

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра екології та  
охорони довкілля

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

«Збалансованість мінерального складу питних вод як фактор впливу  
на стан здоров'я населення окремих урбанізованих територій України»

Виконав студент 2 курсу групи МЕ-VI  
спеціальності 101-Екологія  
Миленька Олена Олександрівна

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  
Освітня програма Екологічна безпека

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.

«26 » березня 2018 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Миленькій Олені Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Збалансованість мінерального складу питних вод як фактор впливу на стан здоров'я населення окремих урбанізованих територій 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 9 березня 2018 року №47-С

2. Строк подання студентом роботи 1 червня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи: наукові, науково-методичні та нормативно-законодавчі документи щодо питних вод; нормативи якості питних вод та особливості джерел господарсько-питного водопостачання; дані щодо впливу якості питних вод на стан здоров'я населення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): загальна характеристика показників фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води; нормативи якості питних вод та особливості джерел господарсько-питного водопостачання; фізіологічна повноцінність мінерального складу питних вод як фактор формування здоров'я населення окремих урбанізованих територій України.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води; нормативи якості питних вод; мінеральний склад питних вод окремих урбанізованих територій України та її відповідність нормам фізіологічної повноцінності.

## \_6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання	завдання прийняв
	<i>немає</i>		

Дата видачі завдання 26 березня 2018 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Огляд даних щодо мінерального складу питних вод.</i>	<i>26.03.18-31.03.18</i>	90	5(відмінно)
2	<i>Аналіз вимог до якості питних вод із поверхневих та підземних джерел водопостачання.</i>	<i>01.04.18-19.04.18</i>	90	5(відмінно)
3	<i>Оцінка показників оптимальності мінерального складу питних вод окремих урбанізованих територій України.</i>	<i>20.04.18-29.04.18</i>	90	5(відмінно)
	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>30.04.18-06.05.18</b>	90	5(відмінно)
4	<i>Оцінка особливостей мікроелементного складу питних вод окремих урбанізованих територій України.</i>	<i>07.05.18-11.05.18</i>	90	5(відмінно)
5	<i>Аналіз зв'язків між мінеральним складом питних вод і станом здоров'я населення мінерального складу питних вод.</i>	<i>12.05.18-16.05.18</i>	90	5(відмінно)
6	<i>Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.</i>	<i>17.05.18-24.05.18</i>	90	5(відмінно)
7	<i>Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу до публічного захисту.</i>	<i>25.05.18-01.06.18</i>	90	5(відмінно)
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		90,0	

(до десятих)

Студент

\_\_\_\_\_ *Миленька О.О.*  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_ *Сафранов Т.А.*  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

### **Збалансованість мінерального складу питних вод як фактор впливу на стан здоров'я населення окремих урбанізованих територій України. Миленька О.О.**

*Актуальність теми.* Оптимальність мінерального складу питних вод є не тільки показниками якості питних вод, але й важливим чинником формування здоров'я населення, а тому оцінка фізіологічної збалансованості мінерального складу питних вод окремих урбанізованих територій України є актуальною проблемою.

*Метою дослідження* є оцінка рівня збалансованості (оптимальності) мінерального складу питних вод, як можливого фактору впливу на здоров'я населення окремих урбанізованих територій України. *Задачі дослідження:*

*Об'єкт дослідження* – питні води із поверхневих та підземних джерел водопостачання окремих урбанізованих територій України. *Предметом дослідження* – оцінка фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод із поверхневих та підземних джерел водопостачання окремих урбанізованих територій України

*Методи дослідження.* Оцінка оптимальності мінерального складу питних вод дана за результатами досліджень регіональних хіміко-бактеріологічних лабораторій. Результати досліджень узагальнені у вигляді таблиць и графіків, які побудовані з використання програми Excel. Крім того, використовувалися методи статистичного, порівняльно-географічного та картографічного аналізу інформації.

*Результати дослідження, їх новизна, теоретичне та практичне значення.* Довготривале споживання питних вод, які характеризуються дисбалансом їх мінерального складу, може бути одним із негативних чинників впливу на здоров'я населення, а тому існує потреба проведення подальших спеціальних досліджень. Новизна одержаних результатів полягає у виявленні просторово-часових закономірностей розподілу показників фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод окремих урбанізованих територій України. Теоретичне і практичне значення полягає у можливості застосування результатів вивчення оптимальності мінерального складу питних вод як окремого фактору формування здоров'я населення окремих урбанізованих територій України.

*Рекомендації щодо використання результатів роботи з зазначенням галузі застосування.* Отримані результати можуть бути використані при оцінці факторів впливу на здоров'я міського населення.

*Структура та обсяг роботи.* Складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел (36 найменувань). Робота містить 8 таблиць. Загальний обсяг роботи - 68 сторінок.

*Ключові слова:* питна вода, мінеральний склад, мікроелементи, збалансованість, здоров'я населення.

## SUMMARY

### **Balance of the mineral composition of drinking water as a factor influencing the health status of the population of certain urbanized territories of Ukraine. Milenka O.O.**

*Topic relevance.* The substantiation of the places of possible placement of modern interdistrict landfills of solid household waste (SHW) in the territory of the Odessa region is an urgent task of ensuring ecological safety and sustainable development of the region.

*Purpose of the work* is an assessment of the natural and socio-economic conditions in the administrative regions of the Odessa region in connection with the justification of places of possible placement of modern landfills of solid waste,.

*Object of the study* - solid waste landfills.

*Subject of the study* - substantiation of places of possible placement of landfills of SHW in Odessa oblast.

*Research methods.* Conduct a critical analysis of the current provisions on the principles of greening recreation and tourism activities. When performing work has published data and materials research.

*Results of the study.* The methodological basis of the work is a critical analysis of the current provisions regarding the requirements for modern landfills of solid waste, and their locations. During the work, published data and materials of their own research were used. Schematic maps were built using one of the tools of Geographic Information Systems (GIS) - the Quantum GIS package.

*Scientific 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* – an effective system of greening recreational and tourism activities will help improve the environment in the territory of National Nature Park in the Lower Dniester Basin.

*Structure and scope of work.* It consists of an introduction, three chapters, conclusions, list of used literary sources (29 titles). The work contains 29 drawings, 10 tables. Total volume of work - 81 page.

**Keywords:** solid household waste, landfills of solid household waste.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ПОКАЗНИКИ ФІЗІОЛОГІЧНОЇ ПОВНОЦІННОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ПИТНОЇ ВОДИ.....	14
2 НОРМАТИВИ ЯКОСТІ ПИТНИХ ВОД ТА ОСОБЛИВОСТІ ДЖЕРЕЛ ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ .....	32
3 ФІЗІОЛОГІЧНА ПОВНОЦІННІСТЬ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ПИТНИХ ВОД ЯК ФАКТОР ФОРМУВАННЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ .....	42
3.1 Оцінка оптимальності мінерального складу питних вод окремих урбанізованих територій України .....	42
3.2 Особливості мікроелементного складу питних вод окремих урбанізованих територій України.....	52
3.2 Оцінка можливого впливу мінерального складу питних вод на здоров'я населення .....	56
ВИСНОВКИ .....	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	63
ДОДАТКИ.....	67

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВГ – водоносний горизонт

ВМ – важкі метали

ВОС – водоочисна станція

ГДК – гранично допустима концентрація

ЗР – забруднювальна речовина

МЕ – мікроелементи

НМБЗК - нижня межа біологічно значимої концентрації

НПС – навколишнє природне середовище

ОСК – очисні споруди каналізації

ПВ – підземна вода

ПМА – промислово-міська агломерація

РНБОУ – Рада національної безпеки і оборони України

СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини

ФПМС – фізіологічна повноцінність мінерального складу

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Питна вода – це природна вода, яку людина може пити сирію. За твердженням Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) більш як 80% хвороб, які має людина, пов'язані із якістю питної води. Еволюційне людина завжди вживала ту природну воду, яка її оточувала. В часи, коли довкілля людини було чистим і природним, для організму людини не було розділення води на питну і не питну, бо практично вода із всіх природних джерел була питною. Зараз, коли людина суттєво порушила природну рівновагу свого оточення, поверхневої води, яка була б придатною для пиття сирію, практично в Україні немає або принаймні без відповідної перевірки її чистоти, вважати поверхневу воду питною ризиковано. У зв'язку з цим появилось визначення «питна вода» – власне чим підкреслюється, що це вода, яку людина може пити сирію.

В живому організмі клітини можуть функціонувати лише у водному середовищі, у водному оточенні. Це стосується синтезу білків, ферментативних реакцій та інших обмінних процесів. Структура води в організмі незвичайна – вона в основному нагадує структуру кристалічної решітки льоду. Для неї особливо важливим є співвідношення водневих зв'язків між молекулами, співвідношення між позитивними і від'ємними її зарядами. Найбільш близька до такої води тала або джерельна. Вода природна досить глибоко входить в систему живих клітин, добре їх обводнює, сама міцно утримується ними, забезпечує оптимальний хід окислювально-відновлювальних реакцій, інтенсивність і рівень обміну речовин. Для тканин організму така зв'язана (структурована) вода є каталізатором біохімічних реакцій. Вона підвищує синхронність і ефективність роботи регуляторних систем організму і стійкість тканин до несприятливих впливів. Білки, нуклеїнові кислоти, фосфоліпіди, жирні кислоти і вода в організмі створюють єдину систему (ліотропний природний рідкий кристал). Таку ліотропну структуру неможливо розділити на



компоненти без її руйнування. Саме зв'язана, структурована вода є основою біоенергоінформаційних процесів в природі і в людини.

За офіційними даними Рада національної безпеки і оборони України (РНБОУ) до 80% поверхневих водойм країни є непридатними як джерела питної води. Зараз більш ніж на 70% загальної кількості поверхневих джерел, водопостачання в Україні за своєю якістю відносяться до 3-го та 4-го класів. При цьому значно погіршився бактеріальний стан поверхневих вод, що безпосередньо стало загрозою для здоров'я населення. Слід відзначити, що основні очисні споруди по підготовці води, використовуванні при цьому технології, були розроблені та побудовані в 1940-1960 рр., коли поверхневі джерела водопостачання відносились до 1-го та 2-го класів якості. Не кращий стан із підземними джерелами водопостачання. Близько половини підземної води (ПВ) подається водопроводами із великими відхиленнями від прийнятих у світі стандартів. У держав досі немає екологічно, економічно виправданих технологій кондиціювання ПВ при розгляді проблем централізованого постачання.

Україна за ступенем водозабезпечення населення займає одне із останніх місць серед країн Європи, а за водоемністю валового суспільного продукту попереду всіх. Це є однією із причин інтенсивного використання природної води, а відповідно і забруднення значно інтенсивніше, ніж в інших країнах.

В Україні в 2005 р. прийнято Закон про питну воду, в якому прописані всі правила і вимоги по забезпеченню населення якісною питною водою. В доповнення до цього Закону МОЗ України в 2010 р. затвердило нові санітарно-гігієнічні вимоги до питної води, а 20.10.2011 року Президент підписав Закон України №3933-VI «Про внесення змін в Закон України» про Загальнодержавну програму «Питна вода України на 2006-2020 рр.». Ця Програма передбачає упорядкування зон санітарної охорони джерел питного водопостачання на 2234 водозаборах, будівництво і реконструкцію водо забезпечення з використанням нових технологій. Планується установка 23000 очисних станцій, інвентаризація 1292 каналізаційних очисних споруд,

будівництво і реконструкція водопровідного і каналізаційного очисного спорудження та інше. На виконання цієї Програми планується виділити значні кошти.

Можна стверджувати, що сьогодні існують принаймні три основних шляхи вирішення проблеми питної води в Україні: 1) виробництво фасованої або бутильованої води контрольованої високої якості; 2) використання індивідуальних доводоочищувачів (фільтрів); 3) впровадження групових і локальних водоочисних установок.

Сьогодні хімічні, мікробіологічні, фізичні параметри, які характеризують якість води, є головним критерієм питної води, яких явно недостатньо для кількісної характеристики якості питної води, зокрема наскільки конкретна питна вода зберігає, після всякого втручання в процес доводопідготовки людиною, природну біоенергетику, яка внутрішня структура води і відповідність її будови структурі всього живого на Землі, в тому числі і людини. Такі важливі характеристики можна одержати лише провівши певні фізичні дослідження для води, як цілісної, конденсованої системи. Питна вода, яка максимально сьогодні відповідає властивостям внутрішньоклітинної води – це вода найвищого критерію якості.

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 есенціальними 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 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. Актуальність теми роботи зумовлена необхідністю оцінки фізіологічної збалансованості мінерального складу питних вод окремих урбанізованих територій України.

*Мета і задачі дослідження.* Метою магістерської роботи є оцінка рівня збалансованості (оптимальності) мінерального складу питних вод системи, як можливого фактору впливу на здоров'я населення окремих урбанізованих територій України.

Для досягнення поставленої мети сформульовані та вирішені наступні задачі:

- навести характеристику окремих показників ФПМС питних вод; здійснити аналіз існуючих підходів до оцінки якості питних вод із поверхневих та підземних джерел водопостачання;

- дати загальну характеристику джерел господарсько-питного водопостачання окремих урбанізованих територій України;

- проаналізувати просторово-часові закономірності розподілу показників ФПМС питних вод із поверхневих джерел водопостачання окремих урбанізованих територій України;

- проаналізувати просторово-часові закономірності розподілу показників ФПМС питних вод із підземних джерел водопостачання окремих урбанізованих територій України;

- виконати оцінку можливого впливу дисбалансу фізіологічно повноцінних компонентів мінерального складу на стан здоров'я населення окремих урбанізованих територій України;

- розробити рекомендації щодо зменшення негативного впливу дисбалансу фізіологічно повноцінних компонентів мінерального складу на стан здоров'я населення окремих урбанізованих територій України.

*Об'єкт дослідження* – питні води із поверхневих та підземних джерел водопостачання окремих урбанізованих територій України.

*Предметом дослідження* є оцінка фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод із поверхневих та підземних джерел водопостачання окремих урбанізованих територій України.

*Матеріали і методи дослідження.* Оцінка фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод із поверхневих та підземних джерел водопостачання окремих урбанізованих територій України дана за результатами досліджень регіональних хіміко-бактеріологічних лабораторій. Результати досліджень узагальнені у вигляді таблиць и графіків, які побудовані з використання програми Excel. Крім того, використовувалися методи статистичного, порівняльно-географічного та картографічного аналізу інформації.

*Наукова новизна одержаних результатів* полягає у виявленні просторово-часових закономірностей розподілу показників фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод із поверхневих та підземних джерел водопостачання окремих урбанізованих територій України.

*Практичне значення отриманих результатів* полягає у можливості застосування результатів вивчення фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод із поверхневих та підземних джерел водопостачання як окремого фактору формування здоров'я населення окремих урбанізованих територій 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.* Основні результати магістерської роботи доповідалися та обговорювалися на XIV конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористуванням» (грудень 2017 р., Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків), конференції молодих вчених ОДЕКУ (Одеса, ОДЕКУ, травень 2018 р.), Міжнародної конференції молодих вчених (Одеса, ОДЕКУ, травень-червень 2018 р.).

*Публікації.* За темою магістерської роботи у співавторстві опубліковано 1 теза наукової доповіді і 1 стаття.

*Публікації.* За темою магістерської роботи у співавторстві опубліковано 1 стаття.

***Структура та обсяг роботи.*** Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел (36 найменувань). Робота містить 8 таблиць. Загальний обсяг роботи - 68 сторінок.

## 1 ПОКАЗНИКИ ФІЗІОЛОГІЧНОЇ ПОВНОЦІННОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ПИТНОЇ ВОДИ

Питна вода – це вода, яка придатна для вживання людиною внутрішньо і відповідає встановленим нормам якості. У разі невідповідності води стандартам, здійснюється її очищення і знезараження. Очищення води передбачає під собою звільнення води від завислих часток, каламутності, від невластивих їй кольору, запаху і смаку, від надмірного вмісту солей і газів. Очищення і знезараження води проводиться різними засобами, застосовуються фільтри з пористої речовини (вугілля, обпалена глина), хлор і т.п.

Найбільш придатними для господарсько-питного водопостачання, як правило, є глибокі підземні води (артезіанські, міжпластові). Їх відмінність – прозорість, відсутність організмів, постійна температура. Практично вся природна питна вода вимагає очищення та знезараження.

Користь питної води в тому, що в людському організмі вона виконує такі найважливіші функції: зберігає структуру і функції ДНК; здійснює доставку кисню в клітини; питна вода важлива для виробництва протеїнів, що беруть участь в рості і відновленні тканин; дозволяє протеїнам перебудовувати структуру клітин; відіграє роль посередника при доставці поживних речовин; захищає кістки і суглоби; зволожує суглоби; є засобом для видалення шлаків з організму; питна вода дозволяє підтримувати електричну провідність клітин в нормі; регулює температуру тіла; забезпечує клітини водою; підтримує імунну систему; питна вода дозволяє підтримувати в нормі основний рівень метаболізму; відіграє роль провідника при виведенні вільних радикалів з організму; питна вода – це важливий компонент травних соків.

Для того, щоб добре себе почувати, людина повинна вживати тільки чисту якісну питну воду. Учені давно встановили прямий зв'язок між якістю питної води і тривалістю життя. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) близько 80% хвороб людини викликається вживанням для питних потреб неякісної води. Якісна питна вода не повинна мати шкідливих

для людини речовин, і повинна містити корисні мінерали, які необхідні для нормальної життєдіяльності нашого організму.

Чим вища концентрація води у складі рідин організму, тим швидше отримують поживні речовини його клітини, йдуть процеси відновлення і активніше поповнюються енергетичні запаси цього організму. Простіше кажучи, вода – це базис для організації життєдіяльності і основний учасник провідних біохімічних перетворень в біологічній структурі. Що стосується людського організму, то вона є в кожній його частині – шкірі, м'язах, корі головного мозку і навіть в зубній емалі. Ми постійно маємо потребу в придатній для пиття воді, так як зневоднення порушує водно-сольовий баланс, а це загрожує розвитком надзвичайно небезпечних патологій.

Мінеральний склад питної води дуже важливий. Людина зазвичай п'є воду, в якій на один літр припадає від 0,02 до 2 грамів мінеральних речовин. Найважливішу роль у біологічних процесах організму відіграють йод, кальцій, фтор, хлор, селен та багато інших речовин, які входять в склад питної води. Їх недостача або надлишок може створити серйозні проблеми зі здоров'ям, а в деяких випадках навіть спровокувати епідемії важких захворювань.

Дистильована вода для пиття не годиться, тому що вона не містить необхідної кількості мінеральних елементів і може порушити обмін речовин. Не підходить для пиття і надмірно жорстка вода – вона негативно впливає на органи травлення, і сильно м'яка – вона створює мінеральний дисбаланс в організмі. У цілому ж, якісна питна вода – це артезіанська вода або вода з прісноводних джерел, очищена від механічних домішок і бактеріальних та хімічних забруднень. При цьому вона не повинна містити домішок хлору або якихось інших токсичних речовин.

**Мінералізація (сухий залишок).** *Мінералізація води* включає всі тверді речовини, розчинені у воді, незалежно від того, іонізовані вони чи ні (не входять суспензії, колоїди і розчинені гази). Теоретично, якщо всі розчинені тверді речовини можна було б точно визначити, мінералізація становила б у чисельному відношенні суму цих компонентів. Про величину мінералізації

можна судити по *сухому залишку*, що утворюється після випарювання проби води і висушування його протягом однієї години при температурі 180°C або (рідше) при 110°C. Склад сухого залишку не співпадає повністю зі складом речовин, присутніх у розчині: гази випаровуються,  $\text{HCO}_3^-$  переходить у  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  може осідати у вигляді гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), що поглинає частину води. Проте за величиною сухого залишку, як і за електропровідністю, можна приблизно оцінити точність отриманої суми розчинених твердих речовин. Мінералізація визначається насамперед за сумарним вмістом головних іонів:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . У воді невисокої мінералізації переважають  $\text{HCO}_3^-$  і  $\text{Ca}^{2+}$ , а у воді високої  $M$  -  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  і  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  більш характерні для води, яка займає проміжне положення між невисокою і високою  $M$ . Залежність між складом води та її  $M$  можна відобразити наступним чином: збільшення мінералізації –  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ ; зменшення мінералізації –  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$  ( $\text{Ca}^{2+}$ ) [7]. В.К. Хільчевський та ін. [8] виділяють окрему групу «дуже прісних вод» ( $< 100 \text{ мг/дм}^3$ ). Це пов'язано з тим, що маломінералізована вода (особливо з мінералізацією  $< 100 \text{ мг/дм}^3$ ) суттєво погіршує якість питної води у фізіологічному відношенні, оскільки вона знижує осмотичний тиск всередині клітини. Особливо це стосується районів, де використовують воду від танення льодовиків у якості питної. Така вода відзначається низькою мінералізацією та дефіцитом  $\text{Ca}^{2+}$ . Зазначена ситуація є загальною гігієнічною проблемою, тому необхідне збагачення такої питної води мінеральними компонентами. За певних екстремальних умов та у посушливих районах із дефіцитом прісної води (за погодженням з головним державним санітарним лікарем відповідної адміністративної території) допускається споживання питної води з більш високою величиною *сухого* залишку -  $1000\text{-}1500 \text{ мг/дм}^3$  [3]. Негативний вплив на організм людини справляє як висока, так і надмірно низька мінералізація питної води. На сьогоднішній день доведено, що споживання занадто маломінералізованої води негативно впливає на механізми гомеостазу, обмін мінеральних речовин і води в організмі (посилюється виділення рідини - діурез). Це пов'язано з вимиванням внутрішньо- і



позаклітинних іонів з біологічних рідин, їх негативним балансом. Крім того, змінюється загальний вміст води в організмі і функціональна активність деяких гормонів, тісно пов'язаних з регулюванням водного обміну. Демінералізована вода має не тільки незадовільні органолептичні показники, а й негативно впливає на організми людей і тварин. Можливі наслідки споживання води, бідної мінеральними речовинами, діляться на наступні категорії: 1) прямий вплив на слизову оболонку шлунку, метаболізм і гомеостаз мінеральних речовин, та інші функції організму; 2) мале надходження (відсутність надходження)  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$ ; 3) мале надходження інших макро- і мікроелементів; 4) втрати  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  та інших макроелементів у процесі приготування їжі; 5) можливе зростання надходження в організм токсичних металів.

Сухий залишок (мінералізація загальна) - це кількість розчинених речовин, переважно мінеральних солей, в 1 л води. Кількість органічних речовин у сухому залишку становить не більше 10%, тому можна вважати, що цей показник характеризує загальну мінералізацію води. Воду з сухим залишком до 1000 мг/дм<sup>3</sup> називають прісною. Саме така мінералізація властива воді річок, більшості прісних озер і водосховищ. Воду називають солонуватою, якщо її мінералізація становить 1000-3000 мг/дм<sup>3</sup>, і солоної при мінералізації понад 3000 мг/дм<sup>3</sup>, що характерно для води морів і океанів. Найбільш поширеними в природній воді є: аніони  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$  і катіони  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ . Здавна з хімічним (мінеральним) складом води пов'язували її смакові якості і можливість розвитку у населення масових захворювань. У сучасних умовах інтерес до питання впливу мінералізації води на організм людини зріс, а обсяг досліджень розширився. Цьому сприяло й те, що нині проблема дефіциту прісної води в багатьох країнах світу є дуже гострою. Особливе значення придбала гігієнічна оцінка електролітного складу питної води з появою технічних можливостей його зміни. Сьогодні можна вважати, що вплив загальної мінералізації води або її електролітного складу на організм людини достатньо вивчене.

Перший у світі норматив сухого залишку у воді був прийнятий Брюссельської комісією в 1853 р. Встановили його ( $500 \text{ мг/дм}^3$ ) на підставі середнього значення сухого залишку у воді водойм Саксон-Веймарського герцогства, яка вважалася доброякісною за органолептичними властивостями і не викликала захворювань серед населення. Але з часом виникли інші пропозиції. Обґрунтовуючи норматив сухого залишку в питній водопровідній воді, перш за все потрібно враховувати його вплив на органолептичні властивості. Відомо, що значний вміст мінеральних солей надає воді солоний або гіркий смак. Солоний смак надають воді переважно натрію і кальцію хлориди, гіркий - магнію сульфати і хлориди. Споживачі відчувають цей смак, якщо загальна мінералізація води перевищує  $1000 \text{ мг/дм}^3$ . Природно, що внаслідок неприємного смаку зменшується вживання води. В експериментальних дослідженнях, проведених за участю волонтерів, було встановлено, що кількість води, вживаної ними для втамування спраги, залежало від ступеня її мінералізації: при мінералізації  $500 \text{ мг/дм}^3$  кількість випитої води дорівнювало 92%,  $1000 \text{ мг/дм}^3$  - 49%,  $2000 \text{ мг/дм}^3$  - 13% добової потреби в питній воді. До того ж вода з підвищеною мінералізацією гірше втамовує спрагу. Відчуття спраги виникає рефлекторно внаслідок зменшення кількості води в організмі, головним чином в плазмі крові. Навіть незначне зневоднення призводить до підвищення осмотичного тиску плазми крові та до подразнення осморорецепторів судин, що викликає збудження певних зон кори головного мозку - так званого центру спраги. Щоб втамувати спрагу, потрібно припинити роздратування осморорецепторів, тобто нормалізувати осмотичний тиск плазми крові. Цього легше досягти, вживаючи воду з низькою мінералізацією, яка є гіпотонічною щодо крові та міжтканинної рідини. Щоб вода не мала гіркої і солоної смаку інтенсивністю понад 2 балів, її сухий залишок не повинен перевищувати  $1000 \text{ мг/дм}^3$ . Саме таку воду називають прісною. Тобто верхня межа мінералізації (сухого залишку) питної води -  $1000 \text{ мг/дм}^3$  - встановлений на підставі впливу на органолептичні властивості води. Крім того, досліди на лабораторних тварин і результати досліджень,

проведених за участю волонтерів, свідчать, що вживання високомінералізованої води небайдуже для організму: воно може призводити до розладу багатьох метаболічних і біохімічних процесів і розвитку різних порушень як на функціональному, так і на морфологічному рівні. Так, вживання води з сухим залишком, що перевищує  $1000 \text{ мг/дм}^3$ , супроводжується підвищенням гідрофільності тканин, затримкою води в організмі, зменшенням на 30-60% діурезу. Внаслідок цього підвищується навантаження на серцево-судинну систему і тяжкість перебігу хронічних хвороб: ішемічної хвороби серця, стенокардії, міокардіодистрофії, гіпертонічної хвороби. Підвищується ризик їх загострення, що може призвести до інфаркту міокарда і т. п. Вживання води з підвищеною мінералізацією може викликати диспепсичні розлади у осіб, які змінили місце проживання. Це зумовлено вмістом у воді солей магнію і насамперед сульфатів, які дратують слизову оболонку тонкої і товстої кишок, посилюючи їх перистальтику. Крім того, під впливом такої води змінюється секреторна і моторна функції шлунка. Встановлено, що тривале вживання високомінералізованої води призводить до розвитку і прогресування сечокам'яної і жовчнокам'яної хвороб. З розвитком технології опріснення солоних вод для питних потреб виникла проблема гігієнічного нормування нижньої межі мінералізації. Відомо, що вода з низькою мінералізацією (сухий залишок - до  $50-100 \text{ мг/дм}^3$ ) неприємна на смак. Її тривале вживання може викликати порушення водно-електролітного балансу та обміну мінеральних речовин. Так, в дослідях на лабораторних тварин і дослідженнях, проведених за участю волонтерів, встановлено, що систематичне вживання дистильованої води призводить до порушення водно-електролітного гомеостазу, яке засноване на реакції осморцепторного поля печінки, що обумовлює підвищений викид натрію в кров. Це явище супроводжується перерозподілом води між позаклітинної і внутрішньоклітинної рідинами. Нижньою межею мінералізації, при якому гомеостаз організму підтримується адаптивними реакціями, є  $100 \text{ мг/дм}^3$ . Оптимальний рівень мінералізації питної води становить  $200-400$

мг/дм<sup>3</sup>. При цьому мінімальний вміст кальцію повинно бути не менше 25 мг/дм<sup>3</sup>, магнію - 10 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким чином, оптимальною вважають мінералізацію води на рівні 300-500 мг/дм<sup>3</sup>. Вода з сухим залишком 100-300 мг/дм<sup>3</sup> вважається задовільною мінералізації, 500-1000 мг/дм<sup>3</sup> - підвищеною, але допустимою мінералізації. Солонувата і солоната вода (з мінералізацією вище 1000 мг/дм<sup>3</sup>) неприємна на смак, її вживання призводить до порушень у стані здоров'я. Тому якісної слід вважати питну воду, що має сухий залишок до 1000 мг/дм<sup>3</sup>.

**Загальна лужність** обумовлена наявністю у воді аніонів слабких кислот (карбонатів, гідрокарбонатів, силікатів, боратів, сульфатів, гідросульфатів, сульфідів, гідросульфідів, аніонів гумінових кислот, фосфатів) - їхня сума називається «загальною лужністю». Через незначну концентрацію трьох останніх іонів загальна лужність води звичайно визначається тільки аніонами вугільної кислоти (карбонатна лужність). Загальна лужність води - показник, що характеризує властивість води, які зумовлені наявністю у ній аніонів слабких кислот, головним чином карбонатної кислоти ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ). Загальна лужність води виражають у мг-екв/дм<sup>3</sup> чи ммоль/дм<sup>3</sup>.

Водневий показник ( $\text{pH}$ ) - природна властивість води, обумовлене наявністю вільних іонів водню. У більшості поверхневих водойм  $\text{pH}$  води становить 6,5-8,5, в підземних водах - 6-9. Кислими ( $\text{pH} < 7$ ) є болотні води, багаті гуміновими речовинами, лужними ( $\text{pH} > 7$ ) - підземні води, що містять велику кількість гідрокарбонатів. Зміна активної реакції води свідчить про забруднення джерела водопостачання кислими або лужними стічними водами промислових підприємств. Необхідно також пам'ятати, що підземна міжпластові вода має постійну активну реакцію. Навіть незначне відхилення  $\text{pH}$  в ту чи іншу сторону свідчить про проникнення в меж пластовий горизонт води з поверхневих горизонтів, тобто про забруднення артезіанської води. Активна реакція впливає на процеси очищення та знезараження води. Наприклад, в лужних водах поліпшується освітлення і знебарвлення за рахунок поліпшення процесів коагуляції. Найчастіше для коагуляції використовують

алюмінію сульфат, який у воді гідролізується і перетворюється на алюмінію гідроксид.

Властивість води, обумовлене наявністю вільних підстав і насамперед гідрокарбонатів лужноземельних металів, називають лужністю. Якщо природна лужність води низька, то затримується процес утворення алюмінію гідроксиду, а саме він забезпечує процес коагуляції. Тому на водопровідних станціях при низькій лужності води її збільшують розчином вапна. У кислому середовищі рівновага зміщується в бік молекулярної форми, в лужному - у бік іонної. Недиссоційовану молекулярна форма хлорноватистої кислоти краще проникає через оболонки всередину бактеріальної клітини, ніж гідратованих іони гіпохлориту. Тому в кислому середовищі процес знезараження води прискорюється.  $pH$  є основою кислотно-основного стану, який досягається у воді завдяки наявності різних розчинних сполук. Враховуючи вплив  $pH$  на процеси освітлення, знебарвлення і знезаражування, прийнято, що питна вода повинна мати активну реакцію, яка наближається до нейтральної і коливається в межах 6-9, що і відображено в державному стандарті.

**Кальцій.** Оскільки кальцій широко поширений у земній корі і надзвичайно рухливий в гідросфері, його іони - одні з найбільш поширених у природних водах. Концентрації  $Ca^{2+}$  у питній ПВ зазвичай змінюються від 10 до 100 мг/дм<sup>3</sup>. Наскільки відомо,  $Ca^{2+}$  в таких концентраціях не впливає на здоров'я людей і тварин. Навіть присутність 1000 мг/дм<sup>3</sup>  $Ca^{2+}$  може виявитися нешкідливим. Широко поширена думка, що наявність  $Ca^{2+}$  у воді сприяє затвердінню артерій, утворенню каменів у нирках і захворюванню печінки, фактичними даними не підтверджується. Кальцій, що має високу фізіологічну активність, виконує в організмі різноманітні функції, такі як формування кісткової тканини, мінералізація зубів, регуляція внутрішньоклітинних процесів, регуляція процесів нервової провідності та м'язових скорочень, підтримання стабільної серцевої діяльності. Надлишок  $Ca$  в організмі може бути причиною артриту, остеодистрофії, остеопорозу, м'язової слабкості та ін. Дефіцит  $Ca$  – причина 147 різних захворювань (остеопороз, тахікардія, аритмія,

побіління рук і ніг, ниркова та печінкова коліки, підвищена дратівливість тощо). Наприклад, остеопороз, захворювання, що посідає 10 місце за смертністю серед дорослого населення, обумовлене нестачею *Ca* в організмі).

Потреба людини в кальції задовольняється головним чином за рахунок молока і молочних продуктів. З водою середньої жорсткості (3,5-7 мг-екв/дм<sup>3</sup>, або 10-20 °) кальцій надходить в організм у кількості, що дорівнює приблизно 15-25% фізіологічної добової потреби. Дефіцит кальцію в організмі розвивається дуже швидко, оскільки виведення його є постійним і не залежить від надходження. Тому тривале користування м'якою водою, збідненої кальцієм, може привести до дефіциту його в організмі. Встановлено, що у дітей, які проживають в районах з м'якою водою (до 3,5 мг-екв/дм<sup>3</sup>), на зубній емалі утворюються лілові плями, які є наслідком декальцінації дентину. Вважають, що урвська хвороба (хвороба Кашина - Бека), яка є ендемічним полігіпермікроелементозом стронцію, заліза, марганцю, цинку, фтору, виникає в місцевостях з низьким вмістом кальцію в питній воді. Іони кальцію ( $Ca^{2+}$ ) у мінеральній воді мають антисептичні і в'язучі властивості, здатні активувати ряд ферментів, поліпшують ліпідний обмін за рахунок посилення вироблення печінкових фосфоліпідів, знижують проникність клітинних мембран (у т.ч. і гепатоцитів), підсилюють видільну функцію нирок, стимулюють діурез, що робить доцільним використання мінеральних вод з вмістом кальцію хворими з патологією нирок і сечовидільної системи. Кальцій володіє вираженими антиспастичними властивостями

Мінеральні води, що містять кальцій в концентрації від 50 до 200 мг-екв. %, чинять протизапальну, протинабрякову та обезводнюючу дії, зменшують утворення ексудату, сприятливо впливають при захворюваннях травного тракту, біліарної системи, печінки і кишечника. Цей тип вод показаний хворим з патологією опорно-рухового апарату, для профілактики остеопорозу, а також особам зі схильністю до алергійних реакцій.

Води, що містять іони кальцію, поліпшують ліпідний обмін у результаті посилення під їхнім впливом вироблення фосфоліпідів, що сприяє відновленню

цілісності печінкових кліток у хворих на захворювання печінки.

**Магній.** Концентрація  $Mg^{2+}$  в воді звичайно становить від 1 до 40 мг/дм<sup>3</sup>. Вода, що контактує з породами, багатими магнієм, може містити до 100 мг/дм<sup>3</sup>  $Mg^{2+}$ , але концентрації, що перевищують цю величину, рідкісні, за винятком морської води і розсолів. Надзвичайно низькі концентрації  $Mg^{2+}$  та  $Ca^{2+}$  в деяких водах, що пом'якшені природним катіонним обміном. Найбільш часто це спостерігається в глинах, де  $Na^+$  заміщується  $Mg^{2+}$  та  $Ca^{2+}$ . Магній є найважливішим внутрішньоклітинним елементом. Нормальний рівень  $Mg$  в організмі необхідний для забезпечення багатьох життєво важливих процесів;  $Mg$  зміцнює імунну систему. Надмірна кількість  $Mg$  чинить послаблювальний ефект. Зі зниженням концентрації  $Mg$  в крові спостерігаються симптоми збудження нервової системи аж до судом. Зменшення вмісту  $Mg$  в організмі призводить до збільшення вмісту  $Ca$ , надмірна кількість  $Mg$  – до дефіциту  $Ca$  і  $P$ . Оскільки основна частина  $Mg$  надходить в організм людини з продуктами харчування, то питання щодо значення концентрації  $Mg^{2+}$  в питній воді є дискусійним. Припускають, що вміст  $Mg^{2+}$  в питній воді може бути вирішальним для тих людей, які споживають його в незначних кількостях з продуктами харчування, але п'ють воду з високим вмістом  $Mg^{2+}$ . Виявлено взаємозв'язок між вмістом  $Mg^{2+}$  та станом серцевого і скелетного м'язів, коронарних артеріях [9].

Іони магнію ( $Mg^{2+}$ ), що надходять з мінеральною водою до організму, володіють жовчогінною дією і здатністю знижувати рівень холестерину в жовчі і крові, чинять спазмолітичну і болезаспокійливу дії. Магній бере участь у всіх важливих для клітинного метаболізму ферментативних процесах (відкладаючись в м'язах, активує анаеробний обмін вуглеводів), бере участь у білковому обміні, впливає на симпато-адреналову систему, каталізує діяльність ряду ферментів підшлункової залози - трипсину і ерипсину. Магній необхідний також для синтезу холінестерази, холінацетилази, аденазінтрифосфатази. Іони магнію всмоктуються в шлунку і початкових відділах тонкої кишки, попадають у печінку, де частково депонуються.

Мінеральні води, що містять магній, сприятливо впливають на функціональний стан печінки і біліарної системи, володіють холеретичною, холекінетичною і спазмолітичною діями, сприяють нормалізації тону жовчного міхура, шлунка і кишечника, чинять послаблюючу дію.

Крім того, іон магнію бере участь у процесах внутрішньоклітинного обміну, активує анаеробний обмін вуглеводів, підсилює дію деяких ферментів підшлункової залози, що, очевидно, визначає стимулюючу дію хлоридних натрієвих вод малої мінералізації на панкреатичну секрецію. Іони магнію сприяють зниженню збудливості центральної нервової системи, чинять заспокійливу дію.

Мінеральні води, крім основного складу солей, містять велику кількість мікроелементів. Незважаючи на те, що в мінеральних водах мікроелементи знаходяться у невеликій кількості, фізіологічно дія їх проявляється дуже чітко, що й обумовлює, у ряді випадків, показання до їх використання.

Зовнішнє використання природних мінеральних вод є одним із головних методів бальнеотерапії. Поряд із внутрішнім використанням мінеральних вод, цей метод отримав широке розповсюдження не тільки на бальнеологічних курортах, але й в позакурортних умовах. Основу дії бальнеопроцедури із зовнішнім використанням мінеральних вод складає поєднання різних за силою температурного, механічного та хімічного подразників.

**Загальна жорсткість** – це сукупність властивостей води, пов'язаних з наявністю в ній розчинених солей *Ca* та *Mg* (сульфатів, хлоридів, карбонатів, гідрокарбонатів тощо). Загальна жорсткість піділлється розділяється на *тимчасову (карбонатну)* і *постійну (некарбонатну)*. Тимчасова жорсткість обумовлена концентрацією  $Ca(HCO_3)_2$ ,  $Mg(HCO_3)_2$ , а постійна жорсткість – концентрацією  $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$ ,  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$ ,  $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$ . Рекомендована одиниця системи *СИ* для вимірювання жорсткості – моль/м<sup>3</sup> або ммоль/дм<sup>3</sup>. Загальна жорсткість - це природна властивість води, обумовлене наявністю так званих солей жорсткості, тобто всіх солей кальцію і магнію в сирій воді (сульфатів, хлоридів, карбонатів, гідрокарбонатів тощо).



Вперше норматив загальної жорсткості води був запропонований в 1874 р. в Німеччині в якості середньої величини жорсткості води водойм Саксон-Веймарського герцогства. Цей норматив становив 18-20 °, або приблизно 7 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Таку ж величину рекомендував і Ф.Ф. Ерісман в 1898 р. Незабаром, беручи до уваги різні місцеві умови, для деяких регіонів були запропоновані інші нормативи. Обґрунтовуючи норматив загальної жорсткості питної водопровідної води, перш за все необхідно враховувати її вплив на органолептичні властивості. Відомо, що значний вміст солей жорсткості, особливо магнію сульфату, надає воді гіркий смак. Споживачі відчують цей смак, якщо загальна жорсткість води перевищує 7 мг-екв/дм<sup>3</sup>. При цьому вони відмовляються від вживання такої води і вишукують альтернативні джерела водопостачання, вода яких може виявитися небезпечною в епідеміологічному або токсикологічному відношенні. Щоб вода не мала гіркого смаку інтенсивністю вище 2 балів, її загальна жорсткість не повинна перевищувати 7 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Інакше кажучи, доброякісна вода повинна бути м'якою (із загальною жорсткістю до 3,5 мг-екв/дм<sup>3</sup>) або помірно жорсткою (від 3,5 до 7 мг-екв/дм<sup>3</sup>). Тобто верхня межа загальної жорсткості питної води - 7 мг-екв/дм<sup>3</sup> - встановлений на підставі її впливу на органолептичні властивості. З часом було доведено, що залежно від жорсткості вода по-різному впливає на здоров'я людей. Різкий перехід при користуванні від м'якої води до жорсткої, а іноді і навпаки, може викликати у людей диспепсію, обумовлену насамперед наявністю у воді магнію сульфату. У районах з жарким кліматом користування водою з високою жорсткістю призводить до погіршення перебігу сечокам'яної хвороби. Теорія про етіологічну роль жорсткості води у розвитку цього захворювання дала можливість урологам виділити так звані кам'яні зони - території, на яких уролітіаз можна вважати ендемічним захворюванням. Питна вода, якою користуються жителі цих зон, характеризується підвищеною жорсткістю. Досліди на тваринах підтвердили, що електроліти, зумовлюють жорсткість води, можуть бути одними з етіологічних факторів розвитку уролітіазу. Солі жорсткості порушують всмоктування жирів унаслідок їх

омилення і освіти в кишечнику нерозчинних кальцієво-магнієвих мив. При цьому обмежується надходження в організм людини есенціальних речовин - поліненасичених жирних кислот, жиророзчинних вітамінів, деяких мікроелементів. Зокрема, вода з жорсткістю понад 10 мг-екв/дм<sup>3</sup> в регіонах, ендемічних щодо гіпомікроелементози йоду (організм людини потребує як мінімум в 120 мкг йоду на добу, оптимально - 200 мкг), підвищує ризик захворювання ендемічним зобом. Вода з високою жорсткістю сприяє розвитку дерматиту. Механізм цього явища полягає в омиленні солями жорсткості жирів з утворенням нерозчинних у воді кальцієво-магнієвих мив, що володіють дратівливою дією. До того ж треба враховувати, що з підвищенням жорсткості води ускладнюється кулінарна обробка харчових продуктів, а саме: гірше розварюються м'ясо і бобові, погано заварюється чай, утворюється накип на стінках посуду. Крім того, підвищуються витрати мила, волосся після миття стають жорсткими, шкіра грубіє, тканини жовтіють, втрачають м'якість, пружність через імпрегнації кальцієво-магнієвих мив. Однак і дуже м'яка вода може негативно впливати на організм внаслідок зменшення надходження насамперед кальцію. Відомо, що кальцій виконує в організмі безліч функцій, в тому числі пластичну: він вкрай необхідний для остеогенезу і репарації кісток (в кістках міститься 99% кальцію), бере участь в утворенні дентину. Кальцій необхідний для підтримки нервово-м'язового збудження, бере участь у процесах згортання крові, впливає на проникність біологічних мембран. Добова потреба дорослої людини в кальції коливається від 800 до 1100 мг (від 1000 мг / добу у віці до 7 років і майже 1400 мг - у віці 14-18 років). Під час вагітності потреба в ньому підвищується до 1500 мг/добу, під час грудного вигодовування - до 1800-2000 мг/добу.

Питанням впливу жорсткості води на здоров'я людини займалися багато науковців. Результати досліджень А. Шродера, які були проведені у 163 найбільших містах США, показали зворотну кореляцію між жорсткістю води та рівнем серцево-судинних захворювань (ССЗ) як у чоловіків, так і у жінок, а також виявили зв'язок між різними компонентами води та коронарною

хворобою серця (КХС) у чоловіків віком 45-64 роки. Були встановлені важливі співвідношення між рівнем смертності від КХС та вмістом сульфатів і гідрокарбонатів у воді, а також від'ємні кореляції між смертністю від КХС та вмістом магнію, кальцію, фтору та *pH* води. Коефіцієнт кореляції для магнію в питній воді  $r = -0,3$ ,  $p < 0,01$ , а для кальцію  $r = -0,27$ ,  $p < 0,01$  (А.Н. Schroeder, 1960) [9]. За матеріалами ВООЗ епідеміологічні дослідження, що проводилися в різних країнах протягом останніх 50 років, показали, що існує зв'язок між зростанням кількості ССЗ з наступним летальним результатом і споживанням м'якої води. При порівнянні м'якої води з жорсткою і багатою на  $Mg^{2+}$ , закономірність простежується дуже чітко. Останні дослідження показали, що споживання м'якої води, наприклад, бідної  $Ca^{2+}$ , може привести до підвищеного ризику переломів у дітей, нейродегенеративних змін, передчасних пологів зі зниженою вагою новонароджених дітей і деяких видів раку. Крім зростання ризику раптової смертності із вживанням води, бідної магнієм, пов'язані випадки порушення роботи серцевих м'язів, пізній токсикоз вагітних і деякі види раку.

В останні роки сформувалася теорія, згідно якої вода з низьким вмістом електролітів, що обумовлюють жорсткість, сприяє розвитку серцево-судинних захворювань. За результатами епідеміологічних досліджень була виявлена статистично значуща, хоча і не дуже сильна, зворотній кореляційний зв'язок між ступенем жорсткості питної води і рівнем смертності населення від серцево-судинних захворювань. Однак багатокomпонентність водного фактора не дає підстав вважати, що смертність внаслідок серцево-судинних захворювань підвищилася лише за рахунок меншої жорсткості питної води, і остаточно визнати наявність кореляційної залежності.

Істотно, що в дослідженнях були недостатньо враховані соціально-гігієнічні фактори, які, безумовно, є провідними в розвитку серцево-судинної патології. Результати ряду досліджень також свідчать про те, що кожен елемент, що міститься у питній воді, проявляє фізіологічну дію не сам по собі, а в поєднанні з іншими. Вивчення особливостей поєднаної дії компонентів

питної води, фізіологічних і патофізіологічних механізмів її прояву - нова сторінка у вивченні гігієни води. Таким чином, оптимальною є вода середньої жорсткості, тобто в межах 3,5-7 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

**Натрій** містять всі природні води; концентрації  $Na^+$  становлять приблизно 0,2 мг/дм<sup>3</sup> в деяких дощових водах і снігу і більше 100 мг/дм<sup>3</sup> в розсолах. ПВ містять 1-20 мг/дм<sup>3</sup>  $Na^+$ . Води із загальною  $M$  1000-5000 мг/дм<sup>3</sup> зазвичай мають понад 100 мг/дм<sup>3</sup>  $Na^+$ .  $Na$  - життєво важливий міжклітинний та внутрішньоклітинний елемент, який бере участь у створенні необхідної буферності крові, регуляції кров'яного тиску, водного обміну; активізації травних ферментів, регуляції нервової та м'язової тканини. Мінімальна потреба  $Na$  в організмі - близько 1 г/д. Вона значною мірою задовольняється звичайною дієтою без додавання харчової солі (0,8 г/д). Особливо це стосується маленьких дітей. Потреба у  $Na$  зростає при сильному потовиділенні (майже в 2 рази) в умовах жаркого клімату або при інтенсивних фізичних навантаженнях. Із вмістом  $Na$  пов'язують також спроможність тканин утримувати воду. Надмірне споживання кухонної солі перевантажує серце і нирки (при утворенні сечі вони переробляють кров з підвищеним вмістом  $Na$ ). У результаті набрякають ноги і обличчя. Ось чому при захворюваннях нирок і серця рекомендується різко обмежити споживання кухонної солі ( $NaCl$ ). Іони натрію ( $Na^+$ ) є одними з основних катіонів мінеральних вод, відіграють важливу роль у регуляції водно-сольового обміну, стимулюють функціональний стан жовчних проток і жовчного міхура, впливають на гепатобіліарну систему і секреторну функцію залоз травного тракту, підсилюють перистальтику кишечника.

**Калій.** Всі природні води містять визначувані кількості  $K^+$ , талі та дощові - до 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, а деякі розсоли - до 100000 мг/дм<sup>3</sup>. Більшість ПВ, придатних для пиття, містять зазвичай  $K^+$  менше 1-5 мг/дм<sup>3</sup>. Калій має цікаву особливість: у слабомінералізованих водах, що містять тільки 20 мг/дм<sup>3</sup> розчинених речовин, його концентрація може досягати 2 мг/дм<sup>3</sup>. У міру зростання мінералізації концентрація  $K^+$  збільшується незначно. Так, вода із мінералізацією 2000 мг/дм<sup>3</sup>, найімовірніше, містить менше 20 мг/дм<sup>3</sup> калію. Калій регулює кислотно-

лужну рівновагу крові. Він бере участь у передачі нервових імпульсів, активізує роботу ряду ферментів, активізує м'язову роботу серця, благотворно впливає на роботу шкіри і нирок. Калій має захисну дію проти небажаного впливу надлишку натрію і нормалізує тиск крові. З цієї причини в деяких випадках кухонну сіль випускають з додаванням хлориду калію. Калій здатний посилювати виділення сечі, що важливо при набряках і отруєннях для швидкого виведення токсинів з крові. Потреба дорослої людини в калії - 2-5 мг/д. Іони калію ( $K^+$ ) зустрічаються у складі мінеральних вод частіше разом з іоном натрію, він бере участь у синтезі вуглеводів у печінці і депонується в ній. Калій підсилює тонус і рухову функцію гладкої мускулатури органів травлення – шлунка, кишечника, жовчного міхура, регулює секрецію соляної кислоти у шлунку, кислотно-лужну рівновагу крові, бере участь у передачі нервових імпульсів. Активізує м'язову роботу серця і роботу ряду ферментів, благотворно впливає на роботу шкіри і нирок. Калій чинить захисну дію проти небажаного впливу надлишку натрію і нормалізує тиск крові. Зниження вмісту калію в організмі супроводжується порушеннями з боку системи травлення – зниженням апетиту, блювотою, зниженням перистальтики кишок. Загальновідомі зміни серцево-судинної системи – порушення ритму, скорочувальної здатності міокарда. Солі натрію і калію у складі мінеральних вод сприяють регуляції водно-солевого обміну в тканинах, стимулюють жовчоутворюючу й особливо жовчовидільну функцію печінки і жовчного міхура, а також секреторну функцію травних залоз, підсилюють перистальтику кишок. Вони містяться, в основному, у гідрокарбонатних і хлоридних натрієвих водах, а також у водах складного аніонного складу. Дуже істотним в умовах екологічної катастрофи, обумовленої Чорнобильською аварією, є те, що калій і натрій за своїми хімічними властивостями близькі до цезію. При збільшенні їх вмісту і кількості споживаної води в харчовому раціоні в 2 рази, спостерігається прискорення виведення радіонуклідів з організму, при чому 90 % цезію виводиться із сечею і тільки 10 % – з калом.

**Йод** належить до мікроелементів, що мають життєво важливе значення. В організмі людини (масою тіла ~ 70 кг) міститься 12-20 мг йоду, добова потреба становить ~ 0,2 мг. Основну кількість йоду людина одержує з добовим харчовим раціоном: з рослинною їжею приблизно 70 мкг, з їжею тваринного походження 40 мкг, з питною водою й атмосферним повітрям 10 мкг [10]. Біологічне значення йоду пов'язано з розвитком ендемічного зобу. Йод необхідний для нормального функціонування щитовидної залози, що забезпечується надходженням в організм приблизно 150–200 мкг йоду за добу. Ендемічний зоб – захворювання, яке розвивається у зв'язку з браком йоду у воді та їжі і супроводжується збільшенням щитовидної залози, що приводить до зниження її функції. Дефіцитною на йод місцевістю вважають таку, де в ґрунті його вміст менше 0,0001%, у питній воді – менше 10 мкг/дм<sup>3</sup>, а зміна залози спостерігається більш ніж у 10% населення. Практично все населення України відчуває дефіцит йоду [9].

**Фтор** в природних водах знаходиться у вигляді простих та комплексних фторид-іонів:  $F^-$ ,  $[AlF_6]^{3-}$ ,  $[FeF_4]^-$ ,  $[FeF_5]^{2-}$ ,  $[FeF_6]^{3-}$ ,  $[CrF_6]^{3-}$ ,  $[TiF_6]^{2-}$  тощо. Міграційна здатність фтору в природних водах залежить від вмісту  $Ca^{2+}$ , які утворюють з фтором малорозчинні сполуки. Вміст фтору в річкових водах 0,05-1,9 мкг/дм<sup>3</sup>, в атмосферних опадах - 0,05-0,54 мкг/дм<sup>3</sup>, в ПВ - 0,3-4,6 мкг/дм<sup>3</sup>, в термо-мінеральних водах – до 10 мкг/дм<sup>3</sup>, в морських водах – 1,3 мкг/дм<sup>3</sup> [9]. Певні кількості фтору необхідні для оптимальної структури зубів і кісток, кращої і своєчасної мінералізації зубів і кісток у ранні роки життя, для збереження мінералізації кісток у старшому віці. Надлишок фтору у воді приводить до виникнення *флюорозу* - захворювання, що виникає в результаті споживання значної кількості фторидів та характеризуються появленням на зубній емалі непрозорих плям, які поступово чорніють. Частота випадків захворювання флюорозом істотно збільшується, якщо вміст фтору у воді більше 2 мкг/дм<sup>3</sup>. До складу зубів входить до 0,02 % фтору, який надходить до організму людини з питною водою. При підвищенні вмісту фтору у воді більше 8 мкг/дм<sup>3</sup> у людини може розвиватися загальний флюороз організму

людини з кальцифікацією зв'язок. Дефіцит фтору у питній воді є причиною зубного карієсу. Наприклад, на території Закарпаття води містять мінімальну кількість фтору (менше  $0,2 \text{ мг/дм}^3$ ), що приводить до захворювання карієсом [11]. Потреба фтору для дорослої людини складає 2-3 мг/добу. При цьому 1/3 фтору людина отримує з їжею і 2/3 – з питною водою. Але при цьому слід нагадати, що фтор є хімічною речовиною 2-го класу небезпеки (високо небезпечною). Для розробки ефективного методу профілактики карієсу зубів запропонований метод фторування питної води. При тривалому вживанні фторованої води знижується не тільки ураженість зубів карієсом, але і рівень захворювань, пов'язаних з наслідками інфекцій (ревматизм, серцево-судинна патологія, захворювання нирок і ін.). Для попередження розвитку карієсу використовується фторовані питні води і зубні пасти.

## 2 НОРМАТИВИ ЯКОСТІ ПИТНИХ ВОД ТА ОСОБЛИВОСТІ ДЖЕРЕЛ ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

В наслідок активної господарської діяльності людини на Землі різко знижується якість питної води. На превеликий жаль, природної, чистої води, яка без аналізу її складу при щоденному її вживанні, залишилось зовсім мало і цінність такої води постійно зростає. Така природна вода для пиття людиною описана в харчовому стандарті ООН - Кодексі Аліментаріуса, яка має такі основні вимоги: 1) вода яка отримана із природних джерел або пробурених свердловин, без зовнішнього впливу на хімічні і фізичні властивості природної мінеральної води; 2) наявність у воді мінеральних солей в певних пропорціях і наявність в ній слідових кількостей і інших складових; 3) збір води в умовах, що гарантують її вихідну мікробіологічну чистоту і стабільний хімічний склад існуючих в ній компонентів.

Позитивну роль у збереженні та зміцненні здоров'я людей, у профілактиці інфекційних і неінфекційних хвороб, у створенні належних санітарно-побутових умов вода може виконувати лише при відповідності її якості певним вимогам. До кожного типу води висувають певні гігієнічні вимоги. Є свої науково-обґрунтовані гігієнічні нормативи якості води та правила контролю за їх дотриманням. Створено та впроваджено в практику відповідний нормативний документ (державний стандарт), яким повинен керуватися лікар, який дає гігієнічний висновок про якість води. Показники якості води, виходячи з гігієнічних вимог, можна розділити на наступні групи: 1) органолептичні показники; 2) показники нешкідливості по хімічному складу; 3) показники епідемічної безпеки. Останнім часом в окремі групи виділяють показники радіаційної безпеки та фізіологічної повноцінності води.

Питна вода, безпосередньо використовувана населенням, повинна бути доброякісною, тобто мати хороші органолептичні властивості, бути



нешкідливою за хімічним, в тому числі і радіонуклідного, складом, епідемічно безпечною і фізіологічно повноцінною.

Водою з хорошими органолептичними властивостями лікарі медико-профілактичної спеціальності так само, як і більшість населення, вважають таку, яка не має запаху, смаку і присмаку, прозору, що не забарвлену, що не містить помітних на око домішок (плівок, осаду, зважених речовин і т. п.), прохолодну. Така вода не робить негативного впливу на нервово-психічний стан людини, не призводить до відмови від неї і не змушує шукати інші варіанти для задоволення спраги.

Нешкідливою за хімічним складом є така вода, вживання якої не призведе до виникнення неінфекційних захворювань хімічної етіології (ендемичних захворювань, техногенних хронічних і гострих отруєнь і т. п.) у людей і їхніх нащадків. Це має бути гарантовано і для самих чутливих груп населення (новонароджених, дітей, вагітних, людей похилого віку та ін), і в умовах використання її протягом усього життя, і з урахуванням ймовірності комбінованої дії хімічних речовин при одночасній наявності у воді.

Крім ендемічних хвороб і техногенних отруєнь, повинні бути запобігати наслідки неспецифічної дії (зростання загальної захворюваності внаслідок зниження опірності організму) і віддалені (мутагенні, канцерогенні, ембріотоксичні, тератогенні, гонадотоксичних, сенсibiliзуючі, нейротоксические і т. п.) ефекти.

Виходячи з цього, концентрація у воді небезпечних для здоров'я хімічних речовин не повинна перевищувати ГДК, встановлених на основі глибоких санітарно-токсикологічних досліджень. Водночас питна вода повинна бути фізіологічно повноцінною, її мінеральний склад, зміст біомікроелементов (фтору, йоду, селену і т. п.) повинні бути адекватними біологічним потребам організму. Крім того, вода повинна бути нешкідливою в радіаційному відношенні, тобто містити безпечну кількість природних радіонуклідів і мати таку радіоактивність, яка не перевищує гігієнічного норматива.

Безпечною в епідемічному відношенні вважається вода, яка не може служити фактором передачі збудників інфекційних захворювань.

Хімічні речовини, що визначають органолептичні властивості води. Крім органолептичних показників основної групи (фізико-органолептические), слід звернути увагу на групу хіміко-органолептичні показників. Ці показники в свою чергу також поділяють на підгрупи: хімічні речовини, які зустрічаються в природних водах, з'являються у воді внаслідок забруднення водою або в процесі водоподготування. До показників, що характеризує природний хімічний склад води, відносяться: сухий залишок (мініралізація загальна), водневий показник ( $pH$ ), жорсткість загальна, вміст заліза, сульфатів, хлоридів, марганцю, міді, цинку.

Хімічні речовини природного походження (берилій, молібден, миш'як, свинець, нітрати, фтор, селен, стронцій) обумовлюють ендемічні хвороби. Деякі з них (молібден, селен, фтор) належать до так званих біомікроелементів, тобто елементів, вміст яких в тканинах не перевищує 0,01%, але які є есенціальними для людини. Вони обов'язково повинні надходити в організм людини в оптимальних добових дозах. При недотриманні цієї умови може розвинути гіпо- або гіпермікроелементози. Інші речовини (берилій, миш'як, свинець, нітрати, стронцій), позитивна роль яких в організмі поки ще не встановлена і які не є есенціальними, при надмірному надходженні можуть надавати токсичну дію.

Зміст інших мікроелементів в розвіданих природних водах значно нижче небезпечного, встановленого в ході санітарно-токсикологічних експериментів. Ці хімічні речовини небезпечні для здоров'я людей у зв'язку з техногенним надходженням їх у поверхневі і підземні води, які є джерелами водопостачання. Тому вони, як і штучно синтезовані сполуки, віднесені до підгрупи хімічних речовин, що потрапляють у воду внаслідок промислового, сільськогосподарського та побутового забруднення джерел водопостачання. До цієї підгрупи належать важкі метали (кадмій, ртуть, нікель, вісмут, сурма, олово, хром та ін.), детергенти (синтетичні миючі засоби або поверхнево

активні речовини), пестициди (ДДТ, ГХЦГ, хлорофос, метафос, 2,4 - Д, атразин і т. п.), синтетичні полімери та їх мономері (фенол, формальдегід, капролактамі і т. п.). Їх вміст у воді має бути безпечним для здоров'я людей та їх нащадків при постійному, протягом життя, вживанні такої води. Цей рівень повинен бути безпечним і для чутливих груп населення - новонароджених, дітей віком до 14 років, вагітних, людей похилого віку, осіб з хронічними соматичними захворюваннями. Він повинен гарантувати відсутність не тільки гострих і хронічних отруєнь, а й неспецифічного шкідливого впливу, пов'язаного з пригніченням загальної резистентності організму, забезпечувати збереження репродуктивного здоров'я, гарантувати відсутність мутагенного, канцерогенного, ембріотоксичної, тератогенної, гонадотоксичного впливу та інших віддалених наслідків.

Оскільки методи поліпшення якості води на водопровідних станціях (освітлення, знебарвлення, знезараження, спеціальні методи) не дають можливості знизити концентрації названих вище хімічних речовин, то вже у воді водойм їх вміст має бути безпечним для здоров'я. Таку концентрацію називають ГДК. Сьогодні науково обґрунтовані та затверджені Міністерством охорони здоров'я понад 1500 гігієнічних нормативів шкідливих речовин у воді водойм господарсько-питного та культурно-побутового водокористування.

Показники, що характеризують епідемічну безпеку води. Ця група показників ділиться на 3 підгрупи: санітарно-мікробіологічні, санітарно-паразитологічні та санітарно-хімічні. Вони доповнюють один одного, і між ними існує тісний зв'язок. У разі забруднення води рідкими і твердими побутовими відходами, стічними водами, екскрементами тварин і птахів змінюються показники у всіх 3 підгрупах.

Наукове обґрунтування гігієнічних вимог і нормативів якості питної води є підставою для розробки та затвердження офіційних нормативних документів (державних стандартів, санітарних правил і норм), впровадження яких у практику водопостачання населення є одним з найважливіших профілактичних заходів. Стандартизація якості питної води має глибокі історичні корені.

Підстави для визнання води безпечної для здоров'я населення змінювалися з накопиченням знань, особливо у сфері медицини та біології. Протягом століть був пройдений складний шлях від простої органолептичної оцінки за зовнішніми ознаками до розробки сучасних гігієнічних принципів нормування і стандартів якості питної води.

Сьогодні хімічні, мікробіологічні, фізичні параметри, які характеризують якість води, є головним критерієм якості питної води. Для визначення якості питної води розроблені відповідні стандарти та нормативи, де вказуються основні параметри і вимоги щодо якості води. Існує кілька світових організацій, які займаються проблемами стандартизації води. «Руководство по контролю качества питьевой воды», яке було випущено ВООЗ у 1984 році (переглянуте і доповнене в 1992 році) є основним стандартом, на основі якого розробляються нормативи інших держав. Рекомендація ВООЗ стала результатом багаторічних фундаментальних досліджень, вона оснований на понятті *«переносимого» добового споживання*, тобто кількості речовин в їжі чи воді в перерахунку на масу тіла (мг/кг чи мкг/кг), яку може вживати людина щодня протягом всього життя без помітного ризику для здоров'я. В результаті досліджень були одержані *«переносимо» добового споживання* щодо основних потенційно шкідливих для людини речовин. На основі цих даних із використанням складної системи поправочних коефіцієнтів були розроблені норми вмісту основних шкідливих речовин у воді. Причому було враховано надходження речовин з усіх джерел (з їжею, диханням і т.д.). Такий підхід гарантує, що сумарно добове споживання речовин із всіх джерел (включаючи питну воду, що містить концентрацію цієї речовини рівну чи близьку до рекомендованої величини) не перевищить добового споживання.

Агентством по охороні оточуючого середовища США (U.S. Environment Protection Agency) – урядової організація США, в задачу якої входить захист здоров'я населення і охорона оточуючого середовища, був розроблений Федеральний стандарт якості питної води США. Даний стандарт складається з двох розділів: National Primary Drinking Water Regulations – це обов'язковий для

виконання стандарт, що контролює 79 параметрів (органічних і неорганічних домішок, радіонуклідів, мікроорганізмів), потенційно шкідливих для здоров'я людини. National Primary Drinking Water Regulations – стандарт, що має рекомендований характер і включає 15 параметрів, перевищення яких може погіршити споживчі якості води. Цікавою особливістю американського стандарту є те, що в ньому з 1986 р. на кожен параметр встановлено два нормативи: Maximum Contaminant Level Goal (MCLG) та Maximum Contaminant Level (MCL). MCLG – це максимальний рівень, при якому дана речовина (вплив) гарантовано не впливає шкідливо на організм людини. Строге виконання цього рівня, не є обов'язковим. Це якість, якої слід добиватися. MCL – це обов'язкова для виконання величина, що представляє собою гранично допустимий рівень кожного параметру якості води. Дана величина встановлюється максимально близько до MCLG з врахуванням сучасних технологічних можливостей і економічної доцільності.

Більшість позицій величини MCLG і MCL співпадають, проте для ряду параметрів (канцерогени, мікробіологія, радіонукліди) величина MCLG значно строгіша і, як правило, дорівнює нулю, що означає прагнення досягти відсутності даного забруднення.

Європейська спільнота прийняла директиву (European Community, EC), яка стосується якості води, визнаної для споживання населенням (80/778/EC) 15 липня 1980 року. Більш відомий документ «Директива щодо питної води» (Drinking Water Directive) лежить в основі водного законодавства країн членів EC. В Директиві нормуються 66 параметрів якості питної води, розбиті на кілька груп: органолептичні показники; речовини, присутність яких у воді в великих кількостях небажано; токсичні речовини, мікробіологічні показники і параметри пом'якшеної води, призначеної для споживання.

В Україні в 2005 р. прийнято Закон України про загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006-2020 р.р. (№2455-IV від 3.03.2005 р.), в якому прописані всі правила і вимоги по забезпеченню населення якісною питною водою. В доповнення до цього Закону, МОЗ України затвердило нові

санітарно-гігієнічні вимоги до питної води [СанПін-10], які поступово будуть впроваджуватись по мірі виконання державою, виробниками всіх вимог, які викладено в цих двох документах. В українських стандартах якості питної води для більшості показників встановлено лише один кількісний норматив. В той же час в основних національних стандартах питної води в США для кожної речовини, що міститься у воді, встановлено два нормативи: максимальний рівень забрудненості і бажаний показник.

Американські стандарти якості питної води є більш строгими, ніж українські, щодо нормування солоного складу і нітратів, деяких важких металів. В стандартах якості питної води в Україні більш раціонально, ніж в США, нормуються мікробіологічні і паразитологічні показники стандартів води. В США є значно більша кількість нормування органічних речовин, для кожного показника (забруднюючого агента) викладено негативні ефекти його впливу на здоров'я у випадку перевищення максимального рівня забруднення, що є стимулом для забезпечення виконання встановлених нормативів. Позитивним можна вважати і те, що в США громадяни окремих штатів мають право за бажанням встановлювати в межах своєї території обов'язкові для виконання і більш суворі нормативи якості питної води, ніж федеральні.

Одними з перших стандартів якості питної водопровідної води в світі були прийнятий в 1914 р. в США федеральний стандарт якості води та норми складу питної води, розроблені Медичною радою в Росії в 1916 р.

Стандарти якості питної води в СРСР систематично (1937, 1939, 1945, 1954, 1973, 1982 рр.) переглядалися. Перший Міжнародний стандарт якості питної води був розроблений експертами ВООЗ в 1958 р., а Європейський стандарт - в 1961 р. У період 1978-1982 рр. на зміну міжнародними та європейськими стандартами під егідою ВООЗ було розроблено «Керівництво з контролю якості питної води», переглянуте в 1994 р. Нормативи, наведені в «Керівництві ...», носять рекомендаційний характер і використовуються як орієнтир при розробці національних стандартів у багатьох країнах світу.

Останнім стандартом, що регламентує якість питної води в СРСР, був ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гігієнічні вимоги і контроль за якістю». В даний час в Росії, Україні та інших країнах СНД розроблені та затверджені нові національні стандарти, що враховують рекомендації ВООЗ і сучасні дані про вплив окремих інгредієнтів питної води на здоров'я населення.

Деякі показники про діючі нормативи якості питної води наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Кількість показників, що нормуються, в різних стандартах

Показники якості води	Кількість нормативних величин					
	ГОСТ 2874-82	ДСанПіН 2.2.4-171-10	СанПіН 2.1.4.1074-01	США, ІРА	Директива 98/83/ЄС	WHO (ВООЗ)
Органолептичні	4	4	4	2	2	2
Загальні фізико-хімічні	5	8	6	4	7	4
Мікробіологічні	2	5	4	4	7	4
Вірусологічні	-	2	2	-	-	-
Паразитологічні	-	2	2	1	-	-
Показники радіоактивності	-	8	2	9	2	2
Шкідливі неорг. речовини	17	32	42	20	25	24
Шкідливі орг. речовини	-	16	41	41	10	63
Разом	28	77	103	81	53	99

Гігієнічну оцінку безпечності та якості питної води проводять за показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитологічні), санітарно-хімічними (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні) та радіаційними показниками. Під час вибору водного джерела та технології водопідготовки у разі будівництва чи реконструкції підприємства питного водопостачання населення слід надавати перевагу джерелам та технологіям, що забезпечать виробництво питної води з оптимальним вмістом мінеральних речовин за показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу (ФПМС) питної води. Показники ФПМС питної води визначають адекватність її мінерального складу біологічним потребам організму. Вони засновані на доцільності для ряду біогенних елементів обліку не тільки максимально допустимих, а й мінімально необхідних рівнів їх вмісту у воді.

Вперше в світі показники ФПМС питної води були використані в ДСанПіН № 383-96 [1]: мінералізація загальна - 100-1000 мг/дм<sup>3</sup>; жорсткість загальна – 1,5-7,0 мг-екв/дм<sup>3</sup>; лужність загальна -0,5-6,5 мг-екв/дм<sup>3</sup>; магній - 10-80 мг/дм<sup>3</sup>; фтор – 0,7-1,5 мг/дм<sup>3</sup>. Дещо пізніше деякі показники ФПМС були використані в Росії для *фасованої* питної води [2]: жорсткість загальна – 1,5-7,0 мг-екв/дм<sup>3</sup>; лужність загальна -0,5-6,5 мг-екв/дм<sup>3</sup>; кальцій – 25-130 мг/дм<sup>3</sup>; магній - 5-65 мг/дм<sup>3</sup>; бікарбонати - 30-400 мг/дм<sup>3</sup>; фторид-іон – 0,5-1,5 мг/дм<sup>3</sup>; йодид-іон - 10-120 мкг/дм<sup>3</sup>.

Перелік показників ФПМС питної води був поширений в ДСанПіН 2.2.4-171-10 [3] (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води [3]

Найменування показника	Одиниці виміру	Нормативи
Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	200 - 500
Загальна лужність	ммоль/дм <sup>3</sup>	0,5 - 6,5
Кальцій	мг/дм <sup>3</sup>	25 - 75
Магній	мг/дм <sup>3</sup>	10 - 50
Загальна жорсткість	ммоль/дм <sup>3</sup>	1,5 - 7,0
Натрій	мг/дм <sup>3</sup>	2 - 20
Калій	мг/дм <sup>3</sup>	2 - 20
Йод	мкг/дм <sup>3</sup>	20 - 30
Фториди	мг/дм <sup>3</sup>	0,7 - 1,2

Вимоги по окремим показникам ФПМС складу питної води наведено і в інших нормативно-законодавчих документах [4, 5, 6].

Слід зазначити, що про показники ФПМС питної води можна судити і за групою санітарно-хімічних показників безпечності та якості питної води [3]: *сухий залишок* ( $\leq 1000-1500$  мг/дм<sup>3</sup> - водопровідна вода, 1500 мг/дм<sup>3</sup> - колодязі та каптажі джерел,  $\leq 1000$  мг/дм<sup>3</sup> - фасована, пункти розливу і



бювети); *загальна лужність* ( $\leq 6,5$  ммоль/дм<sup>3</sup> - фасована, пункти розливу і бювети); *кальцій* ( $\leq 130$  мг/дм<sup>3</sup> - фасована, пункти розливу і бювети); *магній* ( $\leq 80$  мг/дм<sup>3</sup> - фасована, пункти розливу і бювети); *загальна жорсткість* ( $\leq 7-10$  ммоль/дм<sup>3</sup> – водопровідна вода,  $\leq 10$  ммоль/дм<sup>3</sup> - колодязі та каптажі джерел,  $\leq 7$  ммоль/дм<sup>3</sup> - фасована, пункти розливу і бювети); *йод* ( $\leq 50$  мкг/дм<sup>3</sup> - фасована, пункти розливу і бювети), *натрій* ( $\leq 200$  мг/дм<sup>3</sup> - водопровідна вода,  $\leq$  мг/дм<sup>3</sup> - фасована, пункти розливу і бювети); *фториди* (для кліматичних зон: IV  $\leq 0,7$  мг/дм<sup>3</sup>, III  $\leq 1,2$  мг/дм<sup>3</sup>, II  $\leq 1,5$  мг/дм<sup>3</sup> - водопровідна вода,  $\leq 1,5$  мг/дм<sup>3</sup> - колодязі та каптажі джерел,  $\leq 1,2$  мг/дм<sup>3</sup> - фасована, пункти розливу і бювети).

Слід зазначити, що для окремих показників мінерального складу питних вод Всесвітня організація охорони здоров'я (World Health Organization – WHO) рекомендує такі значення: сухий залишок (мінералізація) – 1000 мг/дм<sup>3</sup>, фториди – 1,2 мг/дм<sup>3</sup>, а Агентство з охорони навколишнього середовища США (Environmental Protection Agency – EPA) – сухий залишок (мінералізація) – 500 мг/дм<sup>3</sup>, фториди – 2,02 – 4,0 мг/дм<sup>3</sup>, натрій – 200 мг/дм<sup>3</sup>. Директивою ЄС про питну воду (Drinking Water Directive) 80/778/ЕС, що ухвалена Європейською Радою 15.07.1980 р., рекомендовані такі значення показників мінерального складу питних вод: сухий залишок (мінералізація) – 1500 мг/дм<sup>3</sup>, фториди – 1,5 мг/дм<sup>3</sup>, натрій – 200 мг/дм<sup>3</sup>, калій – 12 мг/дм<sup>3</sup>, кальцій – 100 мг/дм<sup>3</sup>, магній – 50 мг/дм<sup>3</sup>. Отже, є ознаки схожості і відмінності між показниками мінерального складу питних вод у державних стандартах України та міжнародних вимогах до якості питних вод.

### 3 ФІЗІОЛОГІЧНА ПОВНОЦІННІСТЬ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ПИТНИХ ВОД ЯК ФАКТОР ФОРМУВАННЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

#### 3.1 Оцінка оптимальності мінерального складу питних вод окремих урбанізованих територій України

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 – мікроелементози, тобто захворювання (симптоми), що зумовлені недостатністю, надлишком або дисбалансом мікроелементів в організмі [12].

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*); уривська 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 [13, 14].

Біологічно (фізіологічно) значущі хімічні елементи поділяються на: «структурні» (*C, O, H, N, Ca, Mg, Na, K, S, P, F, Cl*), які на 99% формують елементний склад організму; есенціальні (*Fe, I, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Ni, V, Se, Mn, As, F, Si, Li*); умовно есенціальні; елементи, роль яких мало вивчена або невідома [12]. Згідно сучасних уявлень, низка мікроелементів (*Fe, Cu, Zn, Mn, Cr, Se, Mo, Co, I*) є абсолютно необхідною (есенціальною) для організму людини, оптимального стану її здоров'я; вони входять до складу загальної регуляторної системи організму та підтримують його гомеостаз. Есенціальні хімічні елементи потрапляють в організм людини в складі продуктів харчування і питної води. В деяких країнах, наприклад, Росії, запропоновані норми фізіологічних потреб в енергії і харчових речовинах для різних груп

населення [15], 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 есенціальних хімічних елементів для дорослих (чоловіків, жінок) та дітей у мг/добу, але немає відомостей щодо тієї частки, яка потрапляє в організм людини з питною водою. За літературними даними внесок мікроелементів в організм людини за рахунок питної води складає від 2-4 до 20-25 % (за даними ВООЗ – 6-8%). Відомо, що з питною водою людина може отримати до 20 % добової дози кальцію, до 25 % – магнію, до 50-80 % – фтору, до 50 % – йоду тощо [16].

Оскільки, як зазначено вище, збалансованість мінерального складу питних вод є не тільки показником якості питних вод, але й важливим фактором формування здоров'я населення, тому дослідження регіональних особливостей питного водопостачання та з'ясування ролі водного чинника при формуванні захворюваності населення є актуальною задачею.

Оцінка рівня збалансованості мінерального складу води із джерел централізованого водопостачання та водопровідної води базується на дослідженнях в окремих урбанізованих територіях України. Результати хімічних аналізів води із річок (свердловин) порівнювалися з оптимальними значеннями показників фізіологічної повноцінності мінерального складу (ФПМС), з санітарно-хімічними показниками безпечності та якості питної води [3, 17], а також з іншими показниками збалансованості мінерального складу питних вод [18, 19]. Таким чином, визначались значення відповідних показників, які вище (↑) або нижче (↓) за нормативні значення.

В Україні гігієнічну оцінку безпечності та якості питної води проводять за показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитологічні), санітарно-хімічними (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні) та радіаційними показниками.

Під час вибору водного джерела та технології водопідготовки у разі будівництва чи реконструкції підприємства питного водопостачання населення,

перевага надається джерелам та технологіям, що забезпечать виробництво питної води з оптимальним вмістом мінеральних речовин за показниками ФПМС. Показники ФПМС питної води визначають адекватність її мінерального складу біологічним (фізіологічним) потребам організму. Засновані вони на доцільності цілого ряду біогенних елементів бути наявними не тільки в максимально допустимих концентраціях, а й мати мінімально необхідні рівні їх вмісту у воді. Нормативні значення визначені лише для таких 9 показників ФПМС питної води: загальна жорсткість, загальна лужність, йод, калій, кальцій, магній, натрій, сухий залишок, фториди [3].

У новому ДСТУ 7525:2014 [17], який набув чинності з 01.02.2015 р., визначення показників ФПМС у воді централізованого водопостачання не передбачено, а рекомендовано контролювати ці показники лише для води нецентралізованого водопостачання (нефасованої, фасованої). Замість показників ФПМС у [3] використовується поняття «хімічні показники якості, що впливають на органолептичні властивості» [17].

Централізоване водопостачання Одеської міської агломерації базується на поверхневих водах р. Дністер. На водоочисній станції «Дністер» діє традиційна класична схема очищення, що заснована на відстійниках і швидких фільтрах. Після фільтрів вода надходить у резервуари чистої води, там вона піддається знезараженню рідким хлором, який, перед контактом з водою, перетворюють на газоподібний стан у спеціальних випарниках, у дозах, що забезпечують її бактеріальну чистоту і концентрацію залишкового хлору на виході з резервуара чистої води. Уже потім, по п'яти водоводах, вода подається до міста, де розподіляється між споживачами.

Значення деяких показників ФПМС води із річки Дністер і водопровідної води Одеської агломерації (за даними хіміко-бактеріологічної лабораторії філії «Інфоксводоканалу» у 2014-2015 рр., в основному, відповідають нормативним вимогам. Лише середньорічний вміст натрію вище ( $\uparrow$ ) за максимальну норму ( $maxN$ ), а фторидів – нижче ( $\downarrow$ ) за мінімальну норму ( $minN$ ). Якщо натрій і фториди розглядати як санітарно-токсикологічні

показники безпеки та якості питної води [3], то діапазон встановлених концентрацій натрію знаходиться в межах нормативних вимог, а ось фторидів – не відповідає нормативним вимогам (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Деякі показники фізіологічної повноцінності мінерального складу води системи централізованого водопостачання Одеської міської агломерації

Показник	р. Дністер	Діапазон нормативних значень [3]
	Водопровідна вода (2014-2015 рр.)	
Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	<u>4,34 ± 0,43</u> 3,76 ± 0,46	1,5 - 7,0
Загальна лужність, ммоль/дм <sup>3</sup>	<u>3,80 ± 0,46</u> 3,97 ± 0,52	0,5 - 6,5
Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	<u>59,95 ± 6,69</u> 59,79 ± 9,38	25 – 75
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	<u>22,42 ± 6,40</u> 17,23 ± 3,91	10 – 50
Натрій, мг/дм <sup>3</sup>	<u>29,13↑ ± 4,53</u> <u>30,15↑ ± 5,20</u>	2 – 20
Калій, мг/дм <sup>3</sup>	— 7,55 ± 1,2	2 – 20
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	<u>371,53 ± 43,4</u> 376,05 ± 36,5	200 - 500
Фториди, мг/дм <sup>3</sup>	<u>0,249↓ ± 0,031</u> <u>0,157↓ ± 0,012</u>	0,7 – 1,2

Основним джерелом централізованого водопостачання Миколаївської міської агломерації є поверхневі води р. Дніпро, які подаються водоводом потужністю 80 тис. м<sup>3</sup>/д. Протяжність водопровідних мереж міста становить понад 1050 км, з яких близько 10% перебуває в аварійному стані.

Технологічна схема очищення води складається з таких стадій: коагулювання, відстоювання, фільтрування, знезараження. Значення вивчених показників ФПМС води із річки Дніпро (загальна жорсткість, загальна лужність, сухий залишок) і водопровідної води м. Миколаїв (загальна жорсткість, загальна лужність, кальцій, магній, сухий залишок) відповідають нормативним вимогам, за винятком дефіциту фторидів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Деякі показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод системи централізованого водопостачання Миколаївської міської агломерації

Показники	Діапазон фактичних значень		Діапазон нормативних значень [3]
	Вода із річки Дніпро (2005-2014 рр.)	Водопровідна вода (2005-2014 рр.)	
Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	3,90	<u>3,2 - 3,99*</u> 3,51**	1,5 - 7,0
Загальна лужність, ммоль/дм <sup>3</sup>	2,49	<u>1,93 - 2,50</u> 2,3	0,5 - 6,5
Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	-	<u>43,09 - 57,31</u> 47,7	25 - 75
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	-	<u>12,7 - 17,15</u> 14,65	10 - 50
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	384,0	<u>260,08 - 367,25</u> 300,17	200 - 500
Фториди, мг/дм <sup>3</sup>	0,35↓	<u>0,19↓ - 0,29↓</u> 0,23↓	0,7 - 1,2

Примітка: \*діапазон середньорічних значень показників; \*\* середнє значення показників

Херсонська міська агломерація розташована на правому високому березі Дніпра, але, незважаючи на наявність та доступність до поверхневих джерел водопостачання система централізованого водопостачання базується на підземних водах (ПВ). Основна частина прісних підземних вод зосереджена, в основному, в неогеновому водоносному комплексі. Цей комплекс широко розгалужений по території Херсонської області і забезпечує майже стовідсотковий видобуток ПВ. Загальна кількість водозабірних свердловин глибиною 80-100 м – понад 150, але лише приблизно 50% від цієї кількості є діючими. ПВ надходять в водопровідну мережу, протяжність якої понад 820 км.

Слід зазначити, що понтичний водоносний горизонт (ВГ), який до кінця 1960-років використовувався для скидання господарсько-побутових стоків, є джерелом забруднення, оскільки забруднені води по затрубному простору свердловин, неприданих для експлуатації, перетікають у верхньосарматський ВГ. Підземні води верхньосарматського ВГ забруднені нітратами (до

250 мг/дм<sup>3</sup>, за норми – 45 мг/дм<sup>3</sup>).

За даними МКП «ВУВКГ м. Херсон» за 2015 р. по окремим свердловинам значення загальної жорсткості коливається від 7,1 ммоль/дм<sup>3</sup> (ПО «Холодильник») до 38,8 ммоль/дм<sup>3</sup> (вул. Червоноармійська, 2-а), середнє значення ( $n = 25$ ) – 11,2 ммоль/дм<sup>3</sup>, тобто набагато перевищує максимальну фізіологічну норму – 7,0 ммоль/дм<sup>3</sup>. Однак, в окремих свердловинах значення загальної жорсткості у межах 7,1-9,8 ммоль/дм<sup>3</sup>, що декілька нижче за норматив для питної води з колодязів та каптажів ( $\leq 10,0$  ммоль/дм<sup>3</sup>). Значення сухого залишку коливається від 1026,6 мг/дм<sup>3</sup> (вул. Комсомольська, 66-а) до 4815,5 мг/дм<sup>3</sup> (вул. Червоноармійська, 2-а), середнє значення ( $n = 15$ ) – 2260,0 мг/дм<sup>3</sup>, тобто, набагато вище за максимальну фізіологічну норму (500,0 мг/дм<sup>3</sup>). Але в окремих свердловинах значення сухого залишку у межах 1026,6-1246,8 мг/дм<sup>3</sup>, що декілька нижче нормативу для питної води з колодязів та каптажів ( $\leq 1500,0$  мг/дм<sup>3</sup>).

Централізоване водопостачання Дніпровської міської агломерації забезпечується водами Дніпра. На основних водозаборах (Кайдацький, Аульський, Ломовський) використовується традиційна схема очищення, що заснована на відстійниках та швидких фільтрах. Знезараження виконується із застосуванням рідкого (газоподібного) хлору, або гіпохлориду натрію. Значення жорсткості, лужності, сухого залишку, а також вмісту кальцію і магнію у вихідній воді з річки Дніпро та з резервуару чистої води (РЧВ) всіх діючих водозаборів відповідали нормативним вимогам. Виключенням є вміст фторидів, концентрація яких набагато нижча за мінімальну норму (табл. 3.3).

Для централізованого водопостачання Харківської міської агломерації використовують води з Печенізького водосховища, об'ємом 382 млн. м<sup>3</sup>, що заповнюється поверхневими водами річки Сіверський Донець (74,1% загальної подачі), води з Червонопавлівського водосховища, об'ємом 410 млн. м<sup>3</sup>, що заповнюється з каналу Дніпро-Донбас (23,5%) та артезіанські води (2,4%).

Таблиця 3.3 - Середні значення показників фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод системи централізованого водопостачання Дніпровської міської агломерації

Показники	Діапазон фактичних значень			Діапазон нормативних значень [3]
	Кайдацький водозабір (2015 р.)	Ломовський водозабір (2011-2015 рр.)	Аульський водозабір (2010 р.)	
Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	<u>3,8</u> 3,7	<u>3,7</u> 3,8	3,34	1,5 - 7,0
Загальна лужність, ммоль/дм <sup>3</sup>	<u>2,9</u> 2,7	<u>3,2</u> 3,1	2,37	0,5 - 6,5
Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	-	<u>41,7</u> -	48,0	25 - 75
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	<u>14,1</u> -	<u>13,3</u>	11,5	10 - 50
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	<u>241,5</u> <u>267,4</u>	<u>267,8</u> <u>282,3</u>	250,6	200 - 500
Фториди, мг/дм <sup>3</sup>	<u>0,10</u> ↓ <u>0,08</u> ↓	<u>0,21</u> ↓ <u>0,12</u> ↓	-	0,7 - 1,2

Примітка: чисельник - р. Дніпро, знаменник – резервуар чистої води

Надходжень води з цих джерел достатньо, проте, існує проблема витратності перекачування води з поверхневих джерел на відстань близько 40 км з Сіверського Дінця і приблизно на 320 км з Дніпра та технологічної складності усунення завислих речовин й цвітіння річкових вод [20]. Якісний та кількісний склад води обох поверхневих джерел дещо відрізняються (табл. 3.4): в Сіверському Дінці води гідрокарбонатні кальцієві (жорсткість тимчасова), а в Дніпрі – сульфатні кальцієві (жорсткість постійна).

Значення деяких показників ФПМС води цих джерел водопостачання не вписувались в діапазон нормативних значень за сухим залишком (532,6-902,0 мг/дм<sup>3</sup>↑), вмістом  $Ca^{2+}$  (78,1-82,3 мг/дм<sup>3</sup>↑) та фторидів (0,27-0,34 мг/дм<sup>3</sup>↓), а також  $Mg^{2+}$  (↓ лише для вод Червонопавлівського водосховища).



Таблиця 3.4 - Середні значення деяких показників фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод системи централізованого водопостачання Харківської міської агломерації

Показники	Діапазон фактичних значень			Діапазон нормативних значень [3]
	р. Сіверський Донець (2006-2010 рр.)	Червонопавлівське водосховище (2006-2010 рр.)	Водопровідна вода (2008 р.) [21]	
Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	6,48	<b>8,2</b> ↑	3,45	1,5 - 7,0
Загальна лужність, ммоль/дм <sup>3</sup>	5,28	3,4	3,0	0,5 - 6,5
Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	<b>82,28</b> ↑	<b>78,1</b> ↑	<b>84,0</b> ↑	25 - 75
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	21,1	<b>4,94</b> ↓	34	10 - 50
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	<b>532,6</b> ↑	<b>902,0</b> ↑	<b>633</b> ↑	200 – 500
Фториди, мг/дм <sup>3</sup>	<b>0,34</b> ↓	<b>0,27</b> ↓	-	0,7 - 1,2

Невідповідність питним нормативам спостерігається і по ряду мікроелементів (органічної і неорганічної природи), що обумовлено неминучим техногенним забрудненням води на великих водозбірних територіях зазначених річок. Відмінною рисою якості води з Сіверського Дінця є систематично вищі показники каламутності та вмісту завислих речовин, що пов'язано з перенесенням цих речовин в потоці річки (особливо в періоди танення снігу й випадання зливових опадів), на відміну від умов в Червонопавлівському водосховищі, де дніпровська вода відстоюється перед водозабором.

Водопостачання м. Львів здійснюється з підземних джерел - 17 водозаборів, розміщених на відстані 20-110 км по території Львівської області. Одним із основних є ВГ верхньокрейдяних відкладів. За результатами аналізу води, що подається в централізовану систему водопостачання м. Львів (за 2011-2012 рр., за даними ЛМКП «Львівводоканал»), в деяких водозаборах

значення загальної жорсткості досягає 7,3-8,5 ммоль/дм<sup>3</sup>, лужності – до 6,7-6,9 ммоль/дм<sup>3</sup>, сухого залишку – до 515,49-649,42 мг/дм<sup>3</sup>, що є вище за нормативні значення цих показників ФПМС. Воду з підвищеною загальною жорсткістю подає східна група водозаборів (Вільшаниця, Ремезівці, Плугів). У пробах води, відібраних на насосних станціях («межа міста»), також зафіксовано перевищення нормативних значень загальної жорсткості (7,55-8,4 ммоль/дм<sup>3</sup>) та сухого залишку (591,07-632,13 мг/дм<sup>3</sup>). У пробах, відібраних у декількох навчальних закладах Львова якість води за загальною жорсткістю (7,2-8,2 ммоль/дм<sup>3</sup>) та вмістом фтору (0,15-0,40 мг/дм<sup>3</sup>) не відповідає вимогам ФПМС до питної води. Але вода, забрана в пунктах розливу, звичайно характеризується дуже низькими значеннями загальної жорсткості,  $Ca^{2+}$  та  $Mg^{2+}$ , що може призвести до кальцій-магній-залежних захворювань населення [22].

У разі порівняння встановлених середньорічних значень характеристик питної води в системах централізованого водопостачання міських агломерацій, що ґрунтуються на поверхневих (річкових) водах, з санітарно-хімічними показниками безпечності та якості [3], то значення більшості показників ( $pH$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ) будуть відповідати нормативним вимогам.

Якщо порівняти встановлені значення показників ФПМС вихідної води з річки Дністер та водопровідної води Одеської агломерації з так званими «рекомендованими межами» [18], то встановлені середньорічні концентрації кальцію і магнію вищі за «межі» (відповідно 15-30 та 3-12 мг/дм<sup>3</sup>), а середньорічний вміст калію і фторидів відповідає «рекомендованим межам» (відповідно 0,5-3 та 0,1-0,5 мг/дм<sup>3</sup>) – табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Відповідність мінерального складу води із річки Дністер і водопровідної води Одеської агломерації «рекомендованим межам»

Показник	Рекомендовані межі [17]	Річка Дністер (2014 - 2015 рр.)	Водопровідна вода (2014 - 2015 рр.)
<i>pH</i>	6,8 – 7,2	<b>8,05</b> ↑ ± 0,09	<b>7,69</b> ↑ ± 0,08
<i>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></i> , мг/дм <sup>3</sup>	50 - 160 мг/дм <sup>3</sup>	<b>196,79</b> ↑ ± 23,29	<b>210,5</b> ↑ ± 21,0
<i>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></i> , мг/дм <sup>3</sup>	3 - 12 мг/дм <sup>3</sup>	<b>65,48</b> ↑ ± 10,06	<b>76,9</b> ↑ ± 13,7
<i>Cl<sup>-</sup></i> , мг/дм <sup>3</sup>	2 - 10 мг/дм <sup>3</sup>	<b>31,84</b> ↑ ± 2,52	<b>35,3</b> ↑ ± 3,0
<i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></i> , мг/дм <sup>3</sup>	0,3 - 3,0 мг/дм <sup>3</sup>	<b>4,70</b> ↑ ± 1,95	<b>4,45</b> ↑ ± 1,55
<i>F<sup>-</sup></i> , мг/дм <sup>3</sup>	0,1 - 0,5 мг/дм <sup>3</sup>	0,039 ± 0,036	0,159 ± 0,014
<i>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></i> , мг/дм <sup>3</sup>	0,05 - 0,2 мг/дм <sup>3</sup>	<b>0,281</b> ↑ ± 0,09	<b>0,254</b> ↑ ± 0,031
<i>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></i> , мг/дм <sup>3</sup>	0,01 - 0,1 мг/дм <sup>3</sup>	0,029 ± 0,016	0,00
<i>Na<sup>+</sup></i> , мг/дм <sup>3</sup>	5 – 20 мг/дм <sup>3</sup>	<b>29,13</b> ↑ ± 4,53	<b>30,0</b> ↑ ± 4,2
<i>Ca<sup>2+</sup></i> , мг/дм <sup>3</sup>	15 - 30 мг/дм <sup>3</sup>	<b>57,20</b> ↑ ± 6,80	<b>59,05</b> ↑ ± 7,47
<i>Mg<sup>2+</sup></i> , мг/дм <sup>3</sup>	3 -12 мг/дм <sup>3</sup>	<b>23,86</b> ↑ ± 7,03	<b>16,80</b> ↑ ± 3,50
<i>K<sup>+</sup></i> , мг/дм <sup>3</sup>	0,5 – 3,0 мг/дм <sup>3</sup>	-	<b>7,5</b> ± 1,2
<i>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></i> , мг/дм <sup>3</sup>	0,02 - 0,2 мг/дм <sup>3</sup>	0,103 ± 0,003	0,05
<i>Fe</i> , мг/дм <sup>3</sup>	0,05 - 0,5 мг/дм <sup>3</sup>	0,362 ± 0,173	0,10
<i>M</i> , мг/дм <sup>3</sup>	100 - 300 мг/дм <sup>3</sup>	<b>305,06</b> ↑ ± 33,81	<b>331,3</b> ↑ ± 33,3

При порівнянні встановлених значень показників ФПМС питної води системи централізованого водопостачання з «рекомендованими межами» [18], для середніх значень більшості показників характерно відхилення від цих «меж» (табл. 3.6).

«Рекомендовані межі» розширюють перелік показників якості мінерального складу питних вод, але, в той же час, виникають питання щодо рівня обґрунтованості діапазону оптимальних концентрацій. Наприклад, оптимальні значення водневого показника (*pH*) пропонуються у межах 6,8-7,2, в той час, коли у [3, 17], – *pH* 6,5-8,5, що є більш обґрунтованим тому, що кислотно-лужна рівновага рідин організму звичайно має лужну реакцію. За даними японських дослідників, при споживанні питної води з *pH* > 6,5 показник тривалості життя населення зростає на 20-30%; це зумовлено тим, що кисле середовище (*pH* < 7) сприяє розмноженню патогенних бактерій і провокує низку захворювань. «Рекомендовані межі» мінералізації (*M*) – 100-300 мг/дм<sup>3</sup>, що вважається показником задовільної мінералізації, в той же час,

коли у [3, 17] діапазон оптимальних значень мінералізації (сухого залишку) складає 300-500 мг/дм<sup>3</sup>.

### 3.2 Особливості мікроелементного складу питних вод окремих урбанізованих територій України

Ряд мікроелементів (МЕ) є фізико-хімічними (*Fe, I, Mn, Cu, Zn*) або санітарно-токсикологічними (*Al, Cd, Si, As, Mo, Hg, Pb, Ag, F, Co, Ni, Se, Cr, Be, B, Sr, Sb*) показниками безпечності та якості питної води, нормативний вміст яких визначається ДСанПіН 2.2.4-171-10 [1]. У питних водах, які споживають мешканці урбанізованих територій України, спостерігається не тільки дисбаланс показників ФПМС [1], але й дисбаланс деяких МЕ, що може бути безпосереднім фактором впливу на здоров'я населення. Тому встановлення зв'язку між збалансованістю мікроелементного складу питних вод і станом здоров'я населення урбанізованих територій України є вкрай актуальною задачею.

Мікроелементний склад питних вод залежить, насамперед, від регіональних природних (надто, геохімічних) особливостей, але й від техногенних факторів (обробки коагулянтами, флокулянтами, протикорозійними реагентами; забруднення водних об'єктів зворотними водами; незадовільний стан водопровідної мережі тощо).

Збалансованість мікроелементного складу питних вод є чинником, який досить помітно впливає на формування здоров'я населення [9, 12, 13, 14, 16, 17, 23, 24, 25, 26, 27, 28 та ін.]. До основних клінічних проявів токсичного впливу підвищеної концентрації *Al* у питній воді є порушення рухливості, судоми, психопатичні реакції тощо. *Co* є важливим елементом, необхідним для утворення вітаміну  $B_{12}$ ; надмірне ж потрапляння *Co* (більше за 5 мг на день) викликає у людини патологічні функції щитовидної залози, поліцитемію та надмірне вироблення червоних кров'яних клітин при збільшенні утворення еритропоетину гормонів з нирок. Іони *Cu* є складовою частиною багатьох металовмісних ферментів, білків; вони каталізують завершальний етап

тканинного дихання, задіяні в утворенні кісткової тканини; концентрація *Cu* 2-3 мг/дм<sup>3</sup> може викликати гепатит і цироз печінки, а також гостре порушення функції кишково-шлункового тракту. Нестача *Zn* у питній воді сприяє розвитку атеросклерозу та розвитку зубу, а концентрація *Zn* понад норми може бути причиною отруєння організму людини. Підвищений вміст *Mn* (> 0,2 мг/дм<sup>3</sup>) у питній воді здійснює загально-токсикологічний, ембріотоксичний та мутагенний вплив на організм людини. Надлишок *Cr* у питній воді провокує мутагенні і канцерогенні ефекти, а його дефіцит знижує м'язову масу і стійкість до фізичного навантаження. При концентрації *Mo* у питній воді у 10-15 мг/дм<sup>3</sup> відзначається розвиток остеопорозу кісток, розлад травного тракту, печінки і нирок. Споживання води з вмістом *As* 0,2-1,0 мг/дм<sup>3</sup> може бути причиною розладу центральної нервової системи (ЦНС). Підвищені концентрації *Pb* у питній воді також вражають ЦНС, а тому безпечною є вода з вмістом *Pb* ≤ 0,03 мг/дм<sup>3</sup>. Відомо, що *Cd* накопичується у нирках, зумовлює гіпертонію, знижує імунітет, негативно впливає на розумові здібності людини. *Be* є безпечний для рослин, але отруйний для тварин; його накопичення призводить до розм'якшення кісткової тканини (берилієвий рахіт). При одноразовому надходженні в організм великої дози *Se* виникають ознаки гострого отруєння, такі як блювота, діарея, біль у животі, озноб, тремтіння і оніміння кінцівок; зміни на шкірі, нігтях і волоссі проявляються при вмісті *Se* у воді 0,66 мг/дм<sup>3</sup>. Надлишок *Sr* в організмі людини призводить до враження кісткової тканини, печінки і крові. Підвищений вміст у питній воді *Hg* може сприяти розвитку церебрального паралічу. Між концентрацією *Si* у питній воді та поширеністю серцево-судинних захворювань існує пряма залежність. У малих кількостях *Sb* може викликати нудоту і депресію, а у великих – вона може призвести до смерті. При дефіциті *Fe* відзначається недокрів'я, ураження міокарда, втрата тонуусу скелетних м'язів, а також імунодефіцит, а надлишок *Fe* (> 0,3 мг/дм<sup>3</sup>) у питній воді провокує захворювання печінки, алергічні реакції тощо. Надлишок *B* у питних водах є причиною ентериту, діареї, зниження маси тіла, загальної слабкості тощо. Отже, як показує огляд

літературних даних, не тільки надлишок, але й нестача мікроелементів у питних водах позначається на здоров'ї людини, а тому слід контролювати рівень збалансованості їх мікроелементного складу.

Дані щодо нормативного вмісту МЕ у різних джерелах інформації різняться. Тому при оцінці мікроелементного складу питних вод окремих урбанізованих територій України, автор орієнтувалися на нормативи [1].

Для приблизної оцінки мінерального складу питних вод також можна використовувати значення «біологічно значимої концентрації» (БЗК), тобто такого вмісту МЕ, який може впливати на загальний мікроелементний баланс людини і гомеостаз організму в цілому при постійному і тривалому вживанні питної води [19]. БЗК елемента розраховується з уявлення, що при щодобовому споживанні 2 дм<sup>3</sup> питної води в організм людини потрапляє 5% від його загального середньостатистичного надходження.

Єдиного твердження щодо ролі питної води в забезпеченні організму людини МЕ немає. Так, А.В. Горбунов та ін. [28] за літературними даними наводять показники щодо величини фізіологічно необхідного щодобового надходження МЕ з питною водою (мг/добу): *Cr* – 0,5-0,20; *Mn* – 2-9; *Fe* – 10-30; *Co* – 0,04-0,07; *Ni* – 0,3-0,6; *Cu* – 2-5; *Zn* – 6-30; *Se* – 0,06-0,15; *Mo* – 0,3; *I* – 0,06-0,20. Для токсичних мікроелементів виділені безпечна та токсична (у дужках) дози щодобового надходження: *As* – 0,049 (10-50); *Cd* – 0,66 (3-5); *Sb* – 0,049(100); *Hg* – 0,049 (0,4); *Pb* – 0,43 (1-8). Зокрема, зазначена найбільш висока частка надходження з питною водою в організм людини таких мікроелементів: *Al* (54,4%), *Cr* (40%), *Mn* (14,75), *I* (12,5%), *Cu* (12,44%) [29].

Автором проаналізовані особливості мікроелементного складу питних вод окремих урбанізованих територій України за результатами досліджень організацій, що забезпечують водопостачання протягом 2014-2016 рр. (табл. 3.6).

Середньорічні показники ряду МЕ (*Al, Co, Cu, Zn, Mn, Cr, Mo, As, Pb, Cd, Be, Se, Sr, Hg, Si Sb Cr*), визначених в питних водах окремих урбанізованих

територій України (див. табл.), як правило, менші за нормативи [1] та відповідні значення нижньої межі БЗК (НМБЗК) [19].

Таблиця 3.6 – Вміст ряду мікроелементів (мг/дм<sup>3</sup>) у питних водах окремих урбанізованих територій України

	р. Дністер водопровідна вода (м. Одеса)	Ломовський водозабір, р. Дніпро водопровідна вода (м. Дніпро)	Кайдацький водозабір, р. Дніпро водопровідна вода (м. Дніпро)	Водопровідна вода (м. Запоріжжя)	ГДК [1]	НМБЗК [19]
<i>Al</i>	0,05 / < 0,04	-		0,056	≤ 0,20	0,375
<i>Co</i>	< 0,005 / < 0,005	-	< 0,01 / < 0,01	< 0,001	≤ 0,1	0,0075
<i>Cu</i>	0,259 / < 0,005	0,078 / 0,031	0,11/0,054	0,023	≤ 1,0	0,0875
<i>Zn</i>	< 0,005 / 0,0067	< 0,005 / 0,005	< 0,005 / < 0,005	0,071	≤ 1,0	0,325
<i>Mn</i>	0,018 / 0,0068	0,057 / 0,01	0,055/0,013	0,030	≤ 0,05	0,0925
<i>Cr</i>	- / < 0,005	< 0,02 / -	< 0,0025 / - « -	< 0,001	≤ 0,05	0,00375
<i>Mo</i>	0,0031 / < 0,01	< 0,01 / < 0,01	-	< 0,0025	≤ 0,07	0,00625
<i>As</i>	< 0,005 / < 0,005	-	-	< 0,005	≤ 0,01	0,00125
<i>Pb</i>	< 0,005 / < 0,005	-	< 0,005 / < 0,005	< 0,0005	≤ 0,010	0,01
<i>Cd</i>	< 0,00025 / - « -	-	< 0,001 / < 0,001	< 0,0001	≤ 0,001	0,0025
<i>Be</i>	< 0,00005 / - « -	-	-	< 0,0002	≤ 0,0002	0,00025
<i>Se</i>	< 0,001 / < 0,001	-	-	< 0,0041	≤ 0,01	0,00375
<i>Sr</i>	1,012/0,095	-	-	-	≤ 7,0	0,05
<i>Hg</i>	< 0,0005 / - « -	-	-	-	≤ 0,0005	0,00037
<i>Si</i>	-	-	-	0,76	≤ 10	-
<i>Sb</i>	-	-	-	< 0,05	≤ 0,005	-
<i>Cr</i>	-	-	-	< 0,001	≤ 0,05	-

Концентрації окремих МЕ недостатні для повноцінного функціонування організму людини. Виняток складають, наприклад, *Cu* і *Sr*, середньорічні концентрації яких в питних водах Одеської агломерації дещо вищі за НМБЗК, але нижчі за норми санітарно-токсикологічних показників безпеки та якості питної води ( $Cu \leq 1,0$  мг/дм<sup>3</sup>,  $Sr \leq 7,0$  мг/дм<sup>3</sup>). Можливо, що значення БЗК мінеральних компонентів питної води та їх нижньої межі недостатньо обґрунтовані, однак вони розширюють перелік критеріїв оцінки рівня збалансованості мінерального складу питних вод.

У питних ПВ Київського мегаполісу виділена низка МЕ цікавих з точки зору впливу на здоров'я населення. У цих водах деякі есенціальні МЕ (*Zn*, *Cu*, *Co*, *F*) присутні в недостатній концентрації. На основі розрахунку БЗК і аналізу хімічного складу питних ПВ встановлено, що вміст *Mn*, *Fe*, *Sc*, *Y* достатній, щоб впливати на мікроелементний баланс організму людини при

постійному споживанні питних ПВ [30].

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

### 3.3 Оцінка можливого впливу мінерального складу питних вод на здоров'я населення

Характеристика якості питних вод і їх вплив на здоров'я населення розглядаються в численних роботах. А.І. Іванов та ін. [16] на основі аналізу робіт, опублікованих у провідних наукових виданнях за останні 10 років, відмічають певні закономірності між якістю питних вод і захворюваністю населення. У цій оглядовій роботі відзначається, що найбільш залежні від гідрохімічного складу питних вод ендемічні хвороби, патологія серцево-судинної системи (ССС) та шлунково-кишкового тракту. Серед населення, що вживає високомінералізовану сульфатно-кальцієву воду, частіше зустрічаються захворювання органів травлення. Хімічний склад питних вод здатний впливати на мінеральний гомеостаз організму людини. Розрізнення вмісту  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  можуть мати відношення до поширеності артеріальної гіпертензії. Дефіцит і дисбаланс  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  можна розглядати в якості потенційних факторів ризику виникнення у населення сечокам'яної хвороби, захворювань шкіри, ССС та органів травлення. Водночас, в останні роки з'явилася низка робіт, в яких мова йде про те, що такі показники питних вод, як жорсткість, вміст  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  не спричиняють вплив на захворюваності ССС. У дослідженні нідерландських учених зв'язку між жорсткістю, вмістом  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  у питних водах і смертністю від ішемічної хвороби серця та інсульту, відзначено відсутність значимого зв'язку між цими показниками. В



аналітичному огляді англійських учених також йдеться про результати досліджень, присвячених впливу жорсткості питних вод і вмісту  $Ca^{2+}$  на виникнення захворювань ССС. При цьому наголошується, що більшість авторів при виконанні подібних досліджень свідчать про наявність зворотного зв'язку між рівнем магнію у воді і хворобами ССС. Одним з найважливіших критеріїв оцінки якості питних вод, здатним впливати на стан і розвиток людського організму, як на клітинному, так і макрорівні, є її фізіологічна повноцінність, тобто те, якою мірою вода є джерелом необхідних для людини біогенних мікро- і макроелементів. З питних вод людина може отримати до 20 % добової дози кальцію, до 25% магнію, до 50-80 % фтору, до 50% йоду.

Дослідженнями Ю.М. Ворохти [23] 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 разів, загальної мінералізації – у 1,1-1,6 разів 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  $Na^+$  – від 0,04 % до 10,0 %. Роль впливу окремих компонентів мінерального складу питних вод на здоров'я дитячого та дорослого населення є різною; зокрема, на здоров'я дітей більшою мірою сприяє вміст  $Ca^{2+}$  та  $Mg^{2+}$ , а також наявність  $NO_3^-$ , тоді як для дорослих більш важливим є вміст  $Na^+$ , значення жорсткості, які суттєво впливають на ризик виникнення кардіоваскулярної патології, збільшуючи її вдвічі. Встановлено, що споживання питної води фізіологічно неадекватного мінерального складу негативно впливає на здоров'я дитячого населення. Доросле ж населення, яке споживає питну воду з високим вмістом окремих нетоксичних мінеральних сполук, добре адаптується до складу питних вод із загальною мінералізацією – до 1500 мг/дм<sup>3</sup>, загальною жорсткістю – до 6 ммоль/дм<sup>3</sup>,  $Na^+$  – 250 мг/дм<sup>3</sup>,  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  – до 1,0;  $Sr^{2+}/Ca^{2+}$  – до 0,01. Тому, для районів із несприятливими за

мінеральним складом питними водами є доцільною розробка регіональних стандартів якості питної води, які мають відповідати цим діапазнам адаптації.

В оглядовій роботі В.О. Прокопова і О.Б. Липовецької [24] зазначається, що питна вода в разі невідповідності показників її мінерального складу гігієнічним нормативам при довготривалому споживанні може приводить до порушення функціонального стану організму та виникненню не інфекційних захворювань населення. Експериментальними дослідженнями показано, що ефект дії сольового складу питних вод на організм залежить від ступеню мінералізації, поєднання катіонів та аніонів, часу вживання, а також стану організму в цілому. Найбільша кількість публікацій присвячена ролі питних вод різної мінералізації і загальної жорсткості у розвитку патології і значно менше – дії комбінацій макро- та мікроелементів на стан здоров'я населення.

Отже, огляд цих та інших літературних даних підтверджує, що збалансованість мінерального складу питних вод є чинником, який істотно впливає на формування здоров'я населення.

При вживанні жорстких питних вод порушується процес всмоктування жирів у кишечнику, що обумовлено утворенням *Ca-Mg* нерозчинних мив при омиленні жирів. В районах з жарким кліматом перебіг сечокам'яної хвороби погіршується при жорсткості води понад 10 ммоль/дм<sup>3</sup>. Жорсткі води сприяють появі дерматитів, тому що *Ca-Mg* мила мають дратівливу дію. Для пиття воліють мати воду середньої жорсткості з невисоким вмістом  $Mg^{2+}$ , оскільки його сульфати порушують процеси всмоктування і моторну діяльність кишечника. Тому, якщо вміст  $SO_4^{2-}$  у воді до 250 мг/дм<sup>3</sup>, то вміст  $Mg^{2+}$  не повинен перевищувати 30-50 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст  $Ca^{2+}$  бажано мати 75-100 мг/дм<sup>3</sup>, максимум до 150 мг/дм<sup>3</sup>. Для м'яких питних вод іноді характерний високий природний вміст  $Na^+$ , однак його надлишок служить додатковим чинником розвитку деяких форм гіпертонії. Підвищена жорсткість питних вод сприяє розвитку захворювань системи кровообігу [31]. За матеріалами Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) епідеміологічні дослідження, що проводилися в різних країнах протягом останніх 50 років, показали, що

існує зв'язок між зростанням кількості захворювань системи кровообігу з наступним летальним результатом і споживанням м'якої ПВ [26], але, як зазначено вище, є низка робіт, в яких мова йде про те, що такі показники ПВ, як жорсткість, вміст  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$  не впливають на захворюваність системи кровообігу [31].

Широко поширена думка, що наявність  $Ca^{2+}$  у ПВ сприяє затвердінню артерій, утворенню каменів у нирках і захворюванню печінки, фактичними даними не підтверджується. Кальцій, що має високу фізіологічну активність, виконує в організмі різноманітні функції, такі як формування кісткової тканини, мінералізація зубів, регуляція внутрішньоклітинних процесів, регуляція процесів нервової провідності та м'язових скорочень, підтримання стабільної серцевої діяльності. Надлишок кальцію в організмі може бути причиною артриту, остеодистрофії, остеопорозу, м'язової слабкості та ін. Дефіцит кальцію є причиною 147 захворювань (остеопороз, тахікардія, аритмія, побіління рук і ніг, ниркова та печінкова коліки, підвищена дратівливість тощо). Наприклад, остеопороз, - захворювання, що посідає 10 місце за смертністю серед дорослого населення, обумовлене нестачею кальцію в організмі [32].

Питна вода з підвищеною мінералізацією впливає на секреторну діяльність шлунка, порушує водно-сольовий баланс, що призводить до різних несприятливих фізіологічних відхилень в організмі (перегріву в спекотну погоду, порушення почуття втамування спраги, збільшенню гідрофільності тканин, зміні секреції шлунка, посиленню його моторної функції і перистальтики кишечника і т. д.). З іншого боку, тривале вживання маломінералізованої води може призвести до деяких несприятливих фізіологічних порушень в організмі (зокрема, до зменшення вмісту хлоридів в тканинах і ін.) [31]. Споживання занадто маломінералізованої ПВ негативно впливає на механізми гомеостазу, обмін мінеральних речовин і води в організмі (посилюється виділення рідини - діурез). Це пов'язано з вимиванням внутрішньо- і позаклітинних іонів з біологічних рідин, їх негативним балансом.

Демінералізована ПВ має не тільки незадовільні органолептичні показники, а й негативно впливає на організм людини. Можливі наслідки споживання ПВ, збідненої мінеральними речовинами, діляться на такі категорії: прямий вплив на слизову оболонку шлунка, метаболізм і гомеостаз мінеральних речовин, та інші функції організму; незначне надходження  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$ ; незначне надходження інших макро- і мікроелементів; втрати  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  та інших макроелементів у процесі приготування їжі; можливе зростання надходження в організм токсичних металів.

Відомо, що натрій - життєво важливий міжклітинний та внутрішньоклітинний елемент, який бере участь у створенні необхідної буферності крові, регуляції кров'яного тиску, водного обміну, активізації травних ферментів, регуляції нервової та м'язової тканин. Із вмістом  $Na$  пов'язують також спроможність тканин утримувати воду. При високій концентрації  $Na^+$  (при одночасному дефіциті  $Ca^{2+}$ ) утворюється специфічна лужна фосфатаза, що є біохімічним маркером таких захворювань як остеопороз, остеомаліяція [33].

Калій регулює кислотно-лужну рівновагу крові. Він бере участь у передачі нервових імпульсів, активізує роботу ряду ферментів, активізує м'язову роботу серця, благотворно впливає на стан шкіри і функціонування нирок. Калій має захисну дію проти небажаного впливу надлишку натрію і нормалізує тиск крові.

У доповіді ВООЗ «Фтор у питній воді», присвяченій цій проблемі, представлені останні наукові дані про поширеність фтору, наслідки його впливу на здоров'я. При недостатньому надходженні фтору в організм знижується стійкість емалі зубів до кислих харчових продуктах і продуктів бактерійного розкладання, що призводить до карієсу. Надмірне ж надходження фтору призводить до флюорозу. Для клінічного флюорозу зубів характерні зміна забарвлення і ерозія емалі зубів. У більш важких випадках може бути пошкоджена вся зубна емаль. При флюорозі скелету фтор протягом багатьох років поступово накопичується в кістках, що призводить до погіршення

рухомості і болю в суглобах [23]. Оскільки фтор є мікроелементом для якого характерний відносно різкий перехід від фізіологічно корисних концентрацій до концентрацій, що викликають токсикоз, то у вітчизняній і зарубіжній літературі наводяться переконливі аргументи, як прихильників, так і супротивників фторування питної води [11, 32]. У багатьох країнах світу прийнятий регіональний принцип нормування фтору в питній воді, коли його оптимальна концентрація визначається максимальною денною температурою повітря, через те що залежить кількість споживаної людиною води.

Дані щодо збалансованості мінерального складу питних вод, а також щодо можливого впливу мінерального складу питних вод на здоров'я населення урбанізованих територій Північно-Західного Причорномор'я наведені в роботах [34, 35, 36].

Таким чином, довготривале споживання питних вод, які характеризуються дисбалансом їх мінерального складу, може бути одним із негативних чинників впливу на здоров'я населення окремих промислово-міських агломерації України, а тому необхідно проведення подальших спеціальних досліджень.

## ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень можна дійти такі висновки:

– нормативні значення дев'яти показників ФПМС, рекомендованих ДСанПіН 2.2.4-171-10, є важливими критеріями оцінки якості питної води, але вони не відображають всю різноманітність хімічних елементів і мінеральних сполук у питних водах;

– якщо ж окремі хімічні елементи розглядати як санітарно-токсикологічні показники безпечності та якості питної води, то діапазон їх оптимальних значень не завжди відповідає нормативним значенням показників ФПМС;

– величини біологічно значимих концентрацій мінеральних компонентів питної води та їх нижній межі, можливо, недостатньо обґрунтовані, але дають можливість розширити перелік критеріїв оцінки рівня збалансованості мінерального складу питних вод;

– у питних водах систем централізованого водопостачання вміст звичайно зазначених мікроелементів не перевищує значень відповідних ГДК, але кількість деяких мікроелементів нижча за нижню межу біологічно значущої концентрації.

– довготривале споживання питних вод, які характеризуються дисбалансом їх мінерального складу, може бути одним із негативних чинників впливу на здоров'я населення, а тому існує потреба проведення подальших спеціальних досліджень.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Державні санітарні правила і норми «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» (ДСанПіН № 383-96). К., 1996.
2. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (СанПиН 2.1.4.1116-02). М.: Минздрав России, 2002.
3. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). К., 2010.
4. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора (ГОСТ 2761-84). М., 1986.
5. Санитарные нормы и правила охраны поверхностных вод от загрязнения (СанПиН № 4630-88). М., 1988.
6. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання (ДСТУ 4808:2007). К., 2007.
7. Самарина В.С. Гидрогеохимия. Л., 1977.359 с.
8. Хільчевський В.К., Ромась М.І., Савицький В.М. Про деякі сучасні напрямки гідрохімічних та гідроекологічних досліджень. Наук. праці УкрНДГМІ. 2003. Вип. 251.
9. Вступ до медичної геології. У двох томах / За редакцією Г. І. Рудька, О.М. Адаменка. К.: Академпрес, 2010.
10. Розен Б.Я. Геохимия брома и йода. М.: Недра, 1970. 142 с.
11. Кузубова Л.И., Кобрина В.Н. Химические методы подготовки воды (хлорирование, озонирование, фторирование): Аналит. обзор СО РАН, ГННТБ, НИОХ. – Новосибирск, 1996. 132 с.
12. Авицын А.П., Жаворонков А.П. Микроэлементозы человека: монография. М.: Медицина, 1991. 496 с.

13. Жовинский Э.Я., Кураева И.В., Крюченко Н.О. *Экологическая геохимия и медицина*. 2004. 26 (№2). С. 17-24.
14. Жовинский Э.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.
15. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской федерации. Методические рекомендации. МР 2.3.1.2432-08. М.: 2008.
16. Иванов А.В., Тафеева Е.А., Давлетова Н.Х. Современные представления о влиянии питьевой воды на состояние здоровья населения. *Вода: химия и экология*. 2012. №3. С. 48-53.
17. ДСТУ 7525:2014. «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості». К.: Мінекономрозвитку України, 2014. 25 с.
18. 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.
19. 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.
20. Яковлев В.В. и др. Источники водоснабжения Харькова и перспективы использования лучевых водозаборов. URL: [www.irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis\\_64.exe?](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis_64.exe?) (дата звернення 21.12.2017 р.).
21. Ковалева Е.А., Ткачев В.А. Качество питьевой воды города Харькова и пути его улучшения/ Коммунальное хозяйство городов. 2008. Т.4. С. 110-113.
22. Мацієвська О.О. Оцінювання якості питної води м. Львів та дослідження впливу води різної якості на показники крові людини. Медико-гідрогеохімічні чинники геологічного середовища України: за ред. проф. Г.І. Рудька. Київ – Чернівці: Букрек, 2015. С. 495-535.



23. Ворохта Ю.М. Гігієнічна оцінка впливу мінерального складу питних вод на здоров'я населення: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Київ, 2007. 22 с.
24. Прокопов В.О., Липовецька О.Б. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення (огляд літератури). *Гігієна населених місць*. 2012. №59.С. 63-73.
25. Андрусішина І. Н. О минеральном составе питьевых вод и здоровье человека: «живая» или «мертвая» вода. URL: <http://waternet.ua/news/newsletter/54/> (дата звернення: 29.01.2018).
26. Химический состав водопроводной воды и его влияние на организм человека. URL:<http://www.tnp-nn.ru/content/himicheskij-sostav-vodoprovodnoj-vody-i-ego-vliyanie-na-organizm-cheloveka> (дата звернення: 29.01.2018).
27. Мишукова Т.Г., Осипов А.А., Сальников И.А. Определение содержания микроэлементов в питьевых водах Оренбургской области. Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 10 (185). С. 303-307.
28. Горбунов А.В., Ляпунов С.М., Окина О.И., Серегина И.Ф. Роль питьевой воды в обеспечении организма человека микроэлементами. *Экология человека*. 2012. 2. С. 3-8.
29. Андрусішина І.Н. Влияние минерального состава питьевой воды на состояние здоровья населения. *Вода и водоочистные технологии*. №2 (17), 2015.
30. 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.
31. Акулов К.И., Буштуева К.А., Гончарук Е.И. Коммунальная гигиена / Под ред. К. И. Акулова, К. А. Буштуевой. М.: Медицина 1986.608 с.
32. Вступ до медичної геології. У двох томах/За редакцією Г.І. Рудька, О.М. Адаменка. К.: Академпрес, 2010.
33. Рудько Г.И., Нецкий А.В. Научные и методологические основы медицинской геологии. Надрокористування в Україні. Перспективи

інвестування. Мат. І науково-практичного семінару (10-14 листопада 2014 р., м. Трускавець). ДКЗ України. К.: ДКЗ, 2014. С. 276-279.

34. Сафранов Т.А., Поліщук А.А., Юрченко В.О., Яришкіна Л.О. Оцінка оптимального мінерального складу питних вод систем централізованого водопостачання окремих міських агломерацій України. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2016. №3-4(26). С. 51-61.

35. Safranov T., Husieva K. Balanced Mineral Composition of Drinking Water as an Influence on the Public Health at the Urban Agglomerations of the Northwestern Black Sea Region. *Water Security: Monograph*. Editors; prof. Olena Mitryasova & prof. Chad Staddon. – Mykolaiv: PMBSNU – Bristol: UWE, 2016. PP.192 – 207.

36. Сафранов Т.А., Грабко Н.В., Поліщук А.А., Трохименко Г.Г. Збалансованість мінерального складу питних вод як чинник впливу на здоров'я населення міських агломерацій Північно-Західного Причорномор'я. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2016. № 20. С. 5-17.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

Публікації за темою магістерської кваліфікаційної роботи

1. Миленка О.О., Сафранов Т.А. Проблема оцінки збалансованості мінерального складу питних вод. Матеріали IV Міжнародної конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2016. С. 139-140.

2. Миленка О.О., Сафранов Т.А. Оцінка збалансованості мінерального складу питних вод окремих регіонів. Матеріали Міжнародної конференції молодих вчених «Регіональні проблеми охорона довкілля». Одеса: ОДЕКУ, 2018. С. 145-149.

Затверджую \_\_\_\_\_

Завідувач кафедри екології та охорони довкілля  
проф. Сафранов Т.А.