

BMJ [Internet]. 2019 Jan 28 [cited 2023 Jun 28];l296. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.l296>

75. Bongaarts J. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets FAO, 2020, 320 p. Population and Development Review [Internet]. 2021 Jun [cited 2023 Jul 15];47(2):558. doi: <https://doi.org/10.1111/padr.12418>

76. Baker P, Machado P, Santos T, Sievert K, Backholer K, Hadjidakou M, et al. Ultra-processed foods and the nutrition transition: Global, regional and national trends, food systems transformations and political economy drivers. Obesity Re-

views [Internet]. 2020 Aug 6 [cited 2023 Jul 15];21(12). doi: <https://doi.org/10.1111/obr.13126>

77. Yu E, Malik VS, Hu FB. Cardiovascular Disease Prevention by Diet Modification. Journal of the American College of Cardiology [Internet]. 2018 Aug [cited 2023 Jul 15];72(8):914-26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.02.085>

78. UN-Nutrition Strategy 2022–2030. One UN for nutrition [Internet]. Rome, Italy: UN-Nutrition; 2022 [cited 2023 Jul 15]. 22 p. Available from: [https://www.unnutrition.org/sites/default/files/2023-03/UN-Nutrition-Strategy-2022-2030\\_WEB\\_28Oct2022\\_EN.pdf](https://www.unnutrition.org/sites/default/files/2023-03/UN-Nutrition-Strategy-2022-2030_WEB_28Oct2022_EN.pdf)

Стаття надійшла до редакції  
06.06.2023



УДК 614.777:628.166:543.3:546.134:616-036.3

<https://doi.org/10.26641/2307-0404.2023.3.289220>

**В.О. Прокопов,**   
**О.Б. Липовецька,**   
**Т.В. Куліш**

## ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА НЕБЕЗПЕЧНИХ ХЛОРИТІВ В ОБРОБЛЕНІЙ ДІОКСИДОМ ХЛОРУ ПИТНІЙ ВОДІ ТА РИЗИК ВІД ЇЇ ВЖИВАННЯ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»

вул. Попудренка, 50, Київ, 02094, Україна

SI "O.M. Marzиеiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine"

Popudrenko str., 50, Kyiv, 02094, Ukraine

e-mail: [igme\\_voda@ukr.net](mailto:igme_voda@ukr.net)

**Цитування:** *Медичні перспективи*. 2023. Т. 28, № 3. С. 162-169

**Cited:** *Medicni perspektivi*. 2023;28(3):162-169

**Ключові слова:** питна вода, діоксид хлору, хлорити, якість питної води, неканцерогенний ризик  
**Key words:** drinking water, chlorine dioxide, chlorites, drinking water quality, non-carcinogenic risk

**Реферат.** Гігієнічна оцінка небезпечних хлоритів в обробленій діоксидом хлору питній воді та ризик від її вживання для здоров'я населення. Прокопов В.О., Липовецька О.Б., Куліш Т.В. На сьогодні діоксид хлору почав ширше впроваджуватися в технології водопідготовки на річкових водопроводах України. На Дніпровському водопроводі м. Києва діоксид хлору використовується в традиційній технології водопідготовки як для первинної, так і вторинної обробки води. Мета – проаналізувати результати вмісту небезпечних хлоритів

у водопровідній питній воді окремих районів міста Києва та розрахувати й оцінити неканцерогенний ризик від вживання цієї води для здоров'я людей. Показано, що в питній воді з водопровідних мереж Святошинського, Шевченківського, Оболонського, Подільського районів міста, в які вона надходить після обробки діоксидом хлору з Дніпровського водопроводу, рівні хлоритів були найменшими зимою та навесні. У літній період концентрації хлоритів у воді з досліджуваних мереж були найбільшими і становили в середньому від 0,32 до 0,45 мг/дм<sup>3</sup>. Восени хлорити у воді з цих мереж реєструвалися на рівні 0,22-0,28 мг/дм<sup>3</sup>. Весною (травень) та особливо влітку рівні хлоритів у питній воді за середніми даними до 1,5-2 разів перевищували національний гігієнічний норматив (0,2 мг/дм<sup>3</sup>), але жодного разу вони не були вищими стосовно нормативу хлоритів (0,7 мг/дм<sup>3</sup>), рекомендованого ВООЗ. Виконаний нами аналіз санітарно-хімічних та мікробіологічних показників у питній воді показав, що впродовж усього періоду спостереження вода характеризувалася високою якістю та безпечністю. Оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів для перорального шляху надходження хлоритів з питною водою із зазначених водопровідних мереж за середньорічними даними показав значення коефіцієнта небезпеки (HQ) на рівні 0,24-0,38, тобто був нижчим за 1,0. Проведено також визначення коефіцієнта небезпеки для вмісту хлоритів у питній воді на рівні 0,2 мг/дм<sup>3</sup> та навіть 0,7 мг/дм<sup>3</sup>, який засвідчив, що вживання протягом життя питної води із таким вмістом хлоритів не несе загрози здоров'ю людини, оскільки коефіцієнт небезпеки знаходиться в межах 1,0, що є допустимим (прийнятним) ризиком за ступенем небезпеки. Таким чином, використання діоксиду хлору в традиційній технології водопідготовки забезпечує високу якість та безпечність питної води за мікробіологічними та санітарно-хімічними показниками. Відмічається періодичне (в основному влітку) перевищення в питній воді вмісту хлоритів стосовно національного нормативу (0,2 мг/дм<sup>3</sup>), але його рівень у жодному разі не був вищим за норматив, рекомендований ВООЗ (0,7 мг/дм<sup>3</sup>). Показано, що наявні рівні хлоритів у питній воді та її вживання з таким токсичним навантаженням не створює загрози здоров'ю людей.

**Abstract. Hygienic assessment of dangerous chlorites in drinking water treated with chlorine dioxide and the risk of its consumption to the health of the population. Prokopov V.O., Lypovetska O.B., Kulish T.V.** Today, chlorine dioxide has begun to be more widely implemented in water treatment technologies on river running water systems of Ukraine. Chlorine dioxide is used in traditional water treatment technology for both primary and secondary water treatment on the Dnipro running water system in Kyiv. Objective – to analyze the results of the content of dangerous chlorites in tap drinking water of certain districts of the city of Kyiv, and calculate and assess non-carcinogenic risk of this drinking water for human health. It was shown that in the drinking water from the running water networks of Svyatoshyynskiyi, Shevchenkivskiyi, Obolonskiy and Podilskiyi districts of the city, into which it enters after treatment with chlorine dioxide from the Dnipro running water system, the levels of chlorites were the lowest in winter and spring. In summer, the concentrations of chlorites in the water from the studied networks were the highest and averaged from 0.32 to 0.45 mg/dm<sup>3</sup>. In autumn, chlorites in the water from these systems were at the level of 0.22-0.28 mg/dm<sup>3</sup>. In spring (May) and especially in summer, the levels of chlorites in drinking water, according to average data, exceeded the national hygienic standard (0.2 mg/dm<sup>3</sup>) by 1.5-2 times, but they were never higher than the chlorite standard (0.7 mg/dm<sup>3</sup>) recommended by WHO. Our analysis of sanitary-chemical and microbiological indicators in drinking water showed that the water is characterized by high quality and safety during the entire period of observation. The risk assessment of the development of non-carcinogenic effects for the oral route of intake of chlorites with drinking water from the specified water networks based on average annual data showed the value of the danger coefficient (HQ) at the level of 0.24-0.38, that is, it was lower than 1.0. The danger coefficient for chlorite content in drinking water was also determined at the level of 0.2 mg/dm<sup>3</sup> and 0.7 mg/dm<sup>3</sup>. According to this indicator, the lifetime use of drinking water with a chlorite content of 0.2 mg/dm<sup>3</sup> and even 0.7 mg/dm<sup>3</sup> does not pose a threat to human health, since the danger coefficient is within 1.0, which is a permissible (acceptable) risk by degree of danger. Thus, the use of chlorine dioxide in traditional water treatment technology ensures high quality and safety of drinking water in terms of microbiological and sanitary-chemical indicators. There is a periodic (mainly in summer) excess of chlorite content in drinking water in relation to the national standard (0.2 mg/dm<sup>3</sup>), but its level was never higher than the standard recommended by WHO (0.7 mg/dm<sup>3</sup>). It has been shown that the existing levels of chlorites in drinking water and its use with such a toxic load do not pose a threat to human health.

Проблема побічних продуктів діоксиду хлору, зокрема хлоритів та хлоратів, що утворюються при його використанні в технології підготовки питної води, не стала предметом наукових досліджень ані в колишньому Радянському Союзі, ані в Україні, оскільки діоксид хлору донедавна практично не використовувався на вітчизняних річкових водопроводах.

В Україні вимога щодо контролю вмісту діоксиду хлору та хлоритів у водопровідній

питній воді вперше була включена до ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», де на цей час діоксид хлору вже почав упродовжуватися в технології водопідготовки на декількох водопроводах, в їх числі і Дніпровський водопровід м. Києва, де діоксид хлору використовується замість хлорування з преамонізацією в технології водопідготовки як для первинної, так і вторинної обробки води.

Контроль вмісту у питній воді діоксиду хлору та хлоритів став можливим за наявності науково обґрунтованих для них національних гігієнічних нормативів, які для цих речовин становлять не менше 0,1 мг/дм<sup>3</sup> та не більше 0,2 мг/дм<sup>3</sup> відповідно. Останнім часом для хлоритів у питній воді ВООЗ рекомендовано застосовувати менш жорсткий норматив – 0,7 мг/дм<sup>3</sup>, який сьогодні дозволено використовувати водною Директивою (EU 2020/2184) [1] в Європі, а на особливий період і в нашій країні – ДСанПіН «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру» (наказ МОЗ України від 22.04.2022 р. № 683) [2].

Упроваджена на Дніпровському водопроводі м. Києва нова сучасна технологія використання діоксиду хлору для підготовки питної води розширює можливості для наукового вивчення та гігієнічної оцінки таких технологій. У комплексі з дослідженнями якості та безпечності питної води, зокрема за вмістом діоксиду хлору та хлоритів з резервуару чистої води (РЧВ) водопровідної станції, та дослідженнями води з мереж централізованого водопостачання можна дати узагальнену гігієнічну оцінку цієї технології, її здатності доводити показники питної води до рівнів гігієнічних нормативів, у тому числі за хлоритами, та не створювати ризик здоров'ю людей від її вживання [3].

Мета – проаналізувати результати вмісту небезпечних хлоритів у водопровідній питній воді окремих районів міста Києва та розрахувати й оцінити неканцерогенний ризик від вживання цієї води для здоров'я людей.

#### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У роботі проаналізовано результати досліджень питної води на вміст діоксиду хлору та хлоритів з водопровідних мереж Святошинського, Шевченківського, Оболонського та частково Подільського районів м. Києва, населення яких вживає питну воду, оброблену діоксидом хлору. Дослідження цих показників (2021 р.) виконувались головною лабораторією управління виробничого моніторингу та технологічного контролю ПрАТ «АК «Київводоканал» з використанням для їх вимірювання методу іонної хроматографії. Кількість проб води на вміст діоксиду хлору та хлоритів з мереж водопостачання у 2021 р. становила 40-50 у кожному сезоні спостереження.

Питна вода з водопровідних мереж, крім цих токсикантів, контролювалася на вміст у ній і інших показників, що характеризують якість та безпечність питної води. Визначення мікробної та

хімічної контамінації води проводилося загально-прийнятими мікробіологічними та санітарно-хімічними методами аналізу, відповідно до вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Результати цих досліджень, що висвітлюються на сайті ПрАТ «АК «Київводоканал», були використані для загальної оцінки якості та безпечності питної води з водопровідних мереж у період спостереження.

Наявність небезпечних хлоритів у питній воді з водопровідних мереж у концентраціях, що не завжди відповідають гігієнічному нормативу, зумовила доцільність визначення ризиків здоров'ю населення від вживання питної води з різним вмістом цього токсиканта. Проводили оцінку ризику розвитку неканцерогенних ефектів для основного перорального шляху надходження хлоритів з питною водою до організму. Характеристика неканцерогенного ризику здійснюється на основі розрахунку коефіцієнта безпеки відповідно до Керівництва Міжнародного агентства з дослідження раку (International Agency for Research on Cancer (IARC) [4] за формулою:

$$HQ = AD/Rfd$$

де HQ – коефіцієнт безпеки; AD – середньодобова доза, мг/кг; Rfd – референтна (безпечна) доза, мг/кг.

Rfd для хлориту було отримано шляхом ділення NOAEL 3 мг/кг на день на коефіцієнт невизначеності 100, що становить 0,03 мг/кг/день [5].

Розрахунок середньодобової дози шкідливої речовини (мг/кг), яка може надходити до організму з питною водою, здійснювався відповідно до вимог Методичних рекомендацій [6] для дорослої людини, без урахування вікових особливостей, за формулою:

$$CDD = C \times OP/MT$$

де C – середня арифметична концентрація токсичної речовини у воді (мг/дм<sup>3</sup>); OP – об'єм питної води, що споживається за добу (3 дм<sup>3</sup>); MT – вага тіла (70 кг).

Матеріали, які висвітлені в статті, розглядалися на засіданні Комітету з медичної етики при ДУ «ІГЗ НАМНУ» (протокол № 5 від 30.11.2022 р.), та стаття була затверджена для опублікування.

Статистичну обробку даних досліджень проводили із використанням програмної системи «Microsoft Office Excel 2007». Розраховувались значення середньої величини, середньоквадратичного відхилення та стандартної похибки середньої величини. Для оцінки значущості відмінностей між вибірками використовували параметричні методи (t-критерій Стьюдента). Відмінності вважали статистично значущими при  $p < 0,05$  [7].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз даних наукової літератури свідчить, що діоксид хлору, виконуючи свою основну очищувальну та знезаражувальну дію щодо мікробного забруднення питної води (РЧВ), у той же час може призводити до її забруднення своїми токсичними побічними продуктами, зокрема хлоритами та меншою мірою хлоратами, що головним чином утворюються при первинній обробці природної води діоксидом хлору на очисних спорудах водопроводу [8, 9].

Можливість додаткового утворення побічних продуктів діоксиду хлору в питній воді у водопровідних мережах малоімовірна, оскільки для цього немає певних умов. Таке припущення базується на надто малих концентраціях у питній воді мереж органічних речовин та діоксиду хлору, тобто основних речовин, що зумовлюють синтез та кількість у воді хлоритів. Така картина спостерігалася нами і щодо додаткового утворення в мережах питної води хлорорганічних сполук, зокрема хлороформу [10]. Останні, як і хлорити, утворюються у воді за участю тих самих речовин та факторів, що впливають на цей процес.

Зменшення вмісту хлоритів у питній воді в мережах можливо за рахунок розбавлення дніпровської води артезіанською водою (артезіанський водопровід), що характерно для водопровідної води досліджуваних районів міста. У цьому разі від фактичного співвідношення об'ємів цих вод може залежати реальний рівень у змішаній воді побічних продуктів діоксиду хлору. Тобто, в герметичних мережах у питній воді в основному віддзеркалюються рівні показників якості та безпеки, з якими питна вода надходить до них з РЧВ водопровідної станції. Але це буває лише у випадку, якщо відсутні, окрім розбавлення, інші фактори, здатні змінювати кількісні характеристики показників.

На рисунках 1 та 2 представлено результати дослідження питної води з РЧВ та водопровідних мереж окремих районів м. Києва на вміст хлоритів у 2021 р. за сезонами року. В усі періоди спостереження в питній воді з РЧВ та водопровідних мереж вміст діоксиду хлору, як правило, знаходився в межах гігієнічного нормативу (не менше  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ ) або був дещо вищий за нього.

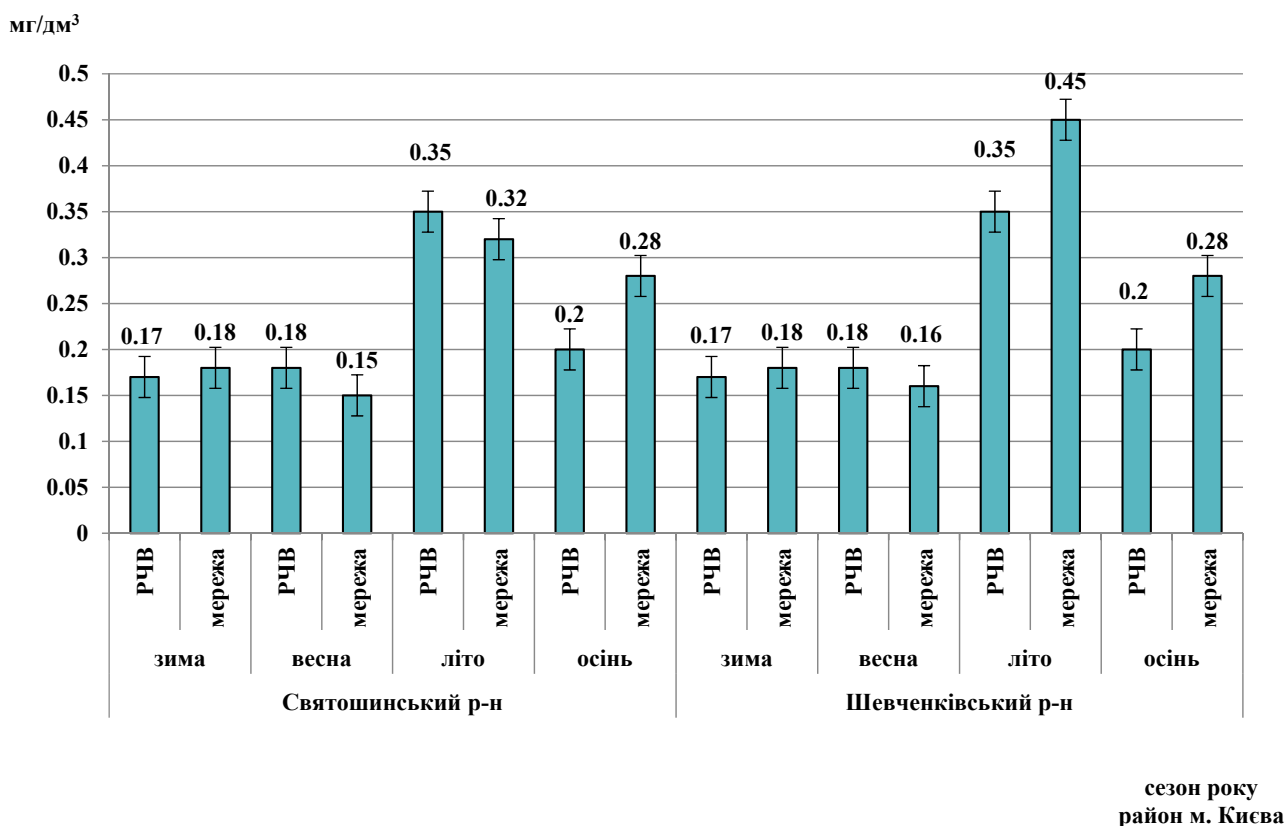


Рис. 1. Результати моніторингу вмісту хлоритів у питній воді з РЧВ та розподільчих мереж Святошинського та Шевченківського районів м. Києва

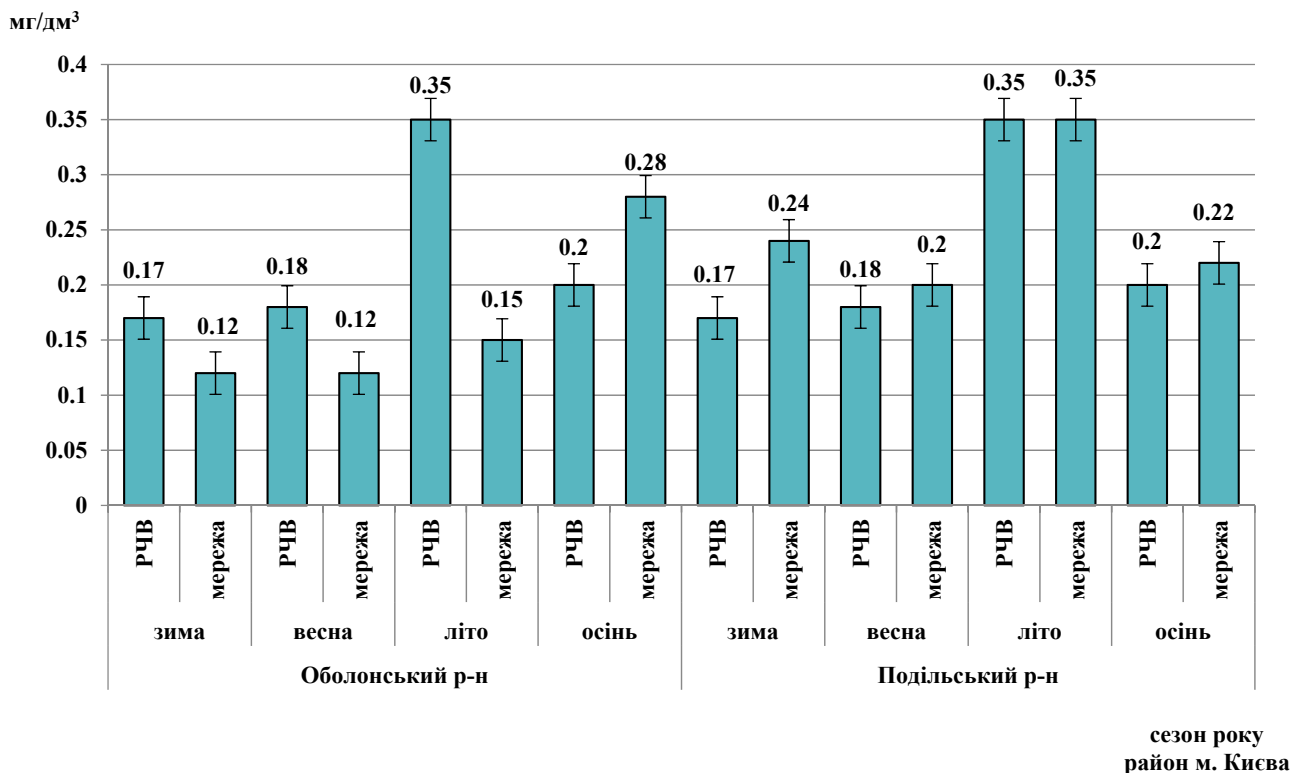


Рис. 2. Результати моніторингу вмісту хлоритів у питній воді з РЧВ та розподільчих мереж Оболонського та Подільського району м. Києва

Аналіз даних, наведених на рисунках 1 та 2, свідчить, що у водопровідних мережах зазначених районів міста рівні хлоритів у питній воді були найменшими зимою та навесні. За середніми даними, вони в мережах Святошинського району становили 0,18 мг/дм<sup>3</sup> та 0,15 мг/дм<sup>3</sup> відповідно, а Шевченківського – 0,18 мг/дм<sup>3</sup> та 0,16 мг/дм<sup>3</sup> відповідно. Така ж картина вмісту хлоритів у питній воді в зимовий та весняний період спостерігається і в мережах Оболонського та Подільського районів міста.

У літній період концентрації хлоритів у воді з досліджуваних мереж міста були найбільшими. Вони сягали від 0,32 до 0,45 мг/дм<sup>3</sup>, за виключенням Оболонського району, де хлорити у воді визначалися на рівні 0,15 мг/дм<sup>3</sup>, що, ймовірно, пов'язано з інтенсивним розбавленням у цей період води в мережі артезіанською водою. Восени хлорити у воді з цих мереж реєструвалися на рівні 0,22-0,28 мг/дм<sup>3</sup>.

Восени та особливо влітку рівні хлоритів у питній воді за середніми даними до 1,5-2 разів перевищували національний гігієнічний норматив (0,2 мг/дм<sup>3</sup>), але жодного разу вони не були вищими стосовно нормативу хлоритів (0,7 мг/дм<sup>3</sup>) для питної води, рекомендованого ВООЗ. Також потрібно відмітити, що для літнього періоду

навіть максимальні рівні хлоритів у питній воді з мереж не виходили за межі нормативу ВООЗ і становили від 0,62 до 0,7 мг/дм<sup>3</sup>.

Оцінюючи усереднені рівні вмісту хлоритів у питній воді разом з усіх досліджуваних водопровідних мереж м. Києва за сезонами року, можна констатувати таке. Як і в кожній окремій водопровідній мережі, так і в цілому з усіх досліджуваних мереж у питній воді чітко простежується сезонна відмінність рівнів хлоритів, що пов'язано з різними в ці періоди року використовуваними дозами діоксиду хлору для обробки річкової води на водопровідній станції, а отже – і різним вмістом хлоритів у питній воді (РЧВ), що надходить до водопровідних мереж. Стосовно національного нормативу хлоритів у питній воді (0,2 мг/дм<sup>3</sup>), рівні їх у воді мереж узимку та навесні (0,18±0,02 та 0,16±0,02 мг/дм<sup>3</sup> відповідно) були нижчими за нього, влітку вони до 2-х разів перевищували цей норматив (0,32±0,06 мг/дм<sup>3</sup>), а восени – до 1,5 рази (0,26±0,01 мг/дм<sup>3</sup>). Різниця між зимовими та весняними концентраціями хлоритів у питній воді не була статистично значущою (p>0,05), між зимовими та літніми показниками, а також між зимовими та осінніми – була статистично достовірною (p<0,05).

У питній воді з водопровідних мереж лабораторією Київводоканалу постійно проводився контроль її якості та безпечності за загальноприйнятими санітарно-хімічними та мікробіологічними показниками згідно з вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Виконаний нами аналіз цих даних свідчить, що у всі періоди року питна вода мала добрі органолептичні властивості, була безпечною в епідемічному відношенні та нешкідлива за хімічним складом водночас. У питній воді не виявлено перевищення ГДК для забарвленості ( $\leq 18-20$  град), каламутності (0,46-0,61 НОК), загального мікробного числа (одиниці в  $\text{см}^3$ ), загальних колиформ та *E.coli* (відсутність в  $100 \text{ см}^3$ ) тощо.

IARC дійшло висновку, що хлорити (як хлорит-іон) не підлягають класифікації як речовини, канцерогенні для людини (група 3) [5]. Тому, відповідно до чинних нормативних документів, нами проведено оцінку ризику розвитку

неканцерогенних ефектів від дії різних концентрацій токсичних хлоритів з питною водою на організм людини (табл.).

Наведені в таблиці дані показують, що для зимово-весняного періоду року, який характеризується відносно невисокими рівнями хлоритів у питній воді з мереж усіх досліджуваних районів міста, як правило, нижчими за національний норматив ( $0,2 \text{ мг/дм}^3$ ), коефіцієнт небезпеки становив від 0,17 до 0,34 і був значно нижчим за 1,0, що не несе загрозу здоров'ю водоспоживачів. З підвищенням у питній воді рівнів хлоритів у літньо-осінній період року стосовно національного нормативу до 1,5-2,0 разів коефіцієнт небезпеки теж зріс практично у 2 рази порівняно із зимою та весною, але і в цьому періоді він не перевищував 1,0, навіть улітку (0,46-0,64). У цілому, за середньорічними даними, коефіцієнт небезпеки для перорального шляху надходження хлоритів до організму з питною водою з досліджуваних мереж становив 0,24-0,38.

### Оцінка ризику розвитку неканцерогенних ефектів для здоров'я людини від вживання питної води з різним вмістом хлоритів у мережах досліджуваних районів за сезонами 2021 р. ( $M \pm m$ )

Район м. Кисва	Вміст хлоритів, $\text{мг/дм}^3$	Коефіцієнт небезпеки (HQ)	Вміст хлоритів, $\text{мг/дм}^3$	Коефіцієнт небезпеки (HQ)
	Зима*		Весна*	
Святошинський	0,20±0,03	0,29	0,15±0,02	0,21
Шевченківський	0,18±0,03	0,26	0,16±0,02	0,23
Оболонський	0,12±0,02	0,17	0,12±0,01	0,17
Подільський	0,24±0,03	0,34	0,20±0,03	0,29
	Літо*		Осінь*	
Святошинський	0,32±0,10	0,46	0,28±0,04	0,40
Шевченківський	0,45±0,05	0,64	0,28±0,02	0,40
Оболонський	0,15±0,03	0,21	0,28±0,03	0,40
Подільський	0,35±0,11	0,50	0,22±0,03	0,31
Середнє за рік				
	Вміст хлоритів, $\text{мг/дм}^3$		Коефіцієнт небезпеки (HQ)	
Святошинський	0,24±0,03		0,34	
Шевченківський	0,27±0,03		0,38	
Оболонський	0,17±0,02		0,24	
Подільський	0,25±0,03		0,36	

Примітки: \* – достовірність різниці показників хлоритів у питній воді за сезонами року: зима-весна –  $p > 0,05$ , зима-літо –  $p < 0,05$ , зима-осінь –  $p < 0,05$ .



Нами також виконано розрахунки коефіцієнта небезпеки для максимальних рівнів хлоритів у питній воді з водопровідних мереж, які хоча й показали його зростання стосовно усереднених сезонних ризиків (табл.), але і в цьому випадку він залишався нижче за 1,0.

Представляло також інтерес оцінити ризик розвитку неканцерогенних ефектів здоров'ю людини для умов вмісту в питній воді хлоритів на рівні національного нормативу (0,2 мг/дм<sup>3</sup>) та нормативу, рекомендованого ВООЗ (0,7 мг/дм<sup>3</sup>).

Отримані результати свідчать, що неканцерогенний ризик для вмісту хлоритів у питній воді на рівні 0,2 мг/дм<sup>3</sup> (HQ=0,29) практично в 3 рази є нижчим, ніж для рівня хлоритів 0,7 мг/дм<sup>3</sup> (HQ=1,0). Отже, за цим показником вживання протягом життя питної води із вмістом хлоритів на рівні 0,2 мг/дм<sup>3</sup> та навіть 0,7 мг/дм<sup>3</sup> не несе загрози здоров'ю людини, оскільки ризик знаходиться в межах 1,0, що є допустимим (прийнятним) ризиком за ступенем небезпеки.

Надійність використання розрахункових формул неканцерогенного ризику для оцінки небезпеки питної води із вмістом хлоритів на рівні національного нормативу (0,2 мг/дм<sup>3</sup>) та нормативу, рекомендованого ВООЗ (0,7 мг/дм<sup>3</sup>), має бути підтверджена в експериментальних токсикологічних дослідженнях на тваринах, що в теперішній час виконуються нами.

Дослідження щодо забруднення питної води небезпечними хлоритами та ризики від її споживання для здоров'я населення розпочаті в країні лише в останні роки [3]. У зарубіжній літературі стосовно зазначеного напрямку обговорюється питання щодо токсикології хлоритів та нормування їх у питній воді, рівні яких у різних країнах різняться між собою [11-13].

Таким чином, підсумовуючи, можна зазначити, що використання в технології водопідготовки на річкових водопроводах замість хлору діоксиду хлору є надійним заходом отримання питної води, безпечної в епідемічному відношенні та нешкідливої за хімічним складом, зокрема за вмістом у ній небезпечних хлоритів. На прикладі Дніпровського водопроводу м. Києва, де впроваджена така технологія, показано, що утворені з діоксиду хлору побічні продукти (хлорити) шляхом ефективного техноло-

гічного рішення (обробка води одночасно двома коагулянтами) можуть бути мінімізовані до безпечних рівнів, що не становитиме загрози здоров'ю водоспоживачів.

## ВИСНОВКИ

1. Упроваджена на Дніпровському водопроводі м. Києва нова сучасна технологія підготовки питної води з використанням замість хлору діоксиду хлору забезпечує високу її якість за мікробіологічними та санітарно-хімічними показниками, але не завжди знижує вміст у воді його небезпечних побічних продуктів – хлоритів до безпечних рівнів за національним нормативом (0,2 мг/дм<sup>3</sup>), що характерно в основному для літнього періоду року.

2. У водорозподільчих мережах окремих районів міста, у які надходить питна вода після водопровідної станції, рівні показників її якості та безпеки практично не змінюються, у тому числі й за вмістом хлоритів, для контролю яких у нашій країні використовується надто жорсткий норматив (0,2 мг/дм<sup>3</sup>), що в понад 3 рази є вищим за норматив (0,7 мг/дм<sup>3</sup>) для них, рекомендований ВООЗ. Цей норматив сьогодні законодавчо дозволено використовувати в Європі та на особливий період і в нашій країні.

3. Виконано оцінку ризику розвитку неканцерогенних ефектів, яка засвідчила, що при вмісті в питній воді хлоритів у концентраціях, що відповідають національному нормативу та навіть нормативу ВООЗ, ризик здоров'ю дорослих, незалежно від їхнього віку, від вживання питної води з таким навантаженням токсиканта не перевищує 1,0, що є допустимим (прийнятним) рівнем за ступенем небезпеки.

## Внески авторів:

Прокопов В.О. – концептуалізація, написання – рецензування та редагування;

Липовецька О.Б. – концептуалізація, збір та аналіз даних, адміністрування;

Куліш Т.В. – збір та аналіз даних.

**Фінансування.** Дослідження профінансовано за рахунок Державного бюджету України (Національною академією медичних наук України).

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

## REFERENCES

1. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) [Internet]. [cited 2023 Apr 02]. Available from: <http://data.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>

2. [On the approval of the State sanitary norms and rules "Safety indicators and separate indicators of the quality of drinking water in conditions of martial law and emergency situations of a different nature». Order of the Ministry of Health of Ukraine dated 2022 Apr 22 No. 683]

[Internet]. [cited 2023 Apr 02]. Ukrainian. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0564-22#Text>

3. Prokopov VO, Lypovetska OB, Kulish TV, et al. [The use of chlorine dioxide in the drinking water preparation technology at the Dnipro water supply in Kyiv]. *Dovkillia ta zdorovia*. 2018;4(89):15-9. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2018.04.015>

4. Human Health Risk Assessment [Internet]. [cited 2023 Apr 02]. Available from:

<https://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment>

5. Toxicological review of chlorine dioxide and chlorite. In Support of summary information on the integrated risk information system. EPA; 2000. 49 p. Available from: <https://iris.epa.gov/static/pdfs/0496tr.pdf>

6. [On the approval of methodological instructions "Assessment of the carcinogenic risk to the health of the population from the consumption of chlorinated drinking water." Order of the Ministry of Health of Ukraine dated 2005 Oct 21 No. 545] [Internet]. [cited 2023 Apr 02]. Ukrainian. Available from:

<https://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=4448>

7. Antomonov MYu. [Mathematical processing and analysis of medical and biological data]. 2-e izd. Kyiv; 2018. 579 p. Russian.

8. Srivastav A, Patel N, Chaudhary V. Disinfection by-products in drinking water: occurrence, toxicity and

abatement. *Environmental Pollution*. 2020;267:115474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115474>

9. Gan W, Huang S, Ge Y, et al. Chlorite formation during ClO<sub>2</sub> oxidation of model compounds having various functional groups and humic substances. *Water Research*. 2019;159:348-57.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.05.020>

10. Prokopov VO. [Drinking water of Ukraine: medical-ecological and sanitary-hygienic aspects]. Kyiv: Medytsyna; 2016. 400 p. Ukrainian.

11. Padhi RK, Subramanian S, Satpathy KK. Formation, distribution, and speciation of DBPs (THMs, HAAs, ClO<sub>2</sub>-, and ClO<sub>3</sub>-) during treatment of different source water with chlorine and chlorine dioxide. *Chemosphere*. 2019;218:540-50.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.100>

12. Özdemir K. Chlorine and chlorine dioxide oxidation of natural organic matter in water treatment plants. *Environment Protection Engineering*. 2020;46(4):87-97. doi: <https://doi.org/10.37190/epe200407>

13. Feretti D, Acito M, Dettori M, et al. Genotoxicity of source, treated and distributed water from four drinking water treatment plants supplied by surface water in Sardinia, Italy. *Environmental Research*. 2020;185:109385.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109385>

Стаття надійшла до редакції  
10.04.2023

