070 (0,026)	0,017 (0,005)	0,017 (0,009)	0,023 (0,009)	0,015 (0,006)	0,738 (0,221)
2016	1,399 (0,572)	0,0030 (0,0030)	0,068 (0,026)	0,033 (0,014)	0,019 (0,010)	0,024 (0,010)	0,017 (0,005)	0,832 (0,266)
2017	1,309 (0,287)	0,0033 (0,0021)	0,055 (0,023)	0,020 (0,009)	0,015 (0,006)	0,026 (0,008)	0,013 (0,009)	0,775 (0,178)
2018	0,962 (0,253)	0,0020 (0,0014)	0,061 (0,015)	0,019 (0,008)	0,017 (0,006)	0,032 (0,021)	0,011 (0,004)	0,788 (0,223)
2019	1,198 (0,227)	0,0029 (0,0012)	0,060 (0,015)	0,019 (0,005)	0,015 (0,005)	0,033 (0,005)	0,012 (0,004)	0,844 (0,287)
2020	1,346 (0,487)	0,0038 (0,0012)	0,066 (0,025)	0,034 (0,039)	0,014 (0,003)	0,028 (0,007)	0,012 (0,004)	0,914 (0,270)
2021	1,200 (0,241)	0,0068 (0,0052)	0,058 (0,020)	0,035 (0,012)	0,035 (0,022)	0,025 (0,003)	0,021 (0,008)	0,958 (0,257)
М (95% ДІ)	1,187 (1,051; 1,324)	0,003 (0,002; 0,004)	0,062 (0,056; 0,067)	0,027 (0,020; 0,033)	0,017 (0,012; 0,023)	0,027 (0,024; 0,031)	0,015 (0,011; 0,019)	0,796 (0,694; 0,898)
ГДК с.д. [107]	40,0	0,3	1,0	2,0	1,0	0,3	1,5	50,0

Таблиця 2

**Середньорічні концентрації важких металів в атмосферному повітрі
м. Кам'янське за 2012-2021 рр., М(SD), мкг/м³**

Роки	Метали, мкг/м ³ (M±m)							
	залізо	кадмій	марганець	мідь	нікель	свинець	хром	цинк
2012	2,201 (0,996)	0,0005 (0,0011)	0,067 (0,037)	0,156 (0,148)	0,023 (0,015)	0,027 (0,017)	0,016 (0,010)	0,842 (0,611)
2013	1,841 (1,217)	0,0008 (0,0014)	0,068 (0,042)	0,149 (0,179)	0,020 (0,019)	0,019 (0,014)	0,009 (0,008)	0,667 (0,394)
2014	2,622 (1,372)	0,0081 (0,0034)	0,129 (0,078)	0,128 (0,212)	0,029 (0,023)	0,033 (0,014)	0,021 (0,008)	1,975 (1,778)
2015	4,966 (1,778)	0,0056 (0,0039)	0,164 (0,076)	0,083 (0,073)	0,025 (0,007)	0,029 (0,022)	0,013 (0,008)	1,608 (1,187)
2016	3,603 (1,442)	0,0090 (0,0076)	0,135 (0,060)	0,046 (0,035)	0,023 (0,009)	0,033 (0,016)	0,018 (0,009)	1,742 (0,821)
2017	2,209 (0,899)	0,0068 (0,0039)	0,104 (0,057)	0,028 (0,011)	0,016 (0,005)	0,032 (0,012)	0,014 (0,008)	1,283 (0,482)
2018	1,812 (0,814)	0,0053 (0,0043)	0,133 (0,078)	0,020 (0,009)	0,023 (0,009)	0,033 (0,026)	0,014 (0,008)	1,042 (0,468)
2019	2,568 (1,830)	0,0051 (0,0044)	0,143 (0,072)	0,018 (0,006)	0,020 (0,007)	0,034 (0,015)	0,020 (0,006)	1,742 (1,349)
2020	1,941 (0,405)	0,0070 (0,0037)	0,192 (0,143)	0,025 (0,025)	0,023 (0,008)	0,038 (0,016)	0,019 (0,008)	1,908 (1,782)
2021	4,100 (1,814)	0,0065 (0,0031)	0,128 (0,042)	0,020 (0,009)	0,022 (0,004)	0,052 (0,024)	0,021 (0,012)	1,958 (2,072)
М (95% ДІ)	2,79 (2,118; 3,454)	0,0055 (0,0035; 0,0075)	0,126 (0,099; 0,154)	0,067 (0,027; 0,108)	0,022 (0,020; 0,025)	0,033 (0,027; 0,039)	0,017 (0,014; 0,019)	1,477 (1,130; 1,823)
ГДК с.д. [107]	40,0	0,3	1,0	2,0	1,0	0,3	1,5	50,0

Таблиця 3

Середньорічні концентрації важких металів в атмосферному повітрі

м. Кривий Ріг за 2012-2021 рр., М(SD), мкг/м³

Роки	Метали, мкг/м ³ (М±m)							
	залізо	кадмій	марганець	мідь	нікель	свинець	хром	цинк
2012	0,338 (0,307)	0,0003 (0,0007)	0,014 (0,013)	0,027 (0,025)	0,008 (0,008)	0,015 (0,011)	0,012 (0,005)	0,243 (0,292)
2013	0,638 (1,250)	0 (-)	0,011 (0,008)	0,006 (0,009)	0,011 (0,010)	0,016 (0,015)	0,013 (0,015)	0,508 (1,134)
2014	0,371 (0,336)	0,0030 (0,0085)	0,012 (0,009)	0,012 (0,010)	0,012 (0,011)	0,020 (0,017)	0,015 (0,012)	0,204 (0,536)
2015	0,431 (0,266)	0,0027 (0,0036)	0,013 (0,008)	0,012 (0,008)	0,010 (0,006)	0,016 (0,014)	0,009 (0,007)	0,242 (0,300)
2016	0,338 (0,376)	0,0071 (0,020)	0,013 (0,012)	0,015 (0,013)	0,016 (0,007)	0,021 (0,008)	0,014 (0,008)	0,442 (0,337)
2017	0,242 (0,107)	0,0009 (0,0011)	0,015 (0,015)	0,020 (0,010)	0,005 (0,004)	0,014 (0,007)	0,008 (0,005)	0,177 (0,119)
2018	0,320 (0,195)	0,0015 (0,0011)	0,010 (0,007)	0,017 (0,014)	0,015 (0,008)	0,028 (0,025)	0,006 (0,005)	0,277 (0,318)
2019	0,242 (0,203)	0,0020 (0,001)	0,008 (0,004)	0,010 (0,006)	0,011 (0,011)	0,034 (0,008)	0,012 (0,005)	0,239 (0,190)
2020	0,535 (0,361)	0,0103 (0,0098)	0,013 (0,010)	0,011 (0,009)	0,013 (0,007)	0,021 (0,009)	0,007 (0,008)	0,417 (0,400)
2021	0,200 (0,209)	0,0080 (0,0066)	0,006 (0,007)	0,022 (0,041)	0,016 (0,008)	0,025 (0,014)	0,010 (0,007)	0,250 (0,261)
М (95% ДІ)	0,366 (0,281; 0,450)	0,0036 (0,001; 0,0061)	0,0115 (0,0095; 0,0135)	0,0152 (0,0107; 0,0197)	0,0117 (0,0092; 0,0142)	0,021 (0,0164; 0,0256)	0,0106 (0,0084; 0,0128)	0,2999 (0,2191; 0,3807)
ГДК с.д. [107]	40,0	0,3	1,0	2,0	1,0	0,3	1,5	50,0

Таблиця 4

**Вміст важких металів у питній воді досліджуваних міст
за період 2017-2021 рр., мг/л М [95 % ДІ]**

ВМ	Місто дослідження				ГДК [109]
	Дніпро	Кривий Ріг	Кам'янське	Самар	
залізо	0,051 [0,038- 0,063]	0,106 [0,097- 0,116]	0,075 [0,062- 0,087]	0,098 [0,043- 0,152]	0,2
мідь	0,0054 [0,005- 0,006]	0,004 [0,003- 0,005]	0,0024 [0,0011- 0,0037]	0,0058 [0,001- 0,0036]	1,0
цинк	0,031 [0,021- 0,041]	0,068 [0,044- 0,091]	0,016 [0,007- 0,024]	0,011 [0,009- 0,013]	1,0
миш'як	<0,01	0,0019 [0,0006- 0,0033]	0,00042 [0,00005- 0,00078]	<0,01	0,01
свинець	0,0065 [0,0039- 0,0091]	0,0032 [0,0025- 0,0039]	0,0022 [0,0017- 0,0027]	0,0012 [0,0009- 0,0016]	0,01
алюміній	0,159 [0,115- 0,203]	0,211 [0,123- 0,298]	0,126 [0,074- 0,177]	0,096 [0,064- 0,128]	0,5
марганець	0,0152 [0,013- 0,017]	0,032 [0,027- 0,037]	0,02 [0,019- 0,021]	<0,05	0,05
ртуть	-	0,00024 [0,00018- 0,0003]	0,0001 [0,00002- 0,00018]	-	0,0005

Додаток Г

Таблиця 1

**Загальна захворюваність дорослого населення Дніпропетровської області за
період 2012-2018 рр. на 10 тис. дорослого населення, М [95 % ДІ]**

Клас захворювання	Населені пункти				
	Дніпро- петро- вська область	м. Дніпро	м. Кам'ян- ське	м. Кривий Ріг	м.Самар
1	2	3	4	5	6
1.0 Усі хвороби A00-T98	22 250,84 [21 818,71; 22 682,98]	28 400,78 [27901,25; 28900,31]	20237,00 [19 572,02; 20 901,98]	21456,04 [21 002,06; 21 910,01]	18 5268,09 [17 818,26; 19 317,93]
2.0 у т.ч. деякі інфекц. та паразит. хвор. A00-B99	524,47 [501,71; 547,23]	382,16 [353,09; 411,24]	435,57 [404,90; 466,25]	832,04 [763,17; 900,91]	696,20 [511,93; 880,93]
3.0 Новоутворення C00-D48	492,77 [476,16; 509,37]	332,95 [250,95; 414,95]	697,88 [687,24; 708,52]	677,36 [647,75; 706,97]	366,24 [318,16; 414,31]
4.0 Хвороби крові, кровотв. органів D50-D89	153,80 [146,70; 160,90]	253,47 [239,66; 367,29]	172,37 [150,62; 194,12]	73,32 [69,49; 77,14]	138,68 [134,99; 142,37]
5.0 Хвороби ендокринної системи, розл. харч. E00-E90	897,13 [866,39; 927,88]	934,15 [900,19; 968,10]	1 077,05 [980,16; 1 173,93]	798,07 [772,28; 823,86]	697,21 [637,92; 756,50]
6.0 Розлади психіки та поведінки F00- F99	404,41 [384,58; 424,23]	287,52 [250,72; 324,31]	431,98 [424,54; 439,41]	407,04 [400,63; 413,44]	370,19 [359,79; 380,60]
7.0 Хвороби нервової системи G00- G99	363,79 [349,91; 377,67]	480,93 [454,39; 507,47]	294,76 [267,45; 322,08]	277,16 [259,20; 295,13]	319,16 [282,46; 355,87]
8.0 Хвороби ока та придаткового апарату H00-H59	1 090,70 [1 060,44; 1 120,96]	1 631,70 [1 584,47; 1 678,92]	1 033,19 [982,41; 1 083,98]	855,65 [793,71; 917,59]	806,67 [759,78; 853,56]

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
9.0 Хвороби вуха та соскоподібного відростку Н60-Н95	454,66 [447,46; 461,86]	698,95 [689,44; 708,46]	430,11 [419,22; 441,01]	394,07 [377,55; 410,58]	533,86 [503,37; 564,35]
10. Хвороби системи кровообігу I00-I99	7 985,79 [7794,66; 8176,91]	9 507,53 [9236,10; 9778,96]	7 773,65 [7539,87; 8007,43]	7 446,08 [7216,26; 7675,89]	7 203,28 [6728,14; 7678,43]
11. Хвороби органів дихання J00-J99	2 955,48 [2896,26; 3014,71]	4 025,44 [3976,37; 4074,50]	1 956,19 [1822,97; 2089,41]	3 321,04 [3251,72; 3390,37]	2 149,98 [1932,62; 2367,34]
12.0 Хвороби органів травлення K00-K93	2 383,91 [2314,11; 2453,72]	3 644,17 [3550,61; 3737,74]	2 266,87 [2099,43; 2434,32]	1 666,28 [1575,44; 1757,43]	1 960,56 [1773,12; 2148,0]
13.0 Хвороби шкіри та підшкірної клітковини L00-L99	567,73 [531,0; 604,45]	322,55 [273,26; 371,84]	652,06 [622,90; 681,22]	791,93 [762,37; 821,49]	776,64 [688,38; 864,90]
14.0 Хвороби кістково-м'язової системи M00-M99	1 527,60 [1470,65; 1584,55]	2 426,24 [2291,42; 2561,05]	1 252,95 [1185,38; 1320,52]	1 227,96 [1211,96; 1243,97]	1 048,16 [988,87; 1107,45]
15.0 Хвороби сечостатевої системи N00-N99	1 723,89 [1 665,87; 1 781,92]	2 678,16 [2 564,22; 2 792,10]	1 188,24 [1 146,40; 1 230,09]	1 853,21 [1 787,72; 1 918,69]	912,13 [886,93; 937,33]
16.0 Вагітність, пологи та післяполог. O00-O99(крім O80)	197,78 [181,0; 214,56]	316,62 [284,87; 348,36]	118,42 [103,92; 132,92]	258,96 [238,71; 279,20]	100,13 [90,89; 109,37]
18.0 Уроджені аномалії (вади розвитку) Q00-Q99	20,70 [20,09; 21,31]	17,30 [16,82; 17,78]	15,66 [15,03; 16,28]	20,12 [19,27; 20,98]	31,59 [23,80; 39,37]
19.0 Симптоми, ознаки та відхилення від н. R00-R99	5,90 [5,28; 6,51]	9,35 [7,57; 11,13]	5,00 [4,21; 5,80]	-	13,84 [9,18; 18,50]
20.0 Травми, отруєння та деякі інші насл. S00-T98	500,34 [491,89; 508,79]	451,60 [429,47; 473,73]	435,04 [402,71; 467,37]	555,75 [533,04; 578,46]	439,87 [362,37; 517,38]

Таблиця 2

Загальна урологічна захворюваність міського населення Дніпропетровської області за період 2012-2018 рр. на 10 тис. дорослого населення М [95 % ДІ]

Нозоло-гічна група	Населені пункти				
	Дніпро-петровська область	м. Дніпро	м. Кривий Ріг	м. Кам'янське	м.Самар
Гострий гломерулонефрит (N00)	0,124 [0,08; 0,169]	0,118 [0,056; 0,180]	0,061 [0,038; 0,085]	0,049 [0,048; 0,049]	0,174 [0,173; 0,175]
Хронічний гломерулонефрит (N03)	5,86 [5,63; 6,08]	8,39 [7,91;8,86]	3,30 [2,80;3,80]	5,10 [4,96;5,23]	6,02 [5,78;6,26]
Інфекції нирок (N10-N12):	378,11 [369,85; 386,36]	483,30 [468,58; 498,02]	376,68 [361,38; 391,97]	301,76 [275,42; 328,11]	184,11 [165,72; 202,51]
з них хронічний пієло-нефрит (N11)	358,79 [349,10; 368,47]	457,65 [440,87; 474,44]	357,03 [345,04; 369,02]	298,33 [273,06; 323,59]	158,72 [148,76; 168,67]
Камені нирок і сечоводів (N20)	92,63 [89,90; 95,37]	91,40 [87,74; 95,06]	115,87 [108,81; 122,94]	41,69 [38,53; 44,85]	66,46 [52,98; 79,93]
Цистит (N30):	87,20 [82,87; 91,54]	168,69 [159,52; 177,85]	78,65 [73,96; 83,35]	36,22 [29,87; 42,57]	31,60 [29,44; 33,76]
З них гострий цистит (N30.0)	57,67 [54,08; 61,26]	129,24 [121,03; 137,45]	30,05 [27,83; 32,27]	22,38 [17,28; 27,47]	22,47 [19,76; 25,18]

Таблиця 3

**Первинна захворюваність дорослого мешканців Дніпропетровської області
за період 2012-2018 рр. на 10 тис. дорослого населення, М [SD]**

Клас захворювання	Населені пункти				
	Дніпро- петро- вська область	м. Дніпро	м. Кам'ян- ське	м. Кривий Ріг	м.Самар
1	2	3	4	5	6
1.0 Усі хвороби A00-T98	7 272,23 [7 085,09; 7459,38]	10 047,35 [9 871,79; 10 222,91]	5 978,51 [5 656,07; 6 300,94]	7 391,54 [7 156,49; 7 626,58]	6 271,52 [6 000,58; 6 542,46]
2.0 у т.ч.деякі інфекц. та паразит. хвор. A00-B99	302,96 [289,34; 316,58]	253,20 [212,29; 294,10]	284,48 [243,79; 325,17]	329,43 [305,16; 353,69]	483,16 [340,22; 626,10]
3.0 Новоутворення C00-D48	154,28 [149,58; 158,98]	131,50 [108,34; 154,66]	300,99 [286,17; 315,81]	178,17 [164,0; 192,33]	110,60 [79,59; 141,60]
4.0 Хвороби крові, кровотв. органів D50-D89	32,25 [26,99; 37,52]	63,08 [57,28; 68,88]	47,82 [41,34; 54,31]	16,83 [14,52; 19,13]	21,08 [17,10; 25,05]
5.0 Хвороби ендокринної системи, розл. харч. E00-E90	91,13 [87,67; 94,58]	112,10 [105,51; 118,69]	111,48 [99,27; 123,68]	61,65 [56,84; 66,45]	118,89 [100,04; 137,74]
6.0 Розлади психіки та поведінки F00-F99	25,00 [22,41; 27,58]	18,70 [13,60; 23,81]	25,34 [22,49; 28,19]	23,75 [22,44; 25,05]	18,72 [16,03; 21,40]
7.0 Хвороби нервової системи G00-G99	145,44 [133,64; 157,23]	257,37 [227,31; 287,43]	125,99 [108,01; 143,97]	76,14 [72,20; 80,07]	156,85 [120,55; 193,15]
8.0 Хвороби ока та придаткового апарату H00-H59	487,21 [467,84; 506,58]	820,90 [773,07; 868,72]	424,12 [388,20; 460,03]	289,59 [271,09; 308,08]	302,33 [272,06; 332,60]

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6
9.0 Хвороби вуха та соскоподібного відростку H60-H95	334,47 [329,93; 339,01]	530,61 [522,91; 538,30]	369,73 [348,92; 390,53]	300,79 [288,57; 313,01]	405,90 [356,84; 454,95]
10. Хвороби системи кровообігу I00-I99	714,14 [696,88; 731,39]	982,80 [951,32; 1014,28]	650,36 [560,80; 739,93]	620,92 [572,70; 669,15]	734,92 [653,15; 816,68]
11. Хвороби органів дихання J00-J99	2 057,07 [2009,35; 2104,79]	2 765,01 [2692,16; 2837,86]	1 367,28 [1244,65; 1489,91]	2 397,09 [2321,50; 2472,68]	1 395,45 [1291,84; 1499,05]
12.0 Хвороби органів травлення K00-K93	294,36 [279,05; 309,66]	491,60 [462,68; 520,51]	276,35 [255,73; 296,96]	203,92 [183,55; 224,30]	454,64 [339,21; 570,07]
13.0 Хвороби шкіри та підшкірної клітковини L00-L99	490,08 [457,79; 522,37]	281,72 [220,91; 342,54]	565,30 [529,67; 600,93]	676,64 [649,27; 704,01]	708,35 [601,52; 815,19]
14.0 Хвороби кістково-м'язової системи M00-M99	640,44 [603,06; 677,82]	1 113,15 [1026,96; 1199,34]	436,51 [389,57; 483,46]	573,00 [546,30; 599,70]	362,31 [341,76; 382,85]
15.0 Хвороби сечостатевої системи N00-N99	879,22 [845,59; 912,85]	1 546,09 [1 481,33; 1 610,86]	553,29 [526,11; 580,47]	916,12 [869,16; 963,08]	514,92 [496,81; 533,03]
16.0 Вагітність, пологи та післяполог. O00-O99 (крім O80)	164,47 [149,17; 179,77]	277,43 [246,77; 308,10]	79,50 [68,68; 90,32]	204,54 [191,20; 217,88]	92,03 [79,83; 104,22]
18.0 Уроджені аномалії (вади розвитку) Q00-Q99	2,12 [1,94; 2,29]	1,83 [1,68; 1,98]	0,79 [0,26; 1,32]	3,69 [3,11; 4,28]	1,80 [0,81; 2,80]
19.0 Симптоми, ознаки та відхилення від н. R00-R99	4,92 [4,68; 5,15]	8,08 [7,25; 8,90]	4,96 [4,03; 5,88]	-	13,93 [8,78; 19,08]
20.0 Травми, отруєння та деякі інші насл. S00-T98	450,53 [440,34; 460,71]	392,19 [365,40; 418,98]	354,23 [321,56; 386,89]	519,29 [494,70; 543,87]	375,67 [280,34; 470,99]

Таблиця 4

**Первинна захворюваність міського населення Дніпропетровської області
урологічними хворобами за період дослідження на 10 тис. дорослого
населення М (95 % ДІ)**

Нозоло-гічна група	Населені пункти				
	Дніпропетровська область	м. Дніпро	м. Кривий Ріг	м. Кам'янське	м.Самар
Гострий гломерулонефрит (N00)	0,124 [0,08; 0,169]	0,118 [0,056; 0,180]	0,061 [0,038; 0,085]	0,049 [0,048; 0,049]	0,174 [0,173; 0,175]
Хронічний гломерулонефрит (N03)	0,34 [0,27; 0,41]	0,70 [0,51; 0,89]	0,077 [0,057; 0,098]	0,352 [0,18; 0,52]	0,173 [0,172- 0,173]
Інфекції нирок (N10-N12):	43,23 [41,44; 45,03]	52,50 [51,82; 53,18]	56,85 [51,97; 61,72]	41,57 [30,19; 52,95]	30,87 [25,84; 35,89]
з них хронічний пієлонефрит (N11)	34,93 [33,35; 36,50]	42,91 [41,20; 44,61]	47,86 [44,28; 51,43]	39,54 [28,92; 50,16]	18,78 [16,91; 20,65]
Камені нирок і сечоводів (N20)	17,92 [17,36; 18,49]	15,41 [14,55; 16,27]	29,74 [27,80; 31,68]	7,83 [4,67; 10,99]	15,65 [13,46; 17,85]
Цистит (N30):	64,88 [61,63; 68,12]	131,33 [123,58; 139,08]	43,63 [40,77; 46,50]	30,58 [24,82; 36,35]	27,67 [25,92; 29,43]
З них гострий цистит (N30.0)	57,67 [54,08; 61,26]	123,55 [115,98; 131,12]	31,17 [28,37; 33,98]	24,52 [17,87; 31,17]	21,06 [17,72; 24,40]

Таблиця 5

**Частота госпіталізації дорослого населення Дніпропетровської області за
період 2012-2021 рр. на 1000 населення**

Найменування класу за МКХ-10	Рік дослідження			Порівняно з 2012 р. (±%)	Питома вага, 2012 / 2021, %
	2012	2021	у середньому (95 % ДІ)		
1	2	3	4	5	6
Усі хвороби (A00-T98)	228,57	177,58	216,79 (202,33 - 231,25)	-22,3	-
у тому числі:					
1. Деякі інфекційні та паразитарні хвороби (A00-B99)	6,62	3,11	5,54 (4,86 - 6,22)	-53,06	2,9/1,8
2. Новоутворення (C00-D48)	19,33	17,48	19,11 (18,4 - 19,82)	-9,56	8,5/9,8
3. Хвороби крові, кровотворних органів і окремі порушення із залученням імунного механізму (D50-D89)	0,68	0,66	0,75 (0,69 - 0,82)	-3,20	0,3/0,4
4. Хвороби ендокринної системи, розладу харчування, порушення обміну речовин (E00-E90)	6,26	4,36	5,93 (5,39 - 6,48)	-30,35	2,7/2,5
5. Розлади психіки та поведінки (F00-F99)	10,30	8,20	9,63 (9,13 - 10,13)	-20,36	4,5/4,6
6. Хвороби нервової системи (G00-G99)	7,94	6,56	7,70 (7,19 - 8,21)	-17,36	3,5/3,7
7. Хвороби ока та придаткового апарату (H00-H59)	7,53	5,51	7,07 (6,38 - 7,77)	-26,81	3,3/3,1

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6
8. Хвороби вуха та соскоподібного відростку (H60-H95)	1,42	0,85	1,27 (1,13 - 1,4)	-40,25	0,6/0,5
9. Хвороби системи кровообігу (I00-I99)	46,59	33,10	45,92 (41,81 - 50,04)	-28,96	20,4/18,6
10. Хвороби органів дихання (J00-J99)	17,78	23,56	17,66 (16,26 - 19,06)	32,53	7,8/13,3
11. Хвороби органів травлення (K00-K93)	20,04	13,82	18,90 (17,33 - 20,47)	-31,02	8,8/7,8
12. Хвороби шкіри та підшкірної клітковини (L00-L99)	4,50	3,09	4,27 (3,89 - 4,65)	-31,24	2,0/1,7
13. Хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини (M00-M99)	14,71	10,08	14,50 (12,98 - 16,02)	-31,46	6,4/5,7
14. Хвороби сечостатевої системи (N00-N99)	18,04	13,63	17,45 (16,23-18,67)	-24,47	7,9 / 7,7
15. Вагітність, пологи та післяпологовий період (O00-O99, окрім O80)	28,18	16,29	23,41 (20,63 - 26,19)	-42,21	12,3/9,2
17. Вроджені вади розвитку, деформації та хромосомної аномалії (Q00-Q99)	0,74	0,49	0,70 (0,63 - 0,77)	-34,07	0,3
18. Симптоми, ознаки та відхилення від норми (R00-R99)	0,19	0,13	0,17 (0,15 - 0,19)	-30,36	0,1
19. Травми, отруєння та деякі інші наслідки дії зовнішніх причин (S00-T98)	17,72	11,43	16,28 (14,75 - 17,8)	-35,47	7,8/6,4

Додаток Д

Таблиця 1

ADD BM для людини в умовах промислових міст Дніпропетровської області, за середніми показниками

2012-2021 років, мг/ (кг×д)

Місто	Важкий метал							
	Fe	Cd	Mn	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn
Мінімальний рівень								
Дніпро	0,0002	0	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$0,4 \cdot 10^{-5}$	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$0,3 \cdot 10^{-5}$	0,00012
Кам'янське	0,0005	0	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$0,3 \cdot 10^{-5}$	0,00019
Кривий Ріг	$5,7 \cdot 10^{-5}$	0	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$0,1 \cdot 10^{-5}$	$0,4 \cdot 10^{-5}$	$0,2 \cdot 10^{-5}$	0,00005
Максимальний рівень								
Дніпро	0,0004	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$	0,00027
Кам'янське	0,0014	$0,3 \cdot 10^{-5}$	$5,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$0,6 \cdot 10^{-5}$	0,00056
Кривий Ріг	0,0002	$0,3 \cdot 10^{-5}$	$0,4 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$0,4 \cdot 10^{-5}$	0,00015
Середній рівень								
Дніпро	0,0003	$0,1 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$0,4 \cdot 10^{-5}$	0,00023
Кам'янське	0,0008	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$0,6 \cdot 10^{-5}$	$0,9 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-5}$	0,00042
Кривий Ріг	0,0001	$0,1 \cdot 10^{-5}$	$0,3 \cdot 10^{-5}$	$0,4 \cdot 10^{-5}$	$0,3 \cdot 10^{-5}$	$0,6 \cdot 10^{-5}$	$0,3 \cdot 10^{-5}$	0,00009

Таблиця 2

**ADD ВМ з питною водою для мешканців промислових міст Дніпропетровської області
за 2017-2021 рік, мг/ (кг×д)**

Місто	Важкий метал							
	Fe	Cu	Zn	As	Pb	Al	Mn	Hg
Мінімальний рівень								
Дніпро	0,00098	0,00014	0,00043	-	0,0001	0,0024	0,00038	-
Кам'янське	0,0017	0,00002	0,00008	0	0,00005	0,0022	0	0,0000003
Кривий Ріг	0,0028	0,00009	0,0008	0,00002	0,00006	0,0027	0,0007	0,0000043
Максимальний рівень								
Дніпро	0,002	0,00019	0,0013	-	0,00031	0,0056	0,00051	-
Кам'янське	0,0027	0,00014	0,0008	0,000026	0,00009	0,0062	0,0006	0,0000057
Кривий Ріг	0,00367	0,00014	0,0027	0,00012	0,00012	0,0088	0,0011	0,0000091
Середній рівень								
Дніпро	0,0014	0,00016	0,0009	-	0,00019	0,0045	0,00044	-
Кам'янське	0,0021	0,00007	0,0005	0,000012	0,000064	0,0036	0,00057	0,0000028
Кривий Ріг	0,003	0,00011	0,0019	0,000055	0,000092	0,0061	0,00091	0,0000067

Таблиця 3

**Середньодобове надходження ВМ з питною водою до організму дорослої
людини протягом природної тривалості життя, мг/добу**

Рік	Важкий метал							
	Fe	Cu	Zn	As	Pb	Al	Mn	Hg
Дніпро								
2017	0,084	0,011	0,068	-	0,022	0,17	0,036	-
2018	0,14	0,013	0,06	-	0,016	0,39	0,028	-
2019	0,098	0,010	0,06	-	0,007	0,39	0,036	-
2020	0,068	0,010	0,03	-	0,01	0,26	0,027	-
2021	0,11	0,010	0,092	-	0,01	0,38	0,026	-
2017-2021	0,10	0,011	0,062	-	0,013	0,32	0,030	-
Кам'янське								
2017	0,12	0,002	0,005	0,0018	0,006	0,19	-	0,0004
2018	0,16	0,004	0,020	-	0,004	0,18	0,038	0,00036
2019	0,12	0,006	0,036	-	0,004	0,30	0,04	0,00017
2020	0,19	0,004	0,056	0,0004	0,004	0,44	0,042	0,00002
2021	0,15	0,010	0,039	0,0003	0,004	0,15	-	0,00002
2017-2021	0,15	0,005	0,031	0,0008	0,004	0,25	0,04	0,00019
Кривий Ріг								
2017	0,25	0,01	0,19	0,006	0,008	0,57	0,079	0,0003
2018	0,20	0,006	0,056	0,002	0,006	0,62	0,050	0,0004
2019	0,22	0,008	0,15	0,001	0,007	0,50	0,062	0,00064
2020	0,20	0,007	0,11	0,002	0,004	0,19	0,063	0,00044
2021	0,20	0,009	0,17	0,008	0,007	0,22	0,065	0,00058
2017-2021	0,21	0,008	0,14	0,004	0,006	0,42	0,064	0,00047

Додаток Е

Таблиця 1

Вміст ВМ у сироватці крові мешканців промислового регіону (мкг/л)

ВМ	Група спостереження				RV / дані літератури
	Контрольна		Хворі на пієлонефрит		
	М (SD)	Ме [Q1;Q3]	М (SD)	Ме [Q1;Q3]	
Ag	0,80 (0,53)	0,70 [0,3;1,2]	0,75 (0,48)	0,60 [0,32;1,2]	0,0017-0,4; 0,63 [11]
Al	98,37 (37,4)	90,47 [77,06;103,9]	108,55 (100,24)	78,24 [52,51;149,3]	100,0 [9]; 1,2-17,3 [190] 0,5-8; 78,01[11]
B	37,58 (13,58)	36,89 [24,71;50,2]	110,84 (61,51)	81,8 [53,25;162,7]	19-79 (36) [190] 29,5-191,2 [191]
Ba	170,55 (40,2)	160,9 [141,9;203,1]	332,25 (150,43)	326,95 [189,3;438,7]	0,17-1,9; 142,29 [11] 90-154 [190]
Cd	0,67 (0,61)	0,37 [0,24;0,74]	0,55 (0,34)	0,50 [0,25;0,71]	0,04-0,36;0,1 [192] 0,334 [193]; 0,448 [194]
Co	3,99 (1,84)	3,55 [2,8;5,1]	4,41 (1,33)	4,2 [3,3;5,5]	0,104–0,252; 0,3-5,1; 3,87[11]; 0,30-1,02[190]
Cr	30,7 (11,9)	28,0 [19,7;38,7]	33,85 (11,8)	33,1 [25,6;41,1]	6,48–6,75; 6,43 [11] 19-30(23) [102]
Cu	404,93 (95,56)	375,35 [331,1;495,5]	549,93 (229,68)	508 [387;584,1]	601-1803(947)[192] 630-800 (710) [102] 374,29[193]
Fe	1895,5 (860,4)	1906,5 [1609,5; 2420,5]	2034,57 (811,38)	1799,0 [1418,1; 2593,0]	825-2090;1688 [192] 700-1440(1070) [102] 1100-1300; 1826,7[11]
Li	6,11 (2,28)	5,7 [4,4;7,9]	6,24 (3,58)	5,6 [4,2;8,0]	0,1-7,25 [192] 1,8-18,8 (3,4) [190]
Mn	8,7 (6,4)	10,22 [0,81;14,2]	24,41 (10,67)	25,43 [13,6;34,18]	0,1-2,9; 14,23 [11]; 6,0[102]; 0,3-1,48[192]
Ni	19,23 (7,78)	20,01 [13,8;24,7]	26,68 (7,99)	27,0 [21,4;34,3]	8,26-8,85; 5,12 [11] 0,04-5,31 [190]
Pb	8,72 (8,05)	5,7 [4,06;10,6]	19,79 (11,76)	22,9 [12,0;28,5]	0,1-0,5;0,54 [192];42 [195]; 9,4-11,6 (10,4) [297]; 18,2-67,3 (32,09) [296]
Sr	189,37 (78,4)	208,65 [117,2;260,9]	287,61 (67,51)	300,1 [238,2;336,8]	18-75 [190] 49,2-221,2 [11]
Zn	1146,59 (626,19)	890 [738;1190]	1037,35 (597,61)	843,0 [672,8;1192,5]	608,03–2013,70; 1478,86 [11]; 1070-1230 (1150) [102]; 700-1200 [198]; 2010,44 [193]

Таблиця 2

Вміст ВМ у сечі мешканців промислового регіону (мкг/л)

ВМ	Група спостереження				RV / дані літератури
	Контрольна		Урологічні хворі		
	М (SD)	Ме [Q1;Q3]	М (SD)	Ме [Q1;Q3]	
Ag	1,18 (0,66)	1,2 [0,67;1,4]	1,13 (0,83)	1,4 [0,56;1,5]	-
Al	43,16 (33,65)	30,8 [27,37;39,3]	46,67 (20,03)	42,95 [38,78;57,35]	12,2-154,4 (34,69) [135] 0,16-11,2 [190]; 90,0 [102]
B	476,03 (337,3)	329,2 [210,9;822,9]	786,27 (548,03)	633,40 [361,2;1178,0]	282-2072 (647) [190] (398-1599) 798 [204]
Ba	6,74 (5,59)	8,81 [1,49;9,14]	7,57 (12,16)	2,50 [1,4;7,0]	0,1-14,0 [104];0,17-3,85 [190]; 0,95-1,2 (1,07) [103]
Cd	0,33 (0,28)	0,18 [0,11;0,56]	0,35 (0,22)	0,30 [0,20;0,50]	0,16-1,82 (0,53)[135] 0,06-0,79 (0,16) [190]; 0,162-0,197 (0,179)[103]
Co	1,44 (1,02)	1,47 [0,43;2,45]	1,17 (0,45)	1,21 [1,07;1,43]	0,16-1,14 [190]; 0-2 (0,5)[195] 0,384-0,438 (0,409) [103]
Cr	12,23 (6,67)	14,7 [5,11;18,0]	38,97 (17,69)	44,10 [41,8;48,1]	70,0 [102] 0,72-3,55 (1,13) [135]
Cu	5,78 (2,97)	6,49 [3,7;7,41]	6,51 (0,96)	6,21 [5,99;6,74]	3,77-21,10 (9,02) [135] 4,3-12,1 (6,9) [190]; 4-30[104] 22-28 (25); 19,6 [12];
Fe	59,07 (33,9)	45,84 [31,75;102,4]	47,29 (29,91)	44,83 [20,36;71,97]	5,19-160,4 (38,36) [135]
Li	14,27 (3,69)	15,1 [10,45;17,9]	25,68 (12,24)	24,0 [16,10;36,2]	4,6-219 (12,0) [190]
Mn	5,75 (2,98)	5,20 [3,84;7,25]	15,81 (10,6)	12,3 [9,7;16,2]	0,5-9,8; 20,0[102] 0,11-1,32 [190]
Ni	8,58 (9,27)	2,23 [2,05;20,7]	5,90 (2,16)	5,04 [4,73;5,38]	0-9,3 (1,96) [135]; 3,8-5,0 (4,4) [12] 0,03-7,2 [104];0,59-4,06 [190]
Pb	5,73 (4,01)	4,21 [1,9;10,4]	8,49 (9,45)	4,49 [3,95;9,65]	1,8-2,1 (1,9); 2,81 [12]; 13,7(10,9) [195]; 0,02-4,8[104];<LOD-5,81[135]
Sr	124,59 (78,89)	131,04 [52,1;201,9]	118,73 (80,92)	104,30 [54,7;158,4]	70,82-807,1 (267,6) [135] 20-413(90) [190];11-675 [104]
Zn	335,74 (149,8)	328,6 [158,0;476,8]	492,57 (282,03)	410,40 [283,8;637,3]	44-499 [190] 990–1200 (1100) [12] 124,1-1166 (397,0) [135]

Таблиця 3

**Кореляційні залежності між вмістом мікроелементів у сироватці крові клінічно здорових мешканців
Дніпропетровської області**

ME	Al	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Sr	Zn	Ag
Al	1,000	0,776	0,874	-0,383	0,452	0,752	-0,407	0,524	0,790	0,705	0,450	0,912	0,337	-0,360	-0,266
B	0,776	1,000	0,911	-0,413	0,508	0,350	-0,300	0,619	0,266	0,895	0,603	0,750	0,764	-0,570	-0,286
Ba	0,874	0,911	1,000	-0,302	0,592	0,616	-0,598	0,595	0,418	0,976	0,657	0,831	0,725	-0,266	-0,486
Cd	-0,383	-0,413	-0,302	1,000	0,219	0,047	0,062	-0,624	-0,216	-0,258	0,111	-0,498	-0,158	0,584	0,010
Co	0,452	0,508	0,592	0,219	1,000	0,250	-0,518	-0,107	0,166	0,706	0,661	0,268	0,559	0,046	-0,460
Cr	0,752	0,350	0,616	0,047	0,250	1,000	-0,508	0,358	0,728	0,611	0,186	0,702	0,083	0,087	-0,186
Cu	-0,407	-0,300	-0,598	0,062	-0,518	-0,508	1,000	-0,388	-0,103	-0,563	-0,512	-0,468	-0,548	-0,350	0,657
Fe	0,524	0,619	0,595	-0,624	-0,107	0,358	-0,388	1,000	0,126	0,493	-0,066	0,797	0,542	-0,389	-0,032
Li	0,790	0,266	0,418	-0,216	0,166	0,728	-0,103	0,126	1,000	0,497	0,089	0,625	-0,300	-0,179	-0,037
Mn	0,705	0,895	0,976	-0,258	0,706	0,611	-0,563	0,493	0,497	1,000	0,732	0,822	0,670	-0,271	-0,437
Ni	0,450	0,603	0,657	0,111	0,661	0,186	-0,512	-0,066	0,089	0,732	1,000	0,241	0,647	-0,069	-0,584
Pb	0,912	0,750	0,831	-0,498	0,268	0,702	-0,468	0,797	0,625	0,822	0,241	1,000	0,437	-0,320	-0,132
Sr	0,337	0,764	0,725	-0,158	0,559	0,083	-0,548	0,542	-0,300	0,670	0,647	0,437	1,000	-0,155	-0,410
Zn	-0,360	-0,570	-0,266	0,584	0,046	0,087	-0,350	-0,389	-0,179	-0,271	-0,069	-0,320	-0,155	1,000	-0,170
Ag	-0,266	-0,286	-0,486	0,010	-0,460	-0,186	0,657	-0,032	-0,037	-0,437	-0,584	-0,132	-0,410	-0,170	1,000

Примітка. Червоним кольором зображені показники, які мають достовірні залежності ($p < 0,05$).

Таблиця 4

**Кореляційні залежності між вмістом мікроелементів у сироватці крові хворих на пілонефрит
Дніпропетровської області**

ME	Al	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Sr	Zn	Ag
Al	1,000	-0,122	0,125	0,050	0,456	0,105	0,029	0,119	-0,111	-0,102	0,437	0,355	0,224	0,006	0,777
B	-0,122	1,000	0,682	0,238	0,418	0,451	0,236	0,260	0,719	0,694	0,142	0,332	0,411	0,369	-0,294
Ba	0,125	0,682	1,000	0,096	0,520	0,649	0,242	0,436	0,643	0,890	0,508	0,619	0,789	0,358	-0,152
Cd	0,050	0,238	0,096	1,000	0,303	0,105	0,020	0,101	-0,005	0,103	-0,268	-0,108	-0,222	-0,010	-0,300
Co	0,456	0,418	0,520	0,303	1,000	0,716	0,055	0,493	0,419	0,426	0,557	0,815	0,535	0,380	0,088
Cr	0,105	0,451	0,649	0,105	0,716	1,000	-0,068	0,432	0,521	0,486	0,881	0,875	0,569	0,508	-0,587
Cu	0,029	0,236	0,242	0,020	0,055	-0,068	1,000	0,192	0,171	0,253	0,095	0,118	0,312	-0,230	0,325
Fe	0,119	0,260	0,436	0,101	0,493	0,432	0,192	1,000	0,273	0,381	0,765	0,636	0,500	0,413	-0,318
Li	-0,111	0,719	0,643	-0,005	0,419	0,521	0,171	0,273	1,000	0,586	0,366	0,366	0,413	0,230	-0,206
Mn	-0,102	0,694	0,890	0,103	0,426	0,486	0,253	0,381	0,586	1,000	0,335	0,540	0,631	0,435	0,343
Ni	0,437	0,142	0,508	-0,268	0,557	0,881	0,095	0,765	0,366	0,335	1,000	0,753	0,662	0,440	-0,351
Pb	0,355	0,332	0,619	-0,108	0,815	0,875	0,118	0,636	0,366	0,540	0,753	1,000	0,608	-0,451	-0,659
Sr	0,224	0,411	0,789	-0,222	0,535	0,569	0,312	0,500	0,413	0,631	0,662	0,608	1,000	0,227	0,298
Zn	0,006	0,369	0,358	-0,010	0,380	0,508	-0,230	0,413	0,230	0,435	0,440	-0,451	0,227	1,000	0,623
Ag	0,777	-0,294	-0,152	-0,300	0,088	-0,587	0,325	-0,318	-0,206	0,343	-0,351	-0,659	0,298	0,623	1,000

Примітка. Червоним кольором зображені показники, які мають достовірні залежності ($p < 0,05$).

Таблиця 5

**Кореляційні залежності між вмістом мікроелементів у сечі клінічно здорових мешканців
Дніпропетровської області**

ME	Al	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Sr	Zn	Ag
Al	1,000	0,811	0,574	0,500	-0,047	0,216	0,291	0,045	0,866	0,082	-0,115	0,871	0,437	0,043	0,600
B	0,811	1,000	0,430	-0,127	0,183	0,401	-0,021	0,188	0,711	-0,035	0,165	0,120	0,859	0,038	0,700
Ba	0,574	0,430	1,000	0,600	-0,260	0,552	0,567	-0,368	0,890	-0,288	-0,409	0,431	0,725	0,253	0,866
Cd	0,500	-0,127	0,600	1,000	-0,663	0,700	0,320	0,367	-	-0,100	-0,542	-0,794	0,400	-0,400	0,118
Co	-0,047	0,183	-0,260	-0,663	1,000	0,608	-0,717	0,679	0,224	-0,761	0,560	0,520	0,349	-0,476	0,700
Cr	0,216	0,401	0,552	0,700	0,608	1,000	-0,700	0,609	0,612	-0,569	0,516	0,355	0,682	-0,550	0,800
Cu	0,291	-0,021	0,567	0,320	-0,717	-0,700	1,000	-0,646	0,301	0,533	-0,620	-0,163	-0,084	0,502	-0,600
Fe	0,045	0,188	-0,368	0,367	0,679	0,609	-0,646	1,000	-0,221	-0,263	0,771	-0,122	0,200	-0,424	0,700
Li	0,866	0,711	0,889	-	0,224	0,612	0,301	-0,221	1,000	-0,237	-0,209	0,704	0,949	0,014	0,866
Mn	0,082	-0,035	-0,288	-0,100	-0,761	-0,569	0,533	-0,263	-0,237	1,000	-0,197	-0,648	-0,435	0,565	-0,872
Ni	-0,115	0,165	-0,409	-0,542	0,560	0,516	-0,620	0,77	-0,209	-0,197	1,000	0,089	0,060	-0,428	0,790
Pb	0,871	0,120	0,431	-0,794	0,512	0,355	-0,164	-0,122	0,700	-0,648	0,089	1,000	0,324	-0,359	0,500
Sr	0,437	0,859	0,725	0,400	0,349	0,682	-0,084	0,200	0,949	-0,435	0,060	0,324	1,000	-0,007	0,520
Zn	0,043	0,038	0,253	-0,400	-0,476	-0,550	0,502	-0,424	0,014	0,565	-0,428	-0,359	-0,007	1,000	0,200
Ag	0,6	0,700	0,866	0,118	0,700	0,800	-0,600	0,700	0,866	-0,872	0,790	0,500	0,520	0,200	1,000

Примітка. Червоним кольором зображені показники, які мають достовірні залежності ($p < 0,05$).

Таблиця 6

Кореляційні залежності між вмістом мікроелементів у сечі хворих на піелонефрит Дніпропетровської області

ME	Al	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Pb	Sr	Zn	Ag
Al	1,000	-0,180	0,182	-0,503	0,456	0,147	0,077	0,032	-0,068	-0,254	0,385	0,575	-0,039	0,726	0,294
B	-0,180	1,000	0,691	0,238	0,418	0,478	0,286	0,182	0,643	0,759	0,202	0,285	-0,110	0,132	-0,148
Ba	0,182	0,691	1,000	0,266	0,520	0,552	0,219	0,205	0,452	0,883	0,473	0,619	0,789	0,335	-0,169
Cd	-0,503	0,238	0,266	1,000	0,243	0,098	0,068	0,172	0,235	-0,051	-0,227	-0,423	-0,098	0,139	-0,517
Co	0,456	0,418	0,520	0,243	1,000	0,592	0,062	0,405	0,394	0,333	0,602	0,762	0,542	0,676	-0,064
Cr	0,147	0,478	0,552	0,098	0,592	1,000	0,024	0,590	0,579	0,472	0,904	0,866	-0,222	-0,246	-0,929
Cu	0,077	0,286	0,219	0,068	0,062	0,024	1,000	0,153	0,187	0,291	-0,047	-0,001	0,371	-0,515	0,674
Fe	0,032	0,182	0,205	0,172	0,405	0,590	0,153	1,000	0,333	0,429	0,733	0,610	-0,349	-0,061	-0,315
Li	-0,068	0,643	0,452	0,235	0,394	0,579	0,187	0,333	1,000	0,486	0,328	0,315	0,384	0,429	-0,581
Mn	-0,254	0,759	0,883	-0,051	0,333	0,472	0,291	0,429	0,486	1,000	0,347	0,530	0,693	0,414	0,692
Ni	0,385	0,202	0,473	-0,227	0,602	0,904	-0,047	0,733	0,328	0,347	1,000	0,822	-0,370	0,663	-0,350
Pb	0,575	0,285	0,619	-0,423	0,762	0,866	-0,001	0,610	0,315	0,530	0,822	1,000	0,308	0,379	-0,056
Sr	-0,039	-0,110	0,789	-0,098	0,542	-0,222	0,371	-0,349	0,384	0,693	-0,370	0,308	1,000	0,114	0,489
Zn	0,726	0,132	0,335	0,139	0,676	-0,246	-0,515	-0,061	0,429	-0,502	0,414	0,379	0,114	1,000	0,085
Ag	0,294	-0,148	-0,169	-0,517	-0,064	-0,929	0,674	-0,315	-0,581	0,692	-0,350	-0,056	0,489	0,085	1,000

Примітка. Червоним кольором зображені показники, які мають достовірні залежності ($p < 0,05$).

Таблиця 7

**Кореляційні зв'язки між вмістом мікроелементів у сироватці крові
та загальними показниками стану здоров'я**

Показник	Мікроелемент	Сила зв'язку та рівень статистичної значущості
Зріст, см	кобальт	$r = 0,367, p = 0,019$
	хром	$r = 0,537, p = 0,0003$
	мідь(жін)	$r = 0,585, p = 0,022$
	бор(жін.)	$r = 0,477, p = 0,045$
	барій	$r = 0,356, p = 0,021$
	свинець	$r = 0,679, p = 0,00001$
	нікель	$r = 0,543, p = 0,001$
Вага, кг	мідь (чол.)	$r = 0,595, p = 0,003$
	мідь(жін)	$r = 0,503, p = 0,028$
	бор(жін.)	$r = 0,528, p = 0,011$
	свинець	$r = 0,546, p = 0,0008$
	марганець	$r = -0,383, p = 0,039$
Індекс маси тіла, ум. од	мідь (чол.)	$r = 0,587, p = 0,004$
	бор(жін.)	$r = 0,491, p = 0,039$
	марганець	$r = -0,361, p = 0,049$
Артеріальний тиск, систоличний	бор(жін.)	$r = 0,479, p = 0,002$
	марганець	$r = -0,3474, p = 0,012$
Артеріальний тиск, діастолічний	бор(жін.)	$r = 0,457, p = 0,004$
	марганець	$r = -0,303, p = 0,046$
Частота серцевих скорочень	цинк	$r = -0,244, p = 0,047$

Таблиця 8

**Кореляційні зв'язки між вмістом мікроелементів у сироватці крові
та лабораторними показниками**

Показник	Мікроелемент	Сила зв'язку та рівень статистичної значущості
1	2	3
Гемоглобін крові	хром кобальт свинець алюміній	$r = 0,279, p = 0,027$ $r = 0,252, p = 0,039$ $r = -0,469, p = 0,0008$ $r = -0,375, p = 0,011$
Еритроцити крові	бор (жін.) барій	$r = 0,314, p = 0,049$ $r = -0,278, p = 0,023$
Лейкоцити крові	мідь хром срібло барій стронцій свинець нікель	$r = 0,273, p = 0,034$ $r = -0,489, p = 0,00004$ $r = 0,505, p = 0,039$ $r = -0,323, p = 0,002$ $r = -0,336, p = 0,016$ $r = -0,472, p = 0,0007$ $r = -0,446, p = 0,002$
Креатинін крові	кобальт (чол.) кадмій (чол.)	$r = -0,410, p = 0,030$ $r = 0,557, p = 0,003$
Сечовина крові	літій марганець	$r = -0,280, p = 0,026$ $r = -0,342, p = 0,023$
Загальний білок крові	бор(жін.) стронцій	$r = 0,399, p = 0,013$ $r = 0,317, p = 0,023$
Азот сечовини	літій марганець кадмій кадмій (чол.)	$r = -0,313, p = 0,017$ $r = -0,372, p = 0,022$ $r = 0,266, p = 0,049$ $r = 0,459, p = 0,024$
Швидкість клубочкової фільтрації	літій бор (жін.) срібло барій кадмій (чол.)	$r = 0,368, p = 0,009$ $r = 0,736, p = 0,0003$ $r = -0,3584, p = 0,036$ $r = -0,303, p = 0,031$ $r = -0,564, p = 0,002$

1	2	3
Питома вага сечі (загальний аналіз сечі)	мідь цинк(жін.) кобальт (жін) кадмій (чол)	$r = -0,341, p = 0,014$ $r = -0,458, p = 0,009$ $r = -0,387, p = 0,042$ $r = 0,445, p = 0,029$
Білок сечі (загальний аналіз сечі)	цинк (жін.) хром(жін) бор(жін) кадмій (чол)	$r = -0,497, p = 0,008$ $r = -0,429, p = 0,036$ $r = -0,389, p = 0,044$ $r = 0,676, p = 0,008$
Лейкоцити (загальний аналіз сечі)	мідь кобальт	$r = 0,334, p = 0,016$ $r = 0,416, p = 0,002$
Еритроцити (загальний аналіз сечі)	мідь кобальт (чол.) нікель кадмій	$r = 0,337, p = 0,039$ $r = 0,543, p = 0,024$ $r = 0,432, p = 0,024$ $r = 0,433, p = 0,007$
Питома вага сечі (аналіз сечі за Зимницьким)	мідь кобальт (жін) свинець нікель	$r = -0,419, p = 0,027$ $r = -0,522, p = 0,003$ $r = 0,528, p = 0,011$ $r = 0,556, p = 0,020$
Денний діурез (аналіз сечі за Зимницьким)	кобальт (чол.) цинк(жін.) срібло свинець	$r = -0,694, p = 0,012$ $r = 0,431, p = 0,045$ $r = 0,613, p = 0,034$ $r = -0,625, p = 0,002$
Нічний діурез (аналіз сечі за Зимницьким)	бор кобальт (чол.) бор(жін)	$r = 0,406, p = 0,021$ $r = -0,694, p = 0,012$ $r = 0,653, p = 0,002$
Добовий діурез (аналіз сечі за Зимницьким)	кобальт бор кобальт (чол.) мідь (жін) бор(жін) срібло барій свинець	$r = -0,411, p = 0,033$ $r = 0,363, p = 0,048$ $r = -0,895, p = 0,0002$ $r = 0,499, p = 0,049$ $r = 0,589, p = 0,008$ $r = 0,642, p = 0,033$ $r = 0,393, p = 0,032$ $r = -0,672, p = 0,0006$

Таблиця 9

**Кореляційні зв'язки між вмістом мікроелементів у сечі
та загальними показниками стану здоров'я**

Показник	Мікроелемент	Сила зв'язку та рівень статистичної значущості
Зріст, см	алюміній барій кадмій свинець	$r = -0,376, p = 0,014$ $r = -0,515, p = 0,014$ $r = 0,669, p = 0,0005$ $r = -0,346, p = 0,031$
Вага, кг	алюміній марганець свинець	$r = -0,353, p = 0,016$ $r = -0,479, p = 0,0009$ $r = -0,305, p = 0,047$
Індекс маси тіла, ум. од	марганець	$r = -0,537, p = 0,0003$
Артеріальний тиск, систоличний	літій марганець	$r = 0,280, p = 0,040$ $r = -0,281, p = 0,023$
Частота серцевих скорочень	барій	$r = -0,317, p = 0,041$
Питома вага сечі (загальний аналіз сечі)	бор літій	$r = 0,420, p = 0,004$ $r = 0,373, p = 0,013$
Білок сечі (загальний аналіз сечі)	кадмій марганець	$r = 0,322, p = 0,049$ $r = -0,398, p = 0,009$
Лейкоцити (загальний аналіз сечі)	хром	$r = -0,343, p = 0,009$
Еритроцити (загальний аналіз сечі)	алюміній	$r = 0,389, p = 0,038$
Лейкоцити (аналіз сечі за Нечипоренко)	кобальт літій свинець	$r = -0,265, p = 0,042$ $r = -0,289, p = 0,048$ $r = 0,271, p = 0,049$
Еритроцити (аналіз сечі за Нечипоренко)	барій літій	$r = 0,559, p = 0,002$ $r = -0,341, p = 0,045$
Добовий діурез (аналіз сечі за Зимницьким)	бор хром	$r = -0,552, p = 0,005$ $r = -0,348, p = 0,049$