

**Національний університет імені Тараса Шевченка**



**ОРГАНІЗАЦІЯ ГОСПОДАРЧО-ПИТНОГО  
ВОДОПОСТАЧАННЯ**

**Укладач: доцент І.М. Байсарович**



## **ТЕМА: ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ**

### **План лекції: Основні технологічні процеси очистки води**

- ✓ Знезараження води**
- ✓ Знезараження води хлором**



## **Знезараження води.**

***Знезараження води є обов'язковим за умови санітарної ненадійності джерела, що використовується для господарських цілей, як правило, перед знезараженням проводять освітлення й усунення колірності води, в результаті чого вода звільняється від завислих часток, які утруднюють проведення знезараження, і від частини бактерій (при фільтруванні затримується 98-99% всіх бактерій). Але знезараження можна розглядати як самостійний і часто єдиний процес обробки води. У такому вигляді він використовується на водопроводах, джерелом яких є підземні води. Знезараження води може здійснюватися двома способами – за допомогою спеціальних реагентів і без них [1, с.136].***



Реагентними методами називаються такі, за яких для знезараження води використовуються хімічні речовини, що викликають загибель мікроорганізмів. Такими речовинами є багато *окисників* (хлор, озон), а також *солі деяких важких металів* (в основному срібла і міді). Солі міді через свою отруйність для організму людини використовують лише при обробці води, яка йде для технічних потреб (боротьба з наростами на поверхнях труб), а також як засіб боротьби з цвітінням води у відкритих водоймах.

У водопровідній практиці хлорування є найбільш поширеним методом знезараження води.



**За безреагентних методів знезаражена вода підлягає впливу ультрафіолетових променів, які мають бактерицидні властивості (короткі хвилі в межах 2000-2950 Å), чи високої температури (кип'ятіння). У даний час вивчаються можливості використання для знезараження води ультразвукових хвиль, струму високої частоти, γ-випромінювання та інших фізичних агентів.**



## Знезараження води хлором

*Хлорування води* – один із поширених методів знезараження води на водопроводах. Ця процедура виконується в усіх випадках забору води з поверхневих водойм, а також при отриманні води з підземних джерел, бактеріальні показники яких не відповідають вимогам стандарту.

**Хлорування води відбувається газоподібним хлором, або ж речовинами, що містять активний хлор: хлорне вапно, хлорит, діоксид хлору. Під “активним хлором” розуміють кількість газоподібного хлору, що відповідає кількості  $O_2$ , який виділяється сполуками при уведенні їх у воду. Для знезараження води, як правило, слід використовувати рідкий хлор. На станціях невеликої продуктивності (до 3 000 м<sup>3</sup>/добу) знезараження води допускається хлорним вапном. Суть дії хлору полягає в пригніченні обміну і окисненні речовин, які входять до складу протоплазми клітин бактерій, у результаті чого останні гинуть.**



**Збудники тифу, дизентерії, холери й бруцельозу є дуже чутливими до дії хлору. Навіть сильно заражена бактеріями вода значною мірою дезінфікується порівняно невеликими дозами хлору. Але все одно – при хлоруванні повної стерилізації води не відбувається. В ній залишаються одиничні представники мікроорганізмів, і залежить це від різної стійкості до хлору окремих видів мікроорганізмів та вірусів.**

**Бактерицидний ефект хлору значною мірою залежить від його початкової дози і тривалості контакту з водою. Частіше за все на руйнування клітин витрачається лише незначна частина хлору. Більша частина хлору йде на реакцію з різноманітними органічними і мінеральними домішками, які містяться у воді. Ці реакції протікають з різною швидкістю залежно від концентрації хлору, рН, температури води тощо.**



**Кількість хлору, який поглинуто в результаті його взаємодії з речовинами, що містяться у воді, називається *хлорпоглинанням* води, яке визначається кількістю хлору у мг/л, який витрачається при 30-хвилинному контакті його з досліджуваною водою на окиснення і хлорування деяких органічних речовин. До таких речовин відносяться *гумус, продукти розкладання клітковини й білкових сполук, солі двовалентного заліза, нітрити, аміак і солі амонію, сірководень*. Звичайно хлорпоглинання річкових та озерних вод становить 2-2,5 мг/л Cl<sub>2</sub>, у ставкових і болотних водах воно підвищується до 5 мг/л Cl<sub>2</sub>.**

**Різка підвищення кількості поглинутого хлору може свідчити про забруднення води органічними речовинами.**





**На практиці при визначенні необхідної дози хлору виходять із загальної потреби хлору для води. Це включає її хлорпоглинання і деякий надлишок хлору, який забезпечує протягом певного часу бактерицидний ефект. Надлишок хлору необхідний для запобігання повторного бактеріального забруднення води під час проходження по водопровідній мережі. Вміст залишкового активного хлору у водопровідній мережі лімітується стандартом і повинен досягати в найближчій до насосної станції точці 0,3-0,5 мг/л. Оптимальну дозу хлору, яка є необхідною для отримання заданої величини залишкового хлору, встановлюють шляхом проведення пробного хлорування, в результаті чого будують криву хлорпоглинання води за 30 хвилин.**



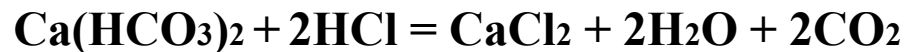
**Наявність завислих у воді домішок як органічного походження, так і мінерального, значно знижує бактерицидний ефект хлорування. Їх поверхня, яка сорбує на себе хлор, вилучає його з води. Крім того, бактерії, які знаходяться всередині згустків завислих речовин, меншою мірою піддаються впливу хлору. Знезараження насичених домішками вод вимагає збільшення доз хлору протягом довгого проміжку часу. Тому гігієнічні та смакові якості води бувають знижені.**

**При знезараженні води, бактеріальне забруднення якої перевищує межу, досить ефективним виявилось *хлорування підвищеними дозами* з наступним дехлоруванням води.**



**Збільшення бактерицидного ефекту невеликих доз хлору може бути досягнуто використанням комбінованих методів хлорування (додавання до хлорованої води перманганату калію і солей важких металів).**

**Як уже зазначалося, хлор окиснює і руйнує органічні домішки води, в результаті чого знижується колірність води, зникають запахи, а також інші показники, які пов'язані з наявністю у воді органічних речовин. Звичайно хлорування сприяє очистці води від заліза, марганцю і деяких отруйних речовин. При хлоруванні води великими дозами відбувається перехід частини карбонатної жорсткості в некарбонатну:**





**Руйнування при хлоруванні гумінових речовин сприяє поліпшенню процесів самоочистки.**

**Але відомі випадки, коли хлорування призводить до утворення продуктів, які мають сильний запах. Особливо стійкими і неприємними є хлорфенольні запахи і присмаки. Вони виникають при хлоруванні води, забрудненої стічними водами, які містять феноли та інші ароматичні речовини.**

**Отже, хлорування води, поряд із знезараженням, відіграє велику роль також як фактор, що сприяє поліпшенню процесів коагулювання, відстоювання і фільтрування.**



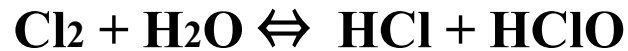
## *Реагенти для хлорування води.*

**Хлор є газом жовто-зеленого кольору з різким неприємним запахом. Отримують його шляхом електролізу розчину кухонної солі. Сухий хлор за низьких температур вступає у взаємодію з дуже невеликою кількістю речовин, але за наявності слідів вологи його активність різко зростає. Він безпосередньо з'єднується з усіма металами і, окрім кисню, благородних газів, азоту і фтору з усіма неметалами.**

**Газоподібний хлор добре розчинний у воді, розчинність його підвищується із зниженням температури і збільшенням тиску.**



**Взаємодія хлору з водою (гідроліз хлору) при хлоруванні відбувається за рівнянням:**





**Ступінь гідролізу визначається активною реакцією середовища. За  $\text{pH}=5$  активний хлор майже повністю знаходиться в розчині в молекулярній формі. В інтервалі  $\text{pH}$  5-9,2 присутня хлорноватиста кислота ( $\text{HClO}$ ) з деякими домішками гіпохлоритів. За  $\text{pH}$  9,2 активний хлор знаходиться в розчині тільки у вигляді іонів  $\text{ClO}^-$ . Гідроліз хлору залежить також від тиску, температури, інтенсивності перемішування та інших факторів. Процес гідролізу хлору протікає приблизно за 2 хвилини.**



**Хлорнуватиста кислота (HClO) існує тільки в розчині. У нейтральному чи лужному середовищі на світлі відбувається фотохімічне розкладання хлорнуватистої кислоти з виділенням кисню (фотоліз):**



**Хлорнуватиста кислота – сильний окисник. Солі хлорнуватистої кислоти – гіпохлорати – одержують при взаємодії хлору з холодним розчином лугу. Розчини солей хлорнуватистої кислоти є завжди гідролізованими.**





При взаємодії хлору з гашеним вапном отримують хлорне вапно. Окиснювальні властивості хлорного вапна цілком залежать від наявного в ньому аніона хлорнуватистої кислоти. Існуючі способи технічного виробництва хлорного вапна в заводських умовах забезпечують одержання цієї сполуки з вмістом хлору в межах 32-36%.

Реакція розкладання у хлорного вапна з водою протікає за рівнянням:



Серед хлоритів особливе місце посідає  $\text{NaOCl}_2$  як вихідний продукт для отримання діоксиду хлору. Хлорит натрію є сильним окисником. За  $\text{pH}=2$  розкладання хлориту натрію у воді протікає з утворенням  $\text{ClO}_2$  і  $\text{HCl}$ .



**Діоксид хлору ( $\text{ClO}_2$ ) являє собою зеленувато-жовтий отруйний газ із запахом, значно більш інтенсивним, ніж запах хлору. Діоксид хлору легко розчиняється у воді, не гідролізуючись.  $\text{ClO}_2$  має порівняно з хлором ту перевагу, що при обробці води, яка містить феноли, не виникає хлорфенольних запахів, оскільки фенол практично окиснюється  $\text{ClO}_2$  до хінону та малеїнової кислоти, які в малих дозах не надають воді запаху і присмаку. Тому використання діоксиду хлору може бути рекомендовано для підвищення ефективності знезараження і попередження виникнення специфічних запахів у воді.**



## Методи хлорування води

**Хлорування є заходом, який постійно здійснюється на комунальних водопроводах та станціях з очистки господарсько-побутових і деяких категорій промислових стічних вод. Крім того, хлорування проводиться як короткочасний чи періодичний захід, необхідний для дезинфікації ділянок водопроводу, що вводяться в експлуатацію, фільтрів, резервуарів чистої води.**

**При виборі методу хлорування необхідно враховувати цільове призначення цього процесу, наявність забруднюючих речовин у воді, їх характер, специфіку водоочисних споруд. Виходячи з різних цілей хлорування, існуючі методи обробки хлором та солями, які містять активний хлор, можна об'єднати у дві групи: постхлорування (завершальне) і прехлорування (попереднє) води.**



**Постхлорування – це процес знезараження води, який проводиться після всіх інших способів її обробки і є завершальним етапом очистки води. Постхлорування може здійснюватися як невеликими дозами (нормальне хлорування), так і підвищеними (перехлорування). Використовується воно і спільно з іншими речовинами для знешкодження мікроорганізмів (комбіноване хлорування).**

- ***Нормальне хлорування застосовується для знезараження води, яка відбирається в надійних у санітарному відношенні джерелах і має добрі фізико-хімічні показники. Дози хлору мають забезпечувати необхідний бактерицидний ефект без погіршення органолептичних показників якості води. Кількість залишкового хлору після 30-хвилинного контакту води з хлором допускається не вище 0,5 мг/л, оскільки за вищих концентрацій вода набуває специфічного запаху і присмаку.***



- **Перехлорування** використовується часто в тих випадках, коли спостерігаються різкі коливання бактеріального забруднення води та коли нормальне хлорування не дає потрібного бактерицидного ефекту. **Перехлорування** усуває багато неприємних присмаків, запахів і в деяких випадках може використовуватися для очистки води від токсичних речовин. Доза залишкового хлору при перехлоруванні звичайно встановлюється в межах 3-10 мг/л. Відомі випадки, коли перехлорування проводилося дуже високими дозами – до 100 мг/л (суперхлорування). За великих доз хлору досягається швидкий ефект. Залишок хлору, який перевищує допустиму у воді концентрацію, усувається дехлоруванням. За невеликого надлишку хлор може бути усунуто аеруванням, а за високих концентрацій залишкового хлору застосовуються хімічні методи. З них найбільш поширеними є: обробка води сірчанистим ангідритом та активованим вугіллям.



- **Комбіновані методи хлорування**, тобто обробка води хлором разом з іншими бактерицидними препаратами (тіосульфатом, сульфітом натрію, біосульфітом натрію), можуть використовуватися для підсилення дії хлору чи фіксації його у воді на більш довгий строк. До комбінованих методів відносяться: хлорування з мангануванням (додається  $\text{KMnO}_4$ ), хлорсрібний та хлормідний способи (у воду вводяться одночасно хлор та іони  $\text{Ag}$  і  $\text{Cu}$ ), а також хлорування з амонізацією (уводиться аміак чи солі амонію). Комбіновані методи використовуються не лише для обробки великих об'ємів води на стаціонарних водопроводах, але і як індивідуальні засоби знезараження води.



**Прехлорування води використовується як засіб, який поліпшує деякі процеси очистки води (наприклад, коагулювання і усунення заліза), а також як ефективний засіб знезараження деяких токсичних речовин. Прехлорування, як правило, здійснюється великими дозами хлору, але на відміну від перехлорування воно не вимагає наступного дехлорування води, оскільки надлишок хлору звичайно повністю усувається при подальших процесах її обробки. Надлишковий хлор витрачається на окиснення різноманітних домішок води, сорбується пластівцями коагулянту, окиснює організми, які розвиваються на поверхні і в товщі заповнювачів фільтрів.**



**Практичне використання процесу хлорування в основному зводиться до пре- та постхлорування. Застосовується також подвійне хлорування (пре- та постхлорування). Подвійне хлорування використовується за високої колірності води та за підвищеного вмісту в ній органічних речовин.**





## 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.
3. *Питьева К.Е.* Гидрогеохимические аспекты охраны геологической среды. М.: Наука, 1984. - 221 с.
4. *Водні ресурси України: екологічний та соціальний виміри: Матеріали круглого столу, проведеного Центром Соціального Прогнозування.* - К.: ВіРА "Інсайт", 2003. - 126 с.
5. *Яцик А.В.* Водогосподарська екологія: у 4 т., 7 кн. - К.: Генеза, 2004. - Т.4, кн. 6-7. -680с.