МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки
Кафедра екології та охорони довкілля

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Важкі метали як показники якості питних вод окремих регіонів України»

Виконав студент 2 курсу групи ME-VI
спеціальності 101- Екологія
Лупашко Олександр Олександрович

Керівник д.г.-м.н., проф.
Сафранов Тамерлан Абісалович

Рецензент д.геогр.н., проф.
Берлінський Микола Анатолійович

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *магістерської та аспірантської підготовки*
Кафедра *екології та охорони довкілля*
Рівень вищої освіти *магістр*
Спеціальність *101- Екологія*
«Освітньо-професійна програма «*Охорона навколишнього середовища*»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *екології та охорони довкілля*
Сафранов Т.А.
«29» *жовтня 2018 року*

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Лупашку Олександру Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «*Важкі метали як показники якості питних вод окремих регіонів України»*

Керівник роботи *Сафранов Тамерлан Абісалович, д.г.-м.н., професор*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від *05 жовтня 2018 року №271-«С»*
2. Строк подання студентом роботи *10 грудня 2018 року*

3. Вихідні дані до роботи: *огляд джерел інформації щодо фізико-хімічних та токсикологічних властивостей важких металів; нормативно-законодавчі документи та державні стандарти щодо якості питних вод; дані щодо важких металів у питних водах та їх вплив на здоров'я людини; інформація щодо складу і розподілу важких металів у питних водах окремих регіонів України.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *загальні уявлення про важкі метали і джерела надходження їх в питні води; важкі метали у питних водах як фактор формування здоров'я населення; особливості розподілу важких металів у питних водах окремих регіонів України.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): *схема вторинного забрудненням води у водопроводах; нормативні значення концентрації окремих важких металів у питних водах систем централізованого питного водопостачання України; схеми розподілу важких металів у питних і мінеральних водах; схеми розподілу окремих важких металів у питних водах окремих регіонів України.*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання	завдання прийняв
	немає		

Дата видачи завдання *29 жовтня 2018 року*

™ • š ” œ “ • Ÿ œ — ˜ ž š • œ

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів

АНОТАЦІЯ

Важкі метали як показники якості питних вод окремих регіонів України.
О.О. Лупашко

Актуальність теми. Актуальність теми роботи зумовлена необхідністю оцінки ролі важких металів (ВМ) у мінеральному складі питних вод окремих регіонів України.

Метою дослідження є оцінка ролі ВМ у мінерального складу питних вод, як можливого фактору впливу на здоров'я населення окремих регіонів України.

Задачі дослідження: навести загальну характеристику ВМ та можливих джерел їх находження в поверхневі та підземні джерела водопостачання; виконати оцінку можливого впливу ВМ на стан здоров'я населення окремих регіонів України; проаналізувати просторово-часові закономірності розподілу ВМ у питних водах із поверхневих джерел водопостачання окремих регіонів України.

Об'єкт дослідження – якість питних вод із поверхневих та підземних джерел водопостачання окремих регіонів України.

Предметом дослідження є оцінка ролі ВМ у мінерального складу питних вод, як можливого фактору впливу на здоров'я населення окремих регіонів України.

Методи дослідження. Аналіз просторово-часових закономірностей розподілу ВМ у питних водах із джерел водопостачання окремих регіонів України виконаний за результатами досліджень регіональних хіміко-бактеріологічних лабораторій. Результати досліджень узагальнені у вигляді таблиць і графіків, які побудовані з використанням програми Excel. Крім того, використовувалися методи статистичного та порівняльно-географічного аналізу інформації.

Результати дослідження, їх новизна, теоретичне та практичне значення. Наукова новизна одержаних результатів полягає у виявленні просторово-часових закономірностей розподілу ВМ у питних водах із поверхневих та підземних джерел водопостачання окремих регіонів України. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості застосування результатів визначення просторово-часових закономірностей розподілу ВМ із поверхневих та підземних джерел водопостачання як окремого фактору формування здоров'я населення окремих регіонів України.

Рекомендації щодо використання результатів роботи з зазначенням галузі застосування. Закономірності розподілу ВМ у питних водах окремих регіонів України необхідно урахувати при оцінці їх можливого впливу на здоров'я населення.

Структура та обсяг роботи. Складається із вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань із 64 найменувань). Робота містить 5 рисунків, 18 таблиць. Загальний обсяг роботи – 79 сторінок.

D e x q h \ k e a k Z метали, питні води, якість питних вод, здоров'я населення, регіони України.

SUMMARY

Heavy metals as indicators of drinking water quality in selected regions of Ukraine. Lupashko O.O.

Topic relevance. Relevance of the theme of the work is determined by the need to assess the role of heavy metals (HM) in the mineral composition of drinking water in selected regions of Ukraine.

Purpose of the work is an assessment of the role of HM in the mineral composition of drinking water as a possible factor affecting the health of the population of selected regions of Ukraine.

Object of the study - the quality of drinking water from the surface and underground sources of water supply in selected regions of Ukraine.

Subject of the study is to assess the role of HM in the mineral composition of drinking water as a possible factor affecting the health of the population of selected regions of Ukraine.

Research methods. The analysis of spatio-temporal patterns of distribution of HM in drinking water from sources of water supply in selected regions of Ukraine is given by the results of researches of regional chemical and bacteriological laboratories. The results of the research are summarized in the form of tables and charts built using by the Excel program. In addition, methods of statistical, and comparative-geographical analysis of information were used.

Results of the study. The scientific novelty of the obtained results is to identify the spatio-temporal patterns of distribution of HM in drinking water from the surface and underground water supply sources of selected regions of Ukraine. The practical significance of the results obtained is the possibility of applying the results of studying the spatio-temporal patterns of distribution of the HM from the surface and underground water sources as a separate factor in the formation of health of the population of selected regions of Ukraine.

S*cientific novelty of the received results.* According to the analyzed physico-geographical, engineering-geological, hydrogeological, technogenic and socio-economic indicators, the possibility of placing modern interdistrict landfills of solid waste, on the territory of the districts of the Odessa region is uneven.

Theoretical and practical importance. The patterns of distribution of HM in drinking water of separate regions of Ukraine should be taken into account when assessing their possible impact on the health of the population.

Structure and scope of work. It consists of an introduction, three chapters, conclusions, list of used literary sources (64 titles). The work contains 5 drawings, 18 tables. Total volume of work - 79 page.

Keywords: heavy metals, drinking water, drinking water quality, population health, regions of Ukraine.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ …….. 7

ВСТУП ……. 8

1 ЗАГАЛЬНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ВАЖКІ МЕТАЛИ ТА ДЖЕРЕЛА ЇХ НАХОДЖЕННЯ У ПИТНІ ВОДИ ……. 12

2 ВАЖКІ МЕТАЛИ У ПИТНИХ ВОДАХ ЯК ФАКТОР ФОРМУВАННЯ ЗДОРОВ’Я НАСЕЛЕННЯ ……. 32

3 ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПИТНИХ ВОДАХ ОКРЕМИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ 41

ВИСНОВКИ …… 68

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ …….. 72

ДОДАТКИ …….. 79

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ААС – атомно-абсорбційна спектрометрія

АЕС – атомно-емісійна спектрометрія

БЗК – біологічно значима концентрація

ВГ – водоносний горизонт

ВМ – важкі метали

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

ВОС – водоочисна станція

ГДК – гранично допустима концентрація

ЗР – забруднювальна речовина

МВ – мінеральна вода

НМБЗК - нижня межа біологічно значимої концентрації

НПС – навколишнє природне середовище

ОСК – очисні споруди каналізації

ПВ – підземна вода

ПМА – промислово-міська агломерація

РЧВ – резервуар чистої води

СДН – сумарне добове надходження

ХЕ – хімічний елемент

ВСТУП

Актуальність теми. Оцінка впливу водного фактору на здоров’я людини є одним з обов’язкових компонентів комплексного аналізу зв’язку факторів навколишнього середовища та умов життя населення зі станом його здоров’я. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), від споживання недоброякісної питної води страждає практично кожен житель нашої планети. Якість питної води залежить від складу домішок і якості вихідної води природного джерела, що використовується для приготування питної води і технології її обробки, яка застосовується на водоочисних станціях (ВОС).

Якість питних вод є найважливішим фактором формування здоров'я населення України. Проблема забезпечення населення України якісною питною водою з кожним роком ускладняються, стає більш нагальною. Склалася ситуація, коли практично всі поверхневі, а в окремих регіонах і підземні води за рівнем забруднення не відповідають вимогам стандарту до джерел питного водопостачання. Питні води стали активним чинником шкідливого впливу на здоров'я і першопричин виникнення багатьох небезпечних масових інфекційних захворювань. А внаслідок хлорування в питній воді утворюються хлорорганічні сполуки, наприклад, кількість хлороформу перевищує в 1,5-2 рази норми, рекомендовані ВООЗ. Окрім того, в питну воду можуть потрапити інші токсичні речовини: іони важких металів (ВМ), сполуки фосфору і сірки, пестициди, нітрати, нітрити. Про недостатню ефективність існуючої технології очистки води свідчить високий рівень захворюваності населення кишковими інфекціями. Взагалі ж на сьогодні відомо близько 100 хвороб, які «дарує» нам питна вода.

Дослідження регіональних особливостей питного водопостачання України та з’ясування ролі водного фактору у формуванні неінфекційної захворюваності і досі є актуальним. Зокрема, необхідно встановити роль різних комбінацій компонентів мінерального складу у формуванні здоров’я різних вікових груп споживачів питної води. Потребує подальшої конкретизації роль водного фактору у постачанні організму ессенціальними мінеральними речовинами. Нарешті, доцільним є визначення ступеня адаптації населення до

різних концентрацій у питній воді мінеральних сполук, які нормуються за органолептичною ознакою, що дозволило б визначити діапазони, прийнятні для створення регіональних стандартів якості питної води. Як відомо, різкий дефіцит або надлишок хімічних елементів (ХЕ) у природі приводить до захворювань тварин, рослин і людей. У цьому зв'язку фізіологічна збалансованість мінерального складу питних вод є не тільки показниками якості питних вод, але й важливим чинником формування здоров'я населення.

Серед різних аспектів проблеми якості питної води особливо актуальним є питання хімічного забруднення, балансу ессенціальних та токсичних ВМ у водному середовищі, оскільки воно є важливим резервуаром їх накопичення. Актуальність теми роботи зумовлена необхідністю оцінки ролі ВМ у мінеральному складі питних вод окремих регіонів України.

Важкі метали можуть потрапляти у водойми з різних природних і антропогенних різними шляхами. Деякі ВМ є природними складовими. Такі з них (наприклад, *Zn, Co, Mo* тощо) завжди присутні в низьких концентраціях у питних водах. Природні джерела надходження ВМ можуть бути пов’язані з процесами ерозії рудних проявів, перенесенням металовмісного пилу вітром, лісовими і степовими пожежами тощо. До антропогенних джерел надходження ВМ, основа яких – процеси індустріалізації та урбанізації, належать процеси згоряння палива, видобування корисних копалин, вихлопні гази автотранспорту, депонування твердих побутових відходів, застосування ВМ у складі добрив і пестицидів тощо.

Мета і задачі дослідження. *Метою* магістерської роботи є оцінка ролі важких металів у мінеральному складі питних вод, як можливого фактору впливу на здоров’я населення окремих регіонів України.

Для досягнення поставленої мети сформульовані та вирішені наступні *задачі*:

- навести загальну характеристику важких металів та можливих джерел їх находження в поверхневі та підземні джерела водопостачання;

- виконати оцінку можливого впливу важких металів на стан здоров'я населення окремих регіонів України;

- проаналізувати просторово-часові закономірності розподілу ВМ у питних водах із поверхневих джерел водопостачання окремих регіонів України.

Об'єкт дослідження – якість питних вод із поверхневих та підземних джерел водопостачання окремих регіонів України.

Предметом дослідження є оцінка ролі ВМ у мінерального складу питних вод, як можливого фактору впливу на здоров'я населення окремих регіонів України.

Матеріали і методи дослідження. Аналіз просторово-часових закономірностей розподілу ВМ у питних вод із джерел водопостачання окремих регіонів України виконаний за результатами досліджень регіональних хіміко-бактеріологічних лабораторій. Результати досліджень узагальнені у вигляді таблиць и графіків, які побудовані з використанням програми Excel. Крім того, використовувалися методи статистичного та порівняльно-географічного аналізу інформації.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у виявленні просторово-часових закономірностей розподілу ВМ у питних вод із поверхневих та підземних джерел водопостачання окремих регіонів України.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості застосування результатів вивчення просторово-часових закономірностей розподілу ВМ із поверхневих та підземних джерел водопостачання як окремого фактору формування здоров'я населення окремих регіонів України.

Особистий внесок здобувача. Автором самостійно виконані всі етапи магістерської роботи – від збору, узагальнення і обробки інформації до формулювання основних положень та висновків.

Апробація результатів роботи. Результати дослідження магістерської роботи доповідалися та обговорювалися на конференції молодих вчених (Одеса, ОДЕКУ, травень 2018 р.).

Публікації. За темою магістерської роботи у співавторстві опубліковано 1 тези наукової доповіді.

Структура та обсяг роботи. Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел (64 найменування). Робота містить 18 таблиць і 5 рисунків. Загальний обсяг роботи - 79 сторінок.

1 ЗАГАЛЬНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ВАЖКІ МЕТАЛИ ТА ДЖЕРЕЛА ЇХ НАХОДЖЕННЯ У ПИТНІ ВОДИ

Важкі метали є одним з небезпечних техногенних забруднювальних речовин (ЗР) водних об'єктів господарсько-питного призначення і являються фактором формування якості питних вод та впливу на стан здоров'я населення. У зв'язку з цим актуальною задачею є вивчення основних джерел надходження ВМ, аналіз розподілу їх у поверхневих і підземних джерелах господарсько-питного водопостачання. Але, крім ВМ техногенного походження, у водних об'єктах обов'язково присутні ВМ природного походження, які також визначають якість питних вод і є одним із факторів впливу на стан здоров'я споживачів питної води.

Відомо близько сорока різних визначень терміну «важкі метали», і неможливо вказати на одне з них, як на найбільш прийнятне. Відповідно, перелік ВМ згідно різних визначень включатиме різні хімічні елементи (ХЕ). Використовуваним критерієм може бути атомна вага понад 50 (*V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi* тощо), і тоді до списку потрапляють всі метали, починаючи з ванадію, незалежно від щільності. Іншим, часто використовуваним, критерієм є щільність, яка приблизно дорівнює або більша за щільность заліза (8 г/см^3). Тоді в перелік ВМ потрапляють такі ХЕ як свинець, ртуть, мідь, кадмій, кобальт, а, наприклад, більш легке олово випадає зі списку. Існують класифікації ВМ, які засновані і на інших значеннях порогової щільності (5 г/см^3) [1, 2] або атомної ваги. Деякі класифікації роблять винятки для благородних і рідкісних металів, не відносячи їх до важких, деякі виключають некольорових метали (залізо, марганець). Термін «важкі метали» найчастіше розглядається не з хімічної, а з медичної та природоохоронної точок зору [3] і, таким чином, при включенні до цієї категорії враховуються не тільки хімічні і фізичні властивості елемента, але й його біологічна активність і токсичність, а також обсяг використання в господарській діяльності. При цьому немаловажну роль у їх визначенні мають наступні умови: їхня висока

токсичність для живих організмів у відносно низьких концентраціях, а також здатність до біоакумуляції і біомагнификації. Практично всі ВМ, що потрапляють під це визначення (за винятком *Pb, Hg, Cd, Bi*, біологічна роль яких на дійсний момент не з’ясована), беруть активну участь у біологічних процесах, входять до складу багатьох ферментів.

За М.Ф. Реймерсом [4, 5] ВМ варто вважати метали з щільністю більш 8 г/см^3 (крім благородних і рідкісних): *Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg*. У прикладних роботах до ВМ відносять також *Pt, Ag, W, Fe, Au, Mn.*

Формально визначенню ВМ відповідає велика кількість ХЕ. Однак, на думку дослідників, зайнятих практичною діяльністю, що пов'язана з організацією спостережень за станом НПС, сполуки цих ВМ далеко не рівнозначні як ЗР. Тому в багатьох роботах відбувається звуження переліку ВМ, відповідно до критеріїв пріоритетності, обумовленими напрямком і специфікою робіт. Так, у роботі [6] у переліку ХЕ, які підлягають визначенню в природних середовищах на фонових станціях у біосферних заповідниках, у розділі ВМ поіменовані *Pb, Hg, Cd, As*. З іншого боку, відповідно до рішення Цільової групи по викидах ВМ, що працює під егідою Європейської Економічної Комісії ООН і зайнята збором і аналізом інформації про викиди ЗР у європейських країнах, тільки

небезпеку з погляду їхньої біологічної активності і токсичних властивостей. До них відносять *Pb, Hg, Cd, Zn, Bi, Co, Ni, Cu, Sn, Sb, V, Mn, Cr, Mo, As.*

ВМ і їхні похідні широко використовуються в народному господарстві, науці і техніці, а також у повсякденному житті людини. Науково-технічна революція, що характеризується надзвичайно високими темпами зростання промислового виробництва, приведе до розширення і збільшення споживання природних ресурсів. Якщо спочатку минулого сторіччя використовували 19 ХЕ, то до його середини в промисловому виробництві використовували близько 50, а в 70-х роках – уже більш 100, з них 70 металів. Це привело до якісно нового забруднення НПС, зокрема сполуками ВМ. Значення металів, у тому числі ВМ і їхніх сплавів у сучасній техніці і народному господарстві, дуже велико. Виробництво ВМ, в основному, здійснюється на підприємствах кольорової металургії. Для них характерний комплекс виробничих факторів, здатних впливати на стан здоров'я і працездатність персоналу. Крім того, підприємства кольорової металургії є джерелами техногенного забруднення НПС поліметалевими аерозолями, пилом, газоподібними сполуками та ін. Сучасні технологічні схеми виробництва ВМ сполучать у більшості випадків піро-, гідро- і електрометалургійні процеси. Найбільш несприятливі, з погляду забруднення виробничого й НПС, є пірометалургійний і електрометалургійний способи одержання ВМ, порівняно менш загрозливим є гідрохімічний спосіб. Видобуток, виробництво і застосування ВМ за сучасних умов постійно зростають. Масштаби промислового синтезу неорганічних похідних ВМ і металоорганічних сполук, що призначаються для промисловості і сільського господарства, постійно розширюються.

Інтенсивна хімізація сільського господарства при низькій культурі застосування пестицидів і мінеральних добрив – потужне антропогенне джерело забруднення навколишнього середовища ВМ. У сільському господарстві як пестициди використовують сполуки ВМ (*Hg, Sn, Zn, Cu*). Містяться ВМ і в мінеральних добривах, виробництво і застосування яких щорічно зростає. Відомо, що розширення масштабів застосування металмістких

мінеральних добрив і пестицидів сприяє підвищенню їх присутності в ґрунтах [8].

ВМ, як і інші хімічні забруднювачі, попадають у НПС існування людини в результаті не тільки природних процесів (виверження вулканів, поверхневі геохімічні аномалії і т. д.), але й, головним чином, внаслідок інтенсивного розвитку промисловості, нераціонального використання природних ресурсів і урбанізації життя суспільства. Надходження в НПС металів, що обумовлено техногенною діяльністю, у сотні і тисячі разів перевищує їх фонову концентрацію, що в глобальному масштабі дорівнює чи перевищує їх промисловий видобуток.

У гідросфері, а також у живій речовині токсичних хімічних елементів помітно менше, ніж у ґрунтах.

Значно більше, ніж у ґрунті токсичних ХЕ, включаючи ВМ, у золі, що утворюється електростанціями, в промислових і побутових стоках. Викиди в атмосферу при спалюванні палива мають особливе значення. Наприклад, вміст *Hg, Cd, Co, As* у них в 3-8 разів перевищує їх кількість, що добувається. Відомі дані про те, що тільки один котлоагрегат сучасної ТЕЦ, що працює на вугіллі, за один рік викидає в атмосферу, в середньому, 1-1,5 т парів *Hg*. Не металургійне виробництво, а саме процес спалювання вугілля є головним джерелом надходження до біосфери багатьох ВМ. Спостереження свідчать, що за відповідних метеорологічних умов техногенне розсіювання ВМ може відбуватися на сотні і тисячі кілометрів, здобуваючи міжконтинентальних масштабів.

У глобальних масштабах відбувається процес, який називається сьогодні «металевим пресом на біосферу». Складність ситуації полягає не лише в тому, що біосфера повинна сприйняти, пропустити через себе великі кількості ВМ, здатних несприятливо впливати на живу речовину, але й, головним чином, в тому, що ці метали будуть захоплені біосферою, утримані нею, і надовго ввійдуть у кругообіг органічної речовини, змінять його геохімічні константи.

Зазначений процес буде підсилюватися в міру зростання масштабів надходження ВМ в НПС.

Відомі різноманітні шляхи техногенного розсіювання металів. Поряд зі спалюванням мінерального палива найважливішим є їх викид в атмосферу при високотемпературних технологічних процесах (в металургії, при випалі цементної сировини й ін.). Разом з тим, значна частина корисних компонентів рудних копалин розсіюється іще задовго до надходження руди в місця металургійної переробки під чам транспортування, збагачення, сортування.

Техногенне надходження ВМ у НПС відбувається у виді газів і аерозолів (металів і пилоподібних часток) і рідкому виді (промислових стічних вод). В результаті останніх досліджень підтверджений глобальний характер поширення окремих ЗР. Ведуча роль в переносі ВМ належить циркуляційним процесам, що визначають в результаті особливостей їхнього просторового розподілу.

У викидах металургійних комплексів ВМ знаходяться, в основному, в нерозчинних формах. З віддаленням від джерела забруднення більші великі частки осідають, частка розчинних металів збільшується і встановлюються співвідношення між розчинними і нерозчинними формами ВМ. Аерозольне забруднення, що надходить в атмосферу, видаляється з неї шляхом природних процесів самоочищення. Важливу роль при цьому грають атмосферні опади. У підсумку викиди промислових підприємств в атмосферу, забруднення ВМ виробничих стічних вод створюють передумови надходження їх у ґрунти, підземні води і відкриті водойми, накопичення в рослинах, донних відкладеннях і далі в живих організмах.

Техногенні забруднення включають у кругообіг значно великі кількості ВМ у порівнянні з їх природними величинами, збільшують небезпеку впливу на людину вже не біотичних, а токсичних концентрацій зазначених ХЕ через ґрунт, воду, повітря, рослинні і тварини організми. Це положення можна підтвердити даними, що характеризують антропогенне забруднення вод земної кори і Світового океану, що більш ніж на порядок перевищуюче природне надходження ВМ води з річковим стоком. Антропогенне надходження у води

Fe, *Mn*, *Cu*, *Zn*, *Ni*, *Pb* і *Sn* значно перевищує перенос ХЕ із природним річковим стоком.

ВМ, як і інші ХЕ, в тому чи іншому ступені мігрують з атмосфери в гідросферу, з гідросфери – у літосферу. З атмосфери ВМ і їх сполуки осаджуються безпосередньо на землю чи на рослини, а вже потім попадають у ґрунти і води. Міграція (рухливість) ХЕ залежить від летючості, розчинності цих сполук, а також температури, тиску, кислотно-лужної рівноваги і багатьох інших факторів. У результаті численних спостережень встановлено, що ВМ порівняно швидко накопичуються в ґрунті і вкрай повільно з нього видаляються. Про це свідчать дані про період «напіввидалення» таких металів, як *Zn* (до 500 років), *Cd* (до 1100 років), *Cu* (до 1500 років), *Pb* (до декількох тисяч років). Особливо високе забруднення ВМ ґрунтів фіксується в індустріальних містах. Також значне забруднення ВМ ґрунту спостерігається в сільськогосподарських регіонах, що призводить до різкого зниження її родючості.

Надзвичайно складною продовжує залишатися проблема поховання промислових відходів, що містять ВМ, і проблема забруднення подібними відходами міських смітників.

Слід зазначити ще одне істотне джерело забруднення ВМ ґрунтів (застосування добрив зі шламів, отриманих із промислових і каналізаційних очисних споруд). Це викликало необхідність здійснення систематичного контролю за виробництвом добрив із шламів на вміст в них найбільш токсичних металів. Особливо неприпустиме використання для добрива ґрунту промислових стічних вод.

Накопичено багато розрізнених даних про техногенні джерела надходження в середовище існування людини ВМ (*Hg*, *Pb*, *Cd*, *Zn*, *Sn*, *Cu*, *Sb*, *Bi* тощо). У більшості сучасних міст існують виробництва, що «викидають» метали (зварювання, пайка, нанесення металевих покрить тощо) в НПС. Концентрація ВМ при подібних викидах не так велика, як у металургії, але оскільки кількість робочих місць пайки, металізації, зварювання значне і, отже,

забруднення ВМ природного середовища з локального масштабу поступово перерстає на площинне.

Відзначимо, що інтенсивність техногенного навантаження в порівнянні з фоновими умовами середовища найбільш висока для викидів. Тому атмосферний шлях надходження ХЕ в НПС міст є провідним. Однак уже на невеликому віддаленні, зокрема, в зонах приміського сільського господарства, відносна роль джерел забруднення зовнішнього середовища ВМ може змінитися, і найбільшу небезпеку будуть представляти водні потоки і відходи, що накопичуються на смітниках чи застосовувані як добрива.

Основні джерела забруднення урбанізованих територій (викиди, стоки, тверді відходи) розрізняють по абсолютній масі вмісту ХЕ, відносним показникам і області їхнього впливу. Надходження ХЕ у НПС від зазначених джерел, виражене в порівнювальних одиницях (мг/люд/добу), збільшується в ряді викиди – стоки – відходи на три порядки (від 0,1 до 100).

Таким чином, техногенні забруднення, включаючи в кругообіг ВМ, значні порівняно з природними величинами і збільшують небезпеку впливу на людину вже на рівні не біологічних, а токсичних концентрацій, зазначених ХЕ через ґрунт, воду і повітря, рослинні і тварини організми. НПС має можливість для самоочищення, однак не безмежну. Іони металів у ґрунті, що є для рослин головним живильним середовищем, надходять у кореневу систему. У неї ж можуть надходити ХЕ, що поглинаються листям рослин при некореневій підгодівлі *Fe, Mn, Zn, Cu, Co*. Життєво необхідні для рослин також *K, Na, Mg*, а для окремих видів і *Ni, V, Li, Al*. Усі перераховані вище ВМ є участниками важливих метаболічних процесів. Спостереження показують, що зростання рослин при збільшенні в живильному середовищі концентрації необхідних для рослин металів на початку прискорюється, потім досягає межі і надалі може гнітитися. У будь-якому випадку інтенсивність розвитку рослин у значній мірі залежить від вмісту в них металів як мікроелементів. Накопичення ж в рослинах техногенних металів небезпечно. До 70 % надходження ВМ в організм відбувається з продуктами харчування, завдяки чому і встановлені

величини гігієнічних нормативів, вище за які вміст металів у цих продуктах не припустимий. Регламентовано граничні рівні найбільш небезпечних металів – *Hg, Pb, Sn, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni* тощо [8].

Відомо, що всі неживі і живі тіла на Землі побудовані з ХЕ, що належить до у періодичної системи елементів Д.І. Менделєєва. Зі 105 ХЕ цієї системи 92 зустрічаються в земній корі, 86 – у складі живих організмів; 84 ХЕ (чи 56, якщо відняти всі лантаноїди й актиноїди) є металами. З зазначених 56 – 15 ХЕ легких і 36 важких металів, а також 5 ХЕ, що володіють як з металевими, так і неметалічними властивостями з різним ступенем виразності.

У тканинах людини й решти тваринних організмів особливо виділяють ще 16 ХЕ, названих мікроелементами через їх надзвичайно низьку концентрацію, але виконують у тканинах дуже відповідальну роль каталізаторів життєво важливих процесів. До них відносять *Fe, Cu, Zn, Mn, Co, I, Mo, V, Ni, Cr, F, Se, Si, Sn, B, As*. З 16 зазначених мікроелементів 6 є неметалами, 10 – металами, причому, важкими. Для всіх цих елементів, у тому числі ВМ, доведена їхня біологічна роль, для деяких (*Cr, Sn, V, Ni*) значимість в організмі вищих тварин встановлена порівняно недавно. Не виключено, однак, що їх число надалі виявиться значно більшим. Відповідно до думки В.І. Вернадського, біологічна значимість припустима для всіх ХЕ, що зустрічаються в природі. Ним уперше переконливо доведений зв'язок між хімічним складом земної кори і вмістом мікроелементів у живих організмах, а отже – їх ростом, розвитком і фізіологічним станом. Про це свідчать результати численних спостережень і досліджень, проведених у різних геохімічних провінціях із властивими ендемічними захворюваннями.

Коли ж ВМ потрапляють до організму у надлишковій кількості в якості техногенних забруднювачів НПС, вони можуть накопичуватися і викликати токсичні ефекти. Деякі органи акумулюють елементи вибірково, у результаті чого наноситься шкода як окремому органу, так і організму в цілому. Наприклад, *Cd, Hg* і *Mn* накопичуються в нирках, *Sn* – у тканинах кишковика, *V* – у волоссі і нігтях, *Cu* – у тканинах мозку і т.д. В еритроцитах виявлені

елементи, біологічна значимість яких не доведена, зокрема *Ag* і *Pb*. При порушенні фізіологічної норми рівня ВМ у тканинах можлива конкуренція за хімічні угруповання і каталітичні центри в макромолекулах, порушення структури і функції останніх. Так установлене конкурентна взаємодія *Ni з Ca, Mg, Fe, Cu^{2+}, Zn; Cr – з Fe, Mn^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}; Mo – з W, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}; Mn – з Mg, Zn; Co – з Fe; Cu – з Zn, Mn, Ni; Zn – з Mn^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Cd^{2+}; Cd – з Ca, Cu^{2+}, Zn^{2+}*. Токсичні ефекти ВМ реалізуються переважно завдяки конкурентному механізмі з іншими металами.

При спільному потряпленні до організму така собі подвійна взаємодія: між окремими металами і біосубстратами, і у виді конкуренції металів за біоліганди. В результаті конкуренції металів за захоплення транспортних лігандів змінюється часткове співвідношення між легко- і важкорозчинними фракціями того самого ХЕ, що може приводити до зміни його кінетики в присутності конкурента, чи посиленню або уповільненню виведення з організму. Це, в свою чергу, відбивається на ефекті їх комбінованої дії [9]. Надходячи в організм людини, ВМ з потоком крові розносяться в різні органи і тканини. Характер їхнього розподілу і ступінь накопичення залежать від спорідненості до різних структур і біохімічних компонентів тканин і органів, міцності утворених комплексів і швидкості їхньої елімінації.

Незважаючи на розходження в природній біологічній значимості різних металів, всі вони при надлишковому надходженні в організм викликають токсичні ефекти, пов’язані з порушенням нормального ходу біохімічних процесів і фізіологічних функцій. Багато металів накопичуються в значній кількості в окремих органах і тканинах, що особливо гостро порушує питання про пошуки засобів, що сприятимуть виведенню їхнього надлишку з організму. Останнє, в першу чергу, відноситься до металів, що мають онкогенні властивості, а також викликають генетичні порушення [9].

З погляду розглянутої проблеми великий інтерес представляють дані про вміст ВМ у гідросфері. Опубліковані роботи свідчать про значне забруднення водних об’єктів різними ХЕ, включаючи ВМ, у багатьох країнах Європи,

Америки та ін. На значній відстані забруднюються відкриті водойми (ріки, озера) і підземні води, а також Світовий океан. Ситуація з підвищеним вмістом ВМ у водоймах дуже тривожна в багатьох країнах. Могутнім джерелом потраплення ВМ до водойм служать неочищені стоки промислових підприємств (гірничорудних, металургійних, приладобудівних, хімічних і т.д.). В них виявлена значна кількість (десятки і сотні мг/дм^3) *Ni, Cr, Cu, Zn* та інших металів. Ще більш високий їх вміст характерний для осадів стічних вод. У водоймах ВМ зазвичай сорбуються ЗР і разом з ними осідають на дно, де можуть накопичуватися протягом десятків років.

ВМ у поверхневих водах містяться у виді вільних (гідратованих) іонів, комплексних сполук різної природи, а також у складі завислих частинок. Багато з них є небезпечними екотоксикантами для гідробіонтів. Токсичність ВМ залежить не від загальної концентрації, а від їх форми находження у воді. Найтоксичнішими є вільні (гідратовані) іони металів. Зв’язування вільних іонів у комплексні сполуки, особливо з природними органічними речовинами, а також процеси адсорбції та седиментації істотно знижують поріг токсичності та сприяють детоксикації. У поверхневих водах України концентрація ВМ коливається у широких межах – від одиниць до десятків, а іноді й сотень мкг/дм^3. Найбільш забрудненими сполуками ВМ є поверхневі водні промислових регіонів України.

Максимальною здатністю концентрувати ВМ володіють завислі речовини і донні відкладення, потім вже планктон, бентос і риби. Загалом же інтенсивність біоакумуляції металів на початковому етапі біологічного концентрування мікродомішок залежить від питомої поверхні гідробіонтів, їхнього фізіологічного стану, потреби в мікроелементах і інших факторах. Гідробіонти переводять розчинені форми елементів у завислі, зв'язуючи їх у панцири й інші кістякові утворення, накопичують для утворення м'яких тканин, перетворюють на металоорганічні сполуки. При відмиранні організми розпадаються, виділяючи у воду органо-мінеральні сполуки, тобто переводять нерозчинні форми в розчинні.

Важкі метали є надзвичайно небезпечними у якості ЗР природних вод, оскільки вони навіть в порівняно малих концентраціях можуть токсично впливати на водні організми. Гідробіонти накопичують ВМ в концентраціях, у сотні (*Fe*), тисячі (*Hg, Cu, Cd, Co*) і сотні тисяч (*Zn, Mn*) разів перевищуючих їх вміст у воді. Поряд із прямою токсичною дією на організм ВМ викликають небезпечні віддалені біологічні наслідки (мутагенний, ембріотоксичний, гонадотоксичний й ін.). Звичайно важкі метали є консервативними речовинами, а також самі метали і їхні сполуки негативно впливають на процеси самоочищення водного середовища.

Джерела і шляхи надходження у водне середовище ВМ наступні: безпосередній винос із промисловими стоками; перенос з поверхні суші в атмосферу, розподіл у повітряних масах і випадення в складі атмосферних опадів [10].

Ступінь токсичності природної води як середовища мешкання гідробіонтів визначається, головним чином, не стільки валовим вмістом тих чи інших хімічних інгредієнтів, скільки формою їхнього існування в умовах даної водойми. Для ВМ це особливо характерно, тому що вони, на відміну від багатьох інших ЗР, можуть знаходитися в природних водах у різних формах – від простих до іонів комплексних сполук. У гідрохімічних системах багато важких металів можуть знаходитися в іонній формі. Мідь, цинк і свинець здатні утворювати стійкі сполуки з OH^-, SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, $Bг^-$, I^-, $C1^-$, HS^-; крім неорганічних комплексних сполук вони утворюють стійкі комплексні сполуки з органічними речовинами, особливо з фульвокислотами. Встановлено, що вільні іони металів є, як правило, токсичними при концентраціях, що перевищують ГДК, тоді як закомплексовані метали, особливо зв'язані з деякими органічними речовинами природного походження, легко засвоюються живими організмами і беруть участь у біохімічних процесах.

Існує безліч різноманітних процесів, що визначають перехід металів у донні відкладення, основними з яких є адсорбція на органічних і мінеральних зважених речовинах, а також седиментація. Важкі метали, що надійшли в донні

відкладення, міцно зв'язуються з ними. Вони практично не піддаються біодеградації, накопичуються в донних відкладеннях, перетворюючи їх у потенційне джерело вторинного забруднення водойми [11].

Біологічні наслідки виявляються, насамперед, у прямому токсичному впливі на гідробіонти, що наслідки поразки фізіологічних систем організмів і їх масової загибелі. Крім того, відзначається порушення первинної продукції і трофічних зв'язків, а також рівноваги між авто- і гетеротрофними організмами під впливом порівняно низьких концентрацій токсикантів, що, у кінцевому рахунку, приводить до порушення біотичного кругообігу і дестабілізації водних екосистем. Наприклад, наявність у водному середовищі ртуті у кількості еквівалентній гігієнічним ГДК, знижує інтенсивність фотосинтезу і приросту біомаси одноклітинних водоростей [12].

Важкі метали $(As, Cd, Cr, Co, Fe, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, Ag, Zn)$ відноситься до групи мікроелементів, з огляду їх низькі концентрації у природних водах (мікрограмовий діапазон концентрацій) [13, 14].

Значне підвищення вмісту *свинцю* в навколишньому середовищі, в тому числі у поверхневих водах, зумовлене його широким застосуванням у промисловості. Одним із значних джерел забруднення поверхневих вод сполуками свинцю є спалення вугілля, застосування тетраетилсвинцю у моторному паливі, а також винесенню у водойми зі стічними водами рудозбагачувальних фабрик, металургійних підприємств, хімічних виробництв і шахт. В даний час свинець викликає підвищений інтерес як пріоритетний полютант НПС, щорічні промислові і транспортні викиди якого перевищують 400000 т, загрожуючи здоров'ю мільйонів людей, особливо дітей. Всмоктування цього елементу з травного тракту у дітей відбувається в 3 рази інтенсивніше, ніж у дорослих. Припустимий вміст свинцю в харчових продуктах коливається в межах 0,02 - 3 мг/кг, у питній воді 0,01 - 0,03 мг/л і атмосфері 0,03 -0,1 мкг/м^3. Основним шляхом надходження свинцю в організм людини і тварин є травохід.

Ртуть потрапляє до організму риб та інших водних істот у формі метилртуті, утворення якої у річках і озерах досить легко відбувається за низьких значень *pH* води. Це пояснюється тим, що Hg^{2+} за цих умов легко переходить із донних відкладів у розчин шляхом іонного обміну (з іоном H^{+}) і мікроорганізми мають можливість збільшити продукцію метилртуті. Дослідники багатьох країн стверджують, що забруднення водойм ртуттю є основною причиною накопичення її сполук (в основному метилртути) у гідробіонтах, особливо в рибі, що викликає їхнє отруєння. Ртуть знижує інтенсивність фотосинтезу фітопланктону на 10- 90 %. Ртуть, що накопичується в донних відкладеннях, у результаті мікробіологічних процесів поступово метилірується і переходить у форми, що можуть легко акумулюватися водними організмами. Використання ртуті в промисловості і сільському господарстві привело до накопичення її в навколишньому середовищі в значних кількостях [12].

Кадмій потрапляє в ланцюг харчування інакше, за ртуть. Він може заміщати цинк у цинкоутримуючих ферментах (гідроксилазах). Потім цей фермент стає неактивним, а організми, у які потрапив кадмій, можуть слугувати їжею для інших організмів. Таким чином кадмій впроваджується в загальний ланцюг харчування. Він належить до числа мікроелементів, що широко використовуються в техніці, особливо в металургії. Зі стічними водами цих виробництв кадмій потрапляє у водойми, забруднюючи їх і токсично впливає на гідробіонти. Крім того, відомо, що кадмій токсичний і для людини. Кадмій діє на обмін ряду мікроелементів, у першу чергу, цинку, міді, заліза і селену. Кадмій можна розглядати як специфічний антиметаболіт цинку.

Основним джерелом надходження *цинку* в природні води є мінерал сфалерит (ZnS). Майже всі сполуки, крім *ZnF*, добре розчинні у воді. У річкових водах його концентрації коливаються від кількох мікрограмів до десятків і рідше, сотень мікрограм на кубічний дециметр. У забруднених важкими металами водах концентрація цинку досягає сотень мікрограм на кубічний дециметр. Максимальні концентрації цинку характерні для слабокислих вод

рудних тіл (*pH* = 5,5-6,5). У лужних розчинах вміст цього елемента різко зменшується. Міграційна здатність цинку вища за мідь та свинець. Токсичність цинку невелика, при введенні його в надлишку він не акумулюється, а виводиться. Однак у літературі є окремі твердження про токсичний вплив цинку.

Найважливішими джерелами надходження *міді* вважаються гірські породи, стічні води хімічних і металургійних виробництв, шахтні води, різні реагенти, що містять мідь а також стічні води з сільськогосподарських угідь. Характерна особливість поведінки міді в природних водах – сильно виражена здатність сорбуватися високодисперсними частинками ґрунтів і порід. Мідь – один з найважливіших незамінних мікроелементів, необхідний для життєдіяльності людини, тварин і рослин. Надходження міді з їжею повинне складати 2 - 5 мг на добу, причому, споживання менш 2 мг небезпечне в зв'язку з можливістю розвитку мідьдефіцитних станів. Відомо, що надлишок міді може викликати ознаки отруєння, що супроводжуються зниженням активності і біосинтезу деяких ферментів.

Основним джерелом надходження *марганцю* у поверхневі води є залізомарганцеві руди та деякі мінерали, які містять марганець, стічні води марганцевих збагачувальних фабрик, металургійних заводів, підприємств хімічної промисловості, шахтні води тощо. Значна кількість марганцю потрапляє при відмиранні й розкладу гідробіонтів, особливо синьо - зелених і діатомових водоростей, а також вищих водних рослин.

Найважливішим джерелом забруднення *нікелем* є стічні води цехів нікелювання, збагачувальних фабрик. Величезні викиди нікелю супроводжуються спаленням палива. Це призводить до викидів в атмосферу щорічно до 70тис.т. цього елементу. Нікель належить до канцерогенних елементів, що може спричиняти респіраторні захворювання. Вважається, що вільні іони нікелю $\left(Ni^{2+}\right)$ приблизно в 2 рази токсичніші за його комплексні сполуки.

Особливо небезпечним джерелом надходження сполук *кобальту* виступають стічні води металургійних, металообробних, нафтопереробних, хімічних та інших виробництв.

Стронцій має низькі концентрації у природних водах, що пояснюється слабкою розчинністю його сірчанокислих сполук, які вважаються основним джерелом надходження стронцію. Стронцій близький за своїми хімічними властивостями до кальцію, але відрізняється від нього біологічним впливом на організм. З надлишком вмісту цього елементу в грунтах, водах і продуктах харчування пов'язана так звана уровська хвороба. Інше, не менш важливе джерело надходження стронцію (радіоактивних ізотопів) у наш час має антропогенне походження.

Будучи біологічно активним елементом, *залізо,* певною мірою, впливає на інтенсивність розвитку фітопланктону та якісний склад мікрофлори у водоймі. Концентрація заліза схильна до помітних сезонних коливань. Зазвичай у водоймах з високою біологічною продуктивністю в період літньої і зимової стагнації помітне збільшення концентрації заліза в придонних шарах води. Осінньо-весняне перемішування водних мас супроводжується окисленням Fe (II) в Fe (III) і випаденням останнього у вигляді $Fe(OH)_3$.

Для аналізу важких металів в природних об’єктах застосовують усі існуючі фізико-хімічні методи. Тенденція розвитку інформаційної системи спостережень така, щоб максимально автоматизувати процеси вимірювання, обробки та зберігання даних про забруднення природного середовища найбільш небезпечними забруднювачами. Поки такої автоматизованої системи немає, більшість аналізів виконується вручну з застосуванням різних фізико-хімічних і аналітичних методик. Крім того, ці методи часто трудоємні, точність аналізів недостатньо висока і проводяться ці аналізи дискретно. В залежності від складності аналізу час між послідовними вимірюваннями може вимірюватися тижнями або місяцями. За цей час значення шуканої величини може змінитися настільки, що цінність результатів аналізу падає. Часто вимірювання проводяться не безпосередньо на природному об’єкті, а в

лабораторії, і виникає проблема консервування, зберігання і транспортування проби. Все це приводить до громіздкості, трудоємності, малої інформативності і, як наслідок, низької ефективності існуючої служби спостереження і контролю за станом природного середовища.

При проведенні робіт по оцінці якості води величезне значення мають достовірність аналітичних даних та оперативність їх отримання. При виборі метода аналізу вагоме значення має і вартість проведення аналітичних робіт. У той же час визначення низьких концентрацій ВМ вимагає високочутливих методів аналізу [15].

Існують дві основні групи аналітичних методів для визначення ВМ: спектрометричні та електрохімічні. Серед спектрометричних методів визначення ВМ перше місце займає атомно-абсорбційна спектрометрія (ААС) з різною атомізацією зразків: ААС з атомізацією в полум'ї (F AAS) та ААС з електротермічною атомізацією в графітовій кюветі (GF AAS) [17]. Атомно-емісійна спектрометрія (АЕС) з індукційно зв'язаною плазмою (ICP-AES) та мас-спектрометрія з індукційно-зв'язаною плазмою (ICP-MS) на сьогоднішній день є найбільш високочутливими методами визначення складу води [15, 17]. До електрохімічних методів відносяться: вольтамперометрія, кулонометрія та потенціометрія [18, 19]. Гранична чутливість цих аналітичних методів представлена у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Гранична чутливість деяких аналітичних методів [20]

Методи	Чутливість, ppm						
	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
Флуоресцентні	xx	xx	x				
АЕС рідин	xx	xx	x				
ААС та флуоресцентні (в полум'ї)	xx	xx	x	x			
Інверсійна вольтамперометрія	xx	xx	x	x			
Мас-спектрометрія	xx	xx	xx	xx	X	x	x

Примітка: xx - для більшості елементів; x – в окремих випадках.

Області Північного Причорномор’я фахівці відносять до числа таких, що мають найбільш зношену водопровідну систему, через що спостерігаємо високий рівень вторинного забруднення питної води. Важливою проблемою водопровідних систем є погіршення технічного стану, що призводить до зниження ефективності їх робота та підвищення втрат води, спостерігається збільшення кількості випадків проривів на трасах водопостачання та значних витоків. Втрати води у розподільчих мережах, в середньому, коливаються в межах 30-50 % від загального обсягу, що подається в них. Найбільші витоки в південному регіоні зафіксовані у Миколаївській області – 39,6 %, а найменші у Херсонській області – 9,4 %. Показник втрат води у міських мережах є надто високим і знаходиться в межах 0,4-3,0 $м^3$ /км/год, в порівнянні з показниками у Західній Європі, які становлять 0,1-0,4 $м^3$ /км/год [21, 22].

Якість води, що потрапляє в розподільчу мережу є важливим чинником довговічності та ефективності її експлуатації. Процеси корозії, заростання, вимивання матеріалу труб, формування біоплівок та осадів переважають в водопровідних мережах, при прокладанні яких було застосовано металеві труби. З плином часу біоплівка мінералізується, а її частинки відриваються від внутрішньої поверхні трубопроводу. Подібний процес спостерігається і з осадом, який під впливом несталої швидкості руху води, також періодично збурюється. Збурені частинки осаду, відірвані частки біоплівки, сфлокульовані частинки інших домішок та частки окислу металу потрапляють в потік води, що рухається в трубопроводі, забруднюючи його [21].

На рис. 1.1 зображено процес забруднення води в розподільчій мережі.

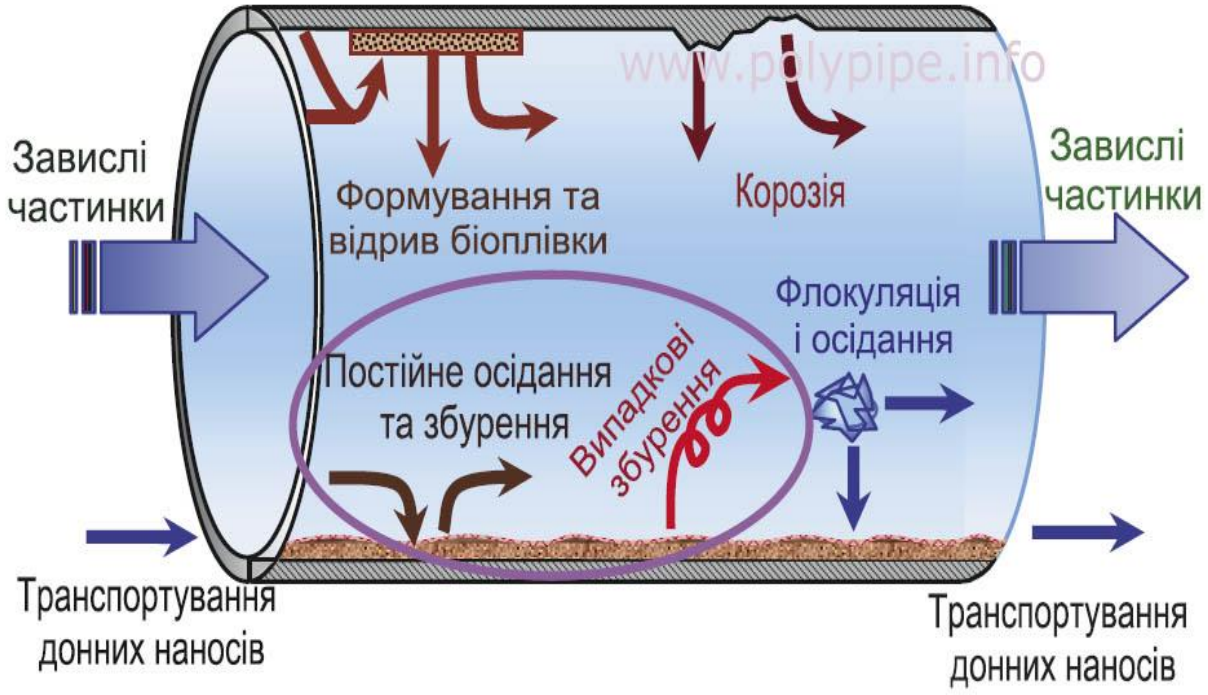


Рис. 1.1 – Процес вторинного забруднення води в водопроводах [21]

При виникненні ситуації, що супроводжується збоями в постачанні води, слід при поновленні водотоку почекати проходження промивної води, оскільки вона є забрудненою. В залежності від матеріалу, з якого вигтовлені труби, спостерігаємо різні рівні забрудненості (табл. 1.3).

Матеріал труб	Вміст заліза, мг/дм^3	
	загального	розчиненого
полімери	0,099 ± 0,102	0,006 ± 0,004
сталь	0,578 ± 0,361	0,210 ± 0,040

Можна впевнено сказати, що труби, виготовлені з полімеру є безпечнішими в експлуатації, порівняно зі сталевими. Тому використання їх є не тільки екологічно обґрунтованим, а й економічно виправданим. Запобігти розвитку процесів корозії труб, їх заростання та вимивання у водопровідних мережах, можна шляхом застосування технологій корегування якості та

властивостей води, запровадження захисту поверхні контакту трубопроводу з водою тощо. У водопровідних мережах південного регіону України найбільш поширенні сталеві труби. Розподіл труб, що використовуються в водопроводах України такий: сталеві – 52,9%, чавунні – 40,5%, інші – 8,6%. Використання сталевих труб призводить до зменшення надійності, скорочення тривалості експлуатації трубопроводів, а це призводить до погіршення якості питної води. Матеріал труб, які використовуються в розподільчих мережах, значною мірою впливає не тільки на кількість осаду, але й на його зовнішній вигляд. Продукти корозії труб (у т. ч. ВМ) потрапляють в питну воду. За певних умов частки забрудненої води випадають в осад, формуючи певну його структуру та колір. Цей процес відбувається в майже всіх трубах, що виготовлені з різних матеріалів. Так, мідь переважно добре протидіє корозії, проте вона окислюється при транспортуванні м’якої води за наявності в ній хлору, розчиненого кисню, або за умови низького значення *pH*. Низьковуглецева сталь також кородує при наявності значної кількості розчиненого кисню. Агресивна вода може призвести до поверхневої ерозії і чавунних труб. Азбоцементні труби забруднюють воду канцерогенними речовинами. Найбільш стійкими щодо корозійних впливів є труби з полімерних матеріалів [21, 22].

2 ВАЖКІ МЕТАЛИ У ПИТНИХ ВОДАХ ЯК ФАКТОР ФОРМУВАННЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

Мінеральний склад питних вод є не тільки показником їх якості, але й важливим чинником формування здоров'я населення, оскільки, як надлишок, так і дефіцит біологічно (фізіологічно) значущих хімічних елементів провокує специфічні захворювання людини, такі як мікроелементози, тобто захворювання (симптоми), що зумовлені недостатністю, надлишком або дисбалансом мікроелементів в організмі [23]. У даний час особливої уваги набуває вивчення ендемічних захворювань, які викликані мікроелементами, пов'язаними з природними та техногенними геохімічними факторами, а також визначення їх ролі у патології людини: зоб (дефіцит *I*); флюороз (надлишок *F*); карієс (недостача *F*); уровська хвороба (надлишок *Sr*); ендемічна подагра (надлишок *Mo*); ектопія кришталика (нестача *Mo*); гіпогонадизм (дефіцит *Zn*); хронічна гіперглікемія (низький вміст *Cr*); хвороба Вільсона-Коновалова (надлишок *Cu*) тощо [24, 25].

Біологічно (фізіологічно) значущі ХЕ поділяються на: 1) «структурні» (*C, O, H, N, Ca, Mg, Na, K, S, P, F, Cl*), які на 99% формують елементний склад організму; 2) ессенціальні (*Fe, I, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Ni, V, Se, Mn, As, F, Si,* Li); 3) умовно ессенціальні; 4) елементи, роль яких мало вивчена або невідома зовсім [23].

Згідно сучасних уявлень, низка ХЕ (*Fe, Cu, Zn, Mn, Cr, Se, Mo, Co, I,*) є абсолютно необхідною (ессенціальною) для організму людини, оптимального стану її здоров'я; вони входять до складу загальної регуляторної системи організму та підтримують його гомеостаз. Ессенціальні хімічні елементи потрапляють до організму людини в складі продуктів харчування і питної води. За літературними даними внесок мікроелементів в організм людини з питною водою складає від 2-4 до 20-25 % (за даними ВООЗ – 6-8%). Відомо, що з питною водою людина може отримати до 20 % добової норми кальцію, до 25 % – магнію, до 50-80 % –фтору, до 50 % – йоду тощо [26].

Споживати питну воду можна лише за умови, коли відомі показники якості. Майже всі процеси в життєдіяльності організму відбуваються за участю води. Саме вода є важливою частиною природи. Але людина своєю згубною діяльністю змінює її хімічний склад. У малі та великі ріки, водоймища потрапляють шкідливі промислові або радіоактивні відходи, які змінюють умови розпаду органічних речовин, збільшують концентрацію азоту, фосфору, важких металів, отрутохімікатів. Це суттево погіршує якість води, вона втрачає природний колір, смак, загальний іонний склад та стає взагалі непридатною для споживання [27].

Алюміній не відноситься до ессенціальних ХЕ. Алюміній застосовують у коагулянтах як основний реагент технології питної водопідготовки, у результаті чого він переважно і з'являється у питній воді. Під час гідролізу алюмінію у воді можуть утворюватися різні гідрокомплекси: розчинні і нерозчинні, мономерні і полімерні, органічні й неорганічні. Накопичуючись у тканинах мозку, печінки, нирок, кісток, алюміній викликає їх функціональні порушення, а також спричиняє порушення в синтезі ряду ферментів, сприяючи видаленню таких біоелементів, як P, Mg, Ca, Na, Fe. Постійне вживання питної води з вмістом алюмінію понад 0,2 мг/дм^3 призводить до підвищення вірогідності появи таких захворювань, як енцефалопатія, хвороби Альцгеймера і Паркінсона, анемія, зниження імунної реактивності та ін. [28].

Мідь є одним із незамінних елементів для організму людини, тобто типовим ессенціальним ХЕ. У деяких випадках дефіцит міді за симптомами подібний до хронічної інтоксикації нею. Мідь малотоксична для людини, не має кумулятивних властивостей. Зазвичай швидкість поглинання, утримання і виведення міді не призводять до підвищеного її вмісту в організмі. Однак при хворобах, що викликають порушення механізму рівноваги, тривала абсорбція міді може викликати цироз печінки. Є відомості про вплив міді на метаболізм новонароджених, які вигодовуються штучно. Зафіксовані гострі отруєння людей у разі вживання з питною водою міді у дозах 0,14 мг/кг і вище. Канцерогенні і мутагенні властивості міді не встановлені [29]. Вміст міді з

3 мг/дм^3 у складі питної води підозрюють, щоб викликати цироз печінки у дітей незадоволених. Питна вода повинна, отже, немає, або є тільки низькі рівні міді або цинку (між 0,01 і 0,1 мг/дм^3). Слабка токсичність міді пояснюється її проміжним положенням між м'якими і сильними кислотами за характером утворення зв'язків. Однак мідь гостротоксична для більшості прісних безхребетних. Тому ГДК питної води (європейський стандарт – 0,05, США і СНД – 1,0, ВООЗ – 2,0 мг/дм^3) вища за рибогосподарські і, які складають 0,01 мг/дм^3. ВООЗ пропонує також рекомендовану величину у 2 мг/дм^3, у США обмежене максимальне допустиме значення – 1-2 мг/дм^3.

Ртуть не відноситься до ессенціальних ХЕ. Її широко застосовують в інсектицидах, фунгіцидах, бактерицидах і фармацевтичних препаратах. Оксиди, хлориди і сульфіди ртуті уживають як каталізатори в процесі виробництва синтетичних полімерів. Ртуть широко використовують у термометрах, барометрах, манометрах, утілізація яких є головним джерелом надходження ртуті у довкілля. Ртуть та її сполуки надзвичайно токсичні для людини, вони акумулюються в нирках, печінці, головному мозку. Основною мішенню для неорганічної ртуті є нирки. Метилртуть вражає переважно центральну нервову систему. Летальна доза ртуті в разі потрапляння з питною водою становить 75-300 мг/д. Симптоми ртутної інтоксикації − атаксія, пригнічення периферійного сприйняття і рефлекс кінцівок.

Свинець також не відноситься до ессенціальних ХЕ. Він вражає нервову систему, кістковий мозок і кров, а також судини і генетичний апарат клітин; впливає на синтез білка і проявляє гонадотоксичну і ембріотоксичну дію. За результатами досліджень на тваринах було встановлено, що свинець, який надходить у високій концентрації з кормом, викликає рак нирок. На цій основі свинець і його неорганічні сполуки віднесені до класу можливих канцерогенів для людини [28]. Зауважимо, що свинець впливає навіть в низьких концентраціях, які потрапляють в організм протягом більш тривалого періоду часу, як хронічна і нейротоксична отрута. Особливо ризикують тут немовлята і діти молодшого віку, тому що їх метаболізм в порівнянні з дорослими

прискорюються, оскільки у них так званий гематоенцефалічний бар'єр не повністю розвинений.

Свинець і його сполуки високотоксичні і висококумулятивні як в екосистемах, так і в організмі людини та тварин, що пояснює небезпеку його впливу навіть в низьких дозах. Біологічними мішенями для дії свинця в організмі є система червоної крові; органи центральної та периферичної нервової системи; система органів травлення; органи сечостатевої системи [30, 31].

Кадмій також не відноситься до ессенціальних ХЕ. Його отримують також як побічний продукт під час рафінування міді, свинцю і цинку. Він використовується для гальванічного покриття, а його сполуки – як барвники (сульфіди, сульфоселеніди кадмію), стабілізатори полівінілхлоридних пластмас (стеарати кадмію). Метал є ліофільним і халькофільним елементом. Він гідролізується за будь-яких значень *pH*. У питній воді рівень кадмію зазвичай нижчий за 1 мкг/дм^3. В Україні встановлена ГДК кадмію, яка дорівнює 0,001 мг/дм^3. ВООЗ для питних вод встановила норму 0,003 мг/дм^3. Середньодобове надходження кадмію в організм людини не повинна перевищувати 10-35 мкг. Значна його кількість надходить в процесі паління. Міжнародна асоціація вивчення раку (МАВР) відносить кадмій до канцерогенів саме за інгаляційне надходження. Кадмій характеризується токсичними і кумулятивними властивостями. Він викликає хворобу ітай-ітай, що проявляється в розм’якшенні кісток, кальцифікації і пієлонефриті нирок. Оскільки кадмій накопичується в організмі і має тривалий період напіввиведення (10-30 років), вживання зараженої води та продуктів протягом тривалого часу може призвести до тих чи інших форм кадмієвої інтоксикації. Кадмій – метал зі змінною валентністю. Його протягом багатьох років використовують у промисловості та сільському господарстві. Кадмій та його солі характеризуються полівалентною токсичною дією. В літературі описані різноманітні токсичні ефекти *Cd*, зокрема, його вплив на нирки, нервову, серцево-судинну систему, легені, кров, печінку та шлунково-кишковий тракт. Є

дані щодо канцерогенного і тератогенного впливу цього токсиканту, а в останні роки доведено ще й його генотоксичну дію [32, 33].

Незважаючи на те, що *Pb* і *Cd* характеризуються політропною дією на організм, все ж головним у формуванні патохімічних механізмів їхньої токсикації є конкурентне витіснення з обміну металів-біотиків через порушення їх всмоктування, перерозподіл і пришвидшення елімінації з організму, інгібування різних ферментів унаслідок зв'язування та блокування *SH*-груп («тіолові отрути»), а також утворення з ними міцніших комплексних сполук [34].

Цинк є типовим ессенціальним ХЕ. В природних умовах він зустрічається у вигляді таких мінералів, як цинкова обманка (*ZnS*), смітсоніт ($ZnCO_3$), цинкіт (*ZnO)* та ін. Найбільше промислове значення мають карбонатні та сульфідні руди цинку. Токсичність цинку для водних рослин змінюється від 0,0075 до 50 мг/дм^3. Для багатьох видів риб вона істотно залежить від температури навколишнього водного середовища. Цинк життєво необхідний для ссавців, оскільки бере участь у біосинтезі нуклеїнових кислот, РНК- і ДНКполімераз. Установлено, що цинк – обов'язковий складник ферменту крові, карбоангідрази. Цей фермент міститься в еритроцитах. Токсичність цинку для людини залежить від його синергізму або антагонізму з іншими важкими металами, особливо з кадмієм. Підвищена акумуляція ВМ може призводити до дефіциту цинку в організмі людини, що проявляється у пригніченні ферментної активності, а також в уповільненому заживанні ран. Небезпеку гострого інгаляційного отруєння викликають аерозоль металевого цинку, його оксиди і хлориди, що спричиняє литійну пропасницю, а також нудоту, рвоту, хронічну пневмонію [35]. Цинк є одним з найважливіших мікроелементів для людського організму. Добові для дорослих становить близько 0,2 мг/кг маси тіла. У дітей добова потреба навіть у 5 разів вища. При прийому в великих кількостях відбуваються спазми в животі і кривавий пронос. У питній воді цинк діє тільки при дуже високих концентраціях, які є токсичними.

Миш'як є типовим ессенціальним ХЕ. Миш’як додають до свинцевих сплавів. Зокрема, дрібно текстурована пластина батареї не може бути відлита без застосування миш'яку. Історично миш'як був важливим компонентом мідних сплавів, покращуючи їх технологічність. Гостре отруєння миш'яком викликає конвульсії, нудоту, блювоту, внутрішню кровотечу, діарею і коліки у нирках, а також недостатність кровообігу. За умов тяжкого отруєння, шкіра стає холодною і вологою і людина може впасти в кому.

Марганець є типовим ессенціальним ХЕ. У ряді наукових досліджень встановлено, що кількість марганцю в питній воді, що перевищує норму негативно впливає на протікання вагітності, надає токсичний і мутагенний ефект на організм людини. Потраплення марганцю в питну воду безпосередньо залежить від діяльності розташованих поблизу промислових підприємств.

Залізо є одним із незамінних елементів для організму людини. Це типовий ессенціальний ХЕ. «Железистая вода» спочатку прозора, але при відстоюванні або нагріві набуває жовтувато-бурого забарвлення, що є причиною іржавих патьоків на сантехніці. На відчуття така вода набуває характерного «залозистого» присмаку. Регулярне вживання питної води з підвищеним вмістом заліза, може привести до розвитку захворювання, яке носить назву гемохроматоз і характеризується накопиченням сполук заліза в органах і тканинах людини.

На даний час особливої уваги набуває вивчення ендемічних захворювань , які викликані мікроелементами, пов’язаними з геохімічними особливостями об’єктів довкілля (води, ґрунту, повітря, рослинності) та визначенні їх ролі у патологіях людини (табл. 2.1) [24].

Таблиця 2.1 – Ендемічні захворювання, які викликані мікроелементами, пов’язаними з геохімічними особливостями об’єктів довкілля [24]

Мікроелементози	Геохімічні фактори	
	Природні екзогенні	Техногенні
Зоб (дефіцит йоду)	+	-
Флюороз (надлишок фтору)	+	+
Карієс (недостача фтору)	+	-
Уровська хвороба (надлишок стронцію)	+	-
Ендемічна подагра (надлишок молібдену)	+	+
Ектопія кришталика (нестача молібдену)	+	-
Гіпогонадизм (дефіцит цинку)	+	-
Хронічна гіперглікемія (низький вміст хрому)	+	-
Хвороба Вільсона-Коновалова (мідний токсикоз)	+	+
Захворювання органів дихання (надлишок більше 20 ХЕ)	+	+
Захворювання крові і кровотворних органів (берилій, радіоактивні ХЕ)	+	+
Захворювання шкіри та підшкірної клітковини (радіоактивні та рідкісні ХЕ)	-	+
Захворювання органів травлення (важкі метали, нітрати)	-	+
Захворювання кістково-м’язової системи (фтор, стронцій, фосфор та ін.)	+	+
Захворювання нервової системи і органів чуттів (важкі метали, галогени)	-	+

В деяких країнах, наприклад, Росії, запропоновані норми фізіологічних потреб в енергії і харчових речовинах для різних груп населення [36], які можна використати для оцінки якості питної води з певними припущеннями. До них належать визначені макроелементи (*Ca, P, Mg, K, Na*) та мікроелементи (*Fe, Zn, I, Cu, Mn, Se, Cr, Mo, F*). Встановлені також і рівні фізіологічної потреби цих ессенціальних ХЕ для дорослих (чоловіків, жінок) та дітей у мг/добу, але немає відомостей щодо її тієї частки, яка потрапляє в організм людини з питною водою.

Залізо. Входить до складу різних за своєю функцією білків, в т.ч. ферментів. Бере участь в транспорті електронів, кисню, забезпечує протікання окислювально-відновних реакцій і активацію перекісного окислення. Недостатнє надходження його до організму людини приводить до анемії,

атонії скелетних м'язів, підвищеної стомлюваності, міокардіоопатії, атрофічному гастриту. Середнє споживання в різних країнах складає 10-22 мг/добу. Встановлені рівні потреб для чоловіків (8-10 мг/добу) і для жінок (15-20 мг/добу). Верхній допустимий рівень споживання не встановлений. Фізіологічна потреба для дорослих – 10 мг/добу (для чоловіків) і 18 мг/добу (для жінок). Фізіологічна потреба для дітей – від 4 до 18 мг/добу.

Цинк. Входить до складу більш як 300 ферментів, бере участь в процесах синтезу і розпаду вуглеводів, білків, жирів, нуклеїнових кислот і в регуляції експресії ряду генів. Недостатнє споживання призводить до анемії, вторинного імунодефіциту, цирозу печінки, статевої дисфункції, наявності вад розвитку плоду. Дослідженнями останніх років простежено здатність високих доз цинку порушувати засвоєння міді і, тим самим, сприяти розвитку анемії. Середнє споживання – 7,5-17,0 мг/добу. Встановлені цілодобові рівні потреби: 9,5-15,0 мг. Верхній допустимий рівень споживання складає 25 мг/добу. Уточнена фізіологічна потреба для дорослих – 12 мг/добу. зіологічна потреба для дітей – від 3 до 12 мг/добу.

Мідь. Входить до складу ферментів, що володіють окислювально-відновною активністю і беруть участь у метаболізмі заліза, стимулює засвоєння білків і вуглеводів. Бере участь в процесах насичення тканин організму людини киснем. Клінічні прояви недостатнього споживання виявляються порушеннями формування серцево-судинної системи і скелету, розвитком дисплазії сполучної тканини. Середньдобове споживання – 0,9-2,3 мг. Встановлені потреби на рівні 0,9-3,0 мг/добу. Верхній допустимий рівень споживання –5 мг/добу. Фізіологічна потреба для дорослих – 1,0 мг/добу. Фізіологічна потреба для дітей – від 0,5 до 1,0 мг/добу.

Марганець. Бере участь в утворенні кісткової і сполучної тканини, входить до складу ферментів, які задіяні в процесі метаболізму амінокислот, вуглеводів, катехоламінів, необхідний для синтезу холестерину і нуклеотидів. Недостатнє споживання супроводжується уповільненням зростання, порушеннями в репродуктивній системі, підвищеною крихкістю кісткової

тканини, порушеннями вуглеводного і ліпідного обмінів. Середньодобове споживання марганцю мкладає 1-10 мг. Встановлені потреби на рівні 2-5 мг мг/добу. Верхній допустимий рівень споживання – 5 мг/добу. Фізіологічна потреба для дорослих – 2 мг/добу.

Хром. Бере участь в регуляції рівня глюкози крові, посилюючи дію інсуліну. Дефіцит призводить до зниження толерантності організму до глюкози. Середнє споживання – 25-160 мкг/добу. Встановлені потреби на рівні 30-100 мкг/добу. Верхній допустимий рівень споживання не встановлений. Фізіологічна потреба для дорослих рівні 50 мкг/добу. Фізіологічна потреба для дітей від 11 до 35 мкг/добу.

Молібден є кофактором багатьох ферментів, що забезпечують метаболізм сірковмісних амінокислот, пуринів і піримідинів. Середнє споживання складає 44-500 мкг/добу. Встановлені потреби на рівні 45-100 мкг/добу. Верхній допустимий рівень споживання визначений у 600 мкг/добу. Фізіологіческая потреба для дорослих – 70 мкг/добу.

3 ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПИТНИХ ВОДАХ ОКРЕМИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Як було зазначено вище, деякі ВМ (*Fe, Cu, Zn, Mn, Cr, Mo, Co*) є абсолютно необхідною (ессенціальною) складовою для організму людини, оптимального стану її здоров'я; вони потрапляють в організм людини в складі продуктів харчування і питної води. Але окремі ВМ (*Hg, Pb, Cd* тощо) є типовими екотоксикантами. Тому нормативні значення концентрації окремих ВМ у питних водах систем централізованого питного водопостачання України відносяться до фізико-хімічних показників безпечності та якості питної води (*Fe, Cu, Mn, Zn*), а також та санітарно-токсикологічних показників нешкідливості хімічного складу питної води (*Cd, Co, As, Mo, Ni, Hg, Pb* та ін.) – табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Нормативні значення концентрації окремих хімічних елементів у питних водах систем централізованого питного водопостачання України [37, 38]

Метал	Норматив
Фізико-хімічні показники безпечності та якості питної води [37]; хімічні показники, що впливають на органолептичні властивості питної води [38]	
Залізо загальне (Fe)	≤ 0,2 мг/дм^3
Марганець (Mn)	≤ 0,05 мг/дм^3
Мідь (Cu)	≤ 1,0 мг/дм^3
Цинк (Zn)	≤ 1,0 мг/дм^3
Санітарно-токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу питної води [37]; Токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу питної води [38]	
Алюміній (*Al*)	≤ 0,2 (0,5) мг/дм^3
Барій (Ba)	≤ 0,1 мг/дм^3
Берилій (Be)	≤ 0,002 мг/дм^3
Кадмій (Cd)	≤ 0,001 мг/дм^3
Кобальт (Co)	≤ 0,1 мг/дм^3
Миш'як (As)	≤ 0,01 мг/дм^3
Молібден (Mo)	≤ 0,07 мг/дм^3
Нікель (Ni)	≤ 0,02 мг/дм^3
Ртуть (Hg)	≤ 0,0005 мг/дм^3
Свинець (Pb)	≤ 0,01 мг/дм^3
Селен (Se)	≤ 0,01 мг/дм^3
Стронцій (Sr)	≤ 7,0 мг/дм^3
Сурма (Sb)	≤ 0,005 мг/дм^3
Талій (Tl)	0,0001 мг/дм^3
Хром загальний (Cr)	≤ 0,05 мг/дм^3

Питне водопостачання в Україні здійснюється за рахунок як поверхневих (70%), так і підземних джерел (30%). Більшість поверхневих вод, які використовуються для питних потреб, за гідрохімічними показниками, в основному, належать до II – III класу, значна їх частина взагалі належить до IV класу якості і є проблемною для використання [39].

Річка Дністер належить до водних об’єктів 2-ої категорії, яку використовують для питного водопостачання. Незважаючи на те, що водоочисна станція (ВОС) «Дністер», яка постачає воду у Одеську ПМА, розташована в районі Нижнього Дністра, забруднення річкових вод здійсниться у межах всього басейну Дністера.

Відбуватися це може рахунок ускладнення погодних умов та ймовірного потрапляння забруднення через притоки р. Стрв'яж, в яку скидаються недостатньо очищені стічні води з об'єктів м. Самбора, неканалізованих на КОС; річки Серет і Тисмениця, в які скидаються стічні води з КОС південних міст області; р. Верещиця, в яку потрапляють недостатньо очищені стоки смт. Івано-Франково; р. Стрий із КОС м. Стрия, які перевантажені та застарілі; р. Луг з КОС м. Ходорова, які потребують реконструкції та ремонту. Основними джерелами забруднення р. Дністер від селітебної зони вказаних адміністративних районів є неочищені або недостатньо очищені стоки з територій населених місць, від індивідуальної житлової забудови в Турківському, Самбірському, Старосамбірському, Миколаївському, Жидачівському районах, які розташовані вздовж берегів Дністера та його приток, неефективна робота каналізаційних очисних споруд об'єктів Миколаївського, Жидачівського районів та інших районів. Для комплексного вирішення проблем санітарної охорони поверхневих водойм від забруднень стічними водами основних галузей промисловості необхідна розробка та впровадження в практику технологічних, санітарно-технічних та допоміжних заходів, які б зменшили потрапляння стоків ВМ у річки [40]. Також не менш важливим є створення законодавчої та нормативно – правової бази управління водними ресурсами, прийняття Водного кодексу, поліпшення системи

моніторингу, посилення державного нагляду та контролю за скидами із підприємств, дотримання режиму господарювання у водоохоронних зонах [41].

Централізоване водопостачання Одеської ПМА базується на водах річки Дністер. На ВОС «Дністер» діє традиційна класична схема очищення, заснована на використанні відстійників і швидких фільтрів. Після фільтрування вода надходить у резервуари чистої води, де піддається знезараженню рідким хлором (рідкий хлор перед контактом з водою переводять до газоподібної форми у спеціальних випарниках) в дозах, що забезпечують її бактеріальну чистоту і концентрацію залишкового хлору на виході з резервуара чистої води. А потім вода по п'яти водоводах подається до Одеської ПМА, де розподіляється між споживачами.

Вміст визначених ВМ у воді з річки Дністер і водопровідній воді Одеської ПМА, в основному, відповідають нормативним вимогам (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Вміст окремих металів (мг/дм^3) у питних водах системи централізованого питного водопостачання Одеської агломерації (2014-2015 рр.)

Метал	Норматив [37, 38]	Вода з р. Дністер	Водопровідна вода
Залізо загальне (Fe)	≤ 0,2 мг/дм^3	-	-
Марганець (Mn)	≤ 0,05 мг/дм^3	0,018 ;	0,0068 ;
Мідь (Cu)	≤ 1,0 мг/дм^3	0,259 ;	< 0,005 ;
Цинк (Zn)	≤ 1,0 мг/дм^3	< 0,005 ;	0,0067 ;
Алюміній (Al)	≤ 0,2 мг/дм^3	0,05 ;	< 0,04 ;
Барій (Ba)	≤ 0,1 мг/дм^3	-	-
Берилій (Be)	≤ 0,002 мг/дм^3	< 0,00005 ;	< 0,00005 ;
Кадмій (Cd)	≤ 0,001 мг/дм^3	< 0,00025 ;	< 0,00025 ;
Кобальт (Co)	≤ 0,1 мг/дм^3	< 0,005 ;	< 0,005 ;
Миш'як (As)	≤ 0,01 мг/дм^3	0,005 ;	0,005 ;
Молібден (Mo)	≤ 0,07 мг/дм^3	0,0031 ;	< 0,01 ;
Нікель (Ni)	≤ 0,02 мг/дм^3	-	-
Ртуть (Hg)	≤ 0,0005 мг/дм^3	< 0,0005	< 0,0005
Свинець (Pb)	≤ 0,01 мг/дм^3	< 0,005 ;	< 0,005 ;
Стронцій (Sr)	≤ 7,0 мг/дм^3	-	-
Сурма (Sb)	≤ 0,005 мг/дм^3	-	-
Талій (Tl)	≤ 0,0001 мг/дм^3	-	-
Хром загальний (Cr)	≤ 0,05 мг/дм^3	< 0,005 ;	< 0,005 ;

Оскільки вміст окремих ессенціальних ВМ (*Mn, Cu, Zn, Cr, Mo, Co*) нижчій за ГДК, то, можливо, це може відображатися на якості питних вод. І як наслідок, недостатнє споживання *Mn* супроводжується уповільненням зростання, порушеннями в репродуктивній системі, підвищеній крихкості кісткової тканини, порушеннях вуглеводного і ліпідного обмінів; клінічні прояви недостатнього споживання *Cu* виявляються порушеннями формування серцево-судинної системи і скелету, розвитком дисплазії сполучної тканини; недостатнє споживання *Zn* призводить до анемії, вторинного імунодефіциту, цирозу печінки, статевої дисфункції, наявності вад розвитку плоду; дефіцит *Cr* призводить до зниження толерантності до глюкози тощо.

Якщо порівняти встановлені концентрації вихідної води з річки Дністер та водопровідної води Одеської ПМА так званими «*рекомендованими межами*» [42], то встановлені середньорічні концентрації міді більш високі (річка Дністер), а мишяку нижчі (річка Дністер, водопровідна вода) за «рекомендовані межі».

«Рекомендовані межі» розширюють перелік показників якості мінерального складу питних вод, але, в той же час, виникають питання щодо рівня обґрунтованості діапазону оптимальних концентрацій.

Для орієнтовної оцінки мінерального складу питних вод пропонується використовувати значення біологічно значимих концентрацій (БЗК) [43], що дозволяє відокремити компоненти, вміст яких може впливати на мікроелементний баланс людини.

Середньорічні показники окремих ВМ (*Co, Cu, Zn, Mn, Cr, Mo, As, Pb, Cd, Hg*), визначених в річкових і водопровідних водах, як правило, менші за значення *нижньої межі біологічно значимої концентрації* (НМБЗК) [43]. Окремі біологічно (фізіологічно) значущі хімічні елементи мають недостотні концентрації для повноцінного функціонування організму людини. Можливо, що значення біологічно значимої концентрації ВМ питної води та їх нижньої межі недостатньо обґрунтовані, однак вони розширюють перелік критеріїв оцінки рівня збалансованості мінерального складу питних вод (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Вміст окремих металів (мг/дм^3) у питних водах системи централізованого питного водопостачання Одеської агломерації (2014-2015 рр.)

Метал	НМБЗК [43]	Вода з р. Дністер	Водопровідна вода
Залізо загальне (Fe)	-	-	-
Марганець (Mn)	0,0925 мг/дм^3	0,018 ;	0,0068 ;
Мідь (Cu)	0,0875 мг/дм^3	***0,259*** 9	< 0,005 ;
Цинк (Zn)	0,325 мг/дм^3	< 0,005 ;	0,0067 ;
Алюміній (Al)	0,375 мг/дм^3	0,05 ;	< 0,04 ;
Барій (Ba)	-	-	-
Берилій (Be)	0,00025 мг/дм^3	< 0,00005 ;	< 0,00005 ;
Кадмій (Cd)	0,0025 мг/дм^3	< 0,00025 ;	< 0,00025 ;
Кобальт (Co)	0,0075 мг/дм^3	< 0,005 ;	< 0,005 ;
Миш'як (As)	0,00125 мг/дм^3	***0,005*** 9	9
Молібден (Mo)	0,00625 мг/дм^3	0,0031 ;	< 0,01 ;
Нікель (Ni)	-	-	-
Ртуть (Hg)	0,00037 мг/дм^3	< 0,0005 ;	< 0,0005 ;
Свинець (Pb)	0,01 мг/дм^3	< 0,005 ;	< 0,005 ;
Стронцій (Sr)	-	-	-
Сурма (Sb)	-	-	-
Талій (Tl)	-	-	-
Хром загальний (Cr)	0,00375 мг/дм^3	< 0,005 ;	< 0,005 ;

Дослідженнями Ю.М. Ворохти [44] встановлено, що особливостями у складі питних вод Одеської області є високе різноманіття комбінацій мінеральних компонентів та часте перевищення нормативного вмісту компонентів сухого залишку, в т.ч. Na^+ у 1,4-2,2 рази, загальної жорсткості – у 1,3-2,0 рази, загальної мінералізації – у 1,1-1,6 рази при низькому вмісті мікроелементів (*Cr, Ni, Co, Cu, Zn, Pb*). Квоти водного фактора щодо постачання організму життєво важливих макро- і мікроелементів складають для населення Одеської області відповідно від 3,7 % до 26 % за Mg^{2+}, від 1,1 % до 21 % за Ca^{2+}, за

бактеріологічних властивостей вода в басейні Дніпра класифікується як «дуже брудна» – це вода VI класу якості [46]. Спорудження дніпровського каскаду водосховищ стало причиною значних змін складу як самої дніпровської води, так і природи на значній території. Внаслідок підняття ґрунтових вод розвиились заболоченість, відбулося підтоплення берегових зон. Бурхливий розвиток синє-зелених водоростей провокує цвітіння води на мілководді водосховищ, які складають понад 20% їх території. В умовах пересичення дніпровської води органічними речовинами посилюються процеси відмирання, гниття, розкладу водоростей, що обумовлює погіршення кисневого режиму, зниження *pH* води у придонному шарі і, як наслідок, підвищується концентрація Mn^{2+} у дніпровській воді, яка подається на ВОС. Концентрація Mn^{2+} в період липня- серпня збільшується порівняно з зимовим періодом у 3-10 разів і складає 1,9 ÷ 7,0 мг/дм^3. Це викликає дуже складну проблему для забезпечення якісною питною водою, тому що вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 саме за вмістом Mn^{2+} у питній воді складають ≤ 0,05 мг/дм^3. Більшість існуючих ВОС працюють за спрощеною технологічною схемою обробки води: механічні фільтри грубої очистки – механічні фільтри тонкої очистки (насипні або барабанні) – обеззараження (частіше за все хлорування). Неважко побачити, що жодна з цих стадій водопідготовки непристосована до видалення Mn^{2+} зі складу вихідної води. Слід також зазначити, що в літній період, коли зростає загроза різноманітних інфекційних захворювань внаслідок розвитку інфекцій у воді, виробники питної води переходять на суперхлорування із забезпеченням концентрації залишкового хлору на самій віддаленій ділянці постачання питної води на рівні 1,0 ÷ 10,0 мг/дм^3 [47]. Саме поєднання таких причин як погіршення якості вихідної води поверхневих джерел зі (збільшеним вмістом Mn^{2+}) і застосування хлорування як основного процесу бактерицидної обробки призводить до суттєвого погіршення якості питної води у літній період, що визначається навіть органолептичними методами. При цьому колір питної води змінюється на світло-бурий, утворюється бурий осад після відстоювання, що викликає численні нарікання споживачів.

Найпростішим способом аерації води в умовах ВОС можуть бути: роздрібнення потоку води на дрібні крапелі над поверхнею водоймища-прийомача станції за допомогою будь-яких технічних засобів. Головна умова – вода з поверхневого шару джерела, що подається для фільтрування, обов'язково повинна пройти стадію аерації. За цих умов передувати стадії фільтрації буде окислення Mn^{2+} [48].

Вміст визначених ВМ у водопровідній воді Миколаївської ПМА, в основному, відповідає нормативним вимогам (табл. 3.4) і, як правило, менший за НМБЗК (табл. 3.5) .

Був досліджений також вміст ВМ у воді нижньої частини басейну р. Інгулець, яка протікає по території Миколаївської області. Результати атомно-абсорбційного аналізу концентрацій окремих ВМ наведені у табл. 3.6.

Середні концентрації *Pb, Ni, Mn* та *Cu* складають 3,4; 0,89; 0,24 та 0,25 мг/дм^3 відповідно. Усі показники перевищують значення ГДК та НМБЗК, що вказує на незадовільний гідроекологічний стан у цієї частини річки.

Важливим і необхідним є дослідження впливу ВМ на рівні біоценозів та екосистем, а також проведення відповідних заходів для очищення їх від забруднень, оскільки надлишкові дози ВМ (Cd^{2+}, Cr^{6+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}) руйнують природні водні та наземні екосистеми, Відбувається також їхня міграція та накопичення за ланцюгами живлення. Середнє значення концентрацій ВМ у нижній частині даного водного об'єкту (Cu^2 = 0,269 мг/дм^3) значно нижче за концентрації у її верхів'ї (Cu^2 = 5,0 мг/дм^3). Тут хімічний склад води р. Інгулець формується здебільшого під впливом дніпровських вод, що надходять «антирікою» на 75 км вверх по руслу. Якість річкових вод в цій зоні знову набуває допустимої якості (води чисті) та активно використовується для забезпечення потреб різних галузей господарства. Перевищення значень ГДК по *Pb* у воді в стабілізаційний період свідчить про накопичення його гідробіонтами та водоростями і поступову міграцію при розкладанні живої речовини. Його концентрації під час скидів промислових вод зростали значніше, порівняно зі стабілізаційним періодом, у 8–9 разів. Проте, як

Таблиця 3.4 – Вміст окремих металів (мг/дм^3) у питних водах системи централізованого питного водопостачання Миколаївської агломерації (2014-2015 рр.)

Метал	Норматив [37, 38]	Водопровідна вода
Залізо загальне (Fe)	≤ 0,2 мг/дм^3	0,18 ;
Марганець (Mn)	≤ 0,05 мг/дм^3	0,004 ;
Мідь (Cu)	≤ 1,0 мг/дм^3	0,055 ;
Цинк (Zn)	≤ 1,0 мг/дм^3	-
Алюміній (Al)	≤ 0,2 мг/дм^3	-
Барій (Ba)	≤ 0,1 мг/дм^3	-
Берилій (Be)	≤ 0,002 мг/дм^3	-
Кадмій (Cd)	≤ 0,001 мг/дм^3	< 0,0001 ;
Кобальт (Co)	≤ 0,1 мг/дм^3	< 0,0001 ;
Миш'як (As)	≤ 0,01 мг/дм^3	< 0,0001 ;
Молібден (Mo)	≤ 0,07 мг/дм^3	< 0,0001 ;
Нікель (Ni)	≤ 0,02 мг/дм^3	< 0,0001 ;
Ртуть (Hg)	≤ 0,0005 мг/дм^3	-
Свинець (Pb)	≤ 0,01 мг/дм^3	< 0,0001 ;
Стронцій (Sr)	≤ 7,0 мг/дм^3	-
Сурма (Sb)	≤ 0,005 мг/дм^3	-
Талій (Tl)	≤ 0,0001 мг/дм^3	-
Хром загальний (Cr)	≤ 0,05 мг/дм^3	-

Таблиця 3.5 – Вміст окремих металів (мг/дм^3) у питних водах системи централізованого питного водопостачання Миколаївської агломерації (2014-2015 рр.)

Метал	НМБЗК [43]	Водопровідна вода
Залізо загальне (Fe)	-	-
Марганець (Mn)	0,0925 мг/дм^3	0,004 ;
Мідь (Cu)	0,0875 мг/дм^3	0,055 ;
Цинк (Zn)	0,325 мг/дм^3	-
Алюміній (Al)	0,375 мг/дм^3	-
Барій (Ba)	-	-
Берилій (Be)	0,00025 мг/дм^3	-
Кадмій (Cd)	0,0025 мг/дм^3	< 0,0001 ;
Кобальт (Co)	0,0075 мг/дм^3	< 0,0001 ;
Миш'як (As)	0,00125 мг/дм^3	< 0,0001 ;
Молібден (Mo)	0,00625 мг/дм^3	< 0,0001 ;
Нікель (Ni)	-	< 0,0001 ;
Ртуть (Hg)	0,00037 мг/дм^3	-
Свинець (Pb)	0,01 мг/дм^3	< 0,0001 ;
Стронцій (Sr)	-	-
Сурма (Sb)	-	-
Талій (Tl)	-	-
Хром загальний (Cr)	0,00375 мг/дм^3	-

Таблиця 3.6 - Результати атомно-абсорбційного аналізу концентрацій окремих важких металів у воді нижньої частини басейну р. Інгулець

№ п/п	Пункт відбору	Вміст важких металів, мг/дм^3			
		Pb	*Mn*	*Ni*	*Cu*
1	м. Снігурівка	2,69460	0,66175	0,27965	0,27578
2	с. Безіменне	3,07299	0,92757	0,30549	0,26314
3	с. Афанасіївка	3,99332	0,82779	0,17630	0,26314
4	с. Нововасилівка	3,83652	0,97119	0,31410	0,26314
5	с. Романово-Булгакове	3,19229	0,89153	0,13324	0,26845
6	с. Баратівка	3,71722	0,79509	0,26243	0,26314
7	с. Новотимофіївка	3,22979	0,72884	0,15621	0,26314
8	с. Олександрівка	3,70018	1,28812	0,32272	0,26314
9	ГДК	≤ 0,01	≤ 0,05	≤ 0,02	≤ 1,0
10	НМБЗК	0,01	0,0925	-	0,0875

показали дослідження, значна частина *Pb* знаходилася у формі комплексних сполук з органічними речовинами, що знижує токсичну дію на іхтіофауну водойм [49].

За даними спостережень за період 2014-2015 рр., вміст визначених ВМ у водопровідній воді Запорізької ПМА, в основному (за виключенням вмісту сурми – вона вища за нормативи), відповідають вимогам (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Вміст окремих металів (мг/дм^3) у питних водах системи централізованого питного водопостачання Запорізької агломерації (2014-2015 рр.)

Метал	Норматив [37, 38]	Водопровідна вода
Залізо загальне (Fe)	≤ 0,2 мг/дм^3	-
Марганець (Mn)	≤ 0,05 мг/дм^3	0,030 ;
Мідь (Cu)	≤ 1,0 мг/дм^3	0,023 ;
Цинк (Zn)	≤ 1,0 мг/дм^3	0,071 ;
Алюміній (Al)	≤ 0,2 мг/дм^3	0,056 ;
Барій (Ba)	≤ 0,1 мг/дм^3	-
Берилій (Be)	≤ 0,002 мг/дм^3	< 0,0002 ;
Кадмій (Cd)	≤ 0,001 мг/дм^3	< 0,0001 ;
Кобальт (Co)	≤ 0,1 мг/дм^3	< 0,001 ;
Миш'як (As)	≤ 0,01 мг/дм^3	< 0,005 ;
Молібден (Mo)	≤ 0,07 мг/дм^3	< 0,0025 ;
Нікель (Ni)	≤ 0,02 мг/дм^3	-
Ртуть (Hg)	≤ 0,0005 мг/дм^3	< 0,0005
Свинець (Pb)	≤ 0,01 мг/дм^3	< 0,005 ;
Стронцій (Sr)	≤ 7,0 мг/дм^3	-
Сурма (Sb)	≤ 0,005 мг/дм^3	< 9
Талій (Tl)	≤ 0,0001 мг/дм^3	-
Хром загальний (Cr)	≤ 0,05 мг/дм^3	< 0,001 ;

Крім того, вміст ртуті і миш’яку дещо перевищує значення НМБЗК (табл. 3.8), що може бути одним із факторів провокування ряду захворювань споживачів питної води (подагра, ендемічний зоб). Як зазначено у розділі 2, основним органом-мішенню для неорганічної ртуті є нирки, а метилртуть вражає переважно центральну нервову систему; симптомом ртутної інтоксикації є атаксія – пригнічення периферійного сприйняття і рефлексу кінцівок. Гостре отруєння миш'яком викликає конвульсії, нудоту, блювотну, внутрішню кровотечу, діарею і коліки у нирках, а також недостатність кровообігу. При тяжкому отруєнні шкіра стає холодною і вологою, і людина може впасти в кому.

Таблиця 3.8 – Вміст окремих металів (мг/дм^3) у питних водах системи централізованого питного водопостачання Запорізької агломерації (2014-2015 рр.)

Метал	НМБЗК [43]	Водопровідна вода
Залізо загальне (Fe)	-	-
Марганець (Mn)	0,0925 мг/дм^3	0,030 ;
Мідь (Cu)	0,0875 мг/дм^3	0,023 ;
Цинк (Zn)	0,325 мг/дм	

Дніпровської ПМА, в основному,

Таблиця 3.9 – Вміст окремих металів (мг/дм^3) у питних водах системи централізованого питного водопостачання Дніпровської агломерації (2014-2015 рр.)

Метал	Норматив [37, 38]	Ломовський водозабір, р. Дніпро	Кайдакський водозабір, р. Дніпро
		РЧВ	РЧВ
Залізо загальне (Fe)	≤ 0,2 мг/дм^3	-	-
Марганець (Mn)	≤ 0,05 мг/дм^3	0,01 ;	0,0068 ;
Мідь (Cu)	≤ 1,0 мг/дм^3	0,078 / 0,031 ;	0,11/0,054 ;
Цинк (Zn)	≤ 1,0 мг/дм^3	< 0,005 / 0,005 ;	< 0,005 / 0,005 ;
Алюміній (Al)	≤ 0,2 мг/дм^3	-	-
Барій (Ba)	≤ 0,1 мг/дм^3	-	-
Берилій (Be)	≤ 0,002 мг/дм^3	-	-
Кадмій (Cd)	≤ 0,001 мг/дм^3	< 0,001/ < 0,001	< 0,001/ < 0,001
Кобальт (Co)	≤ 0,1 мг/дм^3	< 0,01/ < 0,01 ;	< 0,01/ < 0,01 ;
Миш'як (As)	≤ 0,01 мг/дм^3	-	-
Молібден (Mo)	≤ 0,07 мг/дм^3	< 0,01 / < 0,01 ;	< 0,01 / < 0,01 ;
Нікель (Ni)	≤ 0,02 мг/дм^3	-	-
Ртуть (Hg)	≤ 0,0005 мг/дм^3	-	-
Свинець (Pb)	≤ 0,01 мг/дм^3	< 0,005/ < 0,005 ;	< 0,005/ < 0,005 ;
Стронцій (Sr)	≤ 7,0 мг/дм^3	-	-
Сурма (Sb)	≤ 0,005 мг/дм^3	-	-
Талій (Tl)	≤ 0,0001 мг/дм^3	-	-
Хром загальний (Cr)	≤ 0,05 мг/дм^3	< 0,02 / < 0,02 ;	< 0,0025/< 0,0025 ;

Таблиця 3.10 – Вміст окремих металів (мг/дм^3) у питних водах системи централізованого питного водопостачання Дніпровської агломерації (2014-2015 рр.)

Метал	НМБЗК [43]	Ломовський водозабір, р. Дніпро	Кайдакський Водозабір, р. Дніпро
		РЧВ	РЧВ
Залізо загальне (Fe)	-	-	-
Марганець (Mn)	0,0925 мг/дм^3	0,057/ 0,01 ;	0,0068 ;
Мідь (Cu)	0,0875 мг/дм^3	0,078 / 0,031 ;	0,11/0,054 ;
Цинк (Zn)	0,325 мг/дм^3	< 0,005 / 0,005 ;	< 0,005 / 0,005 ;
Алюміній (Al)	0,375 мг/дм^3	-	-
Барій (Ba)	-	-	-
Берилій (Be)	0,00025 мг/дм^3	-	-
Кадмій (Cd)	0,0025 мг/дм^3	< 0,001/ < 0,001 ;	< 0,001/ < 0,001 ;
Кобальт (Co)	0,0075 мг/дм^3	< 0,01/ < 0,01 ;	< 0,01/ < 0,01 ;
Миш'як (As)	0,00125 мг/дм^3	-	-
Молібден (Mo)	0,00625 мг/дм^3	9	9
Нікель (Ni)	-	-	-
Ртуть (Hg)	0,00037 мг/дм^3	-	-
Свинець (Pb)	0,01 мг/дм^3	< 0,005/ < 0,005 ;	< 0,005/ < 0,005 ;
Стронцій (Sr)	-	-	-
Сурма (Sb)	-	-	-
Талій (Tl)	-	-	-
Хром загальний (Cr)	0,00375 мг/дм^3	< 0,02 / < 0,02 ;	< 0,0025/< 0,0025 ;

Якщо розглянути сезонні коливання вмісту ВМ у питній воді міста Дніпро, то дещо нижчими виявились концентрації *Pb* взимку, *Al* та *Fe* – навесні. Збільшення вмісту *Cd* визначено влітку, *Zn* – в зимовий період. Отже, загальних тенденцій у сезонних коливаннях ВМ не виявлено, що обумовлено не лише особливостями сезонної динаміки металів у поверхневих джерелах водопостачання по сезонах, але й їх внутрішнім накопиченням на стінках водопроводів.

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що концентрації більшості ВМ у питній воді промислового міста відповідають існуючим гігієнічним вимогам, хоча суттєво перевищують літературні дані для незабруднених територій. Занепокоєння викликає значний відсоток перевищення ГДК *Pb*, *Al* та *Mn* у окремих пробах, що свідчить про високий рівень забрудненості питної води цими металами та вимагає перегляду існуючих методів водопідготовки. Незважаючи на суттєвий спад промислового виробництва за останні роки, очікуваного зниження концентрацій ВМ не спостерігається, а, навпаки, практично для всіх них характернесуттєве зростання концентрацій або, в кращому разі, їх відносна стабільність. Припускаємо, що можливими причинами такого явища, поряд із наслідками забруднення поверхневих джерелах водопостачання виробничими стоками, може бути міграція ВМ у воду із забруднених ґрунтів, з металевого обладнання на ВОС, їх накопичення на фільтрах, спрацьованість водогонів та інші технічні недоліки, що потребує подальшого вивчення [52].

За даними Т.А. Головкиної [53] середньомісячні та середньорічні концентрації ВМ у водопровідній воді м. Дніпро та умовно контрольні точки міста Новомосковськ не перевищують відповідних ГДК. В окремі періоди у воді промислових районів вміст *Fe* і *Pb* спостерігався на рівні ГДК. При співставленні вмісту ВМ у воді міст Дніпро і Новомосковськ встановлена деяка їх схожість, за винятком *Fe*, концентрації якого менші у 2-8 разів. Крім того, має місце достовірне збільшення середньорічних концентрацій *Pb* та *Fe* (p <0,05) у воді Ломовського водогону порівняно з Кайдацьким. Аналіз

динаміки шестирічного періоду спостережень визначив поступове збільшення вмісту ВМ у питній воді промислового міста у 1,5-32 рази, особливо по Ломовському водогону. Кореляційний аналіз між щорічними обсягами викидів та скидів ВМ і їх середньорічними концентраціями у приземному шарі атмосфери та питній воді м. Дніпро не виявив статистично доведеного кореляційного зв'язку ($p > 0,05$). Порівняльна оцінка отриманих даних щодо вмісту ВМ у продуктах харчування досліджуваних міст свідчить про те, що в них постійно визначаються *Pb, Cd, Cu, Zn.* При цьому метали-токсиканти реєструються у переважної більшості харчових продуктів в концентраціях, не перевищуючих гранично допустимих. Винятком є група харчових жирів (вміст *Pb* на 19% вищий за ГДК). Одночасно мікроелементний склад продуктів нижчий біологічних значень. Динаміка вмісту ВМ у харчових продуктах за 1996-2001р.р. свідчить про незначне перевищення *Pb* і *Cd* у 1,2-1,3 рази при відносно стабільному вмісті мікроелементів.

Порівняльний аналіз вмісту цих металів у 1989-1994рр. та у 1996-2001 рр. свідчить, що в динаміці часу концентрація *Cd* збільшилась в усіх групах продуктів у 1,7-4 рази, а *Pb* – у молочних продуктах у 1,3 раз. В той же час, у решті груп цей показник знизився у 1,3-2,3 рази. Вміст *Pb* і *Cd* у продуктах м. Новомосковськ немає значних розбіжностей з даними областного промислового міста, за винятком концентрації цих металів у групі харчових жирів, що зросла у 3,5-30 разів. У продуктах порівняльного міста зафіксований підвищений вміст мікроелементів (*Cu* в харчових жирах у 1,7 раза, *Zn* у м'ясі та молоці – у 1,2 і 2 рази відповідно).

Аналіз харчування вагітних жінок свідчить про невідповідність його гігієнічним вимогам. Фактичний добовий харчовий набір дефіцитний, перш за все, на продукти тваринного походження – м'яса, риби, молока та продукти їх переробки на 30-35%, а також збіднений на овочі та фрукти (до 44 та 57%) при надлишковому вживанні круп, макаронних виробів, цукру та солодощів. Цей факт, поряд з іншими, безперечно збільшує ризик ускладнень вагітності та перинатального розвитку плода.

Сумарне добове надходження (СДН) свинцю в організмі мешканок м.Дніпро, в середньому, становить 0,14мг/д, що нижче допустимого – 0,24 мг/д (ВООЗ, 1994), але за його максимальним значенням майже відповідає – 0,26 мг/д. Ці дані збігаються з результатами аналогічних досліджень у промислових містах Росії – 0,079-0,165 мг/д, але вищі, ніж для населення м. Київ та Західної України – 0,09-0,1 мг/д. Що ж стосується *Cd*, то його добове надходження складає 28 мкг/д, а це більше, ніж для мешканців Львова – 11-18 мкг/д та відповідає даним у західних областях України – 30 мкг/д і даним Донецького регіону – 0,3-95 мкг/д, але за максимальними величинами (0,207 мг/д) перевищує допустиме значення у 3 рази (0,07 мг/д – ВООЗ, 1984).

Організм мешканок міста, для порівняння, в середньому, отримує за добу *Pb* на 30% (0,098мг) менше, ніж у дослідних районах м.Дніпро. СДН *Cu* (0,0278 мг/д) збігається з даними для великого промислового міста, однак за максимальним значеннями у 4 рази менше, ніж у м. Дніпро.

СДН мікроелементів для жительок м. Дніпро становлять: міді – 1,6 мг/д, цинку – 8,2 мг/д при фізіологічній потребі відповідно 2,5-5 мг/д та 15-20 мг/д. У той же час для жіночногоо населення м. Новомосковськ СДН *Cu* становить 1,88 мг/д, що на 18% перевищує показники для промислових районів.

Дані епідеміологічних спостережень свідчать про підвищений ризик виникнення репродуктивних ускладнень у жінок промислових районів (у 2,8-3,15 рази) порівняно з мешканками контрольного міста. Встановлено позитивний кореляційний зв'язок частоти виникнення ускладнень вагітності і пологів з СДН свинцю і кадмію, а також вмісту цих металів у повітрі, воді та продуктах харчування (r =0,61-0,99, /К0,05) та від'ємний зв'язок частоти репродуктивних порушень у мешканок м.Дніпро з СДН цинку та його вмістом у продуктах харчування (r = -0,78- -0,99, $p<0,05$).

Вміст визначених ВМ у джерелах питного водопостачання Харківської агломерації звичайно не виходить за межі нормативних значень, за винятком

марганцю (0,059-0,055 мг/дм^3) і миш'яку (0,01 мг/дм^3). Їх вміст х декілька перевищує значення ГДК та НМБЗК (табл. 3.11 та 3.12).

Таблиця 3.11 – Вміст окремих металів (мг/дм^3) у джерелах питного водопостачання Харківської агломерації (2006-2010 рр.)

Метал	Норматив [37, 38]	Червонопавловске водосховище	Вода з р. Сіверський Донець
Залізо загальне (Fe)	≤ 0,2 мг/дм^3	-	-
Марганець (Mn)	≤ 0,05 мг/дм^3	***0,059*** 9	9
Мідь (Cu)	≤ 1,0 мг/дм^3	0,075 ;	< 0,052 ;
Цинк (Zn)	≤ 1,0 мг/дм^3	-	-
Алюміній (Al)	≤ 0,2 мг/дм^3	-	-
Барій (Ba)	≤ 0,1 мг/дм^3	-	-
Берилій (Be)	≤ 0,002 мг/дм^3	-	-
Кадмій (Cd)	≤ 0,001 мг/дм^3	< 0,001	< 0,001 ;
Кобальт (Co)	≤ 0,1 мг/дм^3	-	-
Миш'як (As)	≤ 0,01 мг/дм^3	< 0,01	< 0,01
Молібден (Mo)	≤ 0,07 мг/дм^3	-	-
Нікель (Ni)	≤ 0,02 мг/дм^3	-	-
Ртуть (Hg)	≤ 0,0005 мг/дм^3	-	-
Свинець (Pb)	≤ 0,01 мг/дм^3	< 0,005 ;	< 0,005 ;
Стронцій (Sr)	≤ 7,0 мг/дм^3	-	-
Сурма (Sb)	≤ 0,005 мг/дм^3	-	-
Талій (Tl)	≤ 0,0001 мг/дм^3	-	-
Хром загальний (Cr)	≤ 0,05 мг/дм^3	-	-

Таблиця 3.12 – Вміст окремих металів (мг/дм^3)) у джерелах питного водопостачання Харківської агломерації (2006-2010 рр.)

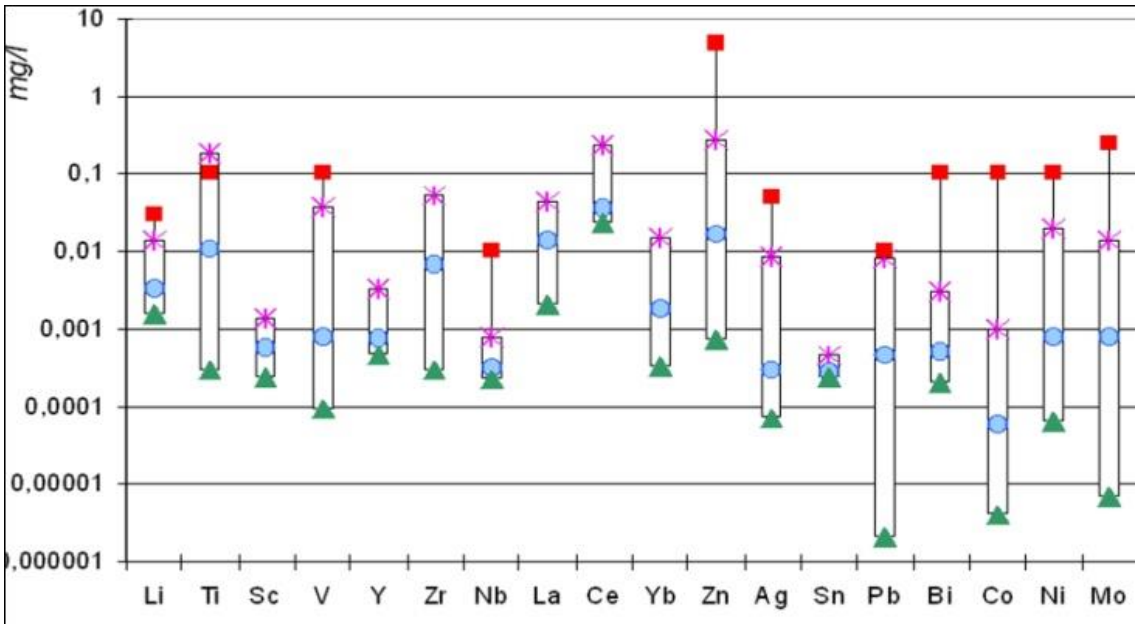
Метал	НМБЗК [43]	Червонопавловске водосховище	Вода з р. Сіверський Донець
Залізо загальне (Fe)	-	-	-
Марганець (Mn)	0,0925 мг/дм^3	***0,059*** ;	;
Мідь (Cu)	0,0875 мг/дм^3	0,075 ;	< 0,052 ;
Цинк (Zn)	0,325 мг/дм^3	-	-
Алюміній (Al)	0,375 мг/дм^3	-	-
Барій (Ba)	-	-	-
Берилій (Be)	0,00025 мг/дм^3	-	-
Кадмій (Cd)	0,0025 мг/дм^3	< 0,001	< 0,001 ;
Кобальт (Co)	0,0075 мг/дм^3	-	-
Миш'як (As)	0,00125 мг/дм^3	9	9
Молібден (Mo)	0,00625 мг/дм^3	-	-
Нікель (Ni)	-	-	-
Ртуть (Hg)	0,00037 мг/дм^3	-	-
Свинець (Pb)	0,01 мг/дм^3	< 0,005 ;	< 0,005 ;
Стронцій (Sr)	-	-	-
Сурма (Sb)	-	-	-
Талій (Tl)	-	-	-
Хром загальний (Cr)	0,00375 мг/дм^3	-	-

У питних ПВ Київського мегаполісу виділена низка ВМ, що є цікавим з точки зору впливу на здоров'я населення. У цих водах деякі ессенціальні ВМ (*Zn, Cu, Co*) присутні в недостатній концентрації (нижча за ГДК і НМБЗК). На основі розрахунку БЗК і аналізу хімічного складу питних підземних вод встановлено, що вміст *Mn* і *Fe* достатній, щоб впливати на мікроелементний баланс організму людини при постійному споживанні питних підземних вод [54].

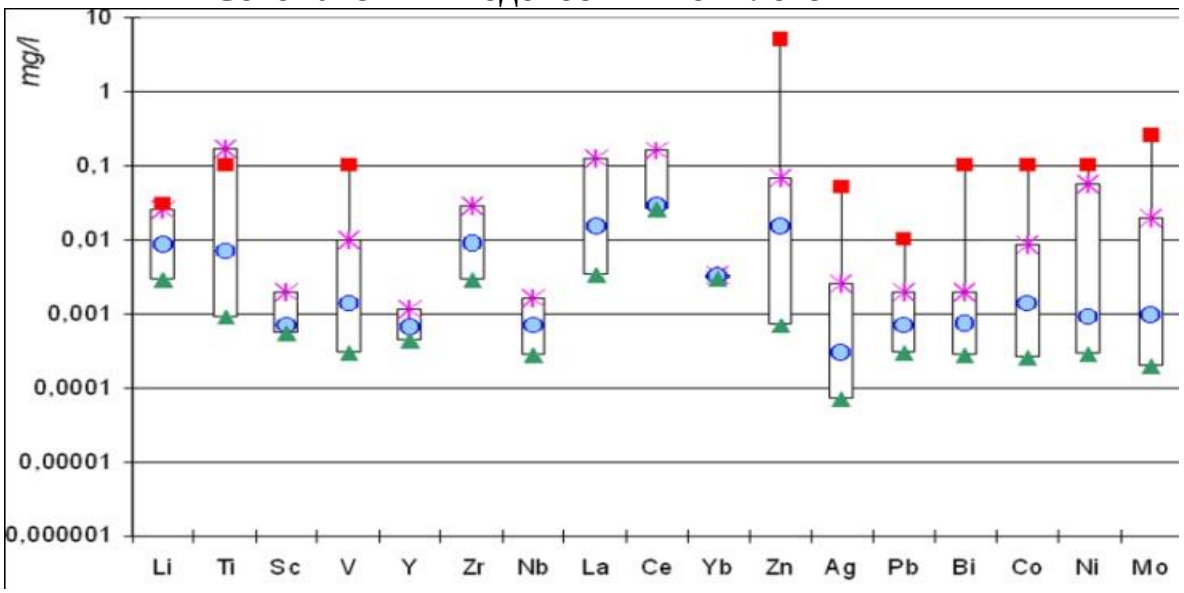
У північній частині Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну розташоване Київське родовище підземних вод. Тут видобуваються артезіанські води з сеноманського і юрського водоносних комплексів, які багато років використовуються для централізованого водопостачання, у промисловості, а також вживаються населенням через систему колонок-бюветів. Проблема сталості хімічного складу та якості цих вод обумовила проведення спеціальних гідрогеохімічних досліджень з еколого-геохімічною оцінкою.

Протягом останніх років дослідження були зосереджені на встановленні природного геохімічного фону для мікроелементів (у т.ч. деяких ВМ) – рис. 3.1.

Вирішальне значення має не лише вміст того чи іншого мікроелементу, а й форма міграції, що визначає ступінь засвоєння організмом. Вперше форми міграції для питних підземних вод, що використовуються для бюветного водопостачання м. Києва, розраховувались за методом мінімізації енергії Гіббса з використанням програмного комплексу GEMS. Результати еколого-геохімічних досліджень поверхневих вод на території Києва свідчать про їх забрудненість. Сумарний показник забруднення, розрахований за 41 показником макро- і мікрокомпонентного складу, досягає 240. Артезіанські води Києва не є забрудненими та являють собою стратегічний запас прісних вод високої питної якості (*Войтюк Ю.Ю., Попенко Е.С., Яковенко О.В., Злобіна К.С., 2018*).



Сеноманський водоносний комплекс



Юрський водоносний комплекс

▲ – мінімальний вміст, ∗ – максимальний вміст, ○ – середній вміст (медіана), ■ – ГДК.

Рис. 3.1 – Діаграма фонового вмісту мікроелементів за медіаною (*Войтюк Ю.Ю., Попенко Е.С., Яковенко О.В., Злобіна К.С., 2018*)

Проблема забруднення особливо гостра у тих регіонах, де функціонують підприємства, виробничий цикл яких супроводжується хронічними або аварійними викидами хімічних елементів, у тому числі токсичних — свинцю, кадмію, цинку, міді, миш'яку тощо. До таких регіонів можна віднести й

Закарпатську область України. При проведенні гігієнічного аналізу якості питних вод Закарпаття оброблено і проаналізовано матеріали досліджень щодо вмісту металів у джерелах водопостачання регіону, які використовуються для господарсько-питного постачання. Дослідження проводилось у трьох біогеохімічних зонах Закарпатської області та в усіх адміністративних районах. Досліджували мікроелементний склад та вміст ВМ у питних водах.

Результати, наведені у табл. 3.13 свідчать, що у водопровідній воді районів Закарпатської області визначаються такі метали, як залізо, цинк, молібден, мідь, кальцій, магній. При аналізі отриманих даних було встановлено, що середні концентрації металів як мікроелементів, необхідних для життєдіяльності організму, в об'єктах водопостачання області в усіх районах різних біогеохімічних зон Закарпаття не перевищують відповідних ГДК.

Таблиця 3.13 – Результати визначення вмісту окремих важких металів у питних водах адміністративних районів Закарпатської області атомно-абсорбційним методом [55]

Район	Вміст металів, мг/дм^3		
	Мідь	Марганець	Цинк
Іршавський (центр.водогін)	0,009 ± 0,00079	0,03 ± 0,0021	0,017 ± 0,0014
Виноградський (центр. водогін)	0,005 ± 0,00047	0,06 ± 0,0037	0,015 ± 0,0012
Берегівський (центр. водогін)	0,006 ± 0,00057	0,05 ± 0,0030	0,021 ± 0,0016
Перечинський (центр. водогін)	0,008 ± 0,00074	0,05 ± 0,0051	0,021 ± 0,0016
Вел. Березянський (центр. водогін)	0,008 ± 0,00075	0,02 ± 0,0020	0,018 ± 0,0016
Воловецький (центр. водогін)	0,004 ± 0,00041	0,03 ± 0,0021	0,009 ± 0,0083
Мукачевський (свердловина)	0,01 ± 0,0009	0,07 ± 0,0035	0,026 ± 0,0020

Серед показників хімічного складу води видзначено вміст *заліза* у питних водах Воловецького району гірської зони (0,075 ± 0,0041 мг/дм^3), Мукачівського району низинної зони (0,056 ± 0,003 мг/дм^3), Перечинського району передгірної біогеохімічної зони (0,077 ± 0,005 мг/дм^3) за ГДК не більше 0,30 мг/дм^3 і невисоку концентрацію міді у питних водах у гірській зоні Воловецького району (0,004 ± 0,0004 мг/дм^3) порівняно з Мукачівським районом низовини (0,01 ± 0,0009 мг/дм^3) та Перечинським районом передгірної зони (0,008 ± 0,0007 мг/дм^3). Найвищий рівень вмісту міді спостерігається у Мукачівському районі низовини.

При аналізі вмісту інших металів у джерелах водопостачання Закарпатської області було також встановлено наднизькі концентрації цих ХЕ, що дає підставави говорити про даний регіон як про територію з мікро елементною ендемією. Це є постійно діючим фактором ризику при формуванні та розвитку різних типів мікроелементозів.

Таким чином, виконані дослідження та їх гігієнічний аналіз дозволяє стверджувати, що у джерелах водопостачання Закарпатської області присутні залізо, цинк, молібден, мідь у концентраціях, величини яких загалом не перевищують відповідних ГДК. Показано дефіцит окремих мікроелементів у питній воді в усіх біогеохімічних зонах Закарпатської області. Встановлено, що у питній воді має місце дефіцит заліза, цинку, молібдену, міді [55].

Доведено, що головними чинником захворюваності населення є некондиційний вміст мікроелементів (важких металів, фтору, йоду, арсену, літію тощо), що надходять у підземні води на території вздовж Рахів-Тисинського розлому [56]. За даними багатьох досліджень, у підземних водах (дж. № 6, 9) багато миш’яку: близько 40 мг/дм^3 (ГДК 0,05 мг/дм^3). Найбільшу загрозу здоров’ю людей становить миш’як за умови тривалого споживання води, з вмістом неорганічний арсен у незначних концентраціях. Токсичним впливом миш’яку зумовлена низка хронічних наслідків, у тому числі захворювання шкіри (меланоз, кератоз, рак, онкологічні захворювання сечового міхура, нирок і легенів, захворювання кровоносних судин; можливі, діабет, гіпертензія, репродуктивні розлади і порушення розумового розвитку дітей). Ознаки отруєння арсеном зазвичай виявляються протягом періоду від 5 до 20 років [57]. Оскільки деякі наслідки дії миш’яку незворотні, основним медико-санітарним заходом є запобігання його впливові на організм людини. Миш’як надходить у водоносні горизонти внаслідок розчинення мінералів речовин і руд, що подеколи призводить до значної концентрації його у ґрунтових водах. Питна вода з поверхневих джерел зазвичай не містить арсену у високих концентраціях. Винятком є випадки, коли до по верхневих вод потрапляють забруднені миш’яком внаслідок зрошення ґрунтові води. Отже, через високий

вміст токсичних елементів підземні води досліджуваних джерел не можна вживати як питні щоденно. Можна рекомендувати (за наявності додаткових медичних досліджень) ці води лише дозовано, як лікувальні [56].

Оскільки деякі мінерально-столові води використовуються для питного призначення, то нами проаналізовані дані щодо вмісту в них ВМ. У табл. 3.14 наводяться ГДК деяких ВМ у мінеральних водах (МВ) з трьох основних регламентуючих документів.

Таблиця 3.14 – Гранично допустимі концентрації деяких важких металів у мінеральних водах

ВМ	Води мінеральні природні фасовані, ДСТУ 878-1:2006 (природні столові води), мкг/дм^3	Гігієнічні вимоги до якості фасованої питної води ДСанПіН 2.1.4.1116-02,

Сполуки *кадмію* характеризуються мутагенними та канцерогенними властивостями та представляють собою потенційну генетичну небезпеку. Кадмій блокує роботу ряду важливих для життєдіяльності організму ферментів. Крім того, він вражає печінку, нирки, підшлункову залозу, здатний викликати емфізему і рак легенів. Шкідливість *Cd* підсилюється його кумулятивністю. В звязку з цим, навіть при незначній кількості потрапляючого елементу. його вміст в нирках або печінці може через деякий час досягнути небезпечної концентрації. Наголосимо, що найбільший вміст *Pb* характерний для МВ «Боржомі» (89% від гранично допустимої норми) і МВ «Оболонь 2» (60% від гранично допустимої норми).

Хронічне отруєння *хромом* супроводжується головним болем, схудненням, враженням нирок. Організм набуває схильності до запальних процесів (катаральне запалення легенів). Додатковим інтенсивним джерелом потрапляння в огразнізм люди хрому можуть стати такі із досліджуваних вод: МВ «Боржомі» (80% від гранично допустимої норми), МВ «Миргородська» (64% від гранично допустимої норми), МВ «Софія Київська» (61% від гранично допустимої норми).

Нікель зазвичай накопичується в організмі накопичується у печінці та підшлунковій залозах, щитовидній залозі та ін. тканинах. При інтоксикації нікелем характерне виникнення алергій, дерматитів, бронхіальної астми, ринітів. Тривалий контакт з нікелем підвищує ризик розвитку новоутворень. Найбільше нікелю міститься у МВ «Моршинська» (63% від гранично допустимої норми).

Ртуть характеризується спорідненістю з *SH*–групами, що вкрай небезпечно для організму. При ртутній інтоксикації блокується синтез білка. *Hg* накопичується у нирках, достатньо велика її кількість проникає до головного мозку та ін. тканин, що збагачені ліпідами. Концентрація *Hg* у всіх досліджуваних зразках МВ має слідовий характер і не несе небезпеки для організму [58, 59].

Отже, концентрації ВМ для всіх МВ менші за гранично допустимі, але, окремі МВ мають достатньо високий рівень МВ.

Лише невелика кількість хімічних речовин, коли вони присутні в надмірній кількості, викликає серйозні наслідки для здоров'я людей у результаті їх впливу через питну воду. Це фтор, *миш'як* та нітрати. В деяких областях також був зафіксований вплив на здоров'я людини *свинцю* (від домашньої водопровідної системи). Залізо та марганець мають широко поширене значення через їх вплив на прийнятність. Ці елементи слід враховувати в якості частини будь-якого процесу щодо встановлення пріоритетів. У деяких випадках оцінка буде показувати відсутність ризику значного впливу на національному, регіональному або системному рівнях. Стосовно впливу на здоров'я відомо, наприклад, що миш'як має канцерогенну і ембріотоксичну дію; вплив на процеси клітинного розподілу, нефротоксичність; свинець впливає на кровотворення. З огляду на вищезазначене, можна зробити висновок щодо неможливості ототожнювати гігієнічні вимоги до вод питних фасованих та вод природних мінеральних, перш за все, внаслідок принципової різниці у нормуванні їх фізико-хімічного складу. Це пояснюється, на нашу думку, суттєвими відмінностями до трактування питних режимів: якщо для води питної фасованої, з пунктів розливу та бюветів (мається на увазі певне тривале споживання такої води), то для води фасованої мінеральної природної столової це споживання спорадичне, час від часу, і не обов'язково води однієї і тієї ж марки [60].

Як показали дослідження Т.О. Василенка та ін. [61], значна кількість випробувань питних вод підприємств агропромислового комплексу регіонів України за санітарно-токсикологічними показниками не відповідала нормативам, перевищуючи ГДК за вмістом *Pb* в 34,9 % проб, а *Cd* – в 49,2 %. При цьому середній вміст цих токсичних ВМ становив відповідно 0,037 та 0,008 мг/дм^3, перевищуючи ГДР за *Pb* в 3,7 рази і за *Cd* – у 8 разів. Перевищення верхньої межі для *Pb* в окремих регіонах становило: Чернігівський – 1,3; Черкаський – 1,9; Хмельницький – 2,2; Київський і

Харківський – 3,4; Дніпропетровський – 3,5; Кіровоградський – 5,1; Полтавський – 6,8; а в Запорізький і Донецький – відповідно в 8,3 і 10,0 разів (рис. 3.3) [61].

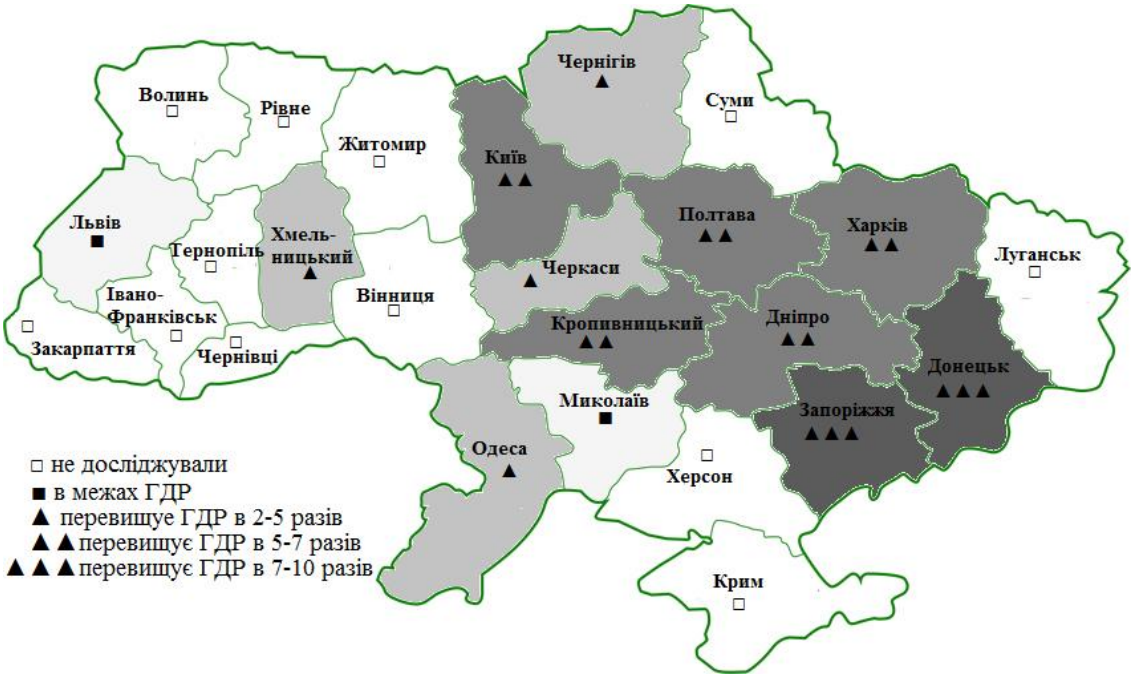


Рис. 3.3 – Вміст свинцю в питних водах по регіонах України

Встановлено, що концентрація *Cd* на верхній межі гранично допустимого рівня знаходилась у пробах води Київської, Хмельницької, Черкаської та Чернігівської областей. У воді інших регіонів України середній вміст цього металу перевищував ГДК: в Миколаївському і Дніпропетровському – в 3 та 4 рази; у Харківському – у 8 раз; в Запорізькому, Кіровоградському та Донецькому – відповідно в 11, 15 і 17 разів, а у Полтавському – в 35 раз (рис. 3.4) [61].

У навколишньому середовищі та в організмі людини і тварин ВМ містяться в певному співвідношенні. Їхню взаємодію можна охарактеризувати як «синерго-антагонізм» біометалів. При цьому деякі мікроелементи зменшують негативний вплив на дію інших металів, а деякі можуть навіть посилювати його вплив. Зазвичай характерні для водного середовища «нейтральні відношення» між *Pb* і *Cd*, з одного боку, та *Zn*, *Cu* і *Se* з іншого в

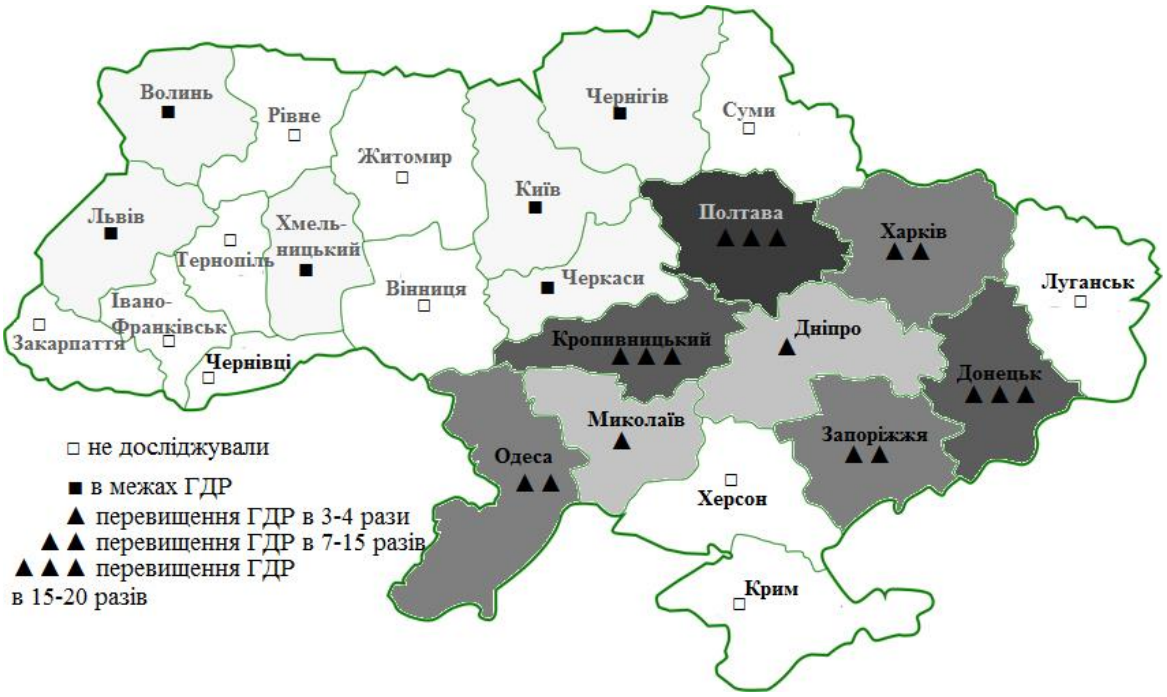


Рис. 3.4 – Вміст кадмію в питних водах по регіонах України

біологічних системах (у присутності органічного компонента в середовищі) починають конкурувати між собою в процесах всмоктування, зв'язування з білками-переносниками, активними центрами специфічних лігандів тощо.

Зважаючи на виявлений низький вміст *Zn* і *Cu* як в питній воді, так і в цілому нестачу *Zn*, *Cu* і *Se* в ґрунтах, рослинних і кормах Степу України [62, 63, 64] можна стверджувати про значний токсикогенний вплив *Pb* і *Cd* на організм людей і тварин через доведений антагонізм мікроелементів у бінарних системах *Pb–Cu*, *Pb–Zn* та *Cd–Se*. При цьому виражений дефіцит *Zn* і *Cu* в раціонах призводить до збільшення всмоктування *Cd* у травному каналі внаслідок інтенсивнішого зв'язування останнього з *SH*-групами металотіонеїнів, що містяться у слизовій кишечника [34].

Таким чином, у питних водах окремих регіонів України вміст визначених ВМ, як правило, не перевищує значень відповідних ГДК, але кількість деяких ВМ нижча за НМБЗК. Споживання питних вод, які характеризуються дисбалансом їх мікроелементного складу, може бути одним із негативних факторів впливу на здоров'я населення регіонів України.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень можна дійти таких висновків:

1. Важкі метали є одними з небезпечних техногенних забруднювальних речовин водних об’єктів господарсько-питного призначення і являються фактором формування якості питних вод та впливу на стан здоров’я населення. Основним джерелом надходження техногенних ВМ є неочищені і недостатньо очищені стічні та інші зворотні води. Крім того, за рахунок корозії, заростання, вимивання матеріалу металевих труб та інших процесів у водопровідній мережі відбувається процес вторинного забруднення питних вод ВМ. Але, крім ВМ техногенного походження у водних об’єктах обов’язково присутні ВМ природного походження, які також помітно впливає на якість питних вод і є одним із факторів формування стану здоров’я споживачів питної води.

2. Мінеральний склад питних вод є не тільки показником їх якості, але й важливим чинником визначення здоров'я населення, оскільки, як надлишок, так і дефіцит біологічно (фізіологічно) значущих хімічних елементів провокує специфічні захворювання людини, такі як мікроелементози, тобто захворювання (симптоми), що зумовлені недостатністю, надлишком або дисбалансом мікроелементів в організмі.

3. Деякі ВМ (*Cu, Zn, Cr, Mo, Co* тощо) є абсолютно необхідні для життєдіяльності людини і вони потрапляють в організм людини через вживання питної води. Але окремі ВМ (*Hg, Pb, Cd*) є типовими екотоксикантами. Тому нормативні значення концентрації окремих ВМ у питних водах систем централізованого питного водопостачання України відносяться як до фізико-хімічних показників безпечності та якості питної води, так і санітарно-токсикологічних показників нешкідливості хімічного складу питної води. Так звані «рекомендовані межі» розширюють перелік показників якості мінерального складу питних вод, але, в той же час, виникають питання щодо рівня обґрунтованості діапазону оптимальних концентрацій. Для орієнтованої оцінки мінерального складу питних вод пропонується використовувати значення біологічно значимих концентрацій (БЗК), що

дозволяє відокремити компоненти, вміст яких може впливати на мікроелементний баланс людини. Можливо, що значення БЗК важких металів у питних водах та їх нижньої межі (НМБЗК) недостатньо обґрунтовані, однак вони розширюють перелік критеріїв оцінки рівня збалансованості мінерального складу питних вод.

4. Аналіз просторово-часових закономірностей розподілу ВМ у питних водах із джерел централізованого водопостачання окремих регіонів України надається за результатами досліджень регіональних хіміко-бактеріологічних лабораторій, а також за літературними даними.

5. Опираючись на спостереження в період 2014-2015 рр., зазначимо, що вміст визначених ВМ у воді із річки Дністер і водопровідній воді Одеської промислово-міської агломерації (ПМА), в основному, відповідають нормативним вимогам, але середньорічні показники окремих важких металів (*Cu, Zn, Cr, Mo, Co, As*), як правило, менші за значення НМБЗК.

6. За даними спостережень у період 2014-2015 рр., вміст визначених ВМ у водопровідній воді Миколаївської ПМА, в основному, відповідає нормативним вимогам і, як правило, менше за НМБЗК.

7. За даними спостережень у період 2014-2015 рр., вміст визначених ВМ у водопровідній воді Запорізької ПМА, в основному (за виключенням вмісту *Sb* - вище за нормативи) відповідає нормативним вимогам. Крім того, вміст *Hg* і *As* дещо перевищує значення НМБЗК, а це може бути одним із факторів провокування окремих захворювань споживачів питної води, таких як на подагра і ендемічний зоб.

8. За даними спостережень у період 2014-2015 рр., вміст визначених ВМ у воді із річки Дніпро (Ломовський і Кайдакський водозабори) і відповідних резервуарів чистої води (РЧВ), які подаються у водопровідну мережу Дніпровської ПМА, в основному, відповідають нормативним вимогам. Вміст *Mo* декілька перевищує значення НМБЗК, що може бути одним із факторів провокування окремих захворювань у споживачів питних вод.

9. Вміст визначених ВМ у джерелах питного водопостачання

12. Комаровский Ф. Я., Полищук Л.Р. Ртуть и другие тяжелые металлы в водной среде: миграция, накопление, токсичность для гидробионтов. *Гидробиологический журнал*. 1981. Т. 17, № 5. С. 71 -83.

13. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1982. 448 с..

14. Набиванець Б.Й., Сухан В.В., Калабіна Л.В. Аналітична хімія природнього середовища. К.: Либідь, 1996. 304 с.

15. Будников Г.К. Определение следовых количеств веществ как проблема современной аналитической химии. *Соросовский образовательный журнал*. 2000. №3. С. 45-51.

16. Sitki Baytak. Determination of lead, iron and nickel in water and vegetable samples after preconcetration with Aspergilus niger loaded on silica gel // Clean 2007. 35(6). P. 607-611.

17. Коган В.Т., Павлов А.К., Чичагов Ю. В. и др. Мобильный масс-спектрометр для определения тяжелых металлов в морской воде. Численное моделирование и экспериментальная проверка. *Журнал технической физики*. 2007. №12. С. 73-79.

18. Джапаридзе Дж.И., Шавгулидзе Н.В., Хавтаси Н.С. и др. Определение тяжелых металлов в волосах человека методами дифференциальной импульсной полярографии и рентгеновской флуоресцентной спектроскопии. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2008. 2(14). С. 58-63.

19. Осипова Е.А. Электроаналитические методы и проблема охраны окружающей среды. *Соросовский образовательный журнал*. №2. 2001. С. 47-54.

20. Гальченко С.М., Коротков П.А., Кириленко Є.К. Рентгенофлуоресцентний метод визначення мікроелементного складу питної води. URL: http: www.viria.com.ua/stattya%20voda.doc (дата звернення: 15.07.2018).

21. Гіроль М. М., Гіроль А. М., Хомко В. Є., Ковальський Д. Стан водопровідних мереж України та шляхи запобігання погіршенню якості питної

води. URL: http://polypipe.info/news/238- stanvodoprovidnuhmerezhukraini (дата звернення: 17.07.2018).

22. Крисінська Д.О. Проблеми первинного та вторинного забруднення питної води у Північному Причорномор'ї. Екологічна безпека. Наукові праці Чорномор. держ. ун-ту імені Петра Могили. Сер.: Техногенна безпека 011. 2016. Вип. 157. Том 169. С. 98-102.

23. Авицын А.П., Жаворонков А.А. Микроэлементозы человека: монография. М.: Медицина, 1991. 496 с.

24. Жовинский Э.Я., Кураева И.В., Крюченко Н.О. Экологическая геохимия и медицина . *Мінералогічний журнал*. 2004. 26. №2. С. 17-24.

25. Жовинський Е.Я., Кураева И.В., Крюченко Н.О. та ін. Біогеохімічне районування та питання медичної геології. // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Мат. III науково-практичного конф. (4-7 листопада 2016 р., м. Трускавець). К.: ДКЗ, 2016. С. 381-385.

26. Иванов А.В., Тафеева Е.А., Давлетова Н.Х., Вавашкин К.В.. Современные представления о влиянии питьевой воды на состояние здоровья населения. *Вода: химия и экология*. 2012. №3. С. 48-53.

27. Архіпова Г.І., Мудрак Т.О., Завертана Д.В. Вплив надлишкового вмісту важких металів у питній воді на організм людини. Вісник Національного авіаційного університету. 2010. №1. С. 232-235.

28. Хижняк М.І., Нагорна А.М. Здоров'я людини та екологія. К.: Здоров'я, 1995.228 с.

29. Микитюк О.М., Злотін О.З., Бровдій В.М. Екологія людини. Харків: ХДПУ «ОВС», 2000. 20 с.

30. Трахтенберг І.М., Луговський С.П., Дмитруха Н.М. та ін. Свинцева небезпека в Україні: сучасні реалії, проблеми та шляхи вирішення. *Науковий журнал МОЗ України*. – 2013. 3 (4). С. 50-60.

31. Сушанло Р.Ш. Влияние свинцовой интоксикации и гипоксии на сердечно-сосудистую систему (литературный обзор) // Сибирский медицинский журнал. 2016. Том 31. С. 33-38.

32. Трахтенберг І.М., Левицький Є.Л. Генотоксична дія потенційно небезпечних хімічних сполук. *Вісник НАН України*. 2016. С. 27-42.

33. Sarkar A., Bhagat J., Ingole B.S., Rao D.P., Markad V.L. Genotoxicity of cadmium chloride in the marine gastropod Nerita chamaeleon using comet assay and alkaline unwinding assay. Environ Toxicol. 2015. 30(2): 177 p.

34. Трахтенберг І.М., Чекман І.С., Линник В.О. та ін. Взаємодія мікроелементів: біологічний, медичний і соціальний аспекти. *Вісник НАН України.* 2013. С. 11-20.

35. Зозуля Ю.П. Сучасне уявлення про хронічний вплив малих доз радіонуклідів на центральну нервову систему. К.,1998. С. 398–415.

36. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской федерации. Методические рекомендации. МР 2.3.1.2432-08. М.: 2008.

37. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). К., 2010

38. ДСТУ 7525:2014. «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості». К.: Мінекономровитку України, 2014. 25 с.

39. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році. К.: 2007. 236 с.

40. Гончарук Є.Г. Комунальна гігієна. Київ: «Здоров'я», 2003, 728 с.

41. Станько О.М. Важкі метали у воді: забруднення річки Дністер за останні 10 років (територія Львівської області). Сучасні проблеми токсикології. 2012. 3(4). С.58-63.

42. Шварцев С.Л., Копылова Ю.Г.Оценка качества питьевой воды скважины «ТВК» в процессе её водоподготовки, поиск новых источников высококачественной воды в районе г. Томска. Томск: ТПУ, 2001. 31 с.

43. Барвиш М.В., Шварц А.А. Новый подход к оценке микрокомпонентного состава подземных вод, используемых для питьевого

водоснабжения. *Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. 2000. № 5. С. 467-473.

44. Ворохта Ю.М. Гігієнічна оцінка впливу мінерального складу питних вод на здоров'я населення: автореф. дис. … канд. мед. наук. Київ, 2007. 22 с.

45. Сахарова І.В., Михайленко В.Л., Барська Ю.С., Болотнікова Л.В. Якість питної води, як фактор, що детермінує стан здоров’я людини (на прикладі Одеської області). *Вода: гігієна і екологія*. 2014. № 1-4(2). С.32-35.

46. Фещенко Т.О., Миськевич С.В. Экологическое состояние подземных и поверхностных вод Украины// Материалы Международной науч.-практ. конф.. 5 июня 2014 г. (Омск). – Омск: Изд-во АНО ВПО «Омский экономический институт», 2014. С. 185-188.

47. Кульский Л.А., Гороновский И.Т., Когановский А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды. К.: Наукова думка, 1980. 1206 с.

48. Третьяков О.В., Андронов В.А. Зпобігання водопостачання неякісної питної води з поверхневих джерел в сучасних умовах. Проблеми надзвичайних ситуацій. Збірка наукових праць. 2007. Вип. 6. С. 142-147.

49. Трохименко Г.Г., Циганюк Н.В. Оцінка рівня забруднення поверхневих вод р. Інгулець важкими металами. Збірник наукових праць НУК: техногенна безпека. 2016. №3. С. 114-119.

50. Скуйбіда О.Л. Проблеми водних об’єктів Запорізької області та можливі напрямки їх подолання. Комунальне господарство міст. 2015. Вип. 120 (1). С. 213-216.

51. Білецька Е.М., Штепа О.П., Онул Н.М., Шокол І.Д., Черняєв С.А. Вміст важких металів у питній воді промислового міста. URL: http://www.rusnauka.com/26_NII_2011/Ecologia/6_92402.doc.htm (дата звернення: 15.08.2018).

52. Агаджанян Н.А., Скальный А.В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. М.: КМК, 2001. 83 с.

53. Головкова Т.А. Важкі метали в умовах промислових міст як фактор ризику для здоров'я населення: автореф. дис. … канд. мед. наук. Київ, 2004. 18 с.

54. Злобина Е.С., Тугай А.В. Биогеохимические особенности питьевых артезианских вод г. Киев. *Екологічна геохімія. Пошукова та екологічна геохімія*. 2014. № 1–2 (14–15). С. 13-18.

55. Рогач І.М., Єрем Т.В. Метали у джерелах водопостачання Закарпатської області. Environment & Health. 2015. №1. С. 67-70. URL: http://www.dovkil-zdorov.kiev.ua/env/72-0067.pdf (дата звернення: 15.08.2018).

56. Папарига П.С. Мікроелементи в питних водах Рахів-Тисинської тектонічної зони та їхній вплив на здоров’я населення. *Екологічна геохімія. Пошукова та екологічна геохімія.* 2012. Вип. 31–32. С. 159-163.

57. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: у 6 т. – М.: Экология, 1997.

58. Гальченко С.М., Коротков П.А., Кириленко Є.К. Рентгенофлуоресцентний метод визначення мікроелементного складу питної води. URL: http://www.viria.com.ua/stattya%20voda.doc (дата звернення: 15.07.2018).

59. Скальний А. В., Скальная М. Г., Есенин А. В., Громова О. А., Микроэлементозы человека. Москва,1997.72 с.

60. Мокієнко А.В. Мінеральний склад питних та мінеральних вод як фактор впливу на здоров’я населення (огляд літератури). *Вода: гигиена и экология*. 2015. № 1-2(3). С. 50-60.

61. Василенко Т.О., Милостивий Р.В., Масюк Д.М. та ін. Санітарно-токсикологічна оцінка питної води підприємств АПК за вмістом важких металів. Вісник Сумського національного аграрного університету. Вип. 5/2 (32). 2017. С. 20-26.

62. Василенко Т.О. Ефективність підвищення рівня кобальту в раціонах кітних вівцематок // Технологія виробництва і переробки продукції

тваринництва: Зб. наук. праць / Білоцерк. нац. аграр. ун-т. – Біла Церква, 2013. Вип. 9 (103). С. 61-63.

63. Єфімов В.Г. Біохімічні показники крові свиней на різних етапах вирощування за впливу вітаміну Е і Селену. //Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. 2015. Вип. 16. С. 24-29.

64. Милостивая Д.Ф., Калиниченко А.А., Милостивый Р.В. Убойные качества бычков при обогащении рациона комплексом микроэлементов // Приоритетные и инновационные технологии в животноводстве – основа модернизации агропромышленного комплекса России: Сб. науч. статей. Ставрополь, 2016. С. 109-111.

ДОДАТКИ

Додаток А

Публікації за темою магістерської кваліфікаційної роботи:

1. Лупашко О.О., Сафранов Т.А. Особливості мікроелементного складу питних вод окремих промислово-міських агломерацій України. //Матеріали наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету (2 – 8 травня 2018 р.). Одеса: ТЕС, 2018. С. 113-115.

О.О. Лупашко