



## تاریخچه تصفیه آب

تمدن های قدیمی همواره در مجاورت منابع آب شکل گرفته اند. با این که مقدار آب موجود و قابل استفاده دغدغه اصلی نیاکان ما بوده است ، اما تعریف درست و جامعی از کیفیت آب وجود نداشته است. با این وجود منابع تاریخی بسیاری حکایت از تلاش انسانهای عصر گذشته برای تصفیه آب و زدودن ذرات معلق و طعم و بو از آن دارد. اما قرنها طول کشید که انسانها به این نتیجه دست یافتند که حواس بینایی، بویایی و چشایی نمی توانند تنها ملاک های تشخیص کیفیت آب باشند. استفاده از روشهای مختلف جهت بهبود طعم و بوی آب به ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد بر می گردد. در نوشته های بر جا مانده از سانسکریت و یونان باستان استفاده از زغال چوب جهت فیلتر کردن آب ، قراردادن آب در معرض نور آفتاب ، جوشاندن آب و قراردادن تکه های فلز داغ در آب قبل از نوشیدن آن توصیه شده است. مصری ها ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد از ((آلوم)) جهت تصفیه آب و ته نشین کردن ذرات معلق در آن استفاده می کردند.



دستگاه تصفیه آب مورد استفاده در مصر باستان. این کتیبه که مربوط به سال ۱۴۵۰ قبل از میلاد می باشد ، بر روی دیوار مقبره Amenophis یافت شده است .



بقراط ، دانشمند یونانی که در سال ۴۶۰ تا ۳۵۴ قبل از میلاد می زیسته، جهت دستیابی به آب با طعم مناسب ، که به باور او آب سالم می بود، فیلتر پارچه ای اختراع نمود که با عبور دادن آب جوشیده شده از آن باعث زدودن ذرات عامل طعم و بوی نا مناسب از آب می شد. در سال ۱۶۷۶، آنتون فان لیوونهوک (Anton Van Leeuwenhoek) اولین میکروسکوپ را اختراع نمود . با این اختراع دانشمندان دنیای جدیدی از آلودگی های آب را که تا آن زمان کاملا سالم و قابل آشامیدن تلقی می شود مشاهده نمودند و به این ترتیب میکروارگانسیم ها کشف شدند.

پس از سال ۱۷۰۰ میلادی ، با آشنایی مردم از خطرات آلودگی های موجود در آب شرب، فیلترهای خانگی ساخته شده از پشم ، اسفنج و زغال چوب مورد استفاده قرار گرفتند. بعد از آن ، شهر گلاسکو اسکاتلند از اولین شهرهایی بود که آب فیلتر شده را از طریق خطوط لوله به مصرف کننده ها می رساند .

در سال ۱۸۲۷ ، فیلترهای ماسه ای کند (Slow Sand Filters) که توسط رابرت تام (Robert Thom) ابداع شده بودند در اسکاتلند مورد بهره برداری قرار گرفتند. این فیلترها از طریق شستشوی معکوس تمیز می شدند. در عین حال در سال ۱۸۲۹ در شهر لندن فیلترهای دیگری توسط جیمز سیمسون ( James Simpson ) ابداع گردید که تمیز کردن آنها توسط خراشاندن و برداشتن لایه های کثیف شده انجام می گرفت .

در قرن ۱۹ میلادی ، فیلترهای شنی کند بهترین گزینه جهت تصفیه آب باقی ماندند. با این حال سطح بزرگ مورد نیاز این فیلترها همواره از معایب آنها به شمار می رفت. با افزایش جمعیت شهرها و افزایش نیاز به ظرفیت های بالا در تصفیه خانه های آب ، مساحت بزرگی از زمین می بایست صرف ساخت این فیلترها می شد.



در سال ۱۸۸۰ میلادی ، فیلترهای شنی سریع (Rapid Sand Filters) در آمریکا ابداع شدند. شستشوی این فیلترها توسط آب و به صورت شستشوی معکوس انجام می گرفت . بدین ترتیب ظرفیت تصفیه خانه های آب به طور قابل توجهی افزایش و مساحت زمین مورد نیاز آنها بطور قابل توجهی کاهش یافت.

در اواسط قرن نوزدهم میلادی ، بیماریهای مختلفی در شهر لندن شایع شد. در این زمان پزشک انگلیسی دکتر جان اسنو ( John Snow ) کشف کرد که بیماری وبا از طریق آب آلوده گسترش یافته است. او ثابت کرد که این بیماری در شهر لندن از طریق یک چاه آب که توسط فاضلاب آلوده شده بود شیوع پیدا کرده است. نکته جالب توجه این است که آب این چاه بدلیل طعم و بوی بسیار مناسب آن مورد استقبال مردم شهر بود..

این کشف در آینده تصفیه آب بسیار تاثیر گذار بود. جان اسنو همچنین متوجه شد که در مناطقی که از فیلترهای شنی جهت تصفیه آب پیش از ورود آن به شبکه توزیع استفاده می شده ، مرگ و میر در اثر وبا بسیار کمتر از سایر مناطق بوده است. بدین ترتیب حکومت انگلستان مقررات آب مترو پولتین ( Metropolitan Water Act ) را در سال ۱۸۵۲ وضع نمود که بر مبنای آن دستور نصب فیلترهای شنی در سرتاسر شهر لندن صادر گردید. این قانون از اولین قوانین حکومتی در ارتباط با آب شرب عمومی به شمار می رود.



کلر به عنوان یک ماده شیمیایی ارزشمند در تصفیه آب ، اولین بار توسط دکتر جان اسنو شناخته شد.او از کلر جهت ازبین بردن میکروب وبا در آب استفاده نمود . با مشخص شدن قدرت ضد عفونی کنندگی کلر ، دولت بریتانیا شروع به کلرزنی آب شرب عمومی نمود. این اقدام همچنین باعث کاهش شدید مرگ ومیر در اثر بیماری تیفوئید گردید. پس از موفقیت عمل کلرزنی در بریتانیا ، در شهر نیوجرسی و سپس سرتاسر آمریکا از کلر جهت ضد عفونی کردن آب شرب استفاده گردید. کلرزنی آب همراه با استفاده از فیلترهای شنی موجب از بین رفتن بسیاری از بیماریها از قبیل وبا ، تیفوئید و اسهال شد. امروزه کلرزنی نقش تعیین کننده ای در تصفیه آب شهری ایفا می کند. حدود ۹۸٪ از تصفیه خانه های آب شهری از کلر جهت ضد عفونی کردن آب استفاده می کنند. با این حال دانشمندان در سالهای اخیر متوجه مشتقات بوجود آمده از کلر در آب و عوارض جانبی آنها شده اند. آب کلر دار در تحریک بیماری های دستگاه تنفسی نظیر آسم نقش اساسی ایفا می کند. لذا توجه محققین و دانشمندان به استفاده از سایر روشهای ضد عفونی کردن آب جلب شده است .

### مراحل تصفیه آب

آب مورد نیاز به اندازه کافی و کیفیت مطلوب برای ادامه حیات بشری بسیار ضروری است انسانها از همان ابتدا به اهمیت فراوان آب پی برده بودند و تمدنها پیرامون منابع آبی به وجود آمده اند که علاوه بر تامین نیازهای حیاتی قادر به رفع نیازهای کشاورزی و حمل و نقل بوده اند. انسانهای اولیه از طریق حواس فیزیکی نظیر بینایی و چشایی و بویایی کیفیت آب را می سنجیدند.



## خصوصیات آب آشامیدنی

شناسایی ویژگی هایی که در فرآیند تصفیه آب شرب ضروری به نظر می رسند و بایستی با استانداردهای موجود مطابقت داشته باشند عبارتند :

- ✓ ویژگی های فیزیکی آب آشامیدنی
- الف) جامدات معلق
- ب) کدورت
- ج) رنگ
- د) طعم و بو
- و) دما

## ویژگی های شیمیایی آب آشامیدنی

- الف) کل جامدات محلول
- ب) قلیائیت
- ج) سختی
- د) فلزات
- و) مواد آلی
- ه) مواد مغذی



## ویژگی های بیولوژیکی آب آشامیدنی :

الف) باکتریها : ۱. وبا ۲. حصبه ۳. اسهال خونی باسیلی

ب) ویروسها : ۱. فلج اطفال ۲. هپاتیت

ج) تک یاخته ها : ۱. آمیبیازیس ۲. توکسوپلاسموزیس ۳. ژیاوردیازیس

د) کرم های انگلی : ۱. آسکاریس ۲. کرم های قلابدار ۳. تریکوسفال ۴. اکسیور یا کرمک ۵. همینولپیس

نانا ۶. تنیاساژیناتا ۷. تنیاکینوکک ۸. شیتتوزوماهما توبیوم

## خصوصیات آبهای سطحی

\* pH این آبها در حدود ۷-۸ می باشد.

\* زلال هستند

\* مواد آلی موجود در این آبها در نقاط مختلف فرق می کند

\* معمولاً آلوده به میکروارگانیسم ها هستند

\* مقدار آمونیاک، فنل و نیترات این آبها ممکن است زیاد باشد

\* ممکن است حاوی دترجنت، نفت، روغن و فلزات سنگین باشد

\* معمولاً آبهای سطحی ناشی از کشاورزی حاوی نیترات و فسفات هستند.



## خصوصیات آبهای زیرزمینی

- \* دی اکسید کربن ممکن است در این آبها زیاد باشد
- \* این pH آبها معمولاً در حدود ۹/۷ - ۹/۶ است
- \* مواد معلق در این آبها بسیار کم است
- \* این آبها ممکن است دارای ذرات شن باشند
- \* معمولاً مواد آلی در این آبها کم است
- \* این آبها حاوی آهن محلول و گاهی منگنز محلول هستند که در اثر اکسیداسیون ذرات زرد - قهوه ای در آنها ظاهر می شود
- \* معمولاً این آبها حاوی املاح زیاد می باشند
- \* معمولاً حاوی سختی می باشند (بیشتر سختی موقت)
- \* در آبهای شور غلظت یون کلر و سدیم بسیار زیاد است

## مروری کوتاه بر تاریخچه تصفیه آب :

تصفیه آب برای بشردارای سابقه ای بسیار طولانی و قدیمی است. مورخین بر این عقیده اند که تاریخ تصفیه آب به حدود دو هزار سال پیش از میلاد مسیح میرسد. این مراحل تصفیه ای شامل جوشاندن و صاف کردن آب بوده است. وسایل اولیه تصفیه آب در منازل افراد مورد استفاد قرار می گرفت و تا حدود قرن اول میلادی هیچ نشانه ای دال بر وجود عملیات تصفیه ای بر روی آب مصرفی جامعه وجود نداشت. نکته ای که مسلم است این است که عملیات تصفیه آب در قرون وسطی دچار رکود گردید و مجدداً در قرن هیجدهم مورد توجه قرار گرفت.





شهر پیزلی در اسکاتلند به عنوان اولین شهری که آب مصرفی آن مورد تصفیه قرار گرفت، شهرت دارد. سیستم تصفیه آب متشکل از عملیات ته نشین سازی بود که متعاقب آن فیلتراسیون انجام می شد. این سیستم تصفیه در سال ۱۸۰۴ میلادی آغاز به کار کرد. به تدریج در اروپا این سیستم متداول گردید و تا پایان قرن نوزدهم بیشتر منابع عمده آب شهری فیلتر می شد که این فیلترها از نوع ماسه ای .

### مروری کوتاه بر تاریخچه تصفیه آب:

توسعه عملیات تصفیه آب در امریکا پس از اروپا صورت گرفت. از اواسط قرن نوزدهم فیلتراسیون برای بهبود کیفیت ظاهری آب آشامیدنی مورد استفاده قرار گرفت . یکی از مزایای شناخته نشده آن عبارت بود از حذف میکروارگانیزم هایی که شامل عوامل بیماریزا نیز می شد و هم چنین موجب گواراتر شدن آب می گردید. در انتهای قرن، فیلتراسیون به عنوان عامل اصلی جلوگیری از بیماری هایی با منشاء آبی به حساب می آمدند. پذیرش تئوری میکروبی درباره انتقال بیماری ها منجر به انجام عملیات گندزدایی بر روی منابع آب مصرفی جامعه گردید. اولین واحدی که به طور دائم آب را کلرینه میکرد، در سال ۱۹۰۲ در بلژیک راه اندازی شد .

### مصرف آب:

آب در شهرها به مصارف مختلفی می رسد که آنها را می توان به شرح ذیل تقسیم بندی کرد:

مصرف خانگی

مصرف عمومی

مصرف تجاری و صنعتی

مصرف آب در فضای سبز

مصرف آب در آتش نشانی

تلفات آب





## عوامل موثر بر مصرف آب شهری

- ۱- شرایط اقلیمی
- ۲- وضعیت فرهنگی و اقتصادی مردم
- ۳- نوع جامعه
- ۴- فشار آب
- ۵- قیمت آب
- ۶- نیاز به صرفه جویی
- ۷- مدیریت سیستم آبرسانی

## انتخاب محل تصفیه خانه:

- ۱- محل تصفیه خانه باید تا حد ممکن به منبع آب، محل توزیع و برق نزدیک باشد.
- ۲- در محل تصفیه خانه باید زمین کافی برای توسعه احتمالی آینده موجود باشد (معمولاً به ازای هر نفر ۲/۰-۳/۰ متر مربع زمین را در نظر می گیرند)
- ۳- محل تصفیه خانه باید به راههای اصلی نزدیک باشد تا انتقال وسایل و کارگران در مرحله ساخت و انتقال مواد شیمیایی و رفت و آمد پرسنل در مرحله بهره برداری به راحتی و با هزینه کم انجام گیرد.
- ۴- حتی الامکان آب تصفیه شده به مخازن ذخیره با نیروی ثقل انتقال یابد.
- ۵- ساختمان اداری و آزمایشگاه کنترل کیفیت آب باید نزدیک محل تصفیه خانه باشد.
- ۶- وضع ظاهری تصفیه خانه و محوطه آن از زیبایی کافی برخوردار باشد.



## مراحل مختلف تصفیه آب

همواره باید تلاش در این راستا باشد که تا حد امکان از خالص ترین منابع آب برای شرب استفاده شود، حتی اگر این امر به قیمت انتقال آب از مسیرهای طولانی و رساندن آن به مصرف کننده با تصفیه اندک و یا بدون تصفیه انجام شود هم چنین برای حفظ کیفیت آب مراقبت از منابع آب بسیار ضروری است.

فرآیندهایی که برای تصفیه آب آشامیدنی مورد استفاده قرار می گیرند، بستگی به کیفیت آب منبع انتخاب شده دارند. بیشتر آبهای زیرزمینی صاف و عاری از عوامل بیماری زا و هم چنین فاقد مقادیر قابل توجهی از مواد آلی هستند. این قبیل آبها را می توان با استفاده از حداقل مقدار کلر برای جلوگیری از آلودگی شبکه های توزیع، در سیستم های آب آشامیدنی مورد استفاده قرار داد. اما ممکن است بعضی از آبهای زیر زمینی حاوی مقادیر زیادی از جامدات محلول، گازها و یا مقادیر اضافی آهن، منگنز و یا حتی مواد آلی و میکروبی باشند که در صورت به فرآیندهای تصفیه پیچیده نیاز می باشد.

سیستم های تصفیه که برای تهیه آب آشامیدنی از آبهای زیرزمینی مورد استفاده قرار می گیرند به این ترتیب اند:

- \* هوادهی
- \* سختی گیری
- \* فیلتراسیون
- \* گندزدایی
- \* ذخیره سازی



آبهای سطحی غالباً دارای تنوع بیشتری از آلاینده ها نسبت به آبهای زیرزمینی هستند و به همین دلیل فرآیندهای تصفیه ممکن است برای این قبیل آبها پیچیده تر باشد. بیشتر آبهای سطحی دارای کدورتی بیش از مقدار تعیین شده توسط استانداردهای آب آشامیدنی می باشند. هرچند جریانهای آبی که با سرعت زیاد در حرکت اند ممکن است دارای مواد بزرگتر به حالت معلق باشند اما بیشتر جامدات در اندازه های کلوئیدی بوده و برای جداسازی آنها استفاده از فرآیندهای تصفیه مورد نیاز است.

سیستم های تصفیه که به طور معمول برای آبهای سطحی مورد استفاده قرار می گیرند به این ترتیب اند:

- ۱- آشغالگیر
- ۲- تصفیه شیمیایی مقدماتی
- ۳- ته نشینی
- ۴- انعقاد و لخته سازی
- ۵- فیلتراسیون
- ۶- جذب سطحی
- ۷- گندزدایی
- ۸- ذخیره سازی



## مراحل تصفیه آب:

و اما فرآیندهای تصفیه آب به ترتیب قرارگیری واحدها در تصفیه خانه آب، به شرح ذیل عبارتند از:

۱- آبگیر      ۲- آشغالگیر      ۳- تصفیه شیمیایی مقدماتی

۴- ته نشینی مقدماتی      ۵- توریهای آبهای سطحی      ۶- هوادهی

۷- انعقاد و لخته سازی      ۸- سختی گیری      ۹- فیلتراسیون

۱۰- جذب      ۱۱- فلوئورزنی & فلوئورزدایی      ۱۲- تثبیت

۱۳- گندزدایی      ۱۴- ذخیره سازی

### ✓ آبگیر

جهت تصفیه آبهای سطحی معمولاً در ابتدا آب را از طریق واحدی به نام آبگیر از منبع برداشت نموده و آن را به تصفیه خانه انتقال می دهند. آبگیر معمولاً یک واحد ساختمانی یا یک ساختمان بتنی است که برای تامین آب آرام و عاری از مواد شناور با کیفیت بهتر از منبع آب استفاده می شود. آب فراهم شده از طریق آبگیر در مقایسه با منبع اصلی صافتر است و کیفیت بهتری دارد. به همین دلیل محل آبگیر باید در بالادست جریانهای آبی شهری باشد و هیچ گاه نباید در محل های با جریان گردابی سیلابی قرار گیرد. در محل آبگیر معمولاً با استفاده از توریهای عمل آشغالگیری انجام می شود و در مجموع تصفیه ساده فیزیکی انجام می پذیرد.

### ✓ آشغالگیر

تصفیه خانه آب دارای واحدهای مختلفی جهت جداسازی جامدات معلق از آب است. انتخاب یک واحد خاص یا ترکیبی از فرآیندهای مختلف برای حذف جامدات معلق به ویژگی های جامدات، غلظت آنها و درجه تصفیه آب مورد نیاز بستگی دارد. به عنوان مثال جامدات خیلی بزرگ و سنگین می توانند با شبکه آشغالگیرهای میله ای یا توریهای ریز جداسازی شوند در جامدات معلق ریزتر و کلوئیدی با ته نشینی به کمک مواد شیمیایی و صاف کردن حذف می شوند.



اهداف آشغالگیرها به شرح زیر عبارتند از:

۱- جداسازی و حذف مواد بزرگ حمل شده با آب خام که می توانند راندمان فرآیندهای بعدی تصفیه را تحت تاثیر فرار دهند و در عملکرد آنها مشکل ایجاد نمایند.

۲. حفاظت از واحدهای بعدی تصفیه خانه در مقابل اشیای بزرگ که می توانند سبب انسداد و صدماتی در برخی تجهیزات شوند.

الف) مشکلات ناشی از جلبک ها

جلبک ها و سایر ارگانسیم های ذره بینی در تمام آبهای سطحی یافت می شوند. جلبک های آبی سبز، سبز، دیاتومه و فلاژله های رنگی از نظر منابع آب قابل توجه هستند. جلبک ها سه نوع مزه (شیرین، تلخ و ترش) در آب ایجاد می کنند. مشکلات ناشی از جلبک ها را می توان به شرح ذیل مورد بررسی قرار داد:

\* گرفتگی صافی ها

\* ایجاد قشر لزج ژلاتینی

\* ایجاد رنگ

\* خوردگی

\* ایجاد سمیت

\* تداخل با سایر فرآیندهای تصفیه



## کنترل جلبک ها :

بعضی از روشهای کنترلی جهت کنترل جلبک های موجود در آبهای سطحی عبارتند از:

الف) سولفات مس: کارایی جلبک ها در از بین بردن جلبک ها متفاوت است و به نوع جلبک و قدرت انحلال آن در آب بستگی دارد. بهترین راندمان جهت کنترل جلبک آن در حدود ۸-۹ باشد. pHها توسط سولفات مس هنگامی اتفاق می افتد که قلیائیت کل آب کمتر یا معادل حدود ۵۰ میلی گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم و

ب) پودر ذغال فعال: پودر را بر سطح آب می پاشند تا پوشش سیاه رنگ ایجاد شده، مانع نفوذ نور خورشید به داخل آب شود. پودر ذغال فعال را ممکن است به طور دستی یا با یک تغذیه کننده شیمیایی به آب اضافه کنند.

ب) مشکلات ناشی از گیاهان ریشه دار آبی

گیاهان آبی دارای برگ، ساقه و ریشه هستند. علفهای آبی همان مسائل و مشکلات جلبک ها از قبیل گرفتگی صافی ها، رنگ ها، مزه ها و بوها را به وجود می آورند و به سه دسته زیر تقسیم می شوند:

الف) علفهای برآینده از سطح

ب) علفهای سطحی یا شناور

ج) علفهای شناور زیر آب

برای کنترل گیاهان آبی ریشه دار می توان به روشهای زیر اقدام نمود:

الف) فیزیکی: شامل درو کردن، بی آب کردن، لایروبی

ب) بیولوژیکی: شامل استفاده از گونه های مختلف خرچنگ های آب شیرین، حلزون ها و ماهیها می باشد.

ج) شیمیایی: هنگامی که با استفاده از روشهای فیزیکی و بیولوژیکی نتوان گیاهان آبی را کنترل نمود از روشهای کنترل شیمیایی گیاهان آبی مانند مصرف علف کشها استفاده می شود.



#### ۴. ته نشینی مقدماتی

ته نشینی موجب جداسازی فیزیکی مواد جامد از آب می شود. در عمل ته نشینی کلیه موادی که دانسیته آنها بیش از آب است به طریق ثقلی جداسازی می شوند. به عبارت دیگر در این مرحله ذرات مجزا ته نشین می شوند. ذرات مجزا به ذراتی گفته می شود که اندازه، شکل و وزن مخصوص آنها با زمان تغییر نمی کند. مانند سنگ ریزه، شن، ماسه و سایر مواد ریگ دار آب خام.

#### ➤ زمان ماند (Detention Time):

مدت زمان توقف آب در استخر در این استخرها بین ۵/۱ تا ۴ ساعت متغیر است.

عمق این استخرها معمولاً بین ۳ تا ۵ متر و نسبت طول به عرض بین ۳ تا ۶ متغیر است.

سرعت ته نشینی مواد به عوامل مختلفی مانند وزن مخصوص، قطر ذرات (قطر دو برابر شود سرعت چهار برابر می شود، قطر نصف شود سرعت یک چهارم می شود) و درجه حرارت آب بستگی دارد. (درجه حرارت بالا به علت دارا بودن ویسکوزیته کمتر در مراحل انعقاد- ته نشینی و صاف کردن سریعتر عمل تصفیه را انجام می دهد). هم چنین ترتیب قرار گرفتن حوضهای ته نشینی به صورت سری (پشت سر هم) در ته نشین کردن مواد قابل ته نشینی موجود در آب نقش مؤثری خواهد داشت.

#### توریهای آبهای سطحی (Strainers for surface water)

توریهایی را که برای تصفیه آبهای سطحی مورد استفاده قرار می دهند از صفحات سوراخ دار ریز مانند سیم فولاد ضد زنگ تشکیل گردیده است. متداول ترین این وسیله شامل یک ظرف استوانه ای دوآر مفروش با سیم های فوق الذکر می باشد. اندازه سوراخ این صفحات متغیر است و بعضی مواقع به حداقل ۳۰ میکرومتر می رسد. این سیستم باید مجهز به واحد شستشو باشد که آب را به طور گسترده ای روی آن اسپری نماید تا خطر گرفتگی ناشی از مواد معلق از بین برود. یکی از مزایای عمده این توریها افزایش کارایی صافیهای شنی می باشد.



## ۶. هوادهی (Aeration)

هوادهی فرآیندی است که برخی اوقات برای تهیه آب آشامیدنی از آن استفاده می شود. از هوادهی ممکن است برای خارج ساختن گازهای نامطبوع در آب (گاز زدائی) یا افزودن اکسیژن به آب برای تبدیل مواد نامطلوب به شکلی مناسبتر (اکسیداسیون) استفاده می شود. هوادهی معمولاً برای تصفیه آبهای زیر زمینی به کار می رود، زیرا آبهای سطحی برای مدت زمان کافی با اتمسفر در تماس بوده و از این رو عملیات انتقال گاز به صورت طبیعی انجام می پذیرد. از طریق اکسیداسیون، بعضی از گازها و فلزات محلول را می توان از آب خارج نموده که به شرح ذیل عبارتند از:

گازهایی که با اکسیداسیون از آب خارج میشوند:

الف) هیدروژن سولفور

ب) دی اکسید کربن

ج) متان

د) آهن و منگنز

ذ) مزه و بو

ر) اکسیژن محلول





## انواع هوادهی:

### الف) هوادهی پاششی (Spray Aeration)

در این روش آب از لوله های سوراخدار عبور داده می شود. آب خروجی از سوراخها به صورت پاششی به مخزنی که در پایین لوله ها تعبیه شده است، می ریزد و عمل هوادهی انجام می شود. در این روش قطر نازلها حدود ۵/۲ تا ۴ سانتی متر است تا مانع گرفتگی آنها شود.

### ب) هوادهی آبشاری ( Cascade Aeration )

در این روش هوادهی از پله هایی به بلندی ۲/۱-۳ متر با تعداد بین ۴ تا ۶ پله استفاده می شود. آب در حین ریزش آبشاری از روی پله ها در سطح وسیعی با هوا تماس داشته و عمل اصلاح کیفیت آب که مورد نظر است، انجام خواهد شد. تعداد پله ها زمان برخورد بین آب و هوا را تعیین می کند.

### انواع هوادهی

### ج) هوادهی چند سینی یا با ریزش آب

### ( Waterfall or Multiple Tray Aeration )

برجهای سینی دار طبیعتاً مشابه برجهای آبشاری هستند، به این معنی که آب بالا برده می شود و به ارتفاع پایین تر ریزش می کند. برجهای سینی دار سوراخدار محتوی سنگ، سرامیک یا بسترهای متخلخل دیگر هستند. برجهای سینی دار، بیشتر برای اکسیداسیون آهن و منگنز مورد استفاده قرار می گیرند.

### د) هوادهی با تزریق هوا (Diffused Air Aeration)

در این روش حباب هوا به داخل مخزن آب تزریق می شود.

### ذ) هوادهی فواره ای ( Jet Aeration )

در این روش فواره ها که شامل لوله مشبک معلق بر فراز مخزن گیرنده می باشند موجب عمل هوادهی آب می شوند.



## انعقاد:

نیروی واندر والز (Vander Waals) میان تمام ذرات موجود در طبیعت وجود داشته و دو ذره را به طرف یکدیگر می کشاند این نیروی جاذب عکس پتانسیل زتا عمل می کند و تا زمانی که پتانسیل زتا از نیروی واندر والز بزرگتر است ذرات به صورت معلق در آب باقی خواهند ماند. فرآیند انعقاد و لخته سازی، نیروی میان ذرات غیر قابل ته نشینی را خنثی می کند و یا کاهش می دهد تا نیروی واندر والز ذرات را به طرف یکدیگر بکشد و تشکیل گروه های کوچک ذرات را بدهد. این گروه های کوچک ذرات در اثر تکان دادن ملایم عمل انعقاد و لخته سازی ذرات به یکدیگر چسبیده و گروه های بزرگتر ذرات ژلاتینی شکل و نسبتاً سنگین را تشکیل می دهند که به آسانی ته نشین می شوند. ذراتی مانند گل و لای، میکروبهها، ذرات مسبب رنگ و ویروسها به صورت کلوئیدی در آب وجود دارند. کلوئیدها در مدت زمان معقول و مناسبی ته نشین نمی گردند. مواد کلوئیدی را نمی توان با چشم غیر مسلح دید ولی مجموع اثرات آنها اغلب به صورت رنگ یا کدورت در آب ظاهر می شوند. ذرات کلوئیدی بقدر کافی کوچک هستند تا از مراحل بعدی تصفیه عبور نمایند، مگر اینکه بوسیله روش انعقاد و لخته سازی از آب جدا شوند. معمولاً ذرات کلوئیدی دارای بار الکتریکی منفی بوده و یکدیگر را دفع می نمایند. در تصفیه آب به این نیروی الکتریکی دافع پتانسیل زتا می گویند. این نیروی طبیعی کافی برای جدا نگه داشتن ذرات کلوئیدی از یکدیگر است و آنها را به صورت معلق در آب نگه می دارد.

. انعقاد و لخته سازی (Coagulation & Flocculation)

► یکی از ناخالصی های مهمی که در آبهای سطحی وجود دارد و باید نسبت به حذف آن اقدام نمود، مواد کلوئیدی است. این مواد باید به طریقه مناسب حذف شوند تا آب زلال و با کدورت پایین مطابق استانداردها تحویل مصرف کننده گردد. روش متداول حذف کدورت، رسوب دهی شیمیایی کلوئیدی با استفاده از مواد منعقد کننده است.



به دیگر سخن ذرات لخته شونده در سوسپانسیون های رقیق که خواص سطحی شان به گونه ای است که به محض تماس با سایر ذرات به آنها می چسبند و یا در هم ادغام شده تشکیل ذرات بزرگتر را می دهند و در نتیجه اندازه، شکل و احتمالاً وزن مخصوص شان پس از برخورد تغییر می یابد را نمی توان مانند ذرات مجزا ته نشین کرد، لذا مواد منعقد کننده را به مقادیر لازم و کافی به آب اضافه می کنند تا ذرات کوچک، سبک و غیر قابل ته نشین، به ذرات بزرگتر و سنگین تر تبدیل شده و به آسانی ته نشین شوند.

مواد غیر قابل ته نشینی آب به دو دلیل در برابر ته نشینی مقاومت می نمایند:

الف) اندازه ذرات

ب) نیروی طبیعی میان ذرات

❖ به طور کلی می توان گفت مکانیسم تجمع ذرات کلوئیدی شامل مراحل زیر است:

- تقلیل نیروی دافعه و ناپایدار سازی
- حرکت ذرات ناپایدار و برخورد آنها با هم

در واحدهای تصفیه آب عمل انعقاد شیمیایی معمولاً در اثر افزایش نمکهای فلزی سه ظرفیتی نظیر سولفات آلومینیوم یا کلرید فریک انجام می پذیرد. مکانیسم دقیقی که در اثر آن انعقاد انجام می گیرد کاملاً قابل شناسایی نیست، اما چنین تصور می شود که مکانیسم های اتفاقی به شرح ذیل عبارتند از:

۱- فشردگی لایه یونی

۲- جذب سطحی و خنثی شدن بار

۳- انعقاد جاروبی

۴- پل زنی بین ذره ای

علاوه بر نیروهای جذب سطحی، بار الکتریکی نیز ممکن است به فرآیند انعقاد کمک کنند. مواد منعقد کننده بار الکتریکی مثبت دارند که بار منفی ذرات معلق در آب را خنثی کرده و رسوب می دهند. منعقد کننده های کمکی موادی شیمیایی هستند که همراه با منعقد کننده اصلی برای تشکیل ذرات محکم تر، با دوام تر، قابل ته نشین تر، جلوگیری از کاهش حرارت (عمل انعقاد را کند می نماید) و کاهش مقدار ماده منعقد کننده مصرفی به آب اضافه می گردد. یکی دیگر از دلایل مهم مصرف منعقد کننده های کمکی، کاهش مقدار سولفات آلومینیوم



است که نهایتاً مقدار لجن تولیدی را کاهش می دهد. چون خشک کردن و دفع لجن سولفات آلومینیوم خیلی مشکل است، از اینرو مصرف کمک منعقد کننده های کمکی مشکلات حمل و نقل و دفع لجن را به طور قابل توجهی کاهش می دهند.

بعضی از کمک منعقد کننده های کمکی اصلی به شرح ذیل عبارتند از:

الف) سیلیس فعال

ب) عوامل وزنی و جاذب

ج) پلی الکترولیت

عوامل مختلف فیزیکی و شیمیایی مانند شرایط مخلوط کردن، قلیائیت، کدورت و درجه حرارت، اما بسیاری از عوامل ناشناخته وجود دارند که بر فرآیند انعقاد و لخته سازی موثر هستند، از این رو نوع و مقدار ماده منعقد کننده برای هر آب خام بوسیله آزمایش جار (jar test) تعیین می گردد. بعد از تعیین نوع و مقدار ماده منعقد کننده بایستی آنرا به آب افزود، این فرآیند شامل واحدهای مختلف به ترتیب زیر است:

مراحل انعقاد شامل:

الف) اختلاط سریع Rapid mixing

ب) انعقاد Coagulation

ج) لخته سازی Flocculation

د) ته نشینی Sedimentation



## کاهش سختی آب (Softening of water)

کاهش سختی آب یا نرم کردن، فرآیندی است که در تصفیه آب متداول است. سختی گیری را می توان در تصفیه خانه آب انجام داد و یا اینکه مصرف کننده می تواند در محل مصرف انجام دهد. انتخاب یکی از این دو روش بستگی به عوامل اقتصادی و تمایل مردم به آب نرم دارد. به طور کلی نرم کردن آب با سختی مناسب (۵۰ تا ۱۵۰ میلی گرم کربنات کلسیم در لیتر) بهتر است به مصرف کننده واگذار شود، در صورتی که آب سخت باید در تصفیه خانه نرم شود. فرآیندهای نرم کننده متداول، شامل ته نشینی شیمیایی و تبادل کننده یونی می باشد. هر کدام از روش های فوق ممکن است در تصفیه خانه با تجهیزات اختصاصی به کار برده شود. نرم کننده های خانگی منحصراً واحدهای مبادله کننده یونی هستند.