

Національний університет імені Тараса Шевченка



**ОРГАНІЗАЦІЯ ГОСПОДАРЧО-ПИТНОГО
ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Укладач: доцент І.М. Байсарович



План лекції: Основні технологічні процеси очистки води

- ✓ Утворення токсичних хлорорганічних сполук при хлоруванні води
- ✓ Перспективи хлорування води.
- ✓ Знезараження води озоном.
- ✓ Знезараження води сріблом.
- ✓ Знезараження води йодом.
- ✓ Безагрегатні методи знезараження води.
- ✓ Ефективність різних методів знезараження води.



Утворення токсичних хлорорганічних сполук при хлоруванні води

Органічний склад природних вод формується за участю ґрунтового і торфового гумусу, планктону, вищої водної рослинності, тваринних організмів, а також органічних речовин, які вносяться у водойми внаслідок розвитку населених пунктів, промисловості й сільського господарства.

При хлоруванні води витрати хлору на різні види реакцій з органічними речовинами приблизно такі, % від загальної дози хлору (Табл.15.1):



Таблиця 15.1. Витрати хлору при хлоруванні води на різні види реакцій з органічними речовинами [1, с.171].

Види реакцій	Витрата хлору, % від загальної дози хлору
Окиснення органічних речовин до CO_2	50 - 80 %
Утворення галогенацетонітрилу	0 - 5 %
Утворення тригалогенметанів (ТГМ)	0,5 - 5 %
Утворення хлорвмісних сполук (без ТГМ)	1 - 6 %
Інші реакції	Решта



Треба чітко знати, що за певних умов при обробці води активним хлором можуть утворюватися небезпечні для здоров'я людини речовини, зокрема:

- хлороформ (має канцерогенну активність);**
- дихлорбромметан, хлоридбромметан, трибромметан (мають мутагенні властивості);**
- 2, 4, 6-трихлорфенол, 2-хлорфенол, дихлорацетонітрил, хлорпіридин, поліхлоровані біфеніли (є імунотоксичними та канцерогенними).**



Основними заходами, які рекомендуються для попередження появи цих небезпечних речовин при хлоруванні природних вод, є:

- зменшення концентрації хлору в зоні реакції;**
- скорочення тривалості контакту з вільним хлором;**
- усунення основної маси органічних речовин коагулянтами і адсорбцією до хлорування;**
- заміна попереднього хлорування озонуванням чи обробкою діоксидом хлору.**



Гранично допустимі концентрації таких токсичних сполук, як тригалогенметани (ТГМ), у національних і міжнародних стандартах якості питної води коливаються в широких межах (від 1 до 100 мкг/л), оскільки це питання ще мало вивчено. Так, стандарти ЄЕС вимагають вилучення ТГМ до 1 мкг/л, рекомендації ВООЗ – до 10-30 мкг/л, стандарт США – до 100 мкг/л, а рекомендації нашого Міністерства охорони здоров'я – до 60 мкг/л.

В результаті проведених за останні 10 років досліджень було встановлено, що у воді можуть бути присутніми токсичні леткі галогенорганічні сполуки (ЛГС). Це в основному сполуки, що відносяться до групи ТГМ: хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан, бромоформ та інші, які мають канцерогенну і мутагенну активність.



Медиками виявлено взаємозв'язок між кількістю онкологічних захворювань і споживанням населенням хлорованої води, яка містила галогенорганічні сполуки. Для шести високо пріоритетних *летких хлорорганічних сполук* (ЛХС) Міністерство охорони здоров'я встановило орієнтовно безпечні рівні їх впливу на людину (ОБРВ) з урахуванням бластомогенної активності (Табл.15.2).



Таблиця 15.2. Високо пріоритетні ЛХС та їх допустимі концентрації у питній воді, мг/л [1, с.172].

Сполуки	ОБВР за токсикологічною ознакою шкідливості	ОБВР з урахуванням бластомогенної активності
Хлороформ	1	0,06
Чотирихлористий вуглець	0,4	0,006
1,2-Дихлоретан	0,1	0,02
1,1-Дихлоретан	6	0,006
Трихлоретилен	0,8	0,06
Тетрахлоретилен	0,2	0,02



ЛХС можуть потрапляти у питну воду в результаті:

- 1) забруднення джерел водопостачання промисловими стічними водами, які містять ЛХС;**
- 2) взаємодії хлору з органічними речовинами, які є у природній воді, в процесі водопідготовки.**

Основні концентрації ЛХС утворюються на етапі первинного хлорування води при введенні хлору в неочищену воду. У хлорованій воді виявлено понад 20 різних ЛХС. Найбільш часто відзначається присутність ТГМ і чотирихлористого вуглецю. При цьому кількість хлороформу, як правило, на один-три порядки перевищує вміст інших ЛХС.



З метою оцінки якості води джерела водопостачання відносно ЛХС, перш за все визначають їх вміст у природній воді, потім у воді, яка пройшла водопідготовку. Аналізи проводять у різні періоди року (один-два рази на квартал), а також у періоди різкої зміни якості води (водопілля, паводки). За даними аналітичного контролю визначається необхідність зміни технології водопідготовки з метою зниження концентрації ЛХС.



Перспективи хлорування води.

Серед основних хлорвмісних дезінфектантів максимальна кількість обсягів виробництва у 80-і роки минулого століття припадала на хлор-газ. Загалом, у світі зростає використання кристалічного гіпохлориту кальцію на 3-4%, як найбільш зручного і ефективного засобу для дезінфекції води плавальних басейнів і малих систем водообробки. Однак, існує тенденція скорочення загальних витрат хлору для обробки води за рахунок вдосконалення технологій водоочистки. Зокрема, в США використання хлору з 1980 по 1985 р. знизилося з 552 до 405 тис. тон, а в Японії – з 59 до 50 тис.т.



У концепції поліпшення якості питної води в Україні, яку було створено згідно з прийнятою урядом в 1991 р. науково-соціальною програмою «Питна вода», передбачено розробку і впровадження сучасних технологій отримання якісної питної води з використанням озону, пероксиду водню, що виключає застосування хлору в технології очистки і запобігає утворенню високотоксичних хлорорганічних сполук.

Але в найближчий час, як вважає ряд учених (зокрема, О.В. Сліпченко, Л.А. Кульський, Є.С. Мацкевич, 1990), за умов масового централізованого водопостачання відмовитися від знезараження води методом хлорування буде складно з економічних і технологічних причин.



Знезараження води озоном

Озонування води – один із ефективних методів знезараження води. Озон, як відомо, є алотропічною модифікацією кисню, і молекула його на відміну від молекули кисню (O_2) складається не з двох, а з трьох атомів (O_3).

Вперше озон було виявлено в 1785 р. голландським фізиком М. ван Марумом за характерним запахом (свіжості) і окисними властивостями, які набуває повітря після пропускання через нього електричних іскор. Озон є вибуховим газом синюватого кольору з різким характерним запахом. Молекула O_3 є нестійкою і самочинно перетворюється на O_2 з виділенням тепла. Озон є одним з найбільш сильних окисників, набагато сильнішим, ніж кисень. Він окиснює всі метали, за виключенням золота і платинових, а також більшість інших елементів.



Озонування води ґрунтується на властивості озону розкладатися у воді з утворенням *атомарного кисню* ($O_3 \rightarrow O_2 + O$), який руйнує *ферментні системи мікробних клітин, окиснює деякі сполуки*, що надають воді неприємного запаху (наприклад, гумінові основи).

Кількість озону, яка є необхідною для знезараження води, залежить від ступеня забруднення води і становить 1-6 мг/л за контакту близько 8-10 хв. Кількість залишкового озону не повинна перевищувати 0,3-0,5 мг/л, оскільки більш висока доза надає воді специфічного запаху і викликає значну корозію водопровідних труб.



З позиції гігієни озонування вважається одним з найкращих способів знезараження води.

Вода при цьому не збагачується додатковими домішками. Залишковий невикористаний озон через короткий проміжок часу розпадається і перетворюється на кисень. Нагадаємо, що перші дослідження з озонування дніпровської води у Києві було проведено 1908 р. магістром фармації Ф.Ф. Кіркором у зв'язку з епідемією холери, а промислово (на 400 тис. м³/добу) озонаторну установку на Дніпровській водопровідній станції було встановлено в 1974 р.



Треба зазначити, що озонування води є відповідальним технологічним процесом, який вимагає великих витрат електроенергії, застосування складних приладів і висококваліфікованого технагляду, оскільки концентрований озон – отруйний газ. Це до певної міри є стримуючим фактором для його широкого застосування.

Озонування використовують також і для очистки повітря в приміщеннях для переробки і зберігання продуктів, які швидко псуються, інколи в місцях скупчення людей. Але в повітрі допустимі лише мікроконцентрації озону, оскільки він є надзвичайно отруйним, навіть більше, ніж чадний газ СО (гранична концентрація озону у повітрі 10^{-5} %).



Знезараження води іонами срібла.

Срібло навіть у малих концентраціях має властивість знищувати мікроорганізми, що пояснюється властивістю його іонів руйнувати протоплазму мікроорганізмів.

Ступінь активності срібла тим більший, чим вища концентрація його іонів у розчині. Збагачення води іонами срібла досягається кількома способами: методом контактування води з розвинутою поверхнею металу (посріблені кільця Рашига, пісок Краузе тощо), методом безпосереднього розчинення у воді препаратів срібла електролітичними способами (метод А.Л. Кульського).



Найбільшу практичну цінність становить електролітичний метод, який ґрунтується на анодному розчиненні срібла. Цей метод забезпечує можливість швидкого отримання бажаних концентрацій срібла в розчині, дозволяє вести за допомогою електровимірювальних приладів точне дозування і регулювання процесу.

«Срібна вода», яка готується електролітичним розчиненням, має високі бактерицидні властивості і з успіхом може бути використана для очистки води від шкідливих мікроорганізмів, дезинфекції та консервування продуктів харчування, для лікувальних цілей тощо. Завдяки мізерним дозам срібла вона є зовсім не шкідливою.



Досліди показали, що за ефективністю дії срібної води на різні види бактерій останні розміщуються в такій послідовності:

бактерії колі → бактерії Флекснера (дизентерія) → бактерії Еберга (черевний тиф) → стрептококи → стафілококи.

Інтерес до знезараження води електролітичними розчинами срібла в світі є значним. Сьогодні випускається багато модифікацій іонаторів різної продуктивності для знезараження води на водопроводах, у тих місцях, де використання хлору є небажаним, а існує необхідність тривалого зберігання питної води (наприклад, на суднах).



Знезараження води йодом.

Йодування води. З галогенів, окрім хлору, для знезараження води використовуються також йод і бром. Але в практиці водопостачання знайшло застосування лише йодування води. Йодування має ряд суттєвих переваг порівняно з хлоруванням:

- менша тривалість контакту з водою;
- більший бактерицидний ефект;
- розширення діапазону бактерицидної дії;
- йод не є елементом, чужим для людського організму;
- концентрація йоду в обробленій воді нерідко не перевищує фонових значень вихідної води.

В нашій країні йодування у виробничих масштабах було здійснено на водному транспорті.



Безагрегатні методи знезараження води.

Знезараження води ультрафіолетовим промінням. Негативну дію світла на розвиток більшості бактерій було помічено давно. Але механізм дії світла довгий час залишався невідомим. За більш детального вивчення цього явища було встановлено, що бактерицидною дією характеризується в основному *короткохвильова частина* спектра. Ультрафіолетове проміння впливає на білкові молекули і ферменти цитоплазми клітин.

Знезараженню ультрафіолетовим промінням краще за все піддається очищена прозора вода, колірність якої не перевищує 20°, оскільки завислі та колоїдні частинки розсіюють світло і заважають проникненню ультрафіолетового проміння.



Джерелами ультрафіолетового проміння є ртутні лампи, виготовлені з кварцового скла (оскільки звичайне скло не пропускає ультрафіолетову радіацію). Під дією електричного струму ртутні пари дають яскраве зеленувато-біле світло, багате на ультрафіолетове проміння.

Існують два основні види апаратів для опромінення: апарати із зануреними і незануреними джерелами ультрафіолетових променів. Апарати із зануреними джерелами відзначаються високим коефіцієнтом використання бактерицидної потужності радіації, але конструктивно вони є складними. Апарати з незануреними джерелами у конструктивному відношенні оформлені досить просто, але в них непродуктивно втрачається частина бактерицидної потужності внаслідок розсіювання променів, поглинання їх відбиваючими поверхнями.



Знезараження опроміненням не вимагає додавання у воду хімічних реагентів, не змінює фізико-хімічних властивостей домішок і не впливає на смакові якості води.

Але використання методу обмежується високою вартістю обробки води й відсутністю післядії. Короткочасність знезаражуючого ефекту виключає застосування методу, якщо існує небезпека повторного зараження води.



Знезараження води ультразвуковими хвилями. Ультразвуком називають механічні коливання, частота яких вища порога чутливості людського вуха, тобто більше 20 кГц. Велика інтенсивність коливань – одна з особливостей ультразвуку – зумовлює його фізико-хімічну та біологічну дію.

Єдиної теорії, яка б пояснювала досконалу бактерицидну дію ультразвуку, на даний час немає. Найбільш вірогідною є гіпотеза, що пояснює дію ультразвуку на бактерії у воді явищем *кавітації*, тобто утворенням у рідині порожнини та бульбашок, миттєве «закривання» яких підвищує тиск до десятків тисяч атмосфер.

До сьогоднішнього часу дослідження ультразвукових хвиль з метою використання їх в практиці на вітчизняних водопроводах не вийшло із стадії експериментів. За кордоном існують промислові установки.



Термічне знезараження. Термічний метод знезараження застосовується для невеликих об'ємів води. Цим методом користуються в побутових умовах, в санаторіях, в лікарнях, на суднах, у потягах. Знезараження досягається 5-10 хвилинним кип'ятінням.

Термічний метод знезараження води не знайшов застосування навіть на малих водопроводах через його високу вартість, пов'язану з великими витратами палива, та через малу продуктивність установок.



Ефективність різних методів знезараження води.

Серед відомих окисних методів знезараження води найбільше практичне застосування отримало хлорування. Основною особливістю хлору є його здатність консервувати оброблену воду протягом досить тривалих проміжків часу, а відносні доступність і дешевизна зумовили широке використання методу хлорування вже на початку ХХ ст. і до нашого часу. Суттєвим недоліком є утворення токсичних хлорорганічних сполук при хлоруванні води.

Застосування в практиці водопідготовки інших окисників (озону, йоду, бромю, перманганату калію, пероксиду водню та ін.) як основних реагентів стримується їх дефіцитом, високою вартістю, відсутністю широкомасштабних спеціальних досліджень, багаторічних спостережень за дією на організм людини продуктів їх взаємодії з неорганічними і органічними домішками природних вод. Так, застосування тільки озонування недостатньо для надійного знезараження питної води через дуже малий період його післядії.



Обробка води іонами важких металів (наприклад, срібла) прийнята для пристроїв незначної продуктивності.

Коагулювання, флокулювання і такі фізичні методи, як γ -опромінення, обробка ультрафіолетовими променями та інші також не забезпечують консервацію води.

Наявність певних недоліків і технологічних труднощів у застосуванні цих методів поки що не дозволяє успішно конкурувати їм з методами хлорування. Їх використання можливе як проведення додаткових заходів, що посилюють чи коригують методи хлорування в особливих випадках.

Відомо ряд комбінованих методів хлорування води: хлорування з амонізацією, хлорування з мангануванням, хлорсрібний метод та ін.



Перелік посилань

1. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти.: ВЦ Київський університет, 1999. - 319 с.
2. Хільчевський В.К., Горєв Л.М., Пелешенко В.І. Методи очистки вод. - К., 1993.