

# ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 504.4.062.2

**Т. А. САФРАНОВ**, д-р г.-м. наук, проф.  
*Одеський державний екологічний університет*  
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016, e-mail: safranov@ukr.net

**А. А. ПОЛЩУК**, канд. хім. наук  
*ТОВ «Інфокс» філія «Інфоксводоканал»*  
вул. Басейна, 5, м. Одеса, 65039, e-mail: lab@infoxvod.com.ua

**В. О. ЮРЧЕНКО**, д-р техн. наук, проф.  
*Харківський національний університет будівництва та архітектури*  
вул. Сумська, 40, Харків, 61000, e-mail: Yurchenko.valentina@gmail.com

**Л. О. ЯРИШКІНА**, канд. хім. наук, доц.  
*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*  
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49000, e-mail: ecodiit@gmail.com

## ОЦІНКА ОПТИМАЛЬНОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ПИТНИХ ВОД СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ОКРЕМИХ МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЙ УКРАЇНИ

**Мета.** Оцінка рівня збалансованості (оптимальності) мінерального складу питних вод системи централізованого водопостачання, як можливого фактору впливу на здоров'я населення окремих міських агломерацій України. **Методи.** Порівняльний аналіз результатів хімічних аналізів води із річок (свердловин) з оптимальними значеннями показників фізіологічної повноцінності мінерального складу (ФПМС), з санітарно-хімічними показниками безпечності та якості питної води. **Результати.** Гігієнічну оцінку безпечності та якості питної води проводять за показниками епідемічної безпеки, санітарно-хімічними та радіаційними показниками, а також за оптимальним вмістом мінеральних компонентів. Надана оцінка мінерального складу питних вод в деяких міських агломераціях України. 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 окремі хімічні елементи розглядати як санітарно-токсикологічні показники безпечності та якості питної води, то діапазон їх оптимальних значень не завжди відповідає нормативним значенням. **Висновки.** Тривале вживання питної води, що має дисбаланс основних мінеральних компонентів, може бути одним із негативних факторів впливу на здоров'я населення.

**Ключові слова:** мінеральний склад, оптимальний вміст, баланс компонентів питної води, здоров'я населення

**Safranov T. A.**  
*Odessa State Environmental University*

**Polishchuk A. A.**  
*SLL «Infox» branch «Infoxvodokanal»*

**Yurchenko V. A.**  
*Kharkiv National University of Construction and Architecture*

**Yaryshkina L. A.**  
*Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*

## ASSESSMENT OF OPTIMAL MINERAL COMPOSITION OF DRINKING WATER SYSTEMS CENTRALIZED WATER SUPPLY OF SOME URBAN AGGLOMERATIONS UKRAINE

**Purpose.** Evaluation of balance (optimal) mineral composition of drinking water systems, centralized water as possible factors influencing the health of certain urban agglomerations Ukraine. **Methods.** Comparative analysis of the chemical analysis of river water (wells) with optimum values of physiological parameters usefulness mineral composition (PUMC), of the sanitary-chemical indicators of safety and quality of drinking water.

**Results.** The hygienic aspect of drinking water safety and quality can be defined by the indices of epidemic safety, sanitary- chemical and radiation indices, as well as the optimal content of mineral substance. There are provides assessment of mineral composition in certain urban agglomerations in the Ukraine Regions. Normative values of nine indicators PUMS recommended STATE STANDARDS 2.2.4-171-10 are important criteria for assessing the quality of drinking water, but they do not reflect the diversity of chemical elements and inorganic compounds in drinking water. If individual chemical elements considered as sanitary and toxicological indicators of safety and quality of drinking water, the range of optimal values do not always meet regulatory value. **Conclusions.** Long-term consumption of drinking water with an imbalance of essential mineral components can be one of the negative impact factors for the on public health.

**Keywords:** mineral substances, optimal content, balance of drinking water composition, public health

**Сафранов Т. А.**

*Одесский государственный экологический институт*

**Полищук А. А.**

*ООО «Инфокс» филиал «Инфоксводоканал»*

**Юрченко В. А.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

**Ярышкина Л. А.**

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна*

## **ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПИТЬЕВЫХ ВОД СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ УКРАИНЫ**

**Цель.** Оценка уровня сбалансированности (оптимальности) минерального состава питьевых вод системы централизованного водоснабжения, как возможного фактора влияния на здоровье населения отдельных городских агломераций Украины. **Методы.** Сравнительный анализ результатов химических анализов воды из рек (скважин) с оптимальными значениями показателей физиологической полноценности минерального состава (ФПМС), с санитарно-химическим показателям безопасности и качества питьевой воды. **Результаты.** Гигиеническую оценку безопасности и качества питьевой воды проводят по показателям эпидемиологической безопасности, санитарно-химическим и радиационным показателям, а также по оптимальному содержанию минеральных компонентов. Дана оценка минерального состава питьевых вод в некоторых городских агломерациях Украины. Нормативные значения девяти показателей ФПМС, рекомендованных ГСанПиН 2.2.4-171-10, являются важными критериями оценки качества питьевой воды, но они не отражают все разнообразие химических элементов и минеральных соединений в питьевых водах. Если отдельные химические элементы рассматривать как санитарно-токсикологические показатели безопасности и качества питьевой воды, то диапазон их оптимальных значений не всегда соответствует нормативным значениям. **Выводы.** Длительное употребление питьевой воды с дисбалансом основных минеральных компонентов может быть одним из негативных факторов влияния на здоровье населения.

**Ключевые слова:** минеральный состав, оптимальное содержание, баланс компонентов питьевой воды, здоровье населения

### **Вступ**

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 [1]. 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 кристалика (нестача Mo); гіпогонадізм (дефіцит Zn); хронічна гіперглікемія (низький вміст Cr); хвороба Вільсона-Коновалова (надлишок Cu) тощо [2, 3]. 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 [1]. 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 [4], 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 [5].

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.

Метою дослідження є оцінка рівня збалансованості (оптимальності) мінерального складу питних вод системи централізованого водопостачання, як можливого фактору впливу на здоров'я населення окремих міських агломерацій України.

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 [6, 7], а також з іншими показниками збалансованості мінерального складу питних вод [8, 9]. Таким чином, визначались значення відповідних показників, які вище (↑) або нижче (↓) за нормативні значення.

### Результати дослідження

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: за-

гальна жорсткість, загальна лужність, йод, калій, кальцій, магній, натрій, сухий залишок, фториди [6]. У новому ДСТУ 7525:2014 [7], 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 [6] використовується поняття «хімічні показники якості, що впливають на органолептичні властивості» [7].

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 спе-

ціальних 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 безпечності та якості питної води [6], то діапазон встановлених концентрацій натрію знаходиться в межах нормативних вимог, а ось фторидів – не відповідає нормативним вимогам (табл. 1).

Таблиця 1

**Деякі показники фізіологічної повноцінності мінерального складу води системи централізованого водопостачання Одеської міської агломерації**

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

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, непридатних для експлуатації, перетікають у

Таблиця 2

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

Показники	Діапазон фактичних значень		Діапазон нормативних значень [6]
	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>	<b>0,35↓</b>	<u><b>0,19↓ - 0,29↓</b></u> <b>0,23↓</b>	0,7 - 1,2

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

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 викону-

ється 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).

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 Червононапівського водосховища, об'ємом 410 млн. м<sup>3</sup>, що заповнюється з каналу Дніпро-Донбас (23,5%) та артезіанські води (2,4%).

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 [10]. Якісний та кількісний склад води обох поверхневих джерел дещо відрізняються (табл. 4): в Сіверському Дінці води гідрокарбонатні кальцієві (жорсткість тимчасова), а в Дніпрі – сульфатні кальцієві (жорсткість постійна).

**Таблиця 3**

**Середні значення показників фізіологічної повноцінності мінерального складу питних вод системи централізованого водопостачання Дніпровської міської агломерації**

Показники	Діапазон фактичних значень			Діапазон нормативних значень [6]
	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

**Таблиця 4**

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

Показники	Діапазон фактичних значень			Діапазон нормативних значень [6]
	р. Сіверський Донець (2006-2010 рр.)	Червонопавлівське водосховище (2006-2010 рр.)	Водопровідна вода (2008 р.) [11]	
Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	6,48	8,2 ↑	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>	82,28↑	78,1↑	84,0↑	25 - 75
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	21,1	4,94 ↓	34	10 - 50
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	532,6 ↑	902,0 ↑	633↑	200 – 500
Фториди, мг/дм <sup>3</sup>	0,34↓	0,27↓	-	0,7 - 1,2

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<sup>2+</sup> (78,1-82,3 мг/дм<sup>3</sup>↑) та фторидів (0,27-0,34 мг/дм<sup>3</sup>↓), а також Mg<sup>2+</sup> (↓ лише для вод Червонопавлівського водосхови-

ща). 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 період 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 [12].

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 [6], 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» [8], 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 межим» (відповідно 0,5-3 та 0,1-0,5 мг/дм<sup>3</sup>) (табл. 5).

При порівнянні встановлених значень показників ФПМС питної води системи централізованого водопостачання з «рекомендованими межами» [8], для середніх значень більшості показників характерно відхилення від цих «меж» (табл. 6).

Таблиця 5

Відповідність мінерального складу води із річки Дністер і водопровідної води Одеської агломерації «рекомендованим межим»

Показник	Рекомендовані межі [7]	Річка Дністер (2014 - 2015 рр.)	Водопровідна вода (2014 - 2015 рр.)
$pH$	6,8 – 7,2	8,05↑ ± 0,09	7,69↑ ± 0,08
$HCO_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	50 - 160 мг/дм <sup>3</sup>	196,79↑ ± 23,29	210,5↑ ± 21,0
$SO_4^{2-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	3 - 12 мг/дм <sup>3</sup>	65,48↑ ± 10,06	76,9↑ ± 13,7
$Cl$ , мг/дм <sup>3</sup>	2 - 10 мг/дм <sup>3</sup>	31,84↑ ± 2,52	35,3↑ ± 3,0
$NO_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,3 - 3,0 мг/дм <sup>3</sup>	4,70↑ ± 1,95	4,45↑ ± 1,55
$F^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,1 - 0,5 мг/дм <sup>3</sup>	0,039 ± 0,036	0,159 ± 0,014
$PO_4^{3-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,05 - 0,2 мг/дм <sup>3</sup>	0,281↑ ± 0,09	0,254↑ ± 0,031
$NO_2^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,01 - 0,1 мг/дм <sup>3</sup>	0,029 ± 0,016	0,00
$Na^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	5 – 20 мг/дм <sup>3</sup>	29,13↑ ± 4,53	30,0↑ ± 4,2
$Ca^{2+}$ , мг/дм <sup>3</sup>	15 - 30 мг/дм <sup>3</sup>	57,20↑ ± 6,80	59,05↑ ± 7,47
$Mg^{2+}$ , мг/дм <sup>3</sup>	3 - 12 мг/дм <sup>3</sup>	23,86↑ ± 7,03	16,80↑ ± 3,50
$K^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,5 – 3,0 мг/дм <sup>3</sup>	-	7,5 ± 1,2
$NH_4^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,02 - 0,2 мг/дм <sup>3</sup>	0,103 ± 0,003	0,05
$Fe$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,05 - 0,5 мг/дм <sup>3</sup>	0,362 ± 0,173	0,10
$M$ , мг/дм <sup>3</sup>	100 - 300 мг/дм <sup>3</sup>	305,06↑ ± 33,81	331,3↑ ± 33,3

«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 [6, 7], –  $pH$  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 [6, 7] діапазон оптимальних значень мінералізації (сухого залишку) складає 300-500 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 6

Відповідність мінерального складу питних вод окремих міських агломерацій «рекомендованим межам»

Показник	Рекомендовані межі [8]	Дніпровська агломерація		Харківська агломерація	
		Кайдацький водозабір (2015 р.)	Ломовський водозабір (2015 р.)	р. Сіверський Донець (2006-2010 рр.)	Червоно-павлівське водосховище (2004-2010 рр.)
$pH$	6,8 – 7,2	8,15↑ / 7,63↑	8,06↑ / 7,56↑	8,22↑	7,96↑
$HCO_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	50 - 160 мг/дм <sup>3</sup>	-	-	321,6↑	206,8↑
$SO_4^{2-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	3 - 12 мг/дм <sup>3</sup>	26,9↑ / 25,1↑	36,7↑ / 39,5↑	117,9↑	415,1↑
$Cl^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	2 - 10 мг/дм <sup>3</sup>	24,1↑ / 31,4↑	23,4↑ / 33,5↑	37,6↑	66,6↑
$NO_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,3 - 3,0 мг/дм <sup>3</sup>	< 0,5 / < 2,2	- / < 2,2	1,49	0,36
$F^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,1 - 0,5 мг/дм <sup>3</sup>	0,10 / < 0,08	0,25↑ / 0,16↑	0,34↑	0,27↑
$PO_4^{3-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,05 - 0,2 мг/дм <sup>3</sup>	0,40↑ / < 0,01	0,36↑ / < 0,11	0,89↑	0,22↑
$NO_2^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,01 - 0,1 мг/дм <sup>3</sup>	0,008 / 0,003	- / 0,003	0,04	0,44↑
$Na^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	5 - 20 мг/дм <sup>3</sup>	-	-	-	-
$Ca^{2+}$ , мг/дм <sup>3</sup>	15 - 30 мг/дм <sup>3</sup>	-	54,5↑ / -	82,3↑	78,1↑
$Mg^{2+}$ , мг/дм <sup>3</sup>	3 - 12 мг/дм <sup>3</sup>	14,1↑ / -	19,3↑ / -	21,9↑	49,4↑
$K^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,5 - 3,0 мг/дм <sup>3</sup>	-	-	-	-
$NH_4^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,02 - 0,2 мг/дм <sup>3</sup>	0,17 / < 0,1	- / < 0,1	0,25↑	0,22↑
$Fe$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,05 - 0,5 мг/дм <sup>3</sup>	< 0,05 / < 0,05	< 0,05 / < 0,05	0,25	0,17
$Mn$ , мг/дм <sup>3</sup>	100 - 300 мг/дм <sup>3</sup>	241,5 / 267,4	280,5 / 289,47	530,2↑	902,2↑

Критерієм придатності води є значення гранично допустимих концентрацій (ГДК) для окремих мікроелементів. Надходження мікроелементів у питні води залежить від регіональних геохімічних особливостей та техногенних факторів (наприклад, концентрації окремих мікроелементів, у т. ч. токсичних, з-за незадовільного стану водопровідної мережі можуть істотно зростати). У питних водах системи централізованого водопостачання Одеської і Дніпровської агломерацій вміст визначених мікроелементів не перевищує ГДК (табл. 7).

В поверхневих джерелах водопостачання і водопровідній воді інших міських агломерацій визначені лише окремі мікроелементи (наприклад,  $Fe$ ,  $Mn$ ,  $Cu$ ), вміст яких також був нижче за ГДК.

Для орієнтованої оцінки мінерального складу питних вод пропонується використовувати значення біологічно значимих концентрацій [9], що дозволяє відокремити компоненти, вміст яких може впливати на мікроелементний баланс людини.

Середньорічні показники окремих хімічних елементів ( $Al$ ,  $Co$ ,  $Cu$ ,  $Zn$ ,  $Mn$ ,  $Cr$ ,  $Mo$ ,  $As$ ,  $Pb$ ,  $Cd$ ,  $Be$ ,  $Se$ ,  $Sr$ ,  $Hg$ ), визначених в річкових і водопровідних водах, як правило, менші за значення нижньої межі біологічно значимої концентрації (НМБЗК) [9]. Окремі біологічно (фізіологічно) значущі хімічні елементи мають недостатні концентрації для повноцінного функціонування організму людини. Виняток складають мідь і стронцій, середньорічні концентрації яких в питних водах Одеської



Таблиця 7

## Вміст окремих мікроелементів у питних водах систем централізованого водопостачання Одеської і Дніпровської агломерацій

Мікро-елемент	ГДК [6, 7]	НМБЗК [8]	р. Дністер / водопровідна вода (2014 - 2015 рр.)	Ломовський водозабір (2015 р.): р. Дніпро / РЧВ	Кайдацький водозабір (2015 р.): р. Дніпро / РЧВ
Al, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,20	0,375	0,05 / < 0,04	-	
Co, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,1	0,0075	< 0,005 / < 0,005	-	< 0,01 / < 0,01
Cu, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 1,0	0,0875	0,259 / < 0,005	0,078 / 0,031	0,11/0,054
Zn, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 1,0	0,325	< 0,005 / 0,0067	< 0,005 / 0,005	< 0,005 / < 0,005
Mn, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,05	0,0925	0,018 / 0,0068	0,057 / 0,01	0,055/0,013
Cr, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,05	0,00375	- / < 0,005	< 0,02 / -	< 0,0025 / < 0,0025
Mo, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,07	0,00625	0,0031 / < 0,01	< 0,01 / < 0,01	-
As, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,01	0,00125	< 0,005 / < 0,005	-	-
Pb, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,010	0,01	< 0,005 / < 0,005	-	< 0,005 / < 0,005
Cd, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,001	0,0025	< 0,00025 / < 0,00025	-	< 0,001 / < 0,001
Be, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,0002	0,00025	< 0,00005 / < 0,00005	-	-
Se, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,01	0,00375	< 0,001 / < 0,001	-	-
Sr, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 7,0	0,05	1,012 / 0,095	-	-
Hg, мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,0005	0,00037	< 0,0005 / < 0,0005	-	-

декілька вищі НМБЗК, але нижчі відповідних ГДК (див. табл. 7), а також нижчі за норми санітарно-токсикологічних показників безпеки та якості питної води (мідь ≤ 1,0 мг/дм<sup>3</sup>, стронцій ≤ 7,0 мг/дм<sup>3</sup> – ДСанПіН 2.2.4-171-10). Можливо, що значення

біологічно значимої концентрації мінеральних компонентів питної води та їх нижньої межі недостатньо обґрунтовані, однак вони розширюють перелік критеріїв оцінки рівня збалансованості мінерального складу питних вод.

### Висновки

В результаті проведених досліджень можна дійти до таких висновків:

- 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 безпеки 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;

– 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.

### Література

1. Авицын А. П. Микроэлементозы человека: мнোগрафия / А. П. Авицын, А. А. Жаворонков. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.

2. Жовинский Э. Я. Экологическая геохимия и медицина / Э. Я. Жовинский, И. В. Кураева, Н. О. Крюченко // Мінералогічний журнал. – 2004. – 26.

- №2. – С. 17-24.

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

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

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

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

7. ДСТУ 7525:2014. «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості». – К.: Мінекономрозвитку України, 2014. – 25 с.

8. Шварцев С. Л. Оценка качества питьевой воды скважины «ТВК» в процессе её водоподготовки, поиск новых источников высококачественной

воды в районе г. Томска / С. Л. Шварцев, Ю. Г. Копылова. – Томск: ТПУ, 2001. – 31 с.

9. Барвиш М. В. Новый подход к оценке микрокомпонентного состава подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения / М.В. Барвиш, А.А. Шварц // Геоэкология, 2000. – №5. – С.467–473.

10. Яковлев В. В. Источники водоснабжения Харькова и перспективы использования лучевых водозаборов / В. В. Яковлев, В. Д. Лищина, М. В. Бабаев, А. Г. Васенко// [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis\\_64.exe?](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis_64.exe?)

11. Ковалева Е.А. Качество питьевой воды города Харькова и пути его улучшения/ Е. А. Ковалева, В. А. Ткачев // Коммунальное хозяйство городов. – 2008. – Т.4. – С. 110-113.

12. Мацієвська О.О. Оцінювання якості питної води м. Львів та дослідження впливу води різної якості на показники крові людини / О.О. Мацієвська // Медико-гідрогеохімічні чинники геологічного середовища України / за ред. проф. Г. І. Рудька. Київ – Чернівці: Букрек, 2015. – С. 495-535.

Надійшла до редколегії 14.10.2016