

7. Pro ratyfikatsiiu Protokolu pro vodu ta zdorovia do Konventsii pro okhoronu ta vykorystannia transkordonnykh vodotokiv ta mizhnarodnykh ozer 1992 roku : Zakon Ukrainy [On the Ratification of the Protocol of 1992 on Water and Health to the Convention on the Protection and Use of Trans-Border Water Basins and International Lakes : Law of Ukraine]. Available at : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1066-15> (in Ukrainian).

8. Hihienichni vymohy do pytnoi vody, pryznachenoj dlia spozhyvannia liudynoju : DsanPiN 2.2.4-171-10 [Hygienic Requirements to Drinking Water for Human Consumption: State Sanitary Rules and Norms 2.2.4-171-10]. Available at : http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/ST001893.html (in Ukrainian).

9. Voda pytna. Vymohy ta metody kontroliuvannia yakosti : DSTU 7525:2014 [Drinking Water. Requirements and Methods for Quality Control : SSTU 7525:2014]. Kyiv ; 2014 : 25 p. (in Ukrainian).

10. Prokopov V.O. Hihienichni problemy vodopostachannia v Ukraini [Hygienic Problems of Water Supply in Ukraine]. In : *Dosvid ta perspektivy naukovoho suprovodu problem hihienichnoi nauky ta praktyky [Experience and Prospects of Scientific Support of the Hygienic Science and Practice Problems]*. Kyiv ; 2011 : 106-132 (in Ukrainian).

11. Hushchuk I.V., Brezetska O.I. and Hushchuk V.I. Ekologo-hihienichna otsinka yakosti pytnoi vody iz dzherel ta merezh tsentralizovanykh vodoprovodiv Rivnenskoj oblasti [Ecological-and-Hygienic Assessment of Drinking Water Quality from Sources and Networks of the Centralized Water Supply in the Rivne Oblast]. In : *Hihiena naselenykh mist [Hygiene of Settlements]*. Kyiv ; 2014 ; 64 : 76-80 (in Ukrainian).

12. COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC of 3 November 1998 on the Quality of Water Intended for Human Consumption. Available at : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:EN:PDF>.

13. WHO. Guidelines for Drinking Water Quality. 4-th ed. Geneva ; 2011 : 564 p.

14. Natsionalna dopovid "Pro yakist pytnoi vody ta stan pytnoho vodopostachannia v Ukraini za 2009-2014 roky [National Report " On Drinking Water Quality and State of Drinking Water Supply in Ukraine for 2009-2014"]. Available at : <http://minregion.gov.ua/zhkh/vodopostachannya-ta-vodovidvedennya/> (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 12.06.2017

EVALUATION OF CARCINOGENIC RISK FOR THE POPULATION FROM CHLORINATED DRINKING WATER CONSUMPTION

Prokopov V.O., Lypovetska O.B., Kulish T.V., Garcavyi S.S.

ОЦІНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ ВІД СПОЖИВАННЯ ХЛОРОВАНОЇ ПИТНОЇ ВОДИ

B

¹ПРОКОПОВ В.О.,

¹ЛИПОВЕЦЬКА О.Б.,

¹КУЛИШ Т.В.,

²Гаркавий С.С.

¹ДУ «Інститут

громадського

здоров'я

ім. О.М. Марзеєва

НАМН України»

²Національний

медичний

університет

ім. О.О. Богомольця

МОЗ України,

м. Київ

УДК.614.777:628.168

: 546.13

Ключові слова:

питна вода, леткі

хлорорганічні

сполуки,

канцерогенний

ризик.

раховуючи широке використання на підприємствах водопостачання у технології водопідготовки хлору або його похідних, хлорорганічні сполуки (ХОС) є одними з основних забруднювачів водопровідної питної води, передусім із поверхневих вододжерел. Більшу частину ХОС складають леткі речовини – тригалогенметани (ТГМ), зокрема хлороформ, частка якого у загальній кількості становить 70-90% [1]. Хлороформ за класифікацією ЕРА належить до групи В2 (ймовірний канцероген для людини), проте його частку впливу у комбінації ХОС на виникнення онкозахворювань серед населення достеменно не вивчено [2]. Окрім хлороформу, у хлорованій питній воді досить часто зустрічаються (у тому числі у понаднормативних кількостях) й інші леткі ХОС – бромдихлорметан, дихлорбромметан, тетрахлорметан, трихлоретилен, тетрахлоретилен, бромформ, дихлоретан тощо. Роль цих речовин у поєднанні з хлороформом у комбінованій дії хлорованої питної води на розвиток онкологічних захворювань ретельно не досліджувалася. Проте завдяки застосуванню методології оцінки ризику можна виявити внесок окремих представників та суми летких ХОС питної води в онкологічну захворюваність населення.

Мета роботи – оцінити канцерогенний ризик для здоров'я населення від спожи-

ОЦЕНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ УПОТРЕБЛЕНИЯ ХЛОРИРОВАННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

¹Прокопов В.А., ¹Липовецкая Е.Б., ¹Кулиш Т.В., ²Гаркавий С.С.

¹ГУ «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеєва НАМН Украины»

²Национальный медицинский университет им. А.А. Богомольца МЗ Украины

Цель работы – оценить канцерогенный риск для здоровья населения при употреблении питьевой воды, загрязненной летучими хлорорганическими соединениями.

Материалы и методы исследования. Исследование проведено в г. Кропивницком, водопроводная питьевая вода которого содержит летучие хлорорганические соединения (ХОС). Их содержание в воде определяли методом газовой хроматографии. Установление экспозиционных ингаляционной и кожной доз проводилось расчетным методом. Для оценки опасности воздействия летучих ХОС на онкозаболеваемость населения использована методология оценки канцерогенных рисков.

Результаты и их обсуждение. Мониторинг питьевой воды показал ее загрязнение летучими ХОС (хлороформом и бромдихлорметаном) в сверхнормативных количествах. Суммарный канцерогенный риск влияния этих веществ на население оценивается как настораживающий. Показано, что приоритетными путями поступления летучих ХОС питьевой воды в организм человека является пероральный и ингаляционный.

Выводы. Выявленный уровень канцерогенного риска для населения г. Кропивницкого требует проведения углубленных эпидемиологических исследований онкозаболеваемости и разработки профилактических мероприятий по снижению уровня ХОС в питьевой воде.

Ключевые слова: питьевая вода, летучие хлорорганические соединения, канцерогенный риск.

© Прокопов В.О., Липовецька О.Б., Куліш Т.В. СТАТТЯ, 2017.

вання питної води, забрудненої леткими хлорорганічними сполуками.

Матеріали і методи дослідження. Для вивчення впливу ХОС на онкозахворюваність було обрано м. Кропивницький, питна вода якого отримується за традиційною технологією з використанням хлору із води Кременчуцького водосховища на р. Дніпро. Доза хлору найчастіше під час первинного хлорування становить 5 мг/дм³, вторинного – 1,5 мг/дм³. Дохлорування питної води із водоводу перед надходженням до міських водопровідних мереж проводиться гіпохлоритом натрію дозою 1,5 мг/дм³.

Моніторингові дослідження водопровідної питної води м. Кропивницького на вміст легких ХОС проводились у 2016-2017 роках. Вимірювання здійснювали на газовому хроматографі «Кристаллюкс 4000 М» з застосуванням методу газової хроматографії з електронно-захватним детектуванням [3].

Для проведення оцінки небезпеки впливу хлорованої питної води на формування онкозахворюваності населення використано зарубіжну методологію оцінки ризику [4]. Розрахунок канцерогенного ризику проводився для концентрацій ХОС, що виявлялися у воді м. Кропивницького у понаднормативних кількостях, на рівні середньорічних значень за трьома шляхами надходження: пероральним, інгаляційним, шкір-

ним. Оцінка шкірних експозицій проводилася на основі розрахунку величини абсорбованої дози. Визначення експозиційної інгаляційної дози здійснювалося розрахунковим методом. Оцінка канцерогенних ефектів проводилася з використанням середньодобової дози протягом усього життя та фактора канцерогенного потенціалу. Розраховувались рівні індивідуального та популяційного канцерогенних ризиків. Для оцінки канцерогенного ризику від декількох канцерогенів, що одночасно надходять до організму різними шляхами, розраховувався сумарний канцерогенний ризик (TCR).

Результати та їх обговорення. Результати моніторингових досліджень показали, що легкі хлорорганічні сполуки є стабільними забруднювачами водопровідної питної води м. Кропивницького. Із дев'яти тригалогенметанів, що досліджувалися, було виявлено 4 сполуки: хлороформ, бромдихлорметан, дибромхлорметан, тетрахлоретан (табл. 1). Концентрації інших речовин визначалися нижче межі виявлення.

Встановлено, що найбільші відхилення від нормативу вмісту ХОС у водопровідній воді реєструються за хлороформом. Перевищення ним ГДК на рівні середньорічних та максимальних значень становить 2,6 і 2,8 рази. Також відзначається перевищення гігієнічного нормативу

і за бромдихлорметаном: у 1,2 і 1,4 рази відповідно. Вміст у воді тетрахлорметану та дибромхлорметану перебуває у межах нормативних вимог на рівні середньорічних та максимальних значень.

Таким чином, речовинами хлорованої питної води, які можуть впливати на неінфекційну захворюваність населення, у тому числі й онкологічну, є хлороформ та бромдихлорметан. Обидві ці речовини належать до груп 2В (IARC) та В2 (EPA), тобто є ймовірними канцерогенами [5]. Щоб виявити, як питна вода з понаднормативним вмістом зазначених сполук впливає на онкозахворюваність населення міста Кропивницького, було розраховано індивідуальні та популяційні канцерогенні ризики.

Індивідуальний канцерогенний ризик розраховано для середньорічних концентрацій вмісту тригалогенметанів у водопровідній питній воді м. Кропивницького (табл. 2).

Як видно з таблиці 2, за класифікацією, запропонованою US EPA, індивідуальний канцерогенний ризик перебуває у межах допустимого для здоров'я людини [6]. Проте якщо використовувати межу на рівні 1×10^{-5} , визначену ВООЗ як граничну для питної води [7], то дані рівні необхідно відносити до насторожуючого ризику. Такий рівень індивідуального канцерогенного ризику потребує постійного контролю вмісту легких ХОС у питній воді, а також проведення планових заходів зі зниження їхніх концентрацій у водопровідній воді.

Виявлено, що пріоритетними шляхами надходження до організму людини легких ХОС питної води є пероральний та інгаляційний.

Критичними органами для дії ХОС, зокрема хлороформу та бромдихлорметану, є печінка та нирки. Тому отримані рівні канцерогенного ризику вказують на необхідність приділити увагу передусім вивченню онкозахворювань цих органів в епідеміологічних дослідженнях.

У межах насторожуючого рівня перебуває й сумарний канцерогенний ризик розвитку онкопатології серед населення м. Кропивницького. Внесок у сумарний ризик досліджуваних сполук практично однаковий.

Щоб визначити кількість додаткових випадків злоякісних новоутворень, які можуть виникнути протягом життя внаслід-

Таблиця 1
Вміст тригалогенметанів у водопровідній питній воді м. Кропивницького

CAS	Речовина	Концентрація, мкг/дм ³		Кратність перевищення, разів		ГДК, мкг/дм ³
		M ± m	C _{max}	за M _{сер}	за C _{max}	
67-66-3	Хлороформ	155,30±6,30	166,50	2,59	2,78	60,0
75-27-4	Бромдихлорметан	36,55±1,97	42,40	1,22	1,41	30,0
124-48-1	Дибромхлорметан	2,07±0,53	2,30	0,21	0,23	10,0
56-23-5	Тетрахлорметан	0,48±0,05	0,60	0,24	0,30	2,0

Примітка: CAS – ідентифікаційний номер хімічної речовини.

Таблиця 2
Рівні індивідуального канцерогенного ризику за одночасного впливу тригалогенметанів питної води

Канцероген	Шлях надходження			Сумарний канцерогенний ризик
	пероральний	інгаляційний	нашкірний	
Хлороформ	$2,6 \times 10^{-5}$	$4,6 \times 10^{-5}$	$0,8 \times 10^{-5}$	$8,0 \times 10^{-5}$
Бромдихлорметан	$6,8 \times 10^{-5}$	$0,5 \times 10^{-5}$	$2,1 \times 10^{-5}$	$9,4 \times 10^{-5}$
Сума	$9,4 \times 10^{-5}$	$5,1 \times 10^{-5}$	$2,9 \times 10^{-5}$	$17,4 \times 10^{-5}$

EVALUATION OF CARCINOGENIC RISK FOR THE POPULATION FROM CHLORINATED DRINKING WATER CONSUMPTION

Prokopov V.O., Lypovetska O.B., Kulish T.V., *Harkavyi S.S.

SI «O.M. Marzeiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»

** O.O. Bohomolets National Medical University, Kyiv*

Objective. We assessed a carcinogenic risk to the health of the population from the consumption of drinking water contaminated with volatile organochlorine compounds.

Materials and methods. The study was performed in the city of Kropyvnytskyi where tap drinking water contained volatile organochlorine compounds (OCC). Their content in water was determined by the method of gas chromatography. Determination of the exposure inhalation and dermal doses was carried out by the calculation method. To assess the hazard of the

effect of the volatile OCC on the oncological morbidity of the population we applied a methodology for the evaluation of the carcinogenic risks.

Results. Drinking water monitoring showed its contamination with volatile OCC (chloroform and bromo-dichloromethane) in the excessive amounts. The total carcinogenic risk of the effects of these substances on the population was estimated as alarming. The peroral and inhalation foreground routes of the ingress of volatile OCC of drinking water into the human organism are the foreground ones.

Conclusions. The detected level of carcinogenic risk for the population of the city of Kropyvnytskyi requires the profound epidemiological studies of oncological morbidity and the development of the preventive measures for the reduction of the OCC level in drinking water.

Keywords: drinking water, volatile organochlorine compounds, carcinogenic risk.

док тривалого споживання хлорованої питної води, було розраховано популяційний канцерогенний ризик. Для м. Кропивницького, середня чисельність населення якого складала за досліджуваний період 195,587 тис. осіб, він становить 34 додаткових (до фонових) випадки розвитку онкозахворювань.

За показником популяційного ризику розраховано й очікуваний середній річний приріст онкозахворюваності населення, який склав 0,3 додаткових випадки на 100 тис. населення на рік.

Висновки

Результати проведених досліджень вказують на наявність надлишкового забруднення водопровідної питної води м. Кропивницького леткими ХОС та небезпеку їхнього впливу на здоров'я населення. Встановлено, що пріоритетними шляхами надходження летких ХОС питної води до організму людини є пероральний та інгаляційний. Виявлений індивідуальний канцерогенний ризик від хлороформу та бромдихлорметану та їхньої суми для виникнення онкозахворювань серед населення м. Кропивницького визначається на рівні насторожуючого.

Отримані у дослідженні дані мають стати підставою для проведення поглиблених епідеміологічних досліджень з вивчення впливу хлорованої питної води на онкологічну захворюваність, а також розробки заходів з мінімізації впливу ХОС на здоров'я населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Прокопов В.О. Питна вода України: медико-екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти. К.: Медицина, 2016. 400 с.

2. U.S. EPA. Integrated Risk Information System (IRIS) on

Chloroform. National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development. Washington, DC. 1999. URL : <https://www.epa.gov/iris/subst/0025.htm>

3. Газохроматографічне визначення тригалогенметанів (хлороформу) у воді : методичні вказівки № 005298. К. : МОЗ України, 1999. 9 с.

4. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду : руководство Р 2.1.10.1920-04. URL : https://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/46/46715/index.php.

5. Toxicological Profile for Chloroform. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1997. URL : <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp6.pdf>

6. Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures. Washington, 2000. 194 p.

7. WHO. Human Health Risk Assessment Toolkit: Chemical Hazards. Geneva : WHO, 2010. URL : http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44458/1/9789241548076_eng.pdf?ua=1

REFERENCES

1. Prokopov V.O. Pytna voda Ukrainy: medyko-ekolohichni ta sanitarno-hihienichni aspekty [Drinking Water of Ukraine: Medico-Ecological and Sanitary-and-Hygienic Aspects]. Kyiv : Medytsyna; 2016 : 400 p. (in Ukrainian).

2. U.S. EPA. Integrated Risk Information System (IRIS) on Chloroform. National Center for Environmental Assessment,

Office of Research and Development. Washington, 1999. URL : <https://www.epa.gov/iris/subst/0025.htm>

3. Ministry of Health of Ukraine. Hazokhromatohrafichne vyznachennia tryhalohenmetaniv (khlороformu) u vodi : metodychni vказivky № 005298 [Gas-Chromatographic Determination of Trihalohenmethane (Chloroform) in Water: Methodical Instructions № 005298]. Kyiv; 1999 : 9 p. (in Ukrainian).

4. Rukovodstvo po otsenke riska dlia zdorovia naseleniia pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagriazniaiushchikh okruzhaiushchuiu srediu : rukovodstvo Р 2.1.10.1920-04 [Manual on Risk Assessment for the Health of the Population under Effect of Chemical Substances Contaminating the Environment: Manual P 2.1.10.1920-04]. URL : https://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/46/46715/index.php (in Russian).

5. Toxicological Profile for Chloroform. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1997. URL : <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp6.pdf>

6. Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures. Washington; 2000 : 194 p.

7. WHO. Human Health Risk Assessment Toolkit: Chemical Hazards. Geneva : WHO; 2010. URL : http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44458/1/9789241548076_eng.pdf?ua=1

Надійшла до редакції 24.03.2017