

НЕБЕЗПЕКА ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ ХЛОРУВАННЯ У ПИТНІЙ ВОДІ ДЛЯ ЖИВИХ СИСТЕМ

Стискал О. А., Петрук В. Г.

Вінницький національний технічний університет
Хмельницьке шосе, 95, 21021, м. Вінниця,
kafedraeeb@mail.ru

Проаналізовано побічні продукти хлорування питної води, їх небезпека для живих організмів, зокрема, для людини, що проявляється у загальнотоксичній, канцерогенній (виникнення злоякісних новоутворень печінки, нирок, щитоподібної залози, сечового міхура, молочної залози, стравоходу), мутагенній (розрив ниток ДНК, вроджені вади – дефекти міжшлункової перегородки, обструктивні дефекти сечовивідних шляхів) та тератогенній дії (недоношування вагітності або народження дітей з низькою вагою). **Ключові слова:** хлорування, знезараження, хлорорганічні сполуки, тригалогенметани, галогеноцтові кислоти.

Опасность побочных продуктов хлорирования в питьевой воде для живых систем. Стыскал О.В., Петрук В.Г. В статье проанализированы побочные продукты хлорирования питьевой воды, их опасность для живых организмов, в частности, для человека, которая проявляется общетоксическим, канцерогенным (возникновение злокачественных новообразований печени, почек, щитовидной железы, мочевого пузыря, молочной железы, пищевода), мутагенным (разрыв нитей ДНК, врожденные пороки, такие как дефекты межжелудочковой перегородки, обструктивные дефекты мочевыводящих путей) и тератогенным действием (недонашивание беременности или рождения детей с низким весом). **Ключевые слова:** хлорирование, обеззараживания, хлорорганические соединения, тригалогенметаны, галогенуксусные кислоты.

Danger of the chlorination by-products in drinking water for living systems. Styskal O.V., Petruk V.G. It was analyzed the by-products of chlorination of drinking water, their danger to living organisms, particularly for a human, which appears in toxic, cancerogenic (occurrence of cancer of the liver, kidney, thyroid, bladder, breast, esophagus), mutagenic (gap DNA's threads, birth defects, such as ventricular septal defects, urinary tract obstructive defects) and teratogenic effects (incomplete of pregnancy or birth of children with low weight) in the article. **Keywords:** chlorination, disinfection, organochlorine compounds tryhalohenmetany, haloacetic acid.

Зростання забруднення природних водойм та неможливість забезпечити за цих умов застарілими водоочисними технологіями високу якість питної води робить ризик для здоров'я населення від її споживання дуже високим. Не зважаючи на існуючі методи знезараження, хлорування й досі залишається найпоширенішим способом дезінфекції питної

води через окислювальну здатність, ефект післядії, простота та економічність застосування. Це створює проблему забруднення питної води побічними продуктами хлорування – хлорорганічними сполуками (ХОС), багато з яких проявляють токсичні, мутагенні, канцерогенні та тератогенні властивості і кумулятивний ефект. Це, в свою чергу, значно під-

вищує ризик виникнення різноманітних захворювань, у тому числі онкологічних. Тому проблема є надзвичайно актуальною і потребує детального вивчення і вирішення.

Отже, дослідження спрямоване на здійснення аналізу побічних продуктів хлорування питної води, їх небезпеку для живих організмів, зокрема, для людини.

Результати досліджень

Ще в 1976 році вченими було висунуте припущення, що органічні речовини, які містяться у воді, в процесі знезараження хлором (чи гіпохлоритом натрію або кальцію) взаємодіють з останнім і утворюють хлорорганічні побічні продукти. Основними факторами, які впливають на утворення побічних продуктів, є рН, час контакту з реагентом, температура, пора року, концентрація і властивості органічних речовин, концентрація хлору реагента і залишкового хлору. Встановлено, що з ростом рН підвищується формування тригалогенметанів (ТГМ), але зменшується формування галогеноцтових кислот (ГОК); зростає температура контакту з реагентом, а більші його дози сприяють більшому утворенню ТГМ і ГОК (відповідно концентрації побічних продуктів знезараження влітку вищі порівняно з зимою); збільшення концентрації органічних речовин теж веде до росту побічних продуктів, причому гумінові кислоти відповідають за утворення ТГМ, а фульвокислоти – за ГОК [1,2].

Отже, в процесі знезараження хлором утворюються побічні продукти.

Тригалогенметани. Ця категорія включає такі речовини: хлороформ (CHCl_3), бромоформ (CHBr_3), дибромхлорметан (CHBr_2Cl), бромдихлорметан (CHBrCl_2). Встановлені нормативи вмісту у питній воді окремо для хлороформу – $0,06 \text{ мг/дм}^3$, дибромхлорметану – $0,01 \text{ мг/дм}^3$ та для суми ТГМ – $0,1 \text{ мг/дм}^3$ [1,2,3].

Хлороформ широко використовують у хімічній промисловості і хімічних лабораторіях як розчинник жирів, лаків. Раніше він застосовувався в медицині для наркозу. Пари хлороформу легко проникають в організм з повітрям при вдиханні та через пори шкіри (під час прийому душу або ванни); токсично діють на центральну нервову систему, на обмін речовин і внутрішні органи, особливо печінку; при вдиханні спричиняє різні рефлекси, які порушують дихання та серцеву діяльність; виникає головокружіння, слабкість, нудота, шлункові болі; накопичується в тканинах, багатих на жири [4–7].

За даними Американського агентства з охорони навколишнього середовища хлороформ, бромоформ та дибромхлорметан належать до канцерогенів, тератогенів, а останнім часом набувають мутагенних властивостей [1,8]. Тератогенна дія їх проявляється через вплив на розвиток плода під час вагітності, що призводить до вроджених дефектів, спонтанних абортів, затримки росту плода [9]. Дослідження [10] показали, що матері, які піддавалися високому впливові ТГМ з питною водою, мали на 30% більший ризик народження дітей з низькою вагою (менше 2500 г). А дослідження жінки, які споживали 5 або більше склянок холодної водоп-

ровідної води в день (що містить більше 75 мкг/л ТГМ) взагалі мали підвищений ризик недоношування вагітності, особливо на ранніх термінах [11].

Існує ряд доказів канцерогенної дії ТГМ, яка проявляється через підвищений ризик раку товстої кишки, сечового міхура, нирок, підшлункової залози (при рівні ТГМ у питній воді більше 50 мкг/л) [12], стравоходу, прямої та ободової кишки, легенів, молочної залози, тіла матки і щитовидної залози [13–18]. З середини 90-х років у дослідках американських вчених, проведених на мишах, хлороформ при введенні в шлунок викликав як доброякісні, так і злоякісні пухлини печінки, нирок та щитоподібної залози [19].

Інші хлорвуглеводні. Досліджено трихлоретилен (C_2HCl_3), тетрахлоретилен (C_2Cl_4), дихлоретан ($C_2H_4Cl_2$), чотирихлористий вуглець (CCl_4). Встановлені нормативи вмісту у питній воді для дихлоретану – 2 мг/дм³, чотирихлористого вуглецю – 0,002 мг/дм³ та для суми трихлоретилену і тетрахлоретилену – 0,1 мг/дм³ [3].

Трихлоретилен застосовують для знежирення металів, для хімічтстки текстильних виробів, раніше – виробництва монохлороцтової кислоти [20]. Три- та тетрахлоретилен мають мутагенні властивості [8].

Дихлоретан використовують як розчинник жирів, восків, смол, парафінів, для вилучення жиру з шерсті тварин, хімічтстки одягу; склеювання пластмас (входить до складу клеїв). Потрапляє до організму пероральним, інгаляційним та шкірним шляхом, викликає ураження центральної нервової системи, печінки, нирок і серцевих м'язів. Основна маса мета-

болітів дихлоретану, які є значно токсичніші за нього, уже через 4-6 годин фіксується в тканинах, багатих на ліпіди. Вони здійснюють токсичну дію на клітинні мембрани і внутріклітинні структури, викликаючи цитоліз клітин (процес руйнування клітин); більше всього зазнають впливу гепатоцити клітини печінки та ендотелій судин; відбувається підвищення проникності судинної стінки, ураження травного каналу з явищем вираженого гастроентерита що веде до гіповолемії (зменшення об'єму циркулюючої крові), здійснює канцерогенну та мутагенну дію на організм [8,21-22].

Чотирихлористий вуглець (тетрахлорметан) – сировина для виробництва хладонів, використовується як розчинник жирів, смол, каучуку, як консервант при обробці хутра, для видалення жирних плям з одягу, входить до складу рідин для наповнення вогнегасників. При високій температурі розкладається на фосген та інші ядовиті речовини, які викликають отруєння. При потраплянні в організм згромаджується у тканинах, багатих на ліпіди; має наркотичну дію, вражає центральну нервову систему; викликає зміни у печінці, нирках, серці [23]. Дослідження показали, що при різних способах введення мишам та щурам він викликав у них пухлини печінки, а при підшкірному введенні – пухлини молочної залози [19].

Галогеноцтові кислоти (ГОК). До цієї категорії належать бромцтова кислота ($BrCH_2COOH$), бромхлороцтова кислота ($BrClCH_2COOH$), хлороцтова кислота ($ClCH_2COOH$), дибромцтова кислота ($Br_2CHCOOH$), дибромхлороцтова кислота ($Br_2ClCCOOH$), дихлороц-

това кислота ($Cl_2CHCOOH$), дихлорбромцтова кислота ($Cl_2BrCCOOH$), трибромцтова кислота (Br_3CCOOH), трихлороцтова кислота (Cl_3CCOOH), йодоцтова кислота (ICH_2COOH) [1].

Монохлороцтову кислоту використовують у виробництві барвників. Дихлороцтову, що володіє високою антивірусною та протигрибковою активністю, для виготовлення косметичних та лікарських засобів, трихлороцтову – у біохімії, медицині як антисептик, в'язучий засіб [24]. Основний шлях впливу для них – пероральний: ГОК всмоктуються в шлунок-кишковому тракті та дуже швидко потрапляють у кров і розподіляються в печінці та м'язах, в меншій кількості – в жировій тканині, нирках, мозку, сім'яниках. В дослідженнях [24] відмічено підвищену смертність у групі мишей, що отримувала добову дозу монохлороцтової кислоти 200 мг/кг маси. У мишей жіночої статі цієї групи знижувалася маса тіла та відмічалось збільшення печінки, знижувався рівень холінестерази (група ферментів, що виконують захисні функції організму та відіграють роль в процесах нейрогуморальної передачі). У щурів ефект спостерігався за будь-якої дози: при дозі більше 30 мг/кг маси – лімфопенія (зниження загального числа лімфоцитів) та зменшення ваги серця; більше 60 мг/кг – зменшення меж серця, дегенеративні та запальні зміни міокарда, збільшення печінки і нирок; більше 90мг/кг – накопичення у м'язах мононуклеарів (різновид лімфоцитів, які борються з вірусами) та м'язова дегенерація, підвищення плазмових рівнів тироксину (гормон, що синтезує клітини щитоподібної залози) і сегментоядерних нейтрофілів (клі-

тини, які борються з чужорідними частинками) [24].

Ди- та трихлороцтові кислоти є високотоксичними, здатні викликати подразнення шкіри, очей при високих концентраціях. Також вони є канцерогенами, оскільки дослідження на тваринах показало дозозалежний зв'язок між впливом цих кислот і виникненням гепатоцелюлярних карцином (пухлини печінки). За впливу високих доз дихлороцтова кислота пошкоджує нитки ДНК, тим самим виявляючи свою мутагенну активність [24].

У воді при нагріванні ГОК здатні розкладатися на ТГМ. Високі рівні ГОК можуть призвести також до пошкодження клітин головного мозку, нервової системи, нирок, ока, репродуктивної системи. Йодоцтова кислота здатна до зниження доступних кількостей поживних речовин та кисню у нейронах, інгібуючи один із ферментів гліцеральдегід-3-фосфатдегідрогеназу (ГАФДГ) – і викликає загибель нейронів. У свою чергу, порушення роботи ГАФДГ викликає виникнення низки неврологічних захворювань, зокрема, хворобу Альцгеймера [24].

На жаль, в Україні вміст ГОК у питній воді не нормується, в той час, як в США для них (для моно-, ди- та трихлороцтової, моно- та дибромцтової і хлорбромцтової кислот) встановлені нормативи на рівні 60 мкг/л, а BrO_3 – на рівні 20, 50 та 200 мкг/л відповідно для моно-, ди- та трихлороцтової кислот [24].

Галогеновані альдегіди: бромацетальдегід ($BrCH_2CHO$), хлорацетальдегід ($ClCH_2CHO$), дибромацетальдегід (Br_2CHCHO), дихлорацетальдегід (Cl_2CHCHO), трибромацетальде-

гід (Br_3CCNO), трихлорацетальдегід (Cl_3CCNO) та хлоралгідрат ($\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3\text{O}_2$) [24].

Хлорацетальдегід здійснює вплив на очі, шкіру та слизові оболонки. За даними Американського агентства з охорони навколишнього середовища хлоралгідрат належить до можливих людських канцерогенів [1]. Хлоралгідрат застосовується в медицині як заспокійливий, снодійний і знеболювальний засіб. У великих дозах хлоралгідрат може викликати отруєння. За токсичної дії хлоралгідрат близький до хлороформу. Він застосовується при психічних збудженнях і як протисудомний засіб при правці, еклампсії і при інших захворюваннях. Хлоралгідрат швидко всмоктується в кров з травного каналу. В організмі він піддається метаболізму. Метаболітами хлоралгідрату є трихлоретанол і трихлороцтова кислота [25].

Вміст галогенованих ацетальдегідів в Україні і світі не нормується.

Галогеновані кетони: дихлорацетон ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2\text{CO}$), трихлорацетон ($\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3\text{CO}$) [1]. Властивості цих сполук не досліджені, а їх вміст у питній воді не нормується.

Галоацетонітрили. До цієї категорії відносяться бромацетонітрил (BrCH_2CN), бромхлорацетонітрил (BrClCHCN), хлорацетонітрил (ClCH_2CN), дибромацетонітрил (Br_2CHCN), дихлорацетонітрил (Cl_2CHCN), трибромацетонітрил (Br_3CCN) і трихлорацетонітрил (Cl_3CCN) [1].

ВООЗ встановила норматив вмісту у питній воді лише для дихлорацетонітрилу на рівні 90 мкг/л, в Україні ж цей норматив відсутній взагалі.

Трихлорацетонітрил атакує очі і шкіру. Канцерогенний і мутагенний ефекти на мишах були зареєстровані в 1986 році для бром-, дибром- та бромхлорацетонітрил [1]. Дані дослідження [26] показують, що галоацетонітрили здатні виробляти розриви ДНК в культивованих людських клітинах (найвища здатність до розривів у трихлорацетонітрилу).

Хлорпикрин (CCl_3NO_2). Використовується як компонент пестицидів в сільському господарстві. Подразнює шкіру і слизові оболонки; пари хлорпикрину мають сльозоточиву, а у високих концентраціях удушливу і загальноотруйну дію, тому він широко застосовувався під час I-ої світової війни як бойова отруююча речовина [27]. Вміст у питній воді хлорпикрину в Україні і світі не нормується.

Хлорфеноли. Ця категорія включає в себе хлорфенол ($\text{ClC}_6\text{H}_4\text{OH}$), дихлорфенол ($\text{Cl}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OH}$), трихлорфенол ($\text{Cl}_3\text{C}_6\text{H}_2\text{OH}$), чотирихлорфенол ($\text{Cl}_4\text{C}_6\text{HON}$), пентахлорфенол ($\text{Cl}_5\text{C}_6\text{OH}$) [1]. Норматив вмісту хлорфенолів у питній воді становить 0,0003 мг/дм³.

Моно-, ди- і трихлорфеноли використовують у виробництві барвників, гербіцидів. Пентахлорфенол застосовують як антисептик для деревини, шкіри, целюлози, тканин, як інсектицид,

фунгіцид та гербіцид; чотирихлорфенол – як селективний розчинник, денатуруючий агент, дезінфікуючий і протигрибковий засіб; трихлорфенол – у виробництві фенол-формальдегідних смол; дихлорфенол – входить до складу прискорювачів вулканізації. Хлорфеноли подразнюють слизові оболонки дихальних шляхів, ви-

кликають екзему шкіри, вражають печінку [28].

Усі впливи побічних продуктів хлорування питної води на організм людини зведені у табл. 1.

Таблиця 1. Вплив побічних продуктів хлорування у питній воді на організм людини

Побічні продукти хлорування	Органи та системи, на які здійснюється вплив	Загальне для умовної групи
Тригалогенметани		
Хлороформ	Токсично діє на центральну нервову, серцево-судинну та дихальну системи, на обмін речовин і внутрішні органи, особливо печінку; спричиняє головокружіння, слабкість, нудоту, шлункові болі	Канцерогени та тератогени. Підвищений ризик раку товстої кишки, сечового міхура, нирок, підшлункової залози, стравоходу, прямої і ободової кишки, легень, молочної залози, тіла матки і щитоподібної залози
Дибромхлорметан	Мутагенна та тератогенна дія: несприятливі впливи на розвиток плоду під час вагітності (вроджені дефекти, недоношування вагітності, затримка росту плоду)	
Інші хлоруглеводні		
Три- та тетра-хлоретилен	Мутагенні властивості	
Дихлоретан	Викликає ураження центральної нервової системи, печінки, нирок і серцевих м'язів. Токсична дія на клітинні мембрани і внутріклітинні структури, викликаючи цитоліз клітин; підвищення проникності судинної стінки, ураження травного каналу з явищем вираженого гастроентерита ведуть до гіповолемії, здійснює канцерогенну та мутагенну дію на організм	
Чотирихлористий вуглець	Має наркотичну дію, вражає центральну нервову систему; викликає зміни у печінці, нирках, серці. Канцерогенна дія: підвищений ризик пухлин печінки та молочної залози	
Галогеноцтові кислоти		
Монохлоротова кислота	Можливе зниження маси тіла, збільшення печінки, зниження рівня холін естерази; лімфопенія та зменшення ваги серця; дегенеративні та запальні зміни міокарда; збільшення печінки і нирок; м'язова дегенерація, підвищення плазмових рівнів тироксину і сегментоядерних нейтрофілів	ГОК всмоктуються в шлунково-кишковому тракті та дуже швидко потрапляють в кров і розподіляються в печінці та м'язах, в меншій кількості – в жировій тканині, нирках, мозку, сім'яниках. Високі рівні ГОК можуть призвести також до пошкодження клітин головного мозку, нервової системи, нирок, ока, репродуктивної системи
Ди- та трихлоротова кислота	Здатні викликати подразнення шкіри, очей при високих концентраціях. Є канцерогенами: дозозалежний зв'язок між впливом цих кислот і виникненням пухлин печінки. За впливу високих доз дихлоротова кислота пошкоджує нитки ДНК, тим самим виявляючи свою мутагенну активність	
Йодоцтова кислота	Здатна до зниження доступних кількостей поживних речовин та кисню у нейронах, інгібуючи один із ферментів гліцеральдегід-3-фосфатгидрогеназу (ГАФДГ) – і викликає загибель нейронів. В свою чергу порушення роботи ГАФДГ викликає виникнення низки неврологічних захворювань, зокрема, хворобу Альцгеймера	
Галогеновані альдегіди		
Хлорацетальдегід	Здійснює вплив на очі, шкіру та слизові оболонки	
Хлоралгідрат	Належить до можливих людських канцерогенів. У великих дозах хлоралгідрат може викликати отруєння	

Побічні продукти хлорування	Органи та системи, на які здійснюється вплив	Загальне для умовної групи
Галогеновані кетони	Немає досліджень	
Хлорпікрин	Подразнює шкіру і слизові оболонки; пари мають слезоточиву, а у високих концентраціях удушливу і загальноотруюючу дію	
Хлорфеноли	Подразнюють слизові оболонки дихальних шляхів, викликають екзему шкіри, вражають печінку	

Висновки

У процесі хлорування питної води утворюється безліч токсичних речовин, які здійснюють хронічний вплив на організм людини пероральним, інгаляційним способами та через шкіру. Їх умовно поділяють на такі групи: тригалогенметани, інші хлорвуглеводні, галогеноцтові кислоти, галогеновані альдегіди, галогеновані кетони, галоацетонітрили, хлорпікрин та хлорфеноли. Деякі з цих хлорорганічних сполук мають канцерогенну дію – онкологічні захворювання печінки, нирок, щитоподібної залози, сечового міхура, молочної залози, стравоходу тощо; мутагенну дію – розрив ниток ДНК, вроджені вади, такі як дефекти міжшлункової перегородки, обструктивні дефекти сечовивідних шляхів; тератогенну дію – спричиняючи

недоношування вагітності або народження дітей з низькою вагою. При цьому канцерогенність та мутагенність підтверджена дослідженнями на тваринах. Однак не зважаючи на це, нормативи вмісту у питній воді встановлені лише для деяких речовин. Зокрема, для токсичних і канцерогенних галогеноцтових кислот та канцерогенних і мутагенних галоацетонітрилів в Україні відповідні нормативи відсутні, хоча Всесвітньою організацією охорони здоров'я та Американським агентством з охорони навколишнього середовища (USEPA) для деяких речовин із цих груп вони встановлені. Тому майбутні дослідження будуть спрямовані на проведення дослідів на мишах щодо впливу на них ще досліджуваних побічних продуктів хлорування.

Література

- Nikolaou A.D., Kostopoulou M.N., Lekkas T.D. Organic by-products of drinking water chlorination // Global Nest. – Greece, 1999. – volume 1, no 3. – pp. 143–156.
- Стишаль О.А., Петрук В.Г. Аналіз чинників екологічної небезпеки хлорованої питної води // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: ВПТУ, 2014. – №5. – С. 69 – 75.
- Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. [Затверджені Наказом МОЗ України №400 від 12.05.2010 р.]. – Київ: МОЗ України, 2010. – 43 с.
- Химическая энциклопедия он-лайн. “Хлороформ”. – Режим доступу: <http://www.xumuk.ru/toxicchem/51.html>.
- Факультет промышленной технологии лекарств. “Отравление хлороформом”. – Режим доступу: <http://www.fptl.ru/otravlenija/hloroform.html>.
- РИА Новости (2014). “Хлороформ и его влияние на человека”. – Режим доступу: <http://ria.ru/spravka/20140519/1008423567.html> (дата звернення 25.12.2014р.).
- Химия и токсикология. “Симптомы острого отравления хлороформом”. – Режим доступу: <http://chemister.ru/Database/properties.php?dbid=1&id=317>.
- Петренко Н.Ф. Побічні продукти знезараження питної води хімічними окислювачами (огляд літератури та власних досліджень) // Вода: гігієна та екологія, 2013. – №1(1). – С. 158–175.

- Lewis C., Suffet I.H., Ritz B. Estimated effects of disinfection by-products on birth weight in population served by a single water utility // American Journal of Epidemiology, 2005. – vol. 163, №1. – pp. 38–47.
- Wright J.M., Schwartz J., Dockery D.W. Effect of trihalomethane exposure on fetal development // Occup Environ Med, 2003. – № 60. – pp. 173–180.
- Exposure to drinking water disinfection by-products and pregnancy loss / D.A. Savitz, P.C. Singer, A.H. Herring, K.E. Hartmann, H.S. Weinberg, C. Makarushka // American Journal of Epidemiology, 2006. – vol. 164, №11. – pp. 1043–1051.
- Chlorination disinfection by-products in drinking water and the risk of adult leukemia in Canada / Khaled Kasim, Patrick Levallois, Kenneth C. Johnson, Belkacem Abdous, Pierre Auger // American Journal of Epidemiology, 2006. – vol. 163, №2. – pp. 116–126.
- Галогеноцтові кислоти у хлорованій питній воді як гігієнічна проблема / В.О. Прокопов, С.А. Труш, С.В. Гуленко, В.А. Соболев, Т.В. Куліш // Гігієна населених місць, 2013. – № 61. – С. 88–100.
- Топ-новини (2010). “Вода, яку ми п'ємо, може викликати мутації”. – Режим доступу: <http://ntop.com.ua/news/a-253.html> (дата звернення 27.11.2014р.).
- Chlorination, chlorination by-products, and cancer: a meta-analysis / R.D. Morris, A.M. Audet, I.F. Angelillo, T.C. Chalmers, F. Mosteller // American Journal of Public Health, 1992. – Vol. 82, No. 7. – pp. 955–963.
- Case-Control Study of Colon and Rectal Cancers and Chlorination By-Products in Treated Water / Will D. King, Loraine D. Marrett, Christy G. Woolcott // Cancer Epidemiol Biomarkers Prevention, 2000. – Vol. 9. – pp. 813–818.
- Bladder Cancer and Exposure to Water Disinfection By-Products through Ingestion, Bathing, Showering, and Swimming in Pools / Cristina M. Villanueva, Kenneth P. Cantor, Joan O. Grimalt and others // American Journal of Epidemiology, 2006. – Vol. 165, No. 2. – pp. 148–156.
- Тригалогенметани, як побічний продукт хлорування питної води, та їх вплив на формування онкологічної патології серед населення Кривбасу / А.Ю. Лисий, С.А. Риженов, В.Г. Капшук, І.І. Грузін, Н.Ф. Яковець Н.Ф. // Актуальные проблемы транспортной медицины, 2008. – № 4 (14). – С. 102–108.
- Пушковська С.В. Хлорорганічні сполуки у питній воді та їх вплив на здоров'я населення // Гігієна населених місць. – 2011. – № 58. С. 88–103.
- Химическая энциклопедия он-лайн “Трихлорэтилен”. – Режим доступу: <http://www.xumuk.ru/encyclopedia/2/4597.html>.
- Медицинский портал. “Отравления хлорированными углеводородами (дихлорэтан, четыреххлористый углерод, трихлорэтилен, хлороформ)”. – Режим доступу: <http://www.eurolab.ua/encyclopedia/urgent.medica.aid/2471/>.
- Химическая энциклопедия он-лайн. “Дихлорэтан”. – Режим доступу: <http://www.xumuk.ru/toxicchem/54.html> (дата звернення 25.12.2014р.).
- Химическая энциклопедия он-лайн. “Четыреххлористый углерод”. – Режим доступу: <http://www.xumuk.ru/toxicchem/53.html>.
- Галогеноцтові кислоти у хлорованій питній воді як гігієнічна проблема (систематизація та аналіз світової літератури) / В.О. Прокопов, С.А. Труш, С.В. Гуленко, В.А. Соболев, Т.В. Куліш // Гігієна населених місць. – Київ: ДУ ПМГ, 2013. – № 61. – С. 88–97.
- Химическая энциклопедия он-лайн. “Хлоралгидрат”. – Режим доступу: <http://www.xumuk.ru/toxicchem/52.html>.
- Genotoxic properties of haloacetonitriles: drinking water by-products of chlorine disinfection / F.B. Daniel, K.M. Schenck, J.K. Mattox, E.L.C. Lin, D.L. Haas, M.A. Pereira // Fundamental and Applied Toxicology, 1986. – № 6. – pp. 447–453.
- Википедия. “Хлорпікрин”. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Хлорпікрин>.
- Химическая энциклопедия он-лайн. “Хлорфенолы”. – Режим доступу: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/5068.html>.