

بهداشت آب

قسمت چهارم

مروری کوتاه بر تاریخچه تصفیه آب

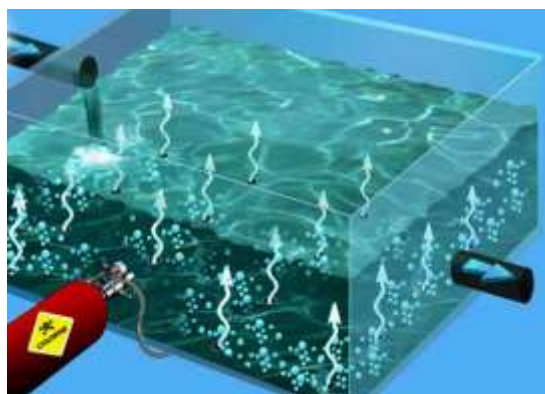


تصفیه آب برای بشردارای سابقه ای بسیار طولانی و قدیمی است. مورخین بر این عقیده اند که تاریخ تصفیه آب به حدود دو هزار سال پیش از میلاد مسیح می رسد. این مراحل تصفیه ای شامل جوشاندن و صاف کردن آب بوده است. وسایل اولیه تصفیه آب در منازل افراد مورد استفاد قرار می گرفت و تا حدود قرن اول میلادی هیچ نشانه ای 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 کند بود.



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 میکروارگانیسم هایی که شامل عوامل بیماری زا نیز می شد و هم چنین موجب گوارتر شدن آب می گردید. در انتهای قرن، فیلتراسیون به عنوان عامل اصلی جلوگیری از بیماری هایی با منشأ آبی به حساب می آمدند. پذیرش تئوری میکروبی درباره انتقال بیماری ها منجر به انجام عملیات گندزدایی بر روی منابع آب مصرفی جامعه گردید.



آب

آب مورد نیاز به اندازه کافی و کیفیت مطلوب برای ادامه حیات بشری بسیار ضروری است انسان ها از همان ابتدا به اهمیت فراوان آب پی برده بودند و تمدن ها پیرامون منابع آبی به وجود آمده اند که علاوه بر تامین نیازهای حیاتی قادر به رفع نیازهای کشاورزی و حمل و نقل بوده اند. انسان های 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 از:

۱- ویژگی های فیزیکی آب آشامیدنی

الف) جامدات معلق

ب) کدورت

ج) رنگ

د) طعم و بو

و) دما

۲- ویژگی های شیمیایی آب آشامیدنی

الف) کل جامدات محلول

- ب) قلیائیت
- ج) سختی
- د) فلزات
- و) مواد آلی
- ه) مواد مغذی

خصوصیات آب های سطحی

ph- این آبها در حدود ۷- ۸ می باشد.

-زالال هستند

-مواد آلی موجود در این آبها در نقاط مختلف فرق می کند

-معمولاً آلوده به میکروارگانیزم ها هستند

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

-ممکن است حاوی دترجنت،نفت،روغن و فلزات سنگین باشد

-معمولاً آب های سطحی ناشی از کشاورزی حاوی نیترات و فسفات هستند

خصوصیات آب های زیرزمینی

-دی اکسید کربن ممکن است در این آبها زیاد باشد

- ph این آب ها معمولاً در حدود ۹/۷ - ۹/۶ است

- مواد معلق در این آبها بسیار کم است

- این آب ها 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 آب ها حاوی املاح زیاد می باشند

-معمولاً حاوی سختی می باشند (بیشتر سختی موقت)

- در آب های شور غلظت یون کلر و سدیم بسیار زیاد است

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 کرد 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 آب های زیرزمینی صاف و عاری از عوامل بیماری زا و هم چنین فاقد مقادیر قابل توجهی از مواد آلی هستند. این قبیل آب ها 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 آب های 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 آب های زیرزمینی مورد استفاده قرار می گیرند به این ترتیب اند:

- هوادهی

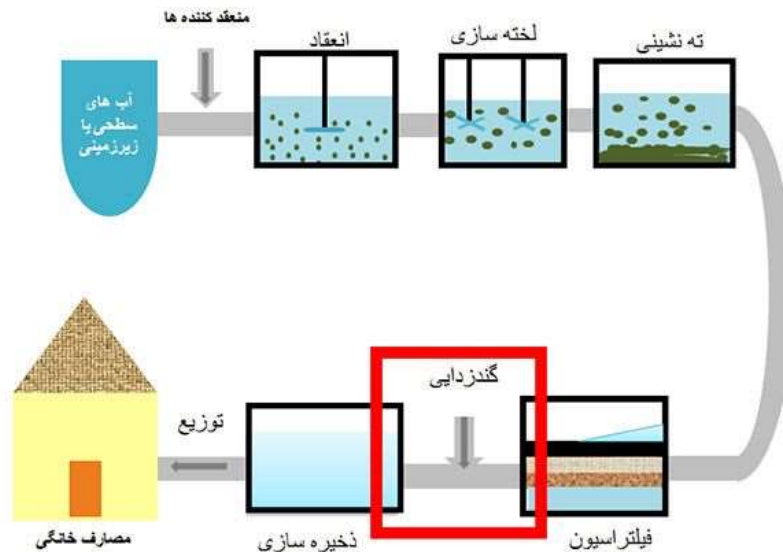
- سختی گیری
- فیلتراسیون
- گندزدایی
- ذخیره سازی



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

سیستم های تصفیه که به طور معمول برای آب های 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- آبرگیر | 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 | |

۱. آبرگیر (intake)

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

۲. آشغالگیر (screen)

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 توری های 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 قرار 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.

انواع آشغالگیر

آشغالگیرها را بر اساس فضای باز بین میله ها تقسیم بندی می نمایند به:

- آشغالگیر ریز (Fine Screening) کمتر از ۱۰ میلی متر
- آشغالگیر متوسط (Medium Screening) بین ۱۰-۴۰ میلی متر
- آشغالگیر درشت (Coarse Screening) بیشتر از ۴۰ میلی متر

آشغالگیرهای درشت تر در ابتدا و آشغالگیرهای ریزتر بعد از آن ها قرار می گیرند. سرعت عبور آب از آشغالگیرهای میله ای در شرایط عادی باید به حدی باشد که باعث چسباندن مواد به آشغالگیرها شود بدون آنکه افت فشار زیاد ایجاد کند و یا سبب انسداد فضای خالی بین میله ها شود، تا جریان به آسانی از آن عبور کند. معمولاً سرعت قابل قبول بین میله های آشغالگیر در جریان متوسط حدود ۶/۰-۱ متر بر ثانیه و برای جریان حداکثر ۲/۱-۴/۱ متر بر ثانیه در نظر گرفته می شود. درجه انسداد و گرفتگی در آشغالگیرها به کیفیت آب و روش پاکسازی آشغالگیر بستگی دارد. روشهای پاکسازی عبارتند از:

- الف) آشغالگیرهای میله ای با پاکسازی دستی
- ب) آشغالگیرهای میله ای با پاکسازی اتوماتیک

۳. تصفیه شیمیایی مقدماتی (Pretreatment of chemical)

در این مرحله از مواد شیمیایی برای کنترل رشد گیاهان آبی استفاده می شود. مشکلاتی که گیاهان آبی در تصفیه خانه ها به وجود می آورند؛ نتیجه رشد بیش از حد چند گیاه در مواقع معینی از سال است. بعضی از انواع گیاهان آبی (جلبک ها- گیاهان آبی ریشه دار) ایجاد بو و مزه خاصی در آب می نمایند. هم چنین آن ها می توانند در فرآیندهای تصفیه ایجاد اختلال نمایند.

الف) مشکلات ناشی از جلبک ها

جلبک ها و سایر ارگانیسم های ذره بینی در تمام آب های 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

-خورندگی

- ایجاد سمیت
- تداخل با سایر فرآیندهای تصفیه

کنترل جلبک ها

بعضی از روش های کنترلی جهت کنترل جلبک های موجود در آب های 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. Ph ها 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. علف های 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) علف های برآینده از سطح
(ب) علف های سطحی یا شناور
(ج) علف های 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 ماهی ها می باشد.
(ج) شیمیایی: هنگامی که با استفاده از روش های فیزیکی و بیولوژیکی نتوان گیاهان آبی را کنترل نمود از روشه ای کنترل شیمیایی گیاهان آبی مانند مصرف علف کش ها استفاده می شود.

۴. ته نشینی مقدماتی (Sedimentation)

ته نشینی موجب جداسازی فیزیکی مواد جامد از آب می شود. در عمل ته نشینی کلیه موادی که دانسیته آن ها 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 آن ها 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

حوضه‌های ته نشینی به صورت سری (پشت سر هم) در ته نشین کردن مواد قابل ته نشینی موجود در آب نقش مؤثری خواهد داشت.

۵. توری های آبهای سطحی (Strainers for surface water)

توری هایی را که برای تصفیه آب های 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 توری ها افزایش کارایی صافی های 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 مناسب تر (اکسیداسیون) استفاده می شود. هوادهی معمولاً برای تصفیه آب های زیر زمینی به کار می رود، زیرا آب های 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 می شوند:

الف) هیدروژن سولفور

ب) دی اکسید کربن

ج) متان

د) آهن و منگنز

ذ) مزه و بو

ر) اکسیژن محلول

روش های هوادهی

الف) فرستادن آب به هوا

ب) دمیدن هوا به آب

هوادهنده های آب در هوا طوری ساخته شده اند که قطرات کوچک آب را در هوا می پاشند در صورتی که هوا دهنده های هوا در آب، حباب های هوا را به داخل آب می فرستند. هر دو روش طوری طراحی شده اند تا حداکثر تماس آب و هوا را به وجود آورند. برای جلوگیری از تجمع گازهایی که ممکن است سمی یا خفه کننده باشند، باید عمل تهویه به دقت انجام پذیرد.

۶-۱) انواع هوادهی

الف) هوادهی پاششی (Spray Aeration)

در این روش آب از لوله های سوراخ دار عبور داده می شود. آب خروجی از سوراخ ها 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 نازل ها حدود ۵/۲ تا ۴ سانتی متر است تا مانع گرفتگی آن ها 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.

ج) هوادهی چند سینی یا با ریزش آب (Waterfall or Multiple Tray Aeration)

برج های سینی دار طبیعتاً مشابه برج های آبشاری هستند، به این معنی که آب بالا برده می شود و به ارتفاع پایین تر ریزش می کند. برج های سینی دار سوراخ دار محتوی سنگ، سرامیک یا بسترهای متخلخل دیگر هستند. برج های 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.

۷. انعقاد و لخته سازی (Flocculation & Coagulation)

یکی از ناخالصی های مهمی که در آب های 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. مقطع حوض های ته نشینی اکسیلاتور

۷-۱) انعقاد

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

ذراتی مانند گل و لای، میکروب ها، ذرات مسبب رنگ و ویروس ها 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.

(Potential Zeta) 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.

نیروی واندروالز (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 واندروالز 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 واندروالز 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.

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 نمک های 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

PH بر کارائی یک منعقد کننده تاثیر گذار است. 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)

هدف از اختلاط سریع پخش فوری مواد منعقد کننده و کمک منعقد کننده مصرفی در کل آب ورودی به این مرحله است. میزان دُز مواد منعقد کننده و کمک منعقد کننده که توسط آزمایش جار مشخص گردیده به آب تزریق می گردد و باید بطور یکنواخت با آب مخلوط شود. به همین دلیل هم زدن آب باید شدید باشد و تزریق ماده شیمیایی باید در متلاطم ترین منطقه صورت پذیرد. عمل اختلاط باید سریع انجام شود، زیرا هیدرولیز ماده منعقد کننده غالباً فوری رخ می دهد (زمان متداول برای اختلاط ۳۰ ثانیه پیشنهاد می شود) و ناپایدار شدن کلوئیدها نیز در زمان بسیار کمی حاصل می شود.

بعد از فرآیند اختلاط سریع، عمل انعقاد و لخته سازی بایستی صورت پذیرد، چرا که انعقاد و لخته سازی مهمترین فرآیند حذف کلوئیدها هستند. بطور کلی اهداف انعقاد، جداسازی مواد مولد کدورت، رنگ، باکتری ها و سایر عوامل بیماری زا، جلبک ها و موجودات مزاحم، فسفات ها، عوامل مولد طعم و بو، حذف آهن و منگنز و نهایتاً حذف قسمتی از مواد آلی می باشد. آبی که این فرآیند را گذرانده هم از نظر ظاهری قابل قبول و هم می تواند مراحل بعدی تصفیه را بهتر طی کرده و گندزدایی شود.

یک سیستم کلوئیدی شامل ذرات جامد به صورت کاملاً مجزا از هم در یک ماده پراکنده است. این ذرات را فاز پراکنده شده می نامند.

ذرات کلوئیدی با نیروی ثقل قابل ته نشین نیستند و با ماده ای که در آن پراکنده اند سطح مشترکی را تشکیل می دهند که نقش مهمی در رفتار سیستم های کلوئیدی دارد. ذرات کلوئیدی قطری حدود یک تا هزار میکرون دارند و پایدار هستند. پایداری کلوئیدها به خواص الکتریکی، اندازه، ماهیت شیمیایی کلوئید و خصوصیات شیمیایی بستر انتشار ارتباط دارد. بعد از عمل انعقاد ذرات، عملیات لخته سازی یا فلوکاسیون بایستی انجام پذیرد. لخته سازی فرآیند به هم زدن آرام و مداوم آب منعقد شده است تا لخته ها (فلوک ها) تشکیل گردند. هدف از کاربرد این واحد اصلاح آب برای تشکیل فلوک و سهولت جداسازی آنها به کمک ته نشینی و صاف سازی می باشد. راندمان واحد لخته سازی به شدت وابسته به تعداد برخوردهای ذرات ریز منعقد شده در واحد زمان است.

۸. 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.

۸-۱- ته نشینی شیمیایی (Chemical Precipitation)

میزان حلالیت انواع مختلف سختی موجود در آب، متفاوت است. اشکالی که کمترین میزان حلالیت را دارند، کربنات کلسیم و هیدروکسید منیزیم می باشند. ته نشینی شیمیایی، بوسیله تبدیل سختی کلسیم به کربنات کلسیم و سختی منیزیم به هیدروکسید منیزیم انجام می شود. این عمل را می توان به وسیله آهک، فرآیند کربنات سدیم و یا فرآیند سود سوزآور انجام داد معمولاً در هنگامی که آب دارای شرایط ذیل باشد از روشهای فوق جهت کاهش سختی استفاده می کنیم:

۱- آب خام حتماً نیاز به فیلتراسیون داشته باشد.

۲- بیشتر سختی آب از نوع سختی موقت باشد.

۳- میزان سختی آن زیاد باشد.

حجم آب خام مورد نیاز و نیز استفاده از فرایندهای مختلف جهت کاهش سختی به طریقه شیمیایی وجود دارد که انتخاب هر کدام به عوامل مختلفی از قبیل نوع سختی، درجه سختی، سهولت بهره برداری، درجه کاهش تولید لجن حاصل از کاربرد آهک و صرفه جویی مطلوب در هزینه مواد شیمیایی بستگی دارد. فرایندهای مختلفی که جهت کاهش سختی مورد استفاده قرار می گیرند به شرح ذیل عبارتند از:

فرایندهای سختی گیری:

(الف) سختی گیری جزئی با آهک (Partial Lime Softening)

(ب) سختی گیری با آهک مازاد (Excess Lime Softening)

ج) سختی گیری با آهک - کربنات سدیم (Softening Lime-Soda Ash)

۸-۲- تبادل کننده های یونی Ion Exchanger

رزین های تعویض یونی ذرات جامدی هستند که می توانند یون های نامطلوب در محلول را با همان مقدار اکی والان از یون مطلوب با ابر الکتریکی مشابه جایگزین کنند. ظرفیت و راندمان سختی گیری به عوامل زیر بستگی دارد:

- ۱- نوع ماده تبادل کننده
 - ۲- کیفیت آب مورد تصفیه
 - ۳- نوع سطح جاذب جامد
 - ۴- مقدار مواد احیاء کننده
 - ۵- زمان احیاء
- وجود بعضی مواد مضر در آب ورودی به بسترهای رزین (موجب آلودگی آلی رزین شده و رنگ رزین های آلوده به مواد آلی معمولاً سیاه می شود در حالی که رزین های سالم شفاف هستند) می توان کارایی رزین را کاهش دهد،

لذا شایسته است که این مواد مضر قبل از ورود به بستر رزین حذف شوند، مهمترین این آلاینده ها عبارتند از :

- ۱- کلر آزاد
- ۲- مواد معلق و رنگ
- ۳- آلاینده های آلی
- ۴- نمک های محلول در آب

پایان قسمت چهارم - بهداشت آب

منابع قابل استفاده :

- اصول ایمنی و بهداشت در طرح های آب و فاضلاب – دکتر علی اکبر نظام آبادی – پردیس فنی شهید عباسپور دانشگاه شهید بهشتی.
- بهداشت آب و فاضلاب – مهندس جواد ترکشوند، مهندس شهریانو یونسی، دکتر علیرضا خاکپور
- مهندسی آب و فاضلاب مکنزی- ترجمه: دکتر مصطفی لیلی، مهندس سید جواد جعفری، مهندس کاظم گودینی، مهندس نفیسه نوریه، مهندس زهرا عطاfer، مهندس اردوان نیکنام.

- <http://www.environmentalhealth.ir>
- <http://irwwa.com>
- <https://www.iaeh.ir>
- <https://www.sanitationandwaterforall.org>
- <https://www.who.int>
- <https://www.jica.go.jp>