

**Національний університет імені Тараса Шевченка**



**ОРГАНІЗАЦІЯ ГОСПОДАРЧО-ПИТНОГО  
ВОДОПОСТАЧАННЯ**

**Фізичні та хімічні методи очистки природних вод для  
водопостачання**

**Укладач: доцент І.М. Байсарович**



## План лекції: Основні технологічні процеси очистки води

- ✓ Основні поняття. Водопідготовка та водоочистка.
- ✓ Класифікація домішок за фазовим станом.
- ✓ Основні технологічні процеси очистки води.
- ✓ Освітлення та усунення колірності води.
- ✓ Усунення запахів і присмаків води.



## Основні поняття. Водопідготовка та водоочистка.

Необхідність обробки води виникає тоді, коли якість води природних джерел не задовольняє необхідних вимог. Така невідповідність може бути тимчасовою (сезонною) чи постійною. Характер і ступінь невідповідності якості води джерела вимогам користувача зумовлює вибір методів обробки. Якщо при цьому може бути використано різні методи очистки, то вибір їх проводиться на основі техніко-економічних розрахунків.

Розрізняють такі поняття: більш широке – водоочистка і вужче – водопідготовка. *Водоочистка* – це комплекс технологічних процесів, які спрямовані на доведення якості води, що надходить у водопровід з джерела водопостачання, до встановлених показників. *Водопідготовка* – це обробка води, яка надходить з природного джерела постачання для живлення парових котлів та інших технологічних цілей. Водопідготовка проводиться на ТЕС, транспорті, у комунальному господарстві, на промислових підприємствах.



**Технологія кондиціювання води передбачає процеси, пов'язані з коригуванням її фізичних і хімічних властивостей, а також процеси знезараження (звільнення від патогенних бактерій і мікроорганізмів).**

**Перш ніж перейти до розгляду технологій кондиціювання вод для водопостачання, слід розглянути питання про фазовий стан домішок у воді і розглянути класифікацію домішок води, яку розробив Л.А. Кульський.**



## **Класифікація домішок за фазовим станом.**

**За Л.А. Кульським, найбільш загальними і характерними ознаками забруднюючих воду речовин є форми знаходження їх у воді. Тому в основу принципу групування домішок і технологічних прийомів водоочистки цим автором запропоновано поняття про фізико-хімічний стан домішок у воді. Цей стан значною мірою характеризується дисперсністю речовин і визначає закономірності процесів, що протікають у водному середовищі.**

**В природних і стічних водах існує величезна кількість різноманітних за хімічними і фізичними характеристиками домішок. А даний принцип (за Л.А. Кульським), дозволяє об'єднати всіх їх всього в декілька груп і науково обґрунтувати технологічні прийоми водопідготовки.**



**Таблиця 12.1.** Класифікація домішок води за їх фазоводисперсним станом і методи водоочистки, які використовуються для їх вилучення: А-гомогенна (однорідна), Б – гетерогенна (неоднорідна) системи (за Л.А. Кульським) [Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти.: ВЦ “Київський університет”, 1999. – С. 132].

Група	Форми знаходження домішок	Методи водоочистки
1-А $10^{-2}$ - $10^{-4}$ см	Завислі речовини (суспензії та емульсії, які зумовлюють каламутність води, а також мікроорганізми та планктон)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Механічний безагрегатний розділ;</li><li>- окиснення хлором, озоном;</li><li>- адгезія на гідроксидах алюмінію чи заліза, а також на зернистих і високозернистих матеріалах;</li><li>- флотація суспензій і емульсій;</li><li>- агрегація флокулянтами;</li><li>- бактерицидний вплив на мікроби і спори;</li><li>- електрофільтрація і електроутримання мікроорганізмів.</li></ul>



Група	Форми знаходження домішок	Методи водоочистки
2-А $10^{-5}$ - $10^{-6}$ см	Колоїдні розчини і високомолекулярні сполуки, які зумовлюють окиснюваність і колірність води, а також віруси	<ul style="list-style-type: none"><li>- Діаліз, ультрафільтрація;</li><li>- окиснення хлором, озоном;</li><li>- адсорбція на гідроксидах алюмінію і заліза, а також на високодисперсних глинистих мінералах;</li><li>- коагуляція колоїдних систем;</li><li>- агрегація флокулянтами катіонного типу;</li><li>- віруліцидний вплив;</li><li>- електрофорез і електродіаліз.</li></ul>



Група	Форми знаходження домішок	Методи водоочистки
3-Б $10^{-6}$ - $10^{-7}$ см	Молекулярні розчини (гази, розчинені у воді органічні речовини, які надають їй запахи і присмаки)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Аерація, евапорація, десорбція газів і летких органічних сполук при аеруванні;</li><li>- окиснення хлором, оксидом фтору, озоном, перманганатом;</li><li>- адсорбція на активованому вугіллі та інших матеріалах;</li><li>- екстракція органічними розчинниками;</li><li>- асоціація молекул;</li><li>- біохімічне розкладання;</li><li>- поляризація молекул в електричному полі.</li></ul>





Група	Форми знаходження домішок	Методи водоочистки
4-Б $10^{-7}$ см	Іонні розчини (солі, кислоти, основи, які надають воді мінералізованості, кислотності чи лужності)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Гіперфільтрація;</li><li>- переведення іонів у малодисоційовані сполуки;</li><li>- фіксація іонів на твердій фазі іонітів;</li><li>- сепарація іонів за різного фазового стану води;</li><li>- переведення іонів у мало розчинні сполуки;</li><li>- мікробне виділення іонів металів;</li><li>- використання мобільності іонів в електричному полі.</li></ul>



**Усі домішки, які забруднюють водойми, охоплюються повністю цими чотирма групами даної класифікації.**

- **До першої групи домішок води належать завислі у воді речовини. Сюди слід віднести також бактеріальні завислі речовини та інші біологічні утворення. Вилучення цих домішок, тобто освітлення води, може бути досягнуто шляхом використання безагрегатних методів.**
- **Друга група домішок води – різні типи гідрофільних і гідрофобних систем, високомолекулярні речовини й детергенти – може вилучатися з води за допомогою різних методів і технологічних прийомів. Так, використовується обробка води хлором, озоном та іншими окисниками. При цьому знижується колірність води, знищуються мікроорганізми, руйнуються гідрофільні колоїди, що створює сприятливі умови для наступного коагулювання, прискорюється процес утворення пластівців та осаду.**



- Для третьої групи домішок, які є молекулярними розчинами, найбільш ефективними є такі процеси їх вилучення з води, як аерування, окиснення, адсорбція.
- До четвертої групи домішок, які є електролітами, технологія очистки води зводиться до зв'язування іонів у мало розчинні і мало дисоційовані сполуки за допомогою доданих у воду реагентів.



## Основні технологічні процеси очистки води

**Хімічні, фізичні та фізико-хімічні процеси, які використовуються для підготовки води, можна поділити на дві групи.**

- До першої – відносяться процеси, пов'язані з коригуванням її фізичних і хімічних властивостей.
- Друга група об'єднує процеси, які забезпечують знезараження води, тобто звільнення від шкідливих бактерій та мікроорганізмів [1, с.134].



До першої групи (*коригування властивостей*) відносяться процеси, які дозволяють провести освітлення, усунути з води небажані присмаки і запахи, агресивні гази, залізо, марганець, кремнієву кислоту тощо.

*Знезараження води* є обов'язковим за умови санітарної ненадійності джерела, що використовується для господарських цілей.

*Коригування властивостей води.* Найважливішими, як за поширенням, так і за питомою вагою, є процеси освітлення та усунення колірності. Для освітлення та усунення колірності використовують безреагентні та реагентні методи.



## Освітлення та усунення колірності води.

- ❖ ***Безреагентні методи.*** - повільне фільтрування (0,1-0,2 м/год) і використання фільтруючого матеріалу;
  
- ❖ ***Реагентний метод*** ґрунтується на використанні спеціальних хімічних речовин - коагулянтів і називається коагулюванням.



**Безреагентні методи.** Освітлення і часткове усунення колірності води без використання реагентів відбувається при тривалому відстоюванні, яке може здійснюватися у відкритих, спеціально споруджених басейнах-відстійниках чи водосховищах. Термін освітлення води (і то неповного) має становити не менше 12 діб, для часткового усунення колірності – 12 і більше місяців. Зрозуміло, що такий метод використовується рідко.

До безреагентних методів відноситься повільне фільтрування (0,1-0,2 м/год) і використанням фільтруючого матеріалу (звичайно кварцового річкового піску) з дрібними фракціями (0,25-0,35 мм), який затримує завислі речовини.



***Реагентний метод*** ґрунтується на використанні спеціальних хімічних речовин коагулянтів і називається коагулюванням. За допомогою коагулювання здійснюється звільнення води від каламутності (освітлення) і забарвлених речовин (усунення колірності), фізико-хімічні властивості яких не дозволяють чи роблять нераціональним усунення їх методом простого відстоювання.

Неорганічна каламутність у воді частіше за все має глинисте походження, а також, крім того, залізне та вапнякове.

Причиною появи органічної каламутності та колірності природних вод є гумінові речовини.





**Процес, який відомий під назвою “коагулювання води”, складається з трьох стадій:**

- гідролізу коагулянтів і утворення розведених золів гідроксидів;**
- взаємодії золів гідроксидів з колоїдами і завислими речовинами води і наступної коагуляції золь;**
- процесу утворення пластівців і вилучення з води утворених агрегатів.**



Отже в результаті процесу коагулювання у воді утворюються пластівці, які включають завислі і колоїдні частки, що надають воді каламутності та колірності. Потім ці пластівці осідають і забезпечують освітлення і усунення колірності. Частіше за все використовують сульфат алюмінію  $\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ , хлорид заліза  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , сульфат заліза (II)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Після осадження основної маси завислих часток вода звичайно фільтрується – пропускається через шар зернистого матеріалу, частіше за все – піску. На відміну від повільного фільтрування швидкість процесу становить 5-10 м/год, і фільтруючий матеріал містить більш великі фракції (0,5-1,00 мм). Цей процес називається швидким фільтруванням.



## Усунення запахів і присмаків води.

**Усунення запахів і присмаків досягається різними методами залежно від їх походження.**

- **Появі запахів і присмаків натурального походження можна запобігти обробкою водою мідним купоросом.**
- **Усунення аналогічних запахів у водопровідній воді виконують сильними окисниками (озон, діоксид хлору) чи адсорбентами (наприклад, активованим вугіллям).**
- **Запахи і присмаки, зумовлені розчиненими газами чи солями, усуваються відповідними методами дегазації та знесолення.**



**Методи усунення присмаків і запахів залежать від характеру речовин, що викликали їх появу, і стану, в якому вони знаходяться (іонні та молекулярні розчини, колоїди та завислі речовини):**

- ✓ присмаки й запахи речовини, яка знаходиться у завислому чи колоїдному стані, усуваються з води коагулюванням;**
- ✓ присмаки й запахи у воді, зумовлені підвищеним вмістом неорганічних речовин, що знаходяться в іонному чи молекулярному стані усуваються методами коригування мінерального складу води (знесолення, дегазація тощо);**
- ✓ присмаки й запахи біологічного походження, а також зумовлені наявністю органічних сполук у промислових стічних водах, усуваються в основному за допомогою окисників, адсорбентів, а також аеруванням.**



**Аерування** – один з перших і впродовж десятиріч єдиний метод усунення присмаків і запахів з природних вод. Процес аерування води ґрунтується на леткості речовини, які викликають запахи і присмаки. У ряді випадків при усуненні запахів і присмаків біологічного походження аерування забезпечує досить повну дезодорацію води. Але цим способом важко чи зовсім неможливо усунути стійкі присмаки, які викликано розкладанням водної рослинності, а також забруднення промисловими стічними водами. Тому цей спосіб, як правило, використовується в комбінації з іншими. Аерування відбувається в спеціальних установках – аераторах (розбризкуючого, каскадного чи барботажного типу).



**Метод окиснення передбачає використання сильних окисників: хлор, діоксид хлору, озон, перманганат калію тощо.**

**Обробка активованим вугіллям - один з найбільш поширених способів дезодорації води. Пояснюється це високою ефективністю вугілля, його універсальністю, а також можливістю успішного використання у будь-якій технологічній схемі обробки води.**

**Активоване вугілля відрізняються розвинутою пористістю і тому має величезну внутрішню поверхню. На такій поверхні виникають сили міжмолекулярної взаємодії, завдяки яким молекули газів, пари чи розчинених речовин утримуються активованим вугіллям. В результаті концентрація цих молекул в газах чи розчинах зменшується.**



**З активованого вугілля, яке виробляється в Україні, для дезодорації найбільш часто використовують торфове вугілля ТАВ, березове вугілля БАВ, кістяне вугілля КАВ, сухе вугілля СВ, лужний активований антрацит А. На водоочисних спорудах вугілля застосовують у вигляді вугільного порошку чи гранул, якими заповнюють фільтри. Вугільні фільтри розміщують звичайно після освітлювальних, щоб запобігти зниженню адсорбційної ємності вугілля за рахунок поглинання речовин, що надають воді колірності.**

**Результати роботи фільтрів свідчать, що вугілля повністю усуває присмаки і запахи води і значно зменшує колірність і окиснюваність. Експлуатація та обслуговування фільтрів просте і надійне. Недоліком вугільних фільтрів є велика витрата води на промивання, швидке зниження адсорбційних властивостей вугілля, корозія корпусу фільтра.**



## 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.