

СТИСКАЛ О.А., ПЕТРУК В.Г., УКРАЇНА (М. ВІННИЦЯ)

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ

Актуальність. В більшості областей України на водоканалах для знезараження питної води використовують хлор, в процесі якого утворюється велика кількість побічних токсичних речовин, про що багато хто знає, але не приймає відповідних рішень.

Постачати у власний організм чотирихлористий вуглець – відмінний плямовивідник або дихлоретан – не менш чудовий клей для органічного скла – значить займатися повільним самогубством. Але й це ще не все. Діоскин – компонент хімічної зброї "ейджент орандж" (застосовувався США у В'єтнамі) – сильна отрута, що вражає імунну систему, яка навіть в мікродозах не виводиться з організму [1].

Поставлені задачі. Дослідити сучасні методи знезараження питної води в Україні та світі; виявити основні їх переваги та недоліки; зробити відповідні висновки і запропонувати найбільш безпечний серед зазначених методів дезінфекції, знезараження та стерилізації питної води.

Результати досліджень. Ще на початку 70-х років ХХ ст. у літературі з'явилися повідомлення щодо можливості утворення галогеновмісних сполук (ГВС) при хлоруванні води. Останнім часом з'явилися дані про те, що багато речовин промислового походження, що знаходяться у воді, також можуть трансформуватись під дією активного хлору. У процесі хлорування води можуть утворюватися сотні галогеносполук, якісний і кількісний склад яких залежить від вихідного вмісту у воді речовин – попередників ГВС. Встановлено, що такими є гумінові кислоти, фульвокислоти, таніни, хінони, дубильна, карбоксильна, лимонна й амінокислоти, Д-глюкоза, вуглеводні, похідні фенолу, аніліну, поверхнево-активні речовини (ПАР), рідше зустрічаються: барвники, спирти, ефіри, альдегіди, кетони, екстрацелюлярні продукти життєдіяльності водоростей, у тому числі – синьо-зелених, планктонів і т.п. Відомо, що додатковим джерелом попередників ГВС можуть служити виробничі стічні води, що містять лігніни, смоляні й жирні кислоти [2].

В останньому виданні Посібника Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я (ВООЗ) з контролю якості питної води наведені відомості щодо 19 речовин – продуктів хлорування, які є потенційно небезпечними для здоров'я населення. Серед них тригалометани (ТГМ), хлорфеноли, сполуки з груп галооцтових кислот, галоацетонітрилів, галогенованих альдегідів, кетонів і фуранонів. Залишається незрозумілим, чи можуть утворюватися при обробці води хлором хлоретилени, хлоретани, хлорбензоли й ряд інших ГВС. Небезпечними речовинами, що утворюються при хлоруванні води, є [2]:

Хлороформ	1,2-Дихлоретан
Чотирихлористий вуглець	1,1-Дихлоретилен
Дихлорбромметан	Трибромметан
Дибромхлорметан	2,4,6-трихлорфенол
Трихлоретилен	2-хлорфенол
Тетрахлоретилен	Дихлорацетонітрил

Особливо небезпечні мутагенні сполуки, здатні викликати появу злоякісних пухлин. Дослідження фінських учених виявили пряму залежність між мутагенністю хлорованої води і частішим виникненням злоякісних захворювань. Результати досліджень такі: вживання хлорованої води особливо сильно позначається на жінках – майже в два рази збільшується імовірність захворіти на рак стравоходу, в 1,5 рази – на рак сечового міхура і прямої кишки, в 1,1 рази – на рак молочної залози. Серед чоловіків вживання хлорованої води призводить до збільшення ймовірності раку легенів. І ще – хлорована вода на 30% прискорює процес старіння! [1]

Нами були проаналізовані дані Державного комітету статистики України, які свідчать про зростання випадків захворювання серед населення: на новоутворення порівняно з 1990 роком у 2011 році кількість зросла на 113 тис.; на хвороби системи кровообігу – на 1197 тис.; на хвороби сечостатевої системи – на 871 тис.[3].

До речі в книзі «Світ, який не повинен загинути» висунуто припущення, що канцерогенну дію уже в знезараженій хлоруванням воді викликають не хлорвмісні побічні продукти взаємодії з

хлором, а спори синьо-зелених водоростей, які в процесі еволюції мутували і стали стійкими до дії хлору [4].

Небезпека не обмежується тільки тим, що ми п'ємо хлоровану воду. Небезпечно використання і ванн та душу. Хлор легко всмоктується через шкіру при контакті під час прийняття душу, в басейні. За час, проведений у басейні, людина отримує в 141 разів більшу дозу тригалометанів, ніж при митті під душем, і в 93 рази більше, ніж якби просто випила склянку води з-під крана. Це пояснюється тим, що під час миття в теплій воді пори шкіри відкриті і тіло вбирає хлор як губка. Клуби пари, що утворюються навколо нас при прийомі душу, містять газоподібний хлороформ, що накопичується в легеневій тканині [1].

Ще одна причина, через яку хлорування не можна вважати універсальним методом знезараження – існування хлоррезистентної мікрофлори: хлоростійких форм *E.coli*, *Pseudomonadaceae*, *Klebsiellae*, *Proteae*, *Legionella*, що відносяться до умовнопатогенних і патогенних мікроорганізмів та є стабільними контамінантами міських систем водопостачання. Стосовно спорових форм – хлор малоефективний. Відносно стійкі до хлору також мікробактерії, ентеровіруси, цисти найпростіших, синегнійна паличка, вірус гепатиту А (ВГА) [2].

Менш поширеним методом дезінфекції питної води в Україні є поєднання хлору та аміаку. Він застосовується на водоканалах Черкас, Києва, Запоріжжя тощо [5,6,7]. Більше 30% середніх і великих водопроводів США також використовують цей метод. Досліди, що були проведені ще в 1989 р. на річках Дніпро й Десна, довели, що застосування хлорамонізації в літній період дозволяє знизити концентрацію хлорорганічних сполук (ХОС) в питній воді в 6 разів і більше [2].

Економія хлору при амонізації пов'язана зі значним зменшенням хлорпоглинання зв'язаного хлору в порівнянні з вільним, а також зі значною стабільністю зв'язаного хлору у воді. Лабораторні й дослідно-промислові дослідження довели, що хлорування води з мінімальними добавками аміачної води забезпечує стійке зниження концентрації хлороформу в питній воді до вимог ДержСанПіНу України (до 60 мкг/дм і нижче); у літній період економія хлору складає не менше 50% [2].

Хлораміни мають тривалий ефект післядії й перешкоджають вторинному росту мікроорганізмів в мережі, краще проникають у біоплівки й інактивують прикріплені мікроорганізми, і в такий спосіб перешкоджають погіршенню якості води в мережі та стану самих мереж. Однак мають невисоку бактерицидну дію (в 10-20 разів менше, ніж у вільного хлору й гіпохлориту натрію). А тому при підготовці питної води не може бути використаний в якості дезінфіканту тільки цей реагент [2].

В Коломиї Івано-Франківської області для знезараження використовують гіпохлорит натрію, який отримують безпосередньо на станції очищення питної води з харчової солі методом електролізу. Завдяки високій ефективності гіпохлориту, його використовують у значно менших концентраціях, ніж чистий хлор, і навіть мікродози цієї речовини у воді захищають її від повторного зараження під час проходження старими трубами від станції очищення до крана у квартирі споживача. Отже, ця речовина за своїми властивостями автентична хлору, але не є настільки екологічно небезпечною. Лише при потраплянні на тіло людини вона може спричинити опіки. Окрім цього, це ще й економічно вигідно. Адже зараз автоматично відпала необхідність придбання засобів, які призначені для локалізації та нейтралізації хлорної хвилі, у нейтралізуючих та поглинальних розчинах, не потрібно складати плани ліквідації аварійної ситуації. Відповідно, мешканці міста можуть сподіватися, що здешевиться і сама собівартість води [8].

Вважається, що заміна хлору на гіпохлорит натрію не поліпшить якості водопровідної питної води. Гіпохлорит натрію не є вибухонебезпечним при використанні на відміну від хлору, однак за рештою характеристик аналогічний хлору або гірший за нього. Спираючись на результати наукових досліджень, можна стверджувати наступні недоліки гіпохлориту натрію: він менш ефективно, ніж хлор, знезаражує воду; посилює процеси корозії обладнання та трубопроводів за рахунок електропровідності води. І, головне, лабораторні дослідження показали, що цей реагент, порівняно з хлором, має найбільшу реакційну здатність щодо утворення канцерогенних хлорорганічних сполук, зокрема хлороформу. Є залежність і від якості води на водозаборі: чим більше органіки (тих же синьо-зелених водоростей, від яких влітку потерпає, зокрема, Дніпро) – тим більше хлороформу утвориться при реакції з гіпохлоритом натрію. Отже, гіпохлорит натрію не підійде для обробки вихідної води без впровадження дорогих технологій, які дозволять видалити з води органічні речовини перед процесом хлорування [9].

Як альтернатива, пропонується використання діоксиду хлору, озону, ультрафіолетового випромінювання тощо. Однак і ці методи теж мають свої недоліки.

Наприклад, у порівнянні з бактеріями й вірусами відзначається підвищена стійкість дріжджів і грибів до впливу УФ-випромінювання. УФ-випромінювання діє на віруси набагато ефективніше, ніж хлор, а також вирішує проблему видалення вірусів гепатиту А. Однак, наприклад, аденовіруси досить стійкі до впливу ультрафіолетового світла. Одною з причин утруднення видалення мікроорганізмів можуть бути компоненти суспензії, що перебувають у середині конгломератів і захищають їх від дії УФ-променів [2].

Істотним недоліком УФ-знезараження є відсутність бактерицидної післядії. Після припинення УФ-опромінення вода знову легко зазнає зовнішнього бактеріального забруднення в розподільних мережах. Також одержання ультрафіолету є енергоємним процесом через порівняно великі затрати електроенергії на його регенерацію. Існують обмеження і щодо якості оброблюваної води. Велике значення на ефект знезаражування води УФ-променями має мутність і кольоровість води, тому що вони зменшують інтенсивність випромінювання в товщі води [2].

Є наукові публікації, в яких висловлюються думки про необхідність додаткового вивчення можливості утворення під дією УФ-променів асимільованого органічного вуглецю, що підвищує біологічну нестабільність води, а також публікації щодо існування потенційної загрози початку формування токсичних продуктів фотолізу [2].

Деякі дослідники стверджують, що в результаті впливу озону на органічні речовини останні можуть руйнуватися з утворенням шкідливих хімічних сполук, у першу чергу – альдегідів і кетонів. По даним лише для одного із продуктів озонолізу-бромату характерна канцерогенна дія [2].

Існує висока ймовірність появи у воді після озонування додаткових кисневмісних органічних забруднювачів, що є продуктами окиснення й деструктивного розкладання. У літературі є відомості щодо присутності в озонованій воді вільних радикалів, токсичних пероксидних, карбонільних і карбоксильних сполук. Потрапляючи в живий організм, вільні радикали (наприклад, HO^\cdot , O_2^\cdot) викликають мутагенні ефекти, руйнують біомембрани, порушують функції ДНК, блокують активні центри ферментів. В той же час, на сьогодні не існує ГДК вільних радикалів у питній воді. А виявлення цих речовин – технічно складне завдання [2].

Діоксид хлору в порівнянні із хлором і хлорпрепаратами має наступні основні переваги: поліпшення органолептичної (смак, запах, кольоровість, каламутність) характеристики води; висока біоцидна активність відносно всіх форм мікроорганізмів, включаючи спори, віруси; цисти найпростіші, яйця гельмінтів, мікроводорості і та ін.; висока швидкість знезаражування при значно меншій концентрації речовини; тривалий бактериостатичний ефект у водорозподільчих системах; видалення мікробних відкладень, запобігання утворенню таких відкладень в мережі водорозподілення; відсутність утворення хлоровмісних сполук, включаючи тригалометани, хлорфеноли, поліхлоровані біфеніли і та ін. Вміст тригалометанів (ТГМ) при застосуванні діоксиду хлору становить 1-25% від вмісту ТГМ, яких можна спостерігати при обробці тієї ж кількості води хлором. Результати деяких досліджень свідчать про відсутність утворення хлороформу в природних водах, що оброблені діоксидом хлору в концентраціях до 1,0 мг/дм³; відсутність реакцій з аміаком та іонами амонію; незалежність окисно-відновного потенціалу від рН води; окиснення органічних сполук, заліза (II), марганцю (II) і та ін.; поліпшення флокуляції води, що не пройшла ще обробки; екологічна безпека [2].

Переваги діоксиду хлору в порівнянні з озоном: тривалий ефект післядії; відсутність утворення токсичних броматів; мінімальні ваго габаритні параметри устаткування; технологічні й експлуатаційні переваги; менша вартість устаткування й собівартість обробки води. Генератори для синтезу діоксиду хлору випускають відомі європейські фірми, технологія його використання добре відпрацьована, що зробило цей спосіб доступним і широко використовуваним в Європі [2].

Щодо токсичності похідних діоксиду хлору, то коректніше було б говорити про одну похідну – хлорит-аніон, ГДК якого (0,2 мг/дм³). ВООЗ вже переглянула поріг припустимості вбк підвищення до 1 мг/дм³ [2].

Коллективні дослідження та лабораторні експерименти університету Брешия (Італія) свідчать, що при залишковій концентрації діоксиду хлору менше ніж 0,2 мг/дм³ досягається більш ніж 90 %-ий бактерицидний ефект; що при інших однакових умовах при діоксидуванні не утворюються тригалометани, а рівні загальних галоген-похідних в 10-20 разів нижчі, ніж при хлоруванні [10].

Одним із найбільш ефективних і перспективних окисників, які використовуються в наш час, є пероксид водню. Це зумовлено тим, що він є екологічно чистим реагентом, завдяки тому, що основними продуктами взаємодії його з токсичними речовинами є: вода, вуглекислий газ, кисень. Це означає, що при використанні пероксиду водню не відбувається вторинного забруднення води. Але широкому використанню пероксиду водню перешкоджає його порівняно висока вартість і здатність до розкладу. В зв'язку з цим розробляються технології його електросинтезу для обробки води безпосередньо на місці використання. Крім цього, зроблений висновок, що пероксид водню – невід'ємний компонент природного водного середовища і до втручання людини еволюція аеробного життя на Землі здійснювалась не тільки в присутності O_2 і H_2O , але і H_2O_2 . Виявляється, що два процеси – утворення і розкладу H_2O_2 – супроводжуються генерацією радикалів, які приймають участь в самоочищенні водного середовища [2].

Науковці РАН розробили новий безхлорний засіб для очищення та знезараження питної води – ДЕЗАВІД-Концентрат. Основу препарату представляють органічні полімери, добре розчинні у воді полігексаметиленгуанідин гідрохлорид і алкілдиметилбензиламоній хлорид. ПГМГ має тонкий механізм дії, що дозволяє знищувати безпосередньо самі мікроорганізми, залишаючись при цьому нейтральним до середовища і не вступає в хімічні реакції [11].

Засіб ДЕЗАВІД-Концентрат володіє наступними характеристиками: має антимікробну активність відносно санітарно показових і умовно-патогенних мікроорганізмів, вірусів, грибів; безпечний для людини і навколишнього середовища; не утворює токсичних канцерогенів; ефективний при будь-якому рівні забруднення і якості оброблюваної води; має довготривалу дію; володіє сильним флокулятивним ефектом; зручний в транспортуванні, зберіганні, застосуванні; за параметрами гострої токсичності відноситься до 4 класу малонебезпечних речовин; пожежо- і вибухобезпечний [11].

«Дезавід» уже декілька років широко використовується як дезінфікуючий засіб у медицині, ветеринарії, побутових миючих засобах, при очищенні води у плавальних басейнах тощо. А минулого року Російська Федерація розпочала використовувати «Дезавід» для очищення питної води на водоканалах кількох міст, зокрема Череповця, Краснокамська, Пскова, а ще у низці міст проводяться промислові випробування [12].

Особливістю «Дезавіду» є те, що він не одразу розпадається у воді, а залишається там близько 14 днів, надійно захищаючи воду від повторного зараження. Однак виникає запитання: якщо реагент залишається у воді, наскільки безпечною є ця вода для вживання? Виробники засобу запевняють, що речовина є цілковито інертною, тобто не вступає у взаємодію з жодними іншими речовинами, не поглинається шкірою чи слизовими оболонками, а при потраплянні до кишково-шлункового тракту просто руйнується ферментами й виводиться з організму без жодних шкідливих наслідків. «Дезавід» не є токсичним, не викликає отруєнь, подразнень чи алергічних реакцій. Не є шкідливим для навколишнього середовища, оскільки розкладається на органічні речовини, і може використовуватись для знезараження стічних вод [12].

Такі висновки підтверджуються результатами досліджень і промислових випробувань фахівців низки науково-дослідних інститутів Російської Федерації, а також лабораторій України, Італії, Болгарії, Туреччини, Австралії тощо. 2005 р. «Дезавід» отримав Свідоцтво про державну реєстрацію Росспоживнагляду і Сертифікат відповідності Держстандарту, він дозволений Російською держсанепідеміологічною службою для використання на території Російської Федерації. У серпні 2012 року безпечність і ефективність «Дезавіду» було визнано й українською Державною санітарно-епідеміологічною службою та Міністерством охорони здоров'я України [12].

Висновки. Отже, як бачимо, в усіх методів знезараження, навіть альтернативних, є теж певні недоліки. Все це свідчить про недостатність вивчення та дослідження даної проблеми на мікроскопічному рівні. Нещодавно озонування та оброблення води УФ-випромінюванням здавалися майже ідеальними методами дезінфекції, а тепер і вони піддаються сумнівам. Єдиним способом, в якому поки ще, окрім дорогої вартості, не знайшли суттєвих недоліків – застосування пероксиду водню. Ну і «інноваційний прорив» російських науковців – препарат «Дезавід», який, за словами аналітиків, має лише переваги порівняно з іншими методами дезінфекції. Проте, як свідчить досвід, нічого ідеального не буває. Тому, мабуть, просто його ще не достатньо дослідили на належному рівні. Проте з найбільших небезпек потрібно обирати найменшу. Тому для більш детального вивчення необхідно обрати пероксид водню. Наскільки б дороговартісним метод не

був, все одно в порівнянні із витраченими населенням коштами на лікування хвороб, викликаних побічними токсичними речовинами в результаті нині застосовуваних способів знезараження, він не буде здаватися настільки дорогим. Більшість людей не знає тонких деталей і справжньої небезпеки хлорованої води.

Тому проблема якісного знезараження питної води залишається вкрай актуальною і потребує якнайшвидшого вирішення [13].

Список літературних джерел

1. Офіційний сайт «Топ новини України» // Вода, яку ми п'ємо, може викликати мутації Публікація від 27.10.10 р. Режим доступу <http://ntop.com.ua/news/a-253.html>.
2. Крамаренко Л.В. Спецкурс з очистки природних вод. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 122 с.
3. Офіційний сайт Державного комітету статистики України. Режим доступу: http://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2007/oz_rik/oz_u/zahvor_06_u.html.
4. Губарець В., Падалка І. Світ, який не повинен загинути. Людина і довкілля: сучасний аспект. – Київ: Техніка, 2009. – 320 с.
5. Офіційний сайт водоканалу м. Черкаси. Режим доступу: vodokanal.ck.ua/.
6. Офіційний сайт водоканалу м. Києва. Режим доступу: www.vodokanal.kiev.ua/.
7. Офіційний сайт водоканалу м. Запоріжжя. Режим доступу: www.vodokanal.zp.ua/.
8. Офіційний сайт Івано-Франківської облдержадміністрації. Режим доступу: <http://www.if.gov.ua/modules.php?name=News&file=article&sid=1529>.
9. Офіційний сайт газети Телеграф. // Тетяна Донченко. Водоканал хоче відмовитися від хлору. Публікація від 2.09.2012 р. Режим доступу: http://www.telegraf.in.ua/kremenchug/2012/09/02/vodokanal_10024238.html.
10. Соловйова Ж.Ф., Малюченко І.О. Екологічні аспекти очищення води діоксином хлору // Наукові записки. Том 43. Біологія та екологія. – К.: Вид. дім «КМ Академія», 2005. – С. 69-71.
11. Офіційний сайт компанії Дезавід. Режим доступу: <http://dezavid.com.ua/>.
12. Офіційний сайт приватної газети «Подільнянин». // Наталія Ярова. Вода без хлору – реальність чи фантастика? Публікація від 18.01.2013 р. Режим доступу: <http://podolyanin.com.ua/community/5548/>.
13. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.

Стискал Оксана Анатоліївна, інженер кафедри екології та екологічної безпеки Інституту екології та екологічної кібернетики Вінницького національного технічного університету, роб. тел. (0432)598-443, ел. адреса: kafedraeeb@mail.ru.

Петрук Василь Григорович, д.т.н., професор, директор Інституту екології та екологічної кібернетики, завідувач кафедри екології та екологічної безпеки Вінницького національного технічного університету, роб. тел. (0432)598-442, ел. адреса: petrukvg@gmail.com.

Анотація

Аналіз сучасних методів знезараження питної води. Стискал О.А., Петрук В.Г.

В статті розглянуті сучасні методи дезінфекції питної води, наведені основні їх переваги та недоліки, зроблені відповідні висновки та пропонується звернути увагу на знезараження за допомогою пероксиду водню.

Ключові слова: знезараження (дезінфекція), хлорування, озонування, УФ-випромінювання, хлорамонізація, Дезавід.

УДК: 628.166

Аннотация

Анализ современных методов обеззараживания питьевой воды. Стыскал О.А., Петрук В.Г.

В статье рассмотрены современные методы дезинфекции питьевой воды, приведены основные их преимущества и недостатки, сделаны соответствующие выводы и предлагается обратить внимание на обеззараживание с помощью пероксида водорода.

Ключевые слова: обеззараживание (дезинфекция), хлорирование, озонирование, УФ-излучение, хлорамонизация, Дезавид.

УДК: 628.166

Anotation

Analysis of modern methods of disinfecting drinking water. Styskal O.A., Petruk V.G.

The article are considered modern methods of disinfection of drinking water, adduced the main advantages and disadvantages of them, made the appropriate findings and proposed to pay attention to disinfection using hydrogen peroxide.

Keywords: disinfection, chlorination, ozonation, UV-radiation, hloramonzatsiya, Dezavid.

UDC: 628.166