

ВПЛИВ ХЛОРООРГАНІЧНИХ СПОЛУК ПИТНОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ ВОДИ НА СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ МІСТА НІКОПОЛЯ

В. В. Зайцев

ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», м. Дніпро

Вступ. Понад 80 % населення України забезпечуються питною водою за рахунок поверхневих річкових водозаборів, для знезараження води яких зазвичай застосовується скраплений хлор. Внаслідок взаємодії органічних речовин з хлором утворюються хлорорганічні сполуки, серед яких переважають тригалометани, перш за все — хлороформ, що зумовлюють виражений канцерогенний ризик.

Мета. Виконати гігієнічну оцінку вмісту хлорорганічних сполук у воді міського водопроводу з поверхневого річкового водозабору, розрахувати канцерогенні ризики від вживання хлорованої питної води і запропонувати відповідні заходи щодо зменшення рівня вказаних сполук.

Матеріали та методи. Проведено узагальнення і статистична обробка 276 щомісячних результатів досліджень вмісту ХОС (ХФ) у водопровідній воді КП «Нікопольське ВУВКГ», виконаних за методикою, затвердженою МОЗ України. Основні статистичні характеристики при проведенні статистичної обробки отриманих результатів дослідження включали: кількість спостережень (n), середню арифметичну (M), стандартне відхилення (SD). Гігієнічну оцінку отриманих результатів проводили згідно діючих гігієнічних нормативів. Розрахунки канцерогенного ризику виконані відповідно до методики, затвердженої МОЗ України.

Результати та висновки. Результати показників рівня хлороформу у на виході з НФС з поверхневих джерела до розподільної мережі свідчать про високе забруднення води хлорорганічними сполуками на протязі всіх місяців на протязі 2010–2016 років, за весь період спостереження з 2010 по 2016 роки спостерігається значне підвищення вмісту хлорорганічних сполук ГДК у літні місяці року, у середньому за весь період спостереження у 1,7 раз вище ГДК.

Розрахований канцерогенний ризик від вживання хлорованої питної води за 2010–2016 роки склав 797 додаткових випадків захворювання на рак в гороті населення чисельністю 1 млн. осіб, що не прийнятне для населення і вимагає розробки і проведення планових оздоровчих заходів. З метою зменшення канцерогенних ризиків запропоновані найбільш ефективні сучасні заходи щодо оптимізації методів знезараження питної води з поверхневих вододжерел.

Ключові слова: питна водопровідна вода, хлорорганічні сполуки, хлороформ, гранично–допустима концентрація, канцерогенний ризик.

Вступ. Для знезараження питної води на 90 % водопроводів світу та України застосовується хлор з основною метою запобігання поширенню «водних» епідемій. Водночас хлор взаємодіє з мікроорганізмами та іншими органічними речовинами (в основному гумінових і фульвокислот), що містяться у воді річок, утворюючи побічні токсичні продукти (хлорорганічні сполуки (ХОС) , більшість з яких небезпечні для здоров'я людини за рахунок вираженого токсичного (2 клас небезпеки), канцерогенного та мутагенного ефекту [1]. За даними ВООЗ [2] 19 речовин — продукти хлорування води потенційно небезпечними для здоров'я населення. Серед них: тригалометани (ТГМ), хлорфеноли, сполуки з груп галооцтових кислот, галоацетонітрілів, галогенованих альдегідів, кетонів і фуранонів. Небезпечними речовинами, що утворюються при хлоруванні води, є 16 ХОС [3;4]: хлороформ (ХФ), 1,2-дихлоретан, тетрахлорвуглець, 1,1-дихлоретилен, дихлорбромметан, трибромметан, дибромхлорметан, 2,4,6-трихлорфенол, трихлоретилен, 2-хлорфенол, тетрахлоретилен, дихлорацетонітріл, бромформ, хлорпіридин, дихлорметан, поліхлорировані біфеніли. Згідно [5] гігієнічні нормативи вмісту ТГМ у питній водопровідній воді України становлять: для дибромхлорметану і ХФ (ГДК не більше 60 мкг/дм³), а також інтегрального сумарного показнику суми ТГМ (сумарного вмісту ХФ, бромформу, дибромхлорметану та бромдихлорметану, ГДК не більш 100 мкг/дм³), з 01.01.2020 року застосовується гігієнічне нормування ще 4 інших ХОС: тетрахлорвуглецю, три– та тетрахлоретилену (сума), 1,2–дихлоретану. За даними українських лабораторій, в Україні вміст ХОС, перед усім ХФ, у питній воді водопровідних станцій вміст Дніпровського басейну (м. Київ, Дніпро, Запоріжжя, Миколаїв) сягає 189 мкг/дм³ [1;3;6]. Небезпека ряду ХОС, таких, як тетрахлорвуглець, бромдихлорметан, дибромхлорметан, хлоральгідрат, пов'язана з їхніми вираженими кумулятивними властивостями. Деякі ХОС мають здатність викликати найбільш несприятливий із усіх віддалених ефектів — розвиток злоякісних пухлин. Питне водопостачання населення м. Нікополь, здійснюється з утвореного у 1956 р. на р. Дніпро Каховського водосховища, яке також є джерелом централізованого питного водозабезпечення м. Запоріжжя, Марганець, Покров, Кривого Рогу та ряду інших населених пунктів 4 областей України.

Мета роботи. Надати гігієнічну оцінку вмісту ХОС у воді міського водопроводу з поверхневого водозабору, розрахувати канцерогенні ризики від споживання хлорованої питної води та запропонувати відповідні технологічні заходи по зменшенню рівня ХОС.

ПРОФІЛАКТИЧНА МЕДИЦИНА

Матеріали та методи. Проведено узагальнення та статистична обробка 276 щомісячних результатів досліджень вмісту ХОС (за рівнем ХФ) у водопровідній воді КП НМР «Нікопольське ВУВКГ», виконаних за відповідною методикою [7]. Основні статистичні характеристики при проведенні статистичної обробки отриманих результатів дослідження включали: кількість спостережень (n), середню арифметичну (M), стандартне відхилення (SD). Гігієнічну оцінку отриманих результатів проводили згідно [5]. Розрахунки канцерогенного ризику виконані згідно з існуючою методикою [8].

Результати. Майже 96 % населення м. Нікополь споживає хлоровану питну воду насосно-фільтрувальної станції (НФС) КП НМР Нікопольське ВУВКГ». На НФС застосовуються основні методи водопідготовки (контактне освітлювання, фільтрація) та знезараження скрапленням хлором (первинне та вторинне). Оцінка вмісту ХОС у водопровідній воді м. Нікополя проведена за результатами досліджень рівня ХФ у резервуарах чистої води насосно-фільтрувальної станції: КП НМР «Нікопольське ВУВКГ» у динаміці за 2010–2016 роки за середньомісячними та середньорічними показниками. Аналіз отриманих результатів щодо рівня ХОС у питній водопровідній воді НФС Нікопольського міського водоканалу свідчить про стале забруднення води, що надходить до водорозподільної мережі, хлороформом на протязі всього періоду спостереження (табл. 1).

Таблиця 1

Середньорічний вміст хлороформу у питній воді м. Нікополя, мкг/дм³

Рік	На виході до розподільної мережі після НФС м. Нікополя
2010	105±8
2011	117±10
2012	92±6
2013	96±5
2014	76±3
2015	59±3
2016	55±4
У середньому за період спостереження	85,7±9
Рівень перевищення ГДК=60 мкг/дм ³ [5]	1,7

За даними виробничої лабораторії Нікопольського міського водоканалу, ХФ у воді водозабору на Каховському водосховищі визна-

чається на рівні нижче чутливості методики ($0,5 \text{ мкг/дм}^3$), що дозволяє зробити висновок, що увесь обсяг ХФ утворюється внаслідок хлорування. Аналіз помісячних результатів визначив певну сезонність вмісту ХФ, концентрація якого у питній воді достовірно ($p < 0,05$) підвищується щорічно з квітня і по жовтень, а з жовтня по грудень зменшується до $30\text{--}50 \text{ мкг/дм}^3$. За весь період спостережень максимальний рівень вмісту ХФ зареєстровано у липні 2011 року — 168 мкг/дм^3 , а мінімальний — 30 мкг/дм^3 у грудні 2016 р. Так, у 2015 р. вміст хлорорганічних сполук підвищується з червня місяця — 65 мкг/дм^3 , досягає піку у серпні 84 мкг/дм^3 та йде на спад, і вже в жовтні становить 58 мкг/дм^3 , що вже не перевищує ГДК. Такі зміни у концентрації ХФ виявлено по сезонах року, що свідчить про сезонне органічне забруднення води водозабору (Каховське водосховище на р. Дніпро).

Підвищений рівень ХФ у питній воді створює певний ризик для здоров'я населення м. Нікополя. Аналіз ризику для здоров'я людини, пов'язаний із забрудненням навколишнього середовища, передбачає такі умови [3]:

- 1) існування джерела ризику (шкідливої речовини чи суміші сполук);
- 2) присутність даного джерела ризику у певній, небезпечній для здоров'я людини, дозі або концентрації;

- 3) реальність впливу означеної дози шкідливого чинника на людину; Оцінка потенційного ризику включає 4 етапи :

1. Ідентифікація небезпеки — урахування усіх хімічних речовин, що забруднюють довкілля, визначення шкідливого характеру їх дії на людину.

2. Оцінка експозиції — оцінка шляхів попадання до людини, тривалості впливу, отриманих доз, чисельності постраждалого населення.

Прикладом такого моделювання експозицій є розрахунок середньодобової дози шкідливої речовини (далі — СДД) (мг/кг або мкг/кг), яка може надходити до організму з питною водою:

$$\text{СДД} = [\text{Сср} \cdot \text{ОП}] : [\text{МТ}], \quad (1)$$

де Сср — середня арифметична концентрація токсичної речовини у відповідному компоненті середовища (мг/дм^3 або мкг/дм^3); ОП — об'єм питної води, що споживається за добу (3 дм^3); МТ — вага тіла (70 кг).

3. Оцінка залежності «доза–ефект» — пошук кількісних закономірностей, що пов'язують дозу речовини з виникненням шкідливих для здоров'я ефектів. Аналіз провадиться окремо для канцерогенних та неканцерогенних речовин.

Для розрахунку ризику застосована лінійна залежність [4]:

$$\text{Ризик} = \text{SFo} \cdot \text{СДД}, \quad (2)$$

де SFo — величина потенціалу канцерогенного ризику за пероального надходження тієї чи іншої канцерогенної сполуки [кг/мг-доба] $^{-1}$.

ПРОФІЛАКТИЧНА МЕДИЦИНА

4. Характеристика ризику — аналіз розрахунків ризиків для популяції порівняння ризиків з допустимими рівнями.

Для практичного використання системи оцінки ризику використовують, як правило, лінійну модель (формули 1,2). Використовуючи величину канцерогенного перорального потенціалу ХФ ($0,031 \text{ мг/кг-доба}^{-1}$) розраховано ризик дії хлороформу, який міститься у питній воді, з використанням методики, затвердженої МОЗ України [3; 4].

В основу розрахунку покладаються такі вимоги:

- ризик визначається з огляду на щоденне споживання питної води з даною концентрацією хлороформу протягом всього життя людини;
- дані щодо канцерогенного потенціалу сполуки;
- середньодобове споживання води становить 3 дм^3 ;
- середня вага людини — 70 кг ;
- розрахований ризик є кумулятивним за 70 років (середня тривалість життя).

Розрахована таким чином середньодобова доза (СДД) ХФ, що надходить в організм людини з питною водою м. Нікополя, наведена у табл. 2.

Таблиця 2

Середньодобова доза (СДД) надходження ХФ в організм мешканців м. Нікополя, [кг/мкг-доба]⁻¹

Рік	СДД
2010	0,0045
2011	0,005
2012	0,0039
2013	0,0041
2014	0,0033
2015	0,0025
2016	0,0024

Використовуючи формулу (2) та таблицю 2 розраховуємо кількість додаткових випадків захворювання на рак від споживання хлорованої водопровідної води м. Нікополь за останні 7 років (див. табл. 3). При оцінці канцерогенного ризику, до уваги береться його загальновизна на класифікація за чотирма діапазонами ризику відповідно до підходів до оцінки ризику для здоров'я людини ВООЗ [3; 4; 5].

Згідно розрахунків канцерогенного ризику, хлорована водопровідна вода м. Нікополя відноситься до третього діапазону ризику, коли індивідуальний ризик протягом життя більший ніж $1 \cdot 10^{-4}$ (або 100 та більше додаткових випадків на 1 млн. осіб).

Кількість розрахованих додаткових випадків захворювання на рак від споживання хлорованої водопровідної води м. Нікополя за період з 2010 по 2016 роки у когорті населення 1 млн осіб.

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
140	155	121	127	102	78	74

Такий ризик прийнятний для професійних груп, але не прийнятний для населення в цілому та потребує розробки та проведення планових оздоровчих заходів. Таким чином, споживання протягом життя питної хлорованої води КП НМР «Нікопольське ВУВКГ» могло призвести у 2010–2016 роках до утворення 797 додаткових випадків захворювання на рак у когорті населення чисельністю 1 млн. осіб.

Висновки. Результати показників рівня хлороформу на виході з НФС з поверхневих джерела до розподільної мережі свідчать про високе забруднення води хлорорганічними сполуками на протязі всіх місяців на протязі 2010–2016 років. За весь період спостереження з 2010 по 2016 роки спостерігається значне підвищення вмісту хлорорганічних сполук ГДК у літні місяці року, у середньому за весь період спостереження у 1,7 раз вище ГДК. Достовірні зміни у рівні ХОС виявлено по сезонах року, насамперед у літній період року, що свідчить про сезонне органічне забруднення води водозабору — Каховського водосховища на р. Дніпро.

Згідно з розрахованим канцерогенним ризиком, рівні ХОС у питній водопровідній воді мають здатність викликати найбільш несприятливий із усіх віддалених ефектів — розвиток злоякісних пухлин, що за період спостереження у 2010–2016 роках могло призвести до виникнення 797 додаткових випадків захворювання на рак у когорті населення чисельністю 1 млн. осіб.

З метою поліпшення якості питної води, що подається груповими водопроводами з поверхневих джерел, необхідно впровадження ряду технологічних заходів, серед яких першочергове значення має оптимізація системи знезараження, насамперед амонізація питної води із введенням аміаку при співвідношеннях аміаку та хлору 1:4, 1:6, а також перенесення місця вводу хлору у кінець технологічної лінії водопідготовки (ближче до фільтрів), зменшення дози первинного хлорування [8].

ЛІТЕРАТУРА

1. Прокопов В. О. Питна вода України: медико-екологічні та санітарно—гігієнічні аспекти / В. О. Прокопов ; за ред. А. М. Сердюка. — К. : ВСВ «Медицина». — 2016. — С.173–174, 190–196.
2. Всемирная организация здравоохранения: Руководство по обеспечению качества питьевой воды. — Женева. -2004. -Том 2 : 3-е изд. — 63 с.

3. Прокопов В. О. Хлорорганічні сполуки у питній воді: фактори та умови їх утворення / В. О. Прокопов, Г. В. Чичковська, В. О. Зоріна // Довкілля та здоров'я. — 2004. — № 2 (29). — С. 70–73.
4. International Standart of Drinking Water. — США. —2002. —[Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Drinking_water_quality_standards.
5. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4–171–10 з змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 15.08.2011 р. № 505. — 2011 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/ST001893.html
6. Зайцев В. В., Рублевська Н. І., Курбатова Н. О. Гігієнічна оцінка вмісту хлорорганічних сполук у питній воді групового водопроводу з поверхневого водозабору / В. В. Зайцев, Н. І. Рублевська, Н. О. Курбатова // Збірник праць співробітників НМАПО імені П. Л. Шупика. — Випуск 24 (3). — Київ, 2015. — С. 444–446.
7. Газохроматографічне визначення тригалогенметанів (хлороформу) у воді: метод. вказівки № 0052–98 (№ 2 від 01.02.1999 р.).- К.: МОЗ України. -1999.-9 с.
8. Методичні вказівки «Оцінка канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води», затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 21.10.2005 р. № 545. — 2005 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=4448>

Влияние хлорорганических соединений питьевой водопроводной воды на состояние здоровья населения города Николая

В. В. Зайцев

ГУ «Днепропетровская медицинская академия МЗ Украины», г. Днепр

Введение. Более 80 % населения Украины обеспечиваются питьевой водой за счет поверхностных речных водозаборов, для обеззараживания воды которых обычно применяется сжиженный хлор. Вследствие взаимодействия органических веществ с хлором образуются хлорорганические соединения, среди которых преобладают тригалометаны, прежде всего — хлороформ, обладающие выраженным канцерогенным риском.

Цель. Выполнить гигиеническую оценку содержания хлорорганических соединений в воде городского водопровода из поверхностного речного водозабора, рассчитать канцерогенные риски от употребления хлорированной питьевой воды и предложить соответствующие меры по уменьшению уровня указанных веществ.

Материалы и методы. Проведено обобщение и статистическая обработка 276 ежемесячных результатов исследований содержания ХОС (ХФ) в водопроводной воде КП «Никопольское ПУВКХ», выполненных по методике, утвержденной МЗ Украины. Основные статистические характеристики при проведении статистической обработки полученных результатов исследования включали: количество наблюдений (n), среднюю арифметическую (M), стандартное отклонение (SD). Гигиеническую оценку полученных результатов проводили со-

гласно действующих гигиенических нормативов. Расчеты канцерогенного риска выполнены согласно методике, утвержденной МОЗ Украины.

Результаты и выводы. Результаты показателей уровня хлороформа в на выходе из НФС из поверхностных источников к распределительной сети свидетельствуют о высоком загрязнении воды хлорорганическими соединениями на протяжении всех месяцев в течение 2010-2016 годов, за весь период наблюдения с 2010 по 2016 годы наблюдается значительное повышение содержания хлорорганических соединений ПДК в летние месяцы года, в среднем за весь период наблюдения в 1,7 раза выше ПДК.

Расчитанный канцерогенный риск от употребления хлорированной питьевой воды за 2010–2016 годы составил 797 дополнительных случаев заболевания раком в когорте населения численностью 1 млн человек, что не приемлемо для населения и требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий. С целью уменьшения канцерогенных рисков предложены наиболее эффективные современные меры по оптимизации методов обеззараживания питьевой воды из поверхностных водоемисточников.

Ключевые слова: питьевая водопроводная вода, хлорорганические соединения, хлороформ, предельно–допустимая концентрация, канцерогенный риск.

Influence of chlorographic compounds in drinking tap water on the health status of the population of Nicopol

V. V. Zaitsev

Dnipropetrovsk Medical Academy of the Ministry of Health of Ukraine, Dnipro

Introduction. More than 80 % of the population of Ukraine is provided with drinking water at the expense of surface river water intakes. Liquefied chlorine is used as a disinfectant of the water. Due to the interaction of organic substances with chlorine, organochlorine compounds are formed, among which trihalomethanes predominate, primarily chloroform, which have a pronounced carcinogenic risk.

Aim. To carry out a hygienic assessment of the content of organochlorine compounds in the water of the city water supply system from the surface river water intake, to estimate the carcinogenic risks of the consumption of chlorinated drinking water and offer appropriate measures to reduce the level of organochlorine compounds.

Materials and methods. There was performed generalization and statistical processing of 276 monthly results of studies of the content of chloroform in tap water carried out in accordance with the methodology approved by the Ministry of Health of Ukraine. The main statistical characteristics during the statistical processing of the obtained results of

ПРОФІЛАКТИЧНА МЕДИЦИНА

the study included: the number of observations (n), the arithmetic mean (M), the standard deviation (SD). Hygienic evaluation of the results was carried out according to the operating hygiene guidelines. Estimation of carcinogenic risk were performed according to the methodology approved by the Ministry of Health of Ukraine.

Results and conclusions. Values of chloroform content in the water distribution network are indicative of the high water pollution with organochlorine compounds within all months of 2010–2016 years. For the entire observation period from 2010 to 2016 there was seen a significant increase in the content of organochlorine compounds within the summer months as compared with maximum allowable concentration. The average content for the entire observation period exceeded the maximum allowable concentration by 1.7 times.

The estimated carcinogenic risk of consumption of chlorinated drinking water in 2010–2016 amounted to 797 additional cases of cancer per 1 million people, which is not acceptable for the population and requires the development and implementation of planned recreational activities. In order to reduce carcinogenic risks, there were offered the most effective modern measures of optimization of drinking water disinfection.

Key words: drinking tap water, organochlorine compounds, chloroform, maximum allowable concentration, carcinogenic risk.

Відомості про автора:

Зайцев В'ячеслав Володимирович — викладач кафедри гігієни та екології Дніпропетровської медичної академії МОЗ України. Адреса: м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського, 9, тел.: (056) 744-53-53.

УДК 378.095:613.00:614.2

ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ЦЕНТРІВ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я МОЗ УКРАЇНИ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ СОЦІАЛЬНО-ГІГІЄНИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПИТНОЇ ВОДИ

В. В. Зайцев, Н. І. Рублевська

ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», м. Дніпро

Вступ. Згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 1 лютого 2017 року № 53 з поточного року передбачена підготовка нової лікарської спеціальності: лікарів з громадського здоров'я. На підставі Урядової постанови від 10 вересня 2014 року № 442, Держсанепідслужба України передала ряд своїх повноважень до МОЗ України. Наказом МОЗ України від 18 вересня 2015 року № 604 утворено