

<https://doi.org/10.32782/2786-9067-2023-26-4>

УДК 613.31:628.1: 612.392.6

ПОВНОЦІННІСТЬ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ПИТНОЇ ВОДИ ЯК ГІГІЄНІЧНА ПРОБЛЕМА

Зазуляк Т.С., Шевчук Л.П., Климович О.І., Альохіна Т.А.,

Шамлян О.В., Мисак Л.М.

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна

Анотація. Результати досліджень питної водопровідної води за показниками повноцінності мінерального складу показали, що всі зразки відповідають встановленим нормативам за показником загальної жорсткості, вмістом натрію, величиною сухого залишку. Близько половини проб мають занижений вміст калію та магнію, 10 % проб характеризуються заниженим вмістом кальцію і, відповідно, сухого залишку. Вода нецентралізованого питного водопостачання (фасована та з пунктів розливу) характеризується низьким вмістом мікроелементів – жодна з досліджених проб води не володіє мінеральним складом, який відповідає фізіологічній потребі організму людини. Встановлено достатньо низький вміст калію, магнію та фтору (не відповідають нормам за вказаними показниками відповідно 60,0%, 80,0% та 90,0% досліджених проб). Одна з 10 досліджених проб має підвищений рівень іонів водню. Узагальнення даних літератури вказує на те, що тривале споживання населенням неповноцінної за мінеральним складом питної води призводить до змін водно-сольового балансу організму, а у подальшому і до порушення рівноваги фізіологічних процесів та виникнення або розвитку хвороб неінфекційної етіології, а саме – карієсу, флюорозу, сечовидільної системи та системи кровообігу. З огляду на чисельні докази існування взаємозв'язку між мінеральним складом питної води і характером впливу на здоров'я населення, невідповідність води питної критеріям фізіологічної повноцінності можна розглядати як гігієнічну проблему з запровадженням контролю за згаданими показниками в обов'язковому порядку.

Ключові слова: *вода питна, фізіологічна повноцінність мінерального складу, гігієнічні вимоги.*

Вступ. Вода – це одна з найпоширеніших речовин у природі та основна складова живих організмів. У чистому вигляді вода використовується лише в технологічних процесах, а у природніх умовах містить домішки різноманітних сполук – катіонів, аніонів, гумінових кислот і таке ін. За умови відповідності якісним показникам саме природна вода вважається оптимальною для споживання людиною як харчовий продукт [1-3]. Якість питної води є одним з найвагоміших факторів, що впливають на здоров'я людини. Зазвичай вода, як в Україні, так і в більшості країн світу, вважається якісною за умови відповідності показників

безпеки (епідемічних, санітарно-хімічних, до яких відносять й органолептичні, та радіаційних) відповідним нормам [4-6]. Менша увага приділяється фізіологічній повноцінності мінерального складу питної води, позаяк останні дослідження вказують на те, що порушення вказаного критерію може слугувати вагомим фактором впливу на здоров'я населення [7-9].

Мета дослідження: визначення показників фізіологічної повноцінності питної води та аналіз взаємозв'язку між мінеральним складом води і характером впливу на здоров'я населення.

Матеріали та методи дослідження: огляд та узагальнення даних літератури, які стосуються впливу мінерального складу питної води на здоров'я населення, експериментальний аналіз питної води централізованого водопостачання (водопровідна вода), та води фасованої негазованої чи з пунктів розливу. За показниками, які характеризують мінеральний склад води досліджено 10 зразків водопровідної води та 10 зразків води фасованої негазованої чи з пунктів розливу. Випробування проводились на базі Центральної науково-дослідної лабораторії та лабораторії промислової токсикології ЛНМУ імені Данила Галицького, акредитованої на відповідність вимогам ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019. Показники, що визначались: водневий показник, загальна жорсткість, вміст калію, кальцію, магнію, натрію, сухого залишку, фтору. Методики вимірювання вмісту перелічених компонентів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Методики вимірювання показників повноцінності мінерального складу води питної

Назва показника	Позначення методики вимірювання	Принцип методу
Водневий показник	ДСТУ 4077-2001	потенціометрично
Загальна жорсткість	ДСТУ ISO 6059:2003	титриметрично
Калій	МВ 1.13-02010793:2021	полуменева фотометрія
Кальцій	ДСТУ ISO 6058:2003	титриметрично
Магній	ДСТУ ISO 6059:2003	титриметрично
Натрій	МВ 1.14-02010793:2021	полуменева фотометрія
Сухий залишок	МВ 1.17-02010793:2021	гравіметрично
Фтор	МВ 1.11-02010793:2019	фотометрично

Результати представляли у вигляді отриманої величини та відносної розширеної невизначеності вимірювань U , %.

Результати та їх обговорення.

Якість питної води в Україні регулюється ДСанПіН 2.2.4-171-10, в яких вміст мінералів розглядається як з огляду безпечності їх надмірного вмісту, так і з огляду фізіологічної повноцінності мінерального складу (табл. 2).

Таблиця 2

Показники, які характеризують фізіологічну повноцінності мінерального складу питної води

Найменування показника	Норма, як показник повноцінності	Санітарно-хімічні показники	
		вода водогінна	вода фасована чи з пунктів розливу
Водневий показник, од. рН	–	6,5-8,5	6,5-8,5
Загальна жорсткість, ммоль/дм ³	1,5-7,0	≤ 7,0	≤ 7,0
Калій, мг/дм ³	2-20	не визначається	не визначається
Кальцій, мг/дм ³	25-75	не визначається	≤ 130
Магній, мг/дм ³	10-50	не визначається	≤ 80
Натрій, мг/дм ³	2-20	≤ 200	≤ 200
Сухий залишок, мг/дм ³	200-500	≤ 1000	≤ 1000
Фтор, мг/дм ³	0,7-1,2	≤ 1,5	≤ 1,5

Як видно з таблиці 2, значення гігієнічних нормативів допустимого вмісту у воді питній кальцію, магнію, натрію, сухого залишку та фтору є дещо вищими ніж верхня межа показника фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води. Для калію гігієнічного нормативу не встановлено, тому слід орієнтуватись на показники мікроелементного балансу. Водневий показник в даному випадку може виступати опосередкованим критерієм, що характеризує вміст окремих катіонів та аніонів. Слід зазначити, що дотримання оптимальних меж, а саме – «не нижче ніж», в обов'язковому порядку передбачається при нанесенні на маркування води питної виразу «З оптимальним вмістом мінеральних речовин» [2].

Результати аналізу води з водопровідної мережі наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Показники повноцінності мінерального складу води водопровідної мережі

Місце водозабору чи споживання	Водневий по- казник, од. рН	Загальна жорсткість, ммоль/дм ³	Калій, мг/дм ³	Кальцій, мг/дм ³	Магній, мг/дм ³	Натрій, мг/дм ³	Сухий зали- шок, мг/дм ³	Фтор, мг/дм ³
	U=2 %	U=5 %	U=15 %	U=15 %	U=5 %	U=15 %	U=5 %	U=16 %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
м. Борислав, Львівської обл.	7,77	3,3	4,5	60,12	3,65	11,2	360,0	0,3
с. Старий Яричів Львівської обл.	6,95	1,5	2,2	24,05	3,65	4,0	410,0	0,82
Аеропорт «Бориспіль», Київська область	7,96	6,8	3,75	102,2	20,67	36,06	580,0	0,04
м. Новояворівськ, Львівської області	7,81	4,5	–	–	–	–	160,0	< 0,1
с. Сокільники Львівської обл.	7,69	4,0	1,66	64,12	9,72	5,86	218,0	0,27
Сихівський район м. Львова	7,51	6,7	1,46	114,22	12,16	6,0	428,4	0,28
м. Винники у складі Львівської міської ради	7,61	8,5	1,52	144,28	15,8	2,99	450,0	0,61
с. Карачинів Львівської обл.	8,19	5,1	0,85	90,18	7,29	4,88	287,6	0,43
с. Збойська Львівської обл.	7,89	7,1	2,54	128,25	7,3	8,6	420,8	0,42
с. Будзень Львівської обл.	7,95	5,9	1,86	108,21	6,08	5,6	367,5	0,78
Кількість проб, що не відповідають фізіологічній повноцінності, %	–*	–	50,0	10,0	60,0	–	10,0	80,0

Примітка. Враховується гігієнічний норматив

Як видно з таблиці 3, всі досліджені зразки водопровідної води відповідають вимогам до повноцінності мінерального складу за показником загальної жорсткості, вмістом натрію, величиною сухого залишку, що корелюється з водневим показником. Близько половини проб мають занижений вміст калію та магнію, 10 % проб характеризуються заниженим вмістом кальцію і, відповідно, сухого залишку.

Вода фасована здебільшого проходить обробку із застосуванням зворотноосмотичних мембран чи іонообмінних смол, що призводить значного порушення показників фізіологічної повноцінності мінерального складу води [10, 11]. Для усунення цього недоліку останнім часом виробники обробленої води застосовують метод штучної мінералізації розчинами солей (табл. 4).

Таблиця 4

Показники повноцінності мінерального складу води питної фасованої

Виробник/місце виготовлення	Водневий по- казник, од. рН	Загальна жорсткість, ммоль/дм ³	Калій, мг/дм ³	Кальцій, мг/дм ³	Магній, мг/дм ³	Натрій, мг/дм ³	Сухий зали- шок, мг/дм ³	Фтор, мг/дм ³
	U=2 %	U=5 %	U=15 %	U=15 %	U=5 %	U=15 %	U=5 %	U=16 %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТОВ «ЗЕМАН», м. Луцьк	7,2	3,2	2,1	50,1	8,5	2,48	175,0	0,22
ТОВ «ВАЛЕТУДО», Львівська обл., с. Солуки	7,42	2,6	0,25	44,08	4,86	15,8	173,6	0,28
ТОВ «РОЗЕНА», Львівська обл., сmt. Шкло	7,66	4,6	0,75	86,0	3,65	2,2	300,0	0,75
ЛМКП «ЛЬВІВ- ВОДОКАНАЛ»	7,1	2,8	4,5	34,0	13,4	7,9	240,0	0,45
ТзОВ «ФІРМА Т.С.Б.», м. Трускавець	7,68	4,3	2,2	68,13	10,94	30,0	260,0	0,51
ТзОВ «ТЕРМОСПЕЦ- БУД», Львівська обл., сmt. Івано- Франкове	7,5	4,4	0,7	78,2	6,1	2,6	237,0	0,32
ФОП Матковський О.А., м. Новий Розділ	7,3	0,2	4,1	<0,5	<0,5	5,7	256,8	0,45
ФОП Харченко З.О., Сумська обл., с. Заклимок,	7,58	3,1	0,7	27,5	2,5	1,9	240,0	0,016
ФОП Легкодух С.М., Запорізька обл., с. Нове Поле	6,32	1,5	1,5	22,0	6,46	1,89	220,0	0,15

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТзОВ «Порічанський завод мінеральних вод», Львівська обл., с. Поріччя	7,48	1,02	0,28	16,0	1,2	38,0	280,0	0,2
Кількість проб, що не відповідають фізіологічній повноцінності, %	10,0*	20,0	60,0	30,0	80,0	20,0	20,0	90,0

Примітка. Враховується гігієнічний норматив

Результати, наведені в таблиці 4, показують, що жодна з досліджених проб води не має мінерального складу, адекватного фізіологічній потребі організму людини. Спостерігається недостатній вміст у воді таких елементів, як калій, магній та фтор (не відповідають нормам за вказаними показниками відповідно 60,0%, 80,0% та 90,0% досліджених проб). Одна з 10 досліджених проб має підвищений рівень іонів водню. Низький вміст вказаних елементів у пробах води нецентралізованого питного водопостачання вказує на відсутність процесу домінералізації чи на порушення технології виготовлення.

Якщо розглядати дані досліджень води, наведені в таблицях 4 та 5, в аспекті відповідності санітарно-хімічним показникам, то слід сказати, що жодна з досліджених проб не виходить за рамки нормативів. Разом з тим дані багаточисельних досліджень вказують на те, що питну воду з низьким вмістом мікроелементів не можна вважати цілком безпечною. Так, при незначній жорсткості (0,8-2,0 ммоль/дм³), низькому вмісті кальцію (2-15 мг/дм³), магнію (2-10 мг/дм³), дефіциті фтору (0,2-0,3 мг/дм³) більш поширені сечокам'яна хвороба, хронічний пієлонефрит, хронічний холецистит, хронічний гастрит, хронічний коліт, хронічна ішемічна хвороба серця, гіпертонічна хвороба [8]. Найбільш залежними від гідрохімічного складу питної води є ендемічні хвороби, патологія серцево-судинної системи та шлунково-кишкового тракту. Загальна жорсткість питної води при високому вмісті кальцію (46,3-144,4 мг/дм³) і магнію (43,1-131,1 мг/дм³) впливає на частоту поширення злоякісних новоутворень – встановлено зворотну кореляційну залежність між частотою виникнення злоякісних новоутворень і вживанням питної води певної жорсткості з вірогідністю 99 %. Показано, що тривале споживання населенням некондиційної за мінеральним складом питної води веде до змін водно-сольового балансу організму, а у подальшому і до порушення рівноваги фізіологічних процесів та виникнення або розвитку хвороб неінфекційної етіології, а саме – карієсу, флюорозу, хвороб сечовидільної системи та системи кровообігу [9, 12, 13].

Висновки.

1. Результати досліджень питної водопровідної води за показникам повноцінності мінерального складу показали, що всі зразки відповідають встановленим нормативам за показником загальної жорсткості, вмістом натрію. Близько половини проб мають занижений вміст калію та магнію, 10 % проб характеризуються заниженим вмістом кальцію і, відповідно, сухого залишку.
2. Вода нецентралізованого питного водопостачання (фасована та з пунктів розливу) характеризується низьким вмістом мікроелементів – жодна з досліджених проб води не володіє мінеральним складом, який відповідає фізіологічній потребі організму людини. Встановлено достатньо низький вміст калію, магнію та фтору (не відповідають нормам за вказаними показниками відповідно 60,0%, 80,0% та 90,0% досліджених проб). Одна з 10 досліджених проб має підвищений рівень іонів водню.
3. Узагальнення даних літератури вказує на те, що тривале споживання населенням неповноцінної за мінеральним складом питної води призводить до змін водно-сольового балансу організму, а у подальшому і до порушення рівноваги фізіологічних процесів та виникнення або розвитку хвороб неінфекційної етіології, а саме – карієсу, флюорозу, сечовидільної системи та системи кровообігу.
4. З огляду на чисельні докази існування взаємозв'язку між мінеральним складом питної води і характером впливу на здоров'я населення, невідповідність води питної критеріям фізіологічної повноцінності можна розглядати як гігієнічну проблему з запровадженням контролю за згаданими показниками в обов'язковому порядку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів: Закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80/ed20150920/card2#Card>.
2. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» 2.2.4-171– 10: Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12 травня 2010 року № 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0544282-05> (дата звернення: 19.02.2021).
3. Li P, Wu J. Drinking Water Quality and Public Health. *Expo Health*. 2019;11:73-9. DOI: 10.1007/s12403-019-00299-8.
4. Шестопалов В.М., Набока М.В., Омельчук С.А., Почейкайлова Л.П. Безпечність питної води в європейському і українському водному законодавстві. *Довкілля та здоров'я*. 2008. № 4(47). С. 18-25.

5. Kunfeng Zhang Sheng Chang Qi Zhang, Yunsong Bai, Enrui Wang, Moli Zhang Qing Fu, Liangliang Wei Yanling Yu. Heavy metals in influent and effluent from 146 drinking water treatment plants across China: Occurrence, explanatory factors, probabilistic health risk, and removal efficiency. *Journal of Hazardous Materials*. 2023; 450: 131003.
6. Прокопов В.О. Питна вода України: медико-екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти. – К.: Медицина, 2016. – 400 с.
7. Ворохта Ю.М. Гігієнічна оцінка впливу мінерального складу питних вод на здоров'я населення: Автореф. дис... канд. мед. наук: 14.02.01 / Державна установа «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М.Марзєєва» АМН України./ Ю.М. Ворохта. К., 2007. 22 с.
8. Мокієнко А.В. Мінеральний склад питних та мінеральних вод як фактор впливу на здоров'я населення (огляд літератури). *Вода. Гігієна і екологія*. 2015. № 1-2(3). С. 50-60.
9. Прокопов В.О., Липовецька О.Б. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення (огляд літератури). *Гігієна населених місць*. 2012. Вип. 59. С. 63-74.
10. Зоріна О.В. Результати моніторингу якості питних вод фасованих і доочищених з пунктів розливу за санітарно-хімічними показниками. *ScienceRise. Biological science*. 2018. № 2. С. 9-15.
11. Андрусишина, І.М. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення (огляд літератури). *Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті*. 2015. № 1(16). С. 22-31. DOI: 10.20535/2218-93001612015136953.
12. Сафранов Т.А. Мінералізація питних вод як показник їх якості та фактор впливу на здоров'я населення. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2018. № 1-2 (29). С. 73-80. DOI: 10.26565/1992-4224-2018-29.
13. 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. 192-207.

REFERENCES

1. [Basic principles and requirements for food safety and quality]: Order of the Ministry of Health of Ukraine on 23.12.1997 № 771/97-VR. [cited 2023 April 4]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80/ed20150920/card2#Card> [in Ukrainian].
2. On the approval of State sanitary norms and rules «Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption»: 2.2.4-171– 10: Nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy

- vid 12 travnia 2010 roku № 400. [cited 2023 April 4]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0544282-05> [in Ukrainian].
3. Li P, Wu J. Drinking Water Quality and Public Health. *Expo Health*. 2019;11:73-9. DOI: 10.1007/s12403-019-00299-8.
 4. Shestopalov V.M., Naboka M.V., Omelchuk S.A., Pohekailova L.P. (2008). Drinking water safety in European and Ukrainian water legislation. *Dovkillia ta zdorovia*. 4(47).18-25 [in Ukrainian].
 5. Kunfeng Zhang Sheng Chang Qi Zhang, Yunsong Bai, Enrui Wang, Moli Zhang Qing Fu, Liangliang Wei Yanling Yu. Heavy metals in influent and effluent from 146 drinking water treatment plants across China: Occurrence, explanatory factors, probabilistic health risk, and removal efficiency. *Journal of Hazardous Materials*. 2023; 450:131003.
 6. Prokopov V.O. (2016). Drinking water of Ukraine: medical-ecological and sanitary-hygienic aspects. 400 [in Ukrainian].
 7. Vorokhta Yu.M. Hygienic assessment of the influence of the mineral composition of drinking water on the health of the population: Avtoref. dys... kand. med. nauk: 14.02.01 / Derzhavna ustanova «Instytut hihiieny ta medychnoi ekolohii im. O.M.Marzieieva» AMN Ukrainy. 2007. 22 [in Ukrainian].
 8. Mokiienko A.V. (2015). The mineral composition of drinking and mineral waters as a factor affecting public health (literature review). *Voda. Hihiiena i ekolohiia*. 1-2(3). 50-60 [in Ukrainian].
 9. Prokopov V.O., Lypovetska O.B. (2012). The influence of the mineral composition of drinking water on the health of the population (literature review). *Hihiiena naselenykh mist*. 59. 63-74 [in Ukrainian].
 10. Zorina O.V. (2018). Results of monitoring the quality of packaged and purified drinking water from filling points according to sanitary and chemical indicators. *ScienceRise. Biological science*. 2. 9-15 [in Ukrainian].
 11. Andrusyshyna, I.M. The influence of the mineral composition of drinking water on the health of the population (literature review) (2015). *Voda i vodoochysni tekhnolohii. Naukovo-tekhnicni visti*. 1(16). 22-31. DOI: 10.20535/2218-93001612015136953 [in Ukrainian].
 12. Safranov T.A. (2018). Mineralization of drinking water as an indicator of its quality and a factor affecting the health of the population. *Liudyna ta dovkillia. Problemy neokolohii*. 1-2 (29). 73-80. DOI: 10.26565/1992-4224-2018-29 [in Ukrainian].
 13. 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. 192-207 [in Ukrainian].

FULL VALUE OF THE MINERAL COMPOSITION OF DRINKING WATER AS A HYGIENE PROBLEM

Zazulyak T.S., Shevchuk L.P., Klymovych O.I., Alyokhina T.A.,
Shamlyan O.V., Mysak L.M.

Abstract. The results of studies of drinking tap water according to indicators of completeness of the mineral composition showed that all samples correspond to the established standards according to the indicator of total hardness, sodium content, and the amount of dry residue. About half of the samples have a low content of potassium and magnesium, 10% of the samples are characterized by a low content of calcium and, accordingly, dry residue. Water of non-centralized drinking water supply (packaged and from filling points) is characterized by a low content of trace elements - none of the tested water samples has a mineral composition that meets the physiological needs of the human body. A sufficiently low content of potassium, magnesium, and fluorine was established (60.0%, 80.0%, and 90.0% of the tested samples do not meet the standards according to the indicated indicators, respectively). One out of 10 samples tested has an elevated level of hydrogen ions. Summarizing the literature data indicates that long-term consumption by the population of drinking water of inferior mineral composition leads to changes in the water-salt balance of the body, and subsequently to a violation of the balance of physiological processes and the occurrence or development of diseases of non-infectious etiology, namely caries, fluorosis, urinary system and circulatory system. Given the numerical evidence of the existence of a relationship between the mineral composition of drinking water and the nature of the impact on the health of the population, the non-compliance of drinking water with the criteria of physiological completeness can be considered as a hygienic problem with the introduction of control over the mentioned indicators in a mandatory manner.

Key words: *drinking water, physiological completeness of the mineral composition, hygienic requirements.*

Зазуляк Тетяна Степанівна ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5896-0475>, +38 0502094871, tetyanazazulyak@gmail.com

Альохіна Т.А. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0660-8485>

Климович О.І. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4108-0249>

Шамлян О.В. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2696-5022>

Шевчук Л.В.П. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6812-4649>

Мисак Л.М. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4628-0418>

Надійшла до редакції / Receiv: 25.03.2023