حوضچه های ته نشینی:

اصول ته نشینی برای حوضچه های تصفیه آب یا فاضلاب مشابه بوده و تجهیزات و روش های راهبری آنها نیز مشابه است. به طور کلی ته نشینی یعنی حذف ذرات وارد شده به حوضچه از جریان آب قبل از خروج جریان از قسمت سرریز خروجی.

ته نشینی به چهار نوع تقسیم می شود که انواع آن به غلظت ذرات و میزان برخورد آنها بستگی دارد.

ته نشینی نوع اول:

در این نوع از ته‌نشینی ذرات هرکدام به‌طور مستقل و مجزا با سرعت منحصربه‌فردی ته‌نشین می‌شوند. زمانی که غلظت مواد جامد معلق کم باشد و هیچ واکنش داخلی انجام نگیرد این نوع از ته‌نشینی مورداستفاده قرار می‌گیرد. با توجه به مطالب بیان‌شده ذرات به‌صورت شن و ماسه در این دسته قرار می‌گیرد. ته‌نشینی در این حالت از قانون استوکس پیروی می‌کند. مطابق با این قانون سرعت ته‌نشینی ذره متشکل از دو بردار سرعت عمودی و افقی می‌باشد. سرعت ته‌نشینی با کمک از قانون استوکس از رابطه زیر به دست می آید:

$$V_C = \frac{g(\rho_S - \rho)d^2}{18\mu}$$

ته نشینی نوع دوم:

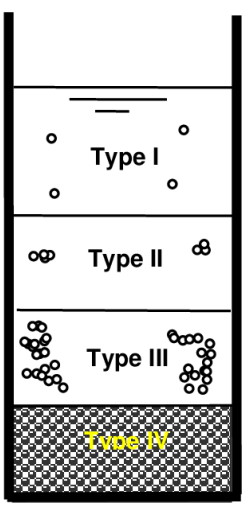
زمانی که غلظت مواد کم باشد و ذرات قابلیت اتصال به یکدیگر را داشته باشند و به‌صورت لخته ته‌نشین شوند در طی این اتصال وزن ذرات افزایش می‌یابد و درنتیجه سریع‌تر ته‌نشین می‌شوند. در این حالت هیچ قاعده و قانون خاصی برای ته‌نشینی وجود ندارد. این نوع از ته‌نشینی در تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب معمولا بعد از واحدهای انعقاد و لخته سازی که ذراتی با غلظت کم و قابلیت لخته شدن تولید می‌کنند، مورداستفاده قرار می‌گیرد.

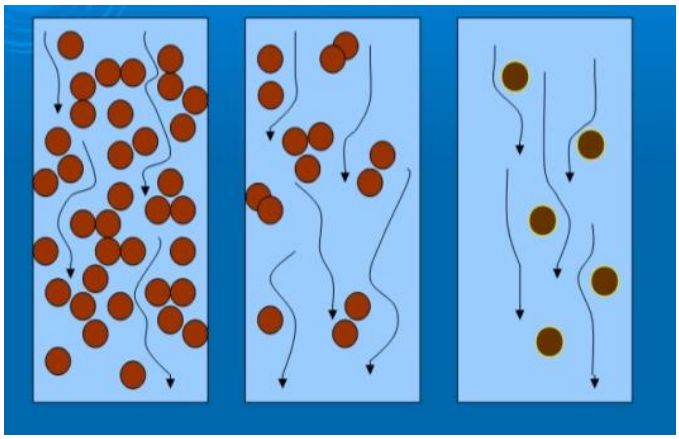
ته نشینی نوع سوم:

ته نشینی نوع ۳ یا ته نشینی ناحیه ای عبارت است از ته نشینی غلظت متوسطی از ذرات که در آن ذرات به حدی به هم نزدیک هستند که نیروهای بین ذره ای، ته نشینی ذرات همجوار را مانع می شوند. ذرات در وضعیت ثابتی نسبت به هم باقی می مانند و همگی با سرعت ثابتی ته نشین می شوند. درنتیجه توده ذرات بصورت یک ناحیه یا منطقه ته نشین می شوند. ته نشینی که در اعماق متوسط زلال ساز نهایی فرایند لجن فعال به وقوع می پیوندد نمونه ای از ته نشینی نوع ۳ می باشد.

ته نشینی نوع چهار:

ته نشینی نوع ۴ یا ته نشینی متراکم عبارتست از ته نشینی ذراتی که به علت غلظت زیاد با هم در تماس بوده و ته نشینی آنها از طریق تراکم توده های فشرده صورت می گیرد. نمونه ای از ته نشینی نوع ۴ ته نشینی متراکمی است که در اعماق پایین تر از زلال ساز نهایی فرایند لجن فعال روی می دهد.



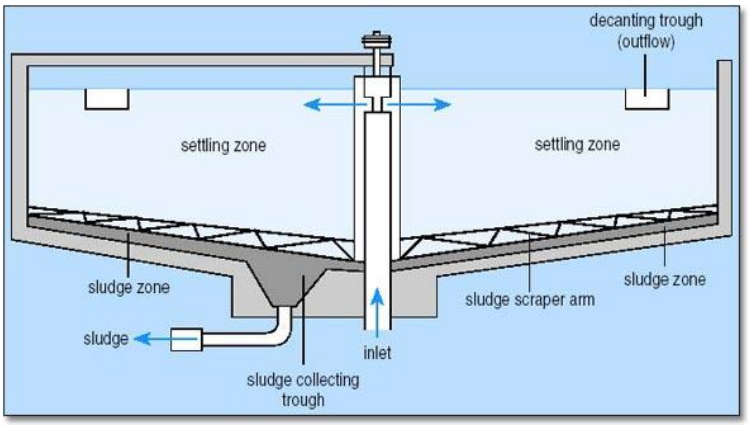


شماتیک انواع ته نشینی و بخش های مختلف آن در یک زلال ساز یا حوضچه ته نشینی

حوضچه های ته نشینی به اشکال مستطیلی، مربع یا دایره ای ساخته می شوند. یک حوض مستطیلی از یک حوض مدور دارای اندازه مشابه پرهزینه تر خواهد بود اما در صورتی که چند استخر مورد نیاز باشد واحدهای مستطیلی می توانند با دیواره های مشترک احداث شده و اقتصادی تر باشند. حوضچه های ته نشینی مستطیلی دارای کاربردی بهتر از انواع مدور هستند. در حوضچه های دایره ای مکانیسم انتقال لجن ساده تر بوده و مشکلات تعمیرات و نگهداری کمتری دارند.

در حوض های مستطیلی معمولا از نسبت طول به عرض ۲ به ۱ تا ۳ به ۱ استفاده می شود. براساس تحقیقات مونک استفاده از حوض مستطیلی با نسبت طول به عرض ۶ به ۱ تا ۷ به ۱ به دلیل ایجاد جریان ایده آل در ورودی و خروجی حوض برای کنترل جریانات مدار کوتاه، موثرتر می باشد. از دیگر ملاکهای موردنظر در طراحی حوض مستطیلی این است که نسبت عرض به عمق در محدوده ۳ به ۱ و حداکثر ۶ به ۱ باشد و ارتفاع آزاد برای کاهش اثرات باد در حدود ۰/۶ متر در نظر گرفته شود. معمولا حوض های مستطیلی با جریان افقی به علت این که دارای توانایی و پایداری بیش تری نسبت به شو کهای ناشی از بارگذاری های مختلف هستند، نسبت به سایر هندسه ها بیش تر موردنظر طراحان است. از دیگر فواید حوض های مستطیلی استفاده از دیوار مشترک بین حوض ها است، که باعث اقتصادی شدن طرح می گردد.

حوض های با هندسه مربع معمولا به صورت ورودی از مرکز طراحی می شوند. حوض های مربعی دارای برخی مزایای حوض های مستطیلی نظیر استفاده از دیوار مشترک برای دو حوض و همچنین دارای برخی مزایای حوض دایر های نظیر سهولت جمع آوری لجن می باشند. از مشکلات حوض های مربعی می توان به عدم توزیع یکنواخت جریان در سطح حوض به دلیل هندسه سازه خروجی که در محیط حوض تعبیه می شود و همچنین ته نشین شدن لجن در گوشه ها اشاره کرد.



شکل ۳۷- شماتیک تانک ته نشینی دایره ای

در حوض های ته نشینی دایر ه ای نحوه ورود آب به دو صورت ورود از مرکز و ورود از محیط می باشد. براساس تحقیقات به عمل آمده این مطلب اثبات شده است که در حوض های با ورودی محیطی، وقوع مساله جریانات مدار کوتاه کم تر از حالت ورود از مرکز می باشد. از مزایای حوض های دایره ای می توان به سهولت در جمع آوری لجن اشاره کرد .به همین علت از آن بیش تر در مواردی که حجم لجن تولیدی نسبت به جریان ورودی بالاست،

نظیر حوض های تغلیظ لجن، استفاده می شود. تانکهای دایره ای حوضچه ته نشینی ثانویه با قطر حدود ۳۰ تا ۶۰ متر ساخته می شوند؛ هر چند متداولترین محدوده از ۴۰-۱۰ متر می باشد. شعاع تانک ترجیحاً نباید بیشتر از ۵ برابر عمق حوضچه باشد.

ناحیه بندی حوض ته نشینی:

الف- ناحیه ورودی:

در این ناحیه جریان به صورت یکنواخت در سطح مقطع عرضی حوض توزیع می شود و جریان آب، ناحیه ورودی را به صورت افقی ترک می کند و در جهت خروجی حوض حرکت می کند.

ب - ناحیه ته نشینی

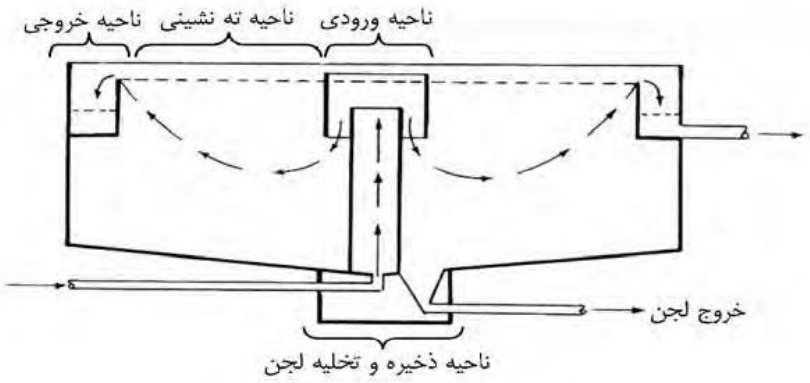
در این ناحیه آب به آرامی به صورت افقی به سمت خروجی حرکت و ته نشینی ذرات معلق در این ناحیه رخ می دهد.

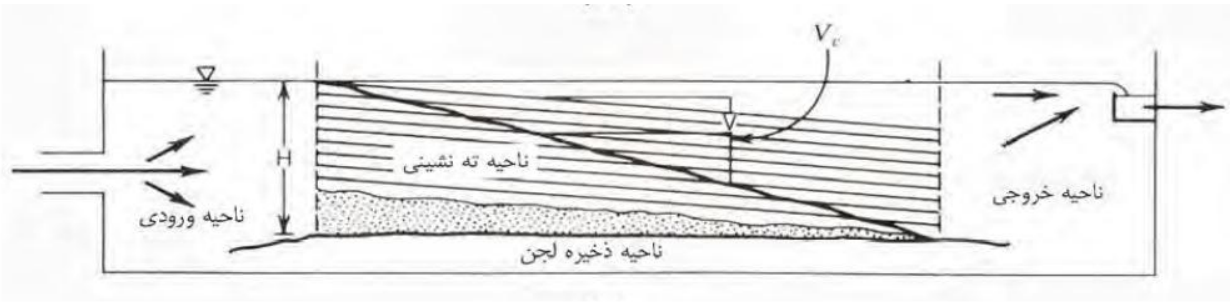
ج - ناحیه لجن

در این ناحیه لجن ته نشین شده، انباشته شده و لجن وارد شده به این ناحیه از خروجی لجن خارج می شود.

د -ناحیه خروجی

در این ناحیه آب زلال شده به طور یکنواخت از حوض جمع آوری و خارج می گردد.





پارامترهای طراحی حوضچه ته نشینی:

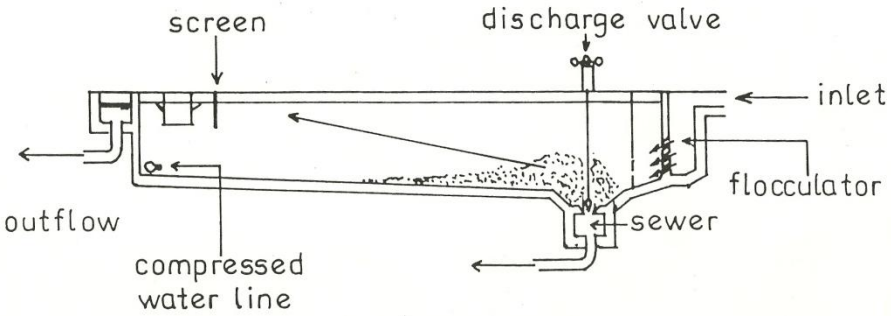
۱- هندسه حوضچه

۲- نرخ بار سطحی یا بارگذاری هیدرولیکی (بر حسب مترمکعب بر مترمربع بر روز)

۳- زمان ماند (بر حسب ثانیه): برای یک سطح مشخص، زمان ماند تابعی از عمق حوض می باشد.

۴- ناحیه ورودی و خروجی

۵- نرخ بار سرریز (بر حسب مترمکعب بر مترمربع بر روز): برای محاسبه طول سرریز از متغیری به نام نرخ بار سرریز استفاده می شود.



شکل ۳۸- شماتیک تانک ته نشینی مستطیلی

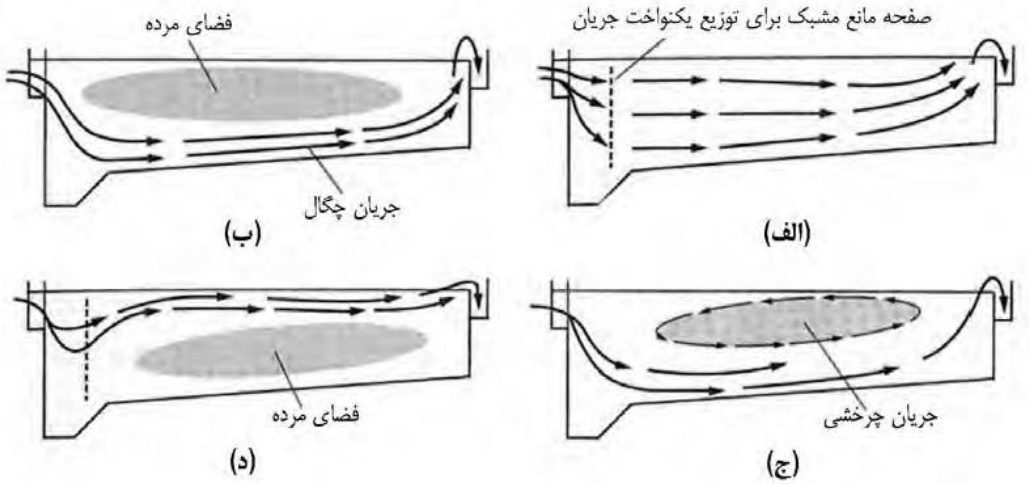
شکل ۳۹- تانک ته نشینی دایره ای و تیغه لجن روب کف

شکل ۴۰- تانک ته نشینی مستطیلی

شکل ۴۱- سرریز آب در تانک ته نشینی دایره ای

جریانات مدار کوتاه:

جریانات مدار کوتاه که به دلایل مختلفی نظیر وجود گرادیان حرارتی، گرادیان چگالی و عدم توزیع یکنواخت جریان در ورودی ایجاد می شود و باعث کاهش بازده حوض های ته نشینی می گردد. از این رو به منظور کاهش جریانات مدار کوتاه از دیواره های پخش کننده میانی قائم بر جهت جریان در قسمت میانی و یا در یک سوم ابتدای حوض استفاده می شود .روند تاثیر اختلاف درجه حرارت در حوض بدین صورت است که اگر دمای آب ورودی سردتر از آب درون حوض باشد، آب با دمای کم تر در ته حوض تا انتهای حوض حرکت می کند. اگر دمای آب ورودی بیش تر از دمای آب حوض باشد جریان مدار کوتاه در سطح حوض رخ می دهد، این حالت معمولا هنگامی رخ می دهد که منابع آب برای تامین آب تصفیه خانه از چندین منبع تشکیل شده باشد.



الگوهای جریان در حوض ته نشینی مستطیلی الف: حالت ایده آل، ب: تاثیر جریان چگال یا طبقه بندی حرارتی، ج: تشکیل جریان چرخشی تحت تاثیر باد، د: طبقه بندی حرارتی

سختی گیری آب:

سختی گیری آب به حذف یون های کلسیم و منیزیم دو ظرفیتی(Ca^{+2}) و (Mg^{+2}) از آب گفته می شود. آب در طبیعت ضمن عبور از زمین های آهکی و لایه های دو لومیتی، کلسیم و منیزیم را در خود حل می کند. ترکیبات مربوط به بی کربنات کلسیم و منیزیم در آب را سختی موقت و املاح مربوطه به سولفات، کلرور و نیترات کلسیم یا منیزیم را سختی دائم می نامند. مجموع سختی دائم و موقت سختی کل آب را تشکیل می دهد.

آبهای سخت بویژه در مصارف صنعتی و تاسیساتی، مشکلات متعددی را به دلیل بالا بودن قابلیت رسوب گذاری و خورندگی ایجاد می کنند که مهمترین آن عبارتند از :

- تشدیدخوردگی و رسوب گذاری در تاسیسات حرارتی
- کاهش راندمان انتقال حرارت و افزایش مصرف بی رویه انرژی به دلیل وجود لایه های ضخیم رسوبی
- ایجاد لکه و رسوبات سفید رنگ بر روی سطوح شیشه، فلز، پارچه، لباس و نظایر آن
- کاهش ظرفیت انتقال جریان آب در اثر تشکیل رسوبات سخت در جداره داخلی لوله ها و مخازن
- افزایش مصرف مواد شوینده به دلیل کاهش خاصیت کف کنندگی آنها در آب سخت

طبقه بندی آب ها از لحاظ سختی بشرح ذیل است:

نوع آب	واحد	مقدار سختی
نرم	mg/l $CaCO_3$	<۵۰
نسبتا سخت	mg/l $CaCO_3$	۵۰-۱۵۰
سخت	mg/l $CaCO_3$	۱۵۰-۳۰۰
بسیار سخت	mg/l $CaCO_3$	>۳۰۰

کاهش سختی آب یا نرم کردن، فرآیندی است که در تصفیهٔ 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 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. فرایندهای سختی گیری متداول شامل سختی گیری به روش ترسیب شیمیایی و یا روش تبادل 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 منحصرا واحدهای مبادله کنندهٔ یونی هستند. استانداردهای جهانی مقدار حداکثر ۵۰۰ mg/l سختی را در آب آشامیدنی توصیه می نمایند.

سختی گیری به روش ترسیب شیمیایی:

گونه های مختلف سختی دارای محدوده های حلالیت مختلف هستند. کم محلولترین گونه ها عبارتند از کربنات کلسیم ($CaCO_3$) و هیدراکسید منیزیم $Mg(OH)_2$. ترسیب شیمیایی نیز در اثر تبدیل سختی کلسیم به کربنات کلسیم و منیزیم به هیدراکسید منیزیم صورت می گیرد. این عمل می تواند با استفاده از فرایند آهک-کربنات سدیم (سودا) یا فرایند سود سوز آور صورت پذیرد.

آهک همه شکل های سختی کربناته و سختی غیر کربناته منیزیم را حذف می کند:

$Ca(HCO_3)_2 + CaO + H_2O \rightarrow 2CaCO_3 + 2\ H_2O$
$Mg(HCO3)_2 + CaO + H_2O \rightarrow CaCO_3 + MgCO_3$
$MgCO_3 + CaO + H_2O \rightarrow CaCO_3\ (s) + Mg(OH)_2$
$MgSO_4 + CaO + H_2O \rightarrow CaSO_4 + Mg(OH)_2$

جدا ساختن سختی منیزیم غیر کربناته توسط آهک سبب افزایش سختی کلسیم غیرکربناته می شود. سختی کلسیم غیر کربناته در اثر افزودن کربنات سدیم قابل حذف است.

$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + 2NaSO_4$

رسوب کردن $CaCO_3$ و $Mg(OH)_2$ به pH بستگی دارد. pH بهینه برای رسوب $CaCO_3$ در محدوده ۹/۵-۹ و برای رسوب $Mg(OH)_2$ حدود ۱۱ می باشد.

همه شکل های سختی در اثر افزایش سود سوز آور (NaOH) قابل تبدیل به گونه های ته نشین شونده هستند.

$Ca(HCO_3)_2\ +2\ NaOH \rightarrow CaCO_3 + Na_2CO_3 + 2\ H_2O$

$Mg(HCO_3)_2 + 4\ NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + 2Na_2CO_3 + 2\ H_2O$
$MgSO_4 + 2\ NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + Na_2SO_4$

فیلتر کردن (Filtration)

صاف کردن یا فیلتراسیون یک روش فیزیکی برای حذف ذرات معلقی که در مراحل انعقاد و سختی گیری ته نشین نشده اند می باشد. این ذرات معلق می توانند گل، رنگ، مواد آلی، پلانکتون، باکتری، ذرات حاصل از سختی گیری و ..... باشند. فیلترهای مورد استفاده در تصفیه خانه ها از نوع ثقلی هستند. آب حاوی ذرات معلق از بستر یک ماده که می تواند شن و یا ذغال آنتراسیت باشد، عبور نماید. در اثر عبورآب از خلل و فرج بین این ذرات، مواد معلق به دام افتاده و آب تقریباً عاری از مواد معلق، به دست می آید. جمع شدن ذرات معلق در خلل و فرج صافی، باعث افزایش

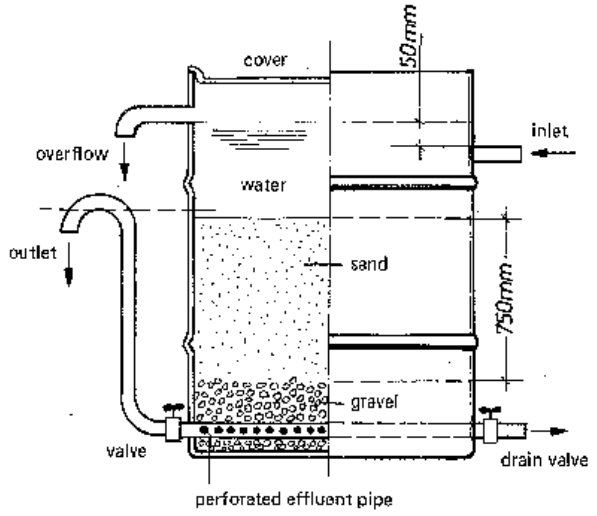
افت فشار(اختلاف سطح آب روی سطح صافی و آب خروجی از صافی) می گردد. اگر این افت فشار از حد معینی تجاوز نماید، باید صافی را شستشو داد.

انواع صافی های ماسه ای

الف) صافی ماسه ای کند (Slow Sand Filter)

صافیهای ماسه ای کند در کشورهای در حال رشد برای تامین آب سالم در روستاها بسیار مفید می باشد. زیرا بکارگیری آن بسیار ساده می باشد. این فیلترها ابتدائی ترین فیلترهای شناخته شده هستند و به نام فیلترهای انگلیسی نیز معروفند. ماده اصلی تشکیل دهنده این نوع فیلتر ها ماسه به دانه بندی مختلف می باشد.

این نوع صافی ها از حوضچه های بتونی تشکیل شده است. در کف آنها مجاری با آجر و سیمان یا لوله های خروجی آب تعبیه گردیده است و بر روی آنها به ترتیب ماسه های لایه نگهدارنده (به ارتفاع ۰/۲ تا ۰/۴ متر) و ماسه های لایه فعال را (به ارتفاع ۰/۶ تا ۱/۲ متر) قرار می دهند. طرز قرار گرفتن بستر به این ترتیب است که شن های درشت تر در پایین و ماسه های ریزتر در بالاترین قسمت قرار می گیرند. آب روی بستر صافی که حدود ۱ تا ۱/۵ متر ارتفاع دارد از عمق بستر صافی به کمک نیروی ثقل عبور و سپس از کف بستر خارج و جهت گندزدایی هدایت می شود. در طی روز و تحت تابش خورشید جلبکها در آب رشد کرده و موادی نظیر دی اکسید کربن، نیترات ها، فسفات ها و سایر مواد مغذی را از آب جذب نموده و اکسیژن تولید می کنند. اکسیژن آزاد شده به صورت محلول در آب وارد واکنشهای شیمیایی مختلف شده و سبب تجزیه ناخالصی های آلی می گردد.



آب عبوری از بستر حاوی مواد معلق، کلوئیدی، میکروارگانیسم های مختلف و نمکهای محلول است که در طی عبور از عمق ۴۰ تا ۶۰ سانتی متری بستر آنها را به جا می گذارد و آب پس از این عمق حاوی مقادیر کمی نمکهای معدنی ساده و نسبتاً بی ضرر است. فعالیت باکتری ها معمولاً تا عمق ۶۰ سانتی متری بستر گسترش می یابد. در صافی ماسه ای کند نه تنها بیشتر میکروارگانیسم های مضر جدا می شوند، بلکه مواد مغذی محلول که رشد بعدی باکتری ها در لجن را سبب می شوند، حذف می گردند. برای تمیز کردن این نوع فیلترها لایه بالایی فیلتر به عمق تقریبی ۱۰ سانتی متر برداشته شده و با ماسه تمیز جایگزین می شود.

شکل ۴۲- پر کردن حوضچه های بتنی صافی ماسه ای کند با شن و ماسه

شکل ۴۳- صافی ماسه ای کند در حال بهره برداری

کاربرد صافی های شنی کند:

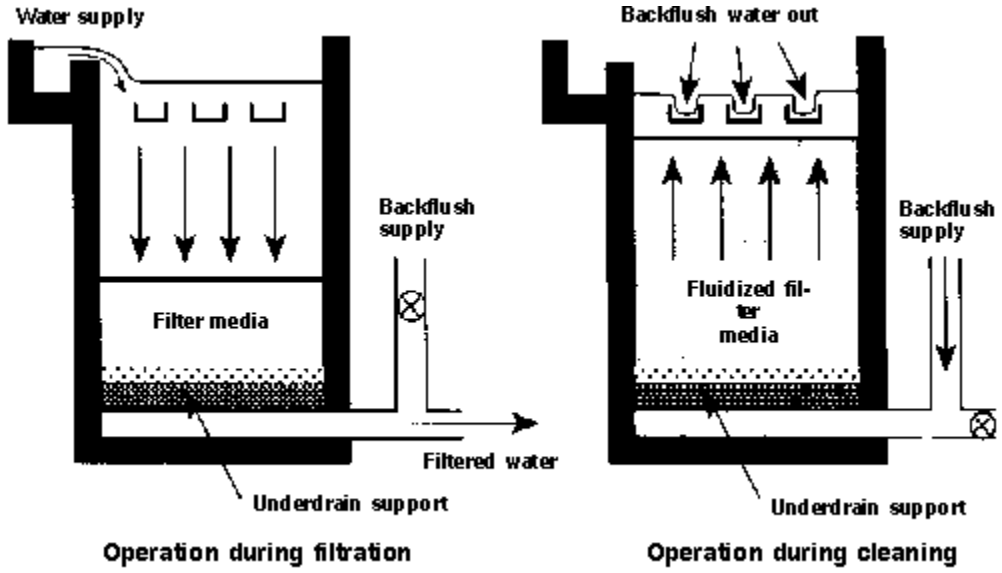
الف) تصفیهٔ آبهای حاوی جامدات معلق

ب) حذف آهن و منگنز قابل رسوب پس از عمل هوادهی روی آبهای زیرزمینی

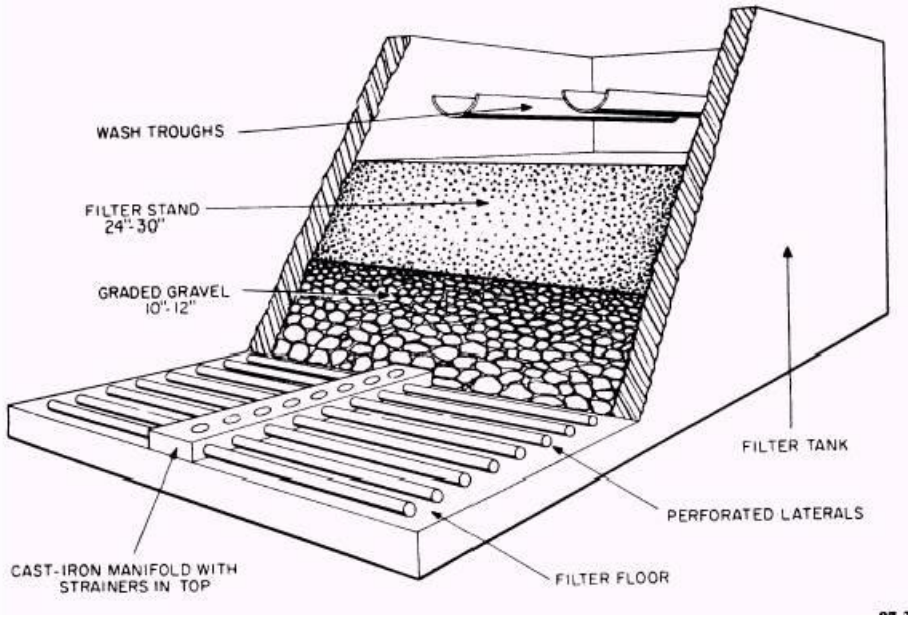
ج) تصفیهٔ آبهای سطحی با کدورت متوسط

ب) صافی ماسه ای تند (Rapid Sand Filter)

ساختمان این نوع صافی ها تقریباً مشابه صافی های ماسه ای کند است. آب روی بستر صافی که حدود ۱/۵ – ۱ متر ارتفاع دارد، از عمق بستر صافی به کمک نیروی ثقل عبور می کند و از کف بستر خارج می شود. بدیهی است به علت درشت تربودن بودن مصالح فیلتر ماسه ای تند در مقایسه با فیلتر ماسه ای کند، میزان آب تصفیه شده در هر ساعت بیشتر از صافی های شنی کند است. مکانسیم عملیات فیلتر کردن آب در شکل (۳۳) نشان داده شده است. تمیز کردن این نوع فیلتر ها توسط شستشوی معکوس می باشد. شستشوی معکوس در فیلتر ماسه ای تند به سادگی و از طریق برگشت جریان آب صورت می گیرد. بدین صورت که با عبور بالعکس جریان از پایین به سمت بالای فیلتر ، آب شستشو به ابتدای تصفیه خانه منتقل می شود.



مکانیسم عملکرد صافی ماسه ای تند



شستشوی معکوس صافی ماسه ای تند

کاربرد صافی ماسه ای تند:

الف) پس از هوادهی به منظور جداسازی اشکال نامحلول آهن و منگنز، در این روش معمولاً آب را در بالای صافی از ارتفاع مناسبی پخش می نمایند.

ب) تصفیهٔ آب رودخانه های با کدورت بالا پس از واحدهای انعقاد، لخته سازی و ته نشینی.

ج) تصفیهٔ آب رودخانه های با کدورت بالا به عنوان پیش تصفیه قبل از صافی ماسه ای کند.

د) تصفیهٔ آبهای با دورت پایین مثل دریاچه ها و رودخانه ها. در این روش گندزدایی بعد از عمل صاف سازی ضروری است.

پارمترهای طراحی صافی های تند و کند در جدول ذیل آمده است.

ردیف	پارامتر	صافی شنی کند(S.S.F)	صافی شنی تند(R.S.F)
۱	محل قرار گرفتن در تصفیه خانه	بدون یا بعد از انعقاد یا پس از (R.S.F)	بعد از واحد انعقاد و ته نشینی
۲	دلیل صاف سازی	کاهش عوامل بیماریزا، تصفیه نهایی	حذف جامدات معلق، کاهش عوامل بیماریزا
۳	راندمان	بسته به کیفیت آب خام و پارامترهای طراحی	بسته به کیفیت آب خام و پارامترهای طراحی
۴	کدورت مورد نیاز آب خام	متوسط ۱۵> NTU	بالا
۵	دوره طرح	۱۰-۱۵ سال	۱۰-۱۵ سال
۶	میزان صاف سازی بر حسب$m^3/m^2/hr$	۰/۱-۰/۳	۵-۱۰
۷	تعداد صافی ها (Q بر حسب مترمکعب بر ثانیه)	$15(Q)^{0.5}$	$15(Q)^{0.5}$
۸	سرعت صاف سازی	۰/۲۱-۰/۴۲ m/hr	۲/۵-۵/۰ m/hr
۹	کل مساحت(A)	$A = \frac{Q}{V}$	$A = \frac{Q}{V}$
۱۰	سطح هر صافی (ابعاد)	عرض ۳-۴ متر، طول ۳-۴ برابر عرض	عرض ۳-۴ متر، طول ۳-۴ برابر عرض
۱۱	اندازه مؤثر دانه بر حس میلیمتر	۰/۱۵-۰/۳۵	۰/۴-۳/۰
۱۲	ضریب یکنواختی	< 3-5 (2.5)	> 1.2-1.5
۱۳	فاصله بین پاکسازی های مؤثر	۲۰-۶۰ روز	۱۲-۷۲ ساعت
۱۴	روش پاکسازی	تراشیدن و برداشتن ۲-۵/۰ سانتیمتر لایه رویی بستر	شستشوی معکوس
۱۵	خطرات	رشد جلبکی، تغییر کیفیت آب، گرفتگی	رشد جلبکی، تغییر کیفیت آب، گرفتگی
۱۶	اقدامات کنترل	افت فشار، میزان جریان، کدورت	افت فشار، میزان جریان، کدورت
۱۷	پارامترهای کیفی مهم که باید آنالیز شود	کدورت، کیفیت باکتریولوژیکی	کدورت، کیفیت باکتریولوژیکی

ضریب یکنواختی یا یکسانی (Uniformity Coefficient) اصطلاحی است که برای به دست آوردن آن از نسبت P60/P10 استفاده می شود. اندازه مؤثر (Effective Size) درمورد ذرات داخل فیلتر، آن اندازه ای است که ۱۰٪ وزنی از ذرات داخل فیلتر کوچکتر از آن و ۹۰٪ وزنی از ذرات بزرگتر از آن باشد. بنابراین اندازه مؤثر، تقریباً حداقل اندازه ذرات داخل فیلتر می باشد. اما اندازه مؤثر حد نهایی درشتی ذرات و نیز میزان گوناگونی قطر ذرات داخل فیلتر را مشخص نمی کند. برای آنکه مطمئن باشیم که میزان گوناگونی اندازه ذرات در محدوده معینی است، از ضریب یکنواختی استفاده می نماییم.

اندازه ای را در نظر بگیرید مثلا(X) ، که ۶۰٪ وزنی از ذرات، کوچکتر از آن (X) و ۴۰٪ بقیه بزرگتر از آن (X) باشد. اگر این مقدار (X) را بر اندازه مؤثر تقسیم نمایند، ضریب یکنواختی ذرات بدست می آید. روش کار به این صورت است که ۱۰۰ تا ۵۰۰ گرم ماسه را وزن کرده و آن را روی الک های مخصوص و استاندارد می ریزند و حدود ۲۰ دقیقه آن را تکان می دهند، وزن ماسه عبور کرده از هر الک را برحسب درصد وزنی و درصد وزن باقیمانده ماسه بر روی الک را نیز حساب می کنند (اندازه سوراخ های الکها برحسب میلیمتر است). بدین ترتیب روی یک محور مختصات که ستون عمودی آن قطر سوراخهای الک و محور افقی آن درصد ماسه عبور کرده می باشد، یک منحنی حاصل می شود. با استفاده از این منحنی نقاط مربوط به ۱۰٪ عبور ماسه و ۶۰٪ عبور ماسه را تعیین می کنند و از تقسیم اعداد مربوط به ۶۰٪ عبور به ۱۰٪ عبور ضریب یکنواختی را بدست می آورند.

مزایا و محدودیت های صافی ماسه ای تند وکند:

۱- کیفیت آب تصفیه شده در صاف شنی کند بهتر از تند است.

۲- در صورت خوب کار کردن، صافی کند قادر به حذف کامل میکروبها می باشد.

۳- هزینه ساخت صافی شنی کند بخصوص در جایی که زمین ارزان باشد بسیار کمتر و احداث آن آسان تر از صافی شنی تند است.

۴- بهره برداری از صافی های کند آسان است و هزینه های بهره برداری آن در مقایسه با صافی شنی تند بسیار پایین است.

۵- صافیهای ماسه ای تند به دلیل شستشوی معکوس و مداوم ۲ تا ۳ درصد آب تصفیه شده هدر می رود.

۶- نیاز به زمین در صافی های شنی کند نسبت به شنی تند بسیار بیشتر است.

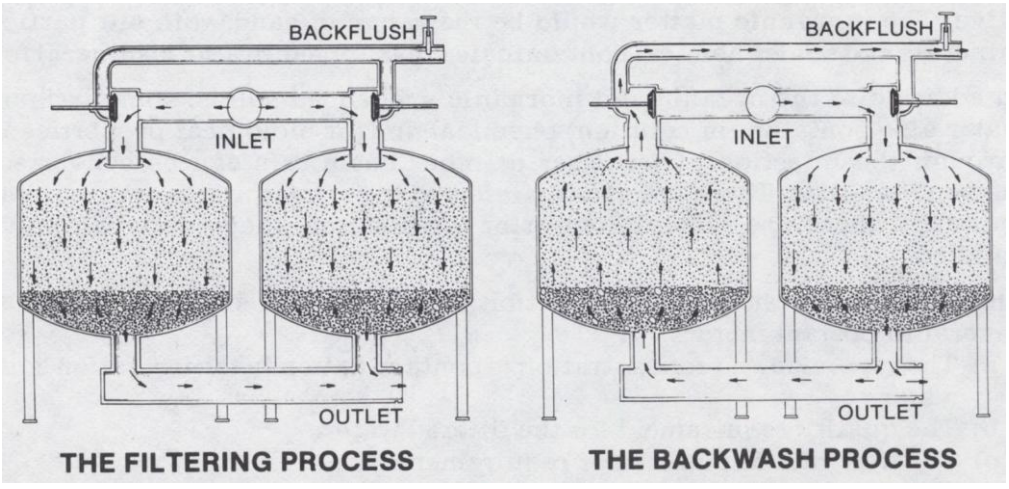
فیلترهای شنی فشاری

برای کاهش هزینه های ساخت و احداث صافی های تند و روباز، از صافی های تند تحت فشار استفاده می شود. سرعت جریان آب را در صافی به ۸ تا ۱۵ متر در ساعت می رسانند. درنتیجه صافی به قدرت تصفیه ای برابر ۱۹۲ تا ۳۶۰ مترمکعب آب در شبانه روز برای هر مترمربع از سطح صافی می رسد. به علت بالا بودن سرعت تصفیه، عملاً هیچگونه تصفیه زیستی انجام نمی پذیرد. بدنه این فیلترها استوانه ای شکل و از فولاد ساخته می شود. فشار استاندارد در این فیلترها بین ۷-۳ اتمسفر می باشد.

فیلترهای فشاری به صورت افقی و یا عمودی در بازار موجود است، و لیکن فیلترهای عمودی بخاطر آنکه در تمام راستای ارتفاع آنها عمل تصفیه فیزیکی انجام می گیرد، بر فیلترهای افقی ترجیح دارند. قطر فیلترهای عمودی استاندارد از حدود یک تا چهار متر و ارتفاع آنها از حدود یک تا چند متر است. ذرات ریز در بالای فیلتر و ذرات درشت تر در لایه های پایین تر قرار دارند. ضخامت و اندازه لایه های مختلف شن و ماسه یا آنتراسیت در فیلترهای فشاری به ترتیب به شرح ذیل عبارتند از:

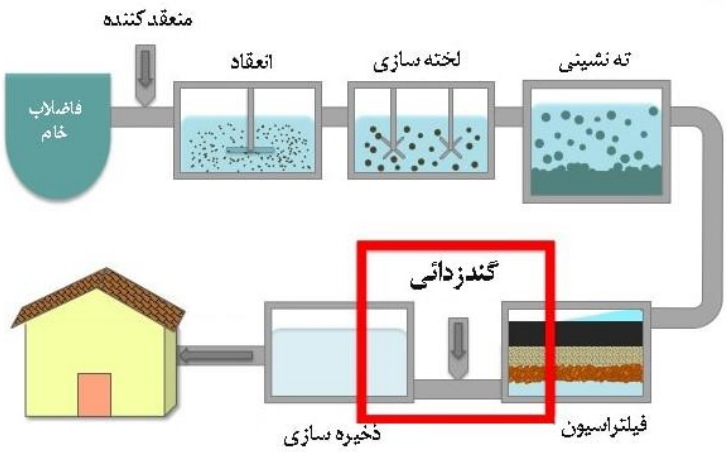
۱. لایه ۰/۳ متری از ذرات ماسه با اندازه مؤثر ۰/۴۵-۰/۵ میلیمتر
۲. لایه ۰/۲۵ متری از ذرات ماسه با اندازه مؤثر ۰/۸-۱/۲ میلیمتر
۳. لایه ۰/۱ متری از ذرات ماسه با اندازه مؤثر ۰/۳-۰/۶ سانتیمتر
۴. لایه ۰/۲ متری از ذرات ماسه با اندازه مؤثر ۱/۲۵-۲/۵ سانتیمتر
۵. لایه ۰/۱ متری از ذرات ماسه با اندازه مؤثر ۲/۵-۳/۸ سانتیمتر

برای شستشوی هر مترمربع از سطح صافی مقدار ۱۵ تا ۲۰ مترمکعب آب و ۶۰ مترمکعب هوا در ساعت لازم است.



گندزدایی آب

یکی از آلودگیهای بسیار عمده و خطرناک منابع آب، آلودگی بیولوژیکی است. آب می تواند به انواع میکروارگانیسم ها اعم از انواع باکتریها، انگلها، قارچها و ویروسها آلوده شود. آلودگی عمده و شایع آب، آلودگیهای باکتریایی شامل کلی فرمها (باکتریهای روده ای) و انگلی می باشد که به طرق مختلف این باکتریها را از بین می برند. گندزدایی به مجموعه عملیات و فرایندهایی گیفته می شود که برای حذف یا بی ضرر کردن میکروارگانیسم های بیماری زا از آب انجام می شود. روشهای گوناگونی برای گندزدایی منابع آب وجود دارد که بطو کلی به دو دسته شیمیایی و فیزیکی تقسیم می شوند. از روشهای رایج شیمیایی، کلر زنی و استفاده از گاز ازن، و از روشهای رایج فیزیکی، حرارت، فیلتراسیون و پرتو دهی را می توان نام برد. هدف از گندزدایی رسیدن به مقدار صفرکلیفرم روده ای در هر ۱۰۰میلی لیتر آب در آب تصفیه شده است.



روش های فیزیکی گندزدایی: مثل حرارت ، سرما، نور آفتاب، پرتوهای UV و ...

گرما دادن آب تا نقطه جوش اکثر باکتری های بیماری زا را که تشکیل هاگ نمی دهند از بین می برد. جوشاندن آب به مدت ۳ تا ۱۰دقیقه اغلب باکتری ها و ویروس ها را از بین می برند. جوشاندن آب به مدت ۲۰ دقیقه موجب از بین رفتن کلیه موجودات زنده در آب می شود.

گندزدایی به روش شیمیایی: کلر و ترکیبات آن، برم، ید، ازن، هیدروژن پراکسید، پرمنگنات و .... از جمله روش های شیمیایی گندزدایی آب هستند. همچنین از آب بسیار اسیدی یا قلیایی نیز می توان برای از بین بردن باکتری های بیماری زا استفاده کرد. زیرا آب با pH بیش از ۱۱یا pH کمتر از ۳ برای اکثر باکتری ها نسبتاً سمی می شود.

خصوصیات یک گندزدای ایده آل:

۱- بر روی تمام میکرو ارگانیسم ها موثر باشد.

۲- در مدت زمان کوتاهی تاثیر نماید.

۳- برای سلولهای انسان، گیاهان و جانوران، سمی و محرک نباشد.

۴- در مجاورت مواد آلی اثر و فعالیت آن کاسته نشود.

۵- قدرت نفوذ کافی داشته باشد.

۶- محلول در آب بوده و براحتی و مقدار زیاد قابل تهیه باشد.

۷- ارزان و قابل حمل بوده و در وسایل نگهداری ایجاد خورندگی نکند.

عوامل موثر بر گندزدایی آب:

نوع و غلظت میکرو ارگانیزم

نوع و غلظت گند زدا

زمان تماس گند زدا

کیفیت شیمیایی و دمایی آب

pH و کدورت آب

کلرزنی

کلر(از واژه یونانی به معنی زرد مایل به سبز) عنصری گازی شکل به رنگ زرد مایل به سبز است که در سال ۱۷۷۴ توسط carl wihelm scheele شیمیست سوئدی کشف شد وی اشتباهاً تصور کرد این عنصر حاوی اکسیژن است. Humphry Davy در سال ۱۸۱۰ نام کلر را برای این ماده انتخاب کرد و اصرار داشت که این ماده در واقع یک عنصر است.

کلر ابتدا در سال ۱۹۰۸ در شیکاگو به یک سیستم آب همگانی افزوده شد و در از بین بردن بسیاری انواع بیماری های منتقل شده آبی مثل وبا و تب تیفوئید قابل استفاده بود. پیش از کلرزدن بسیاری شهرهای عمده دارای آمار مرگ و میر ۱ در ۱۰۰۰ نفر به تنهایی از تیفوئید بودند. در کشورهای اروپایی از دی اکسید کلر برای ضدعفونی کردن استفاده می شود.

به طور کلی ماده ضد عفونی کننده کلر ممکن است به دو صورت زیر عمل کند:

-اکسیداسیون و یا پاره کردن دیواره سلول و نهایتا تجزیه میکروارگانیزم

-نفوذ به داخل سلول و اختلال در فعالیت سلولی

چنانچه مشهود است در هر دو صورت لاشه میکروارگانیزم در آب باقی خواهد ماند. این لاشه ها ممکن است خود منبع غذایی مناسبی برای سایر انگل ها و باکتریهای که پس از گندزدایی اولیه وارد آب می شوند، گردد.

از مهمترین دلایل استفاده از کلر به عنوان گندزدا عبارتند از:

- ارزان بودن
- به جای گذاشتن باقیمانده
- مؤثر در غلظت‌های کم
- در دسترس بودن در سه حالت:

۱. گاز (گاز کلر)

۲. مایع (هیپو کلریت سدیم)

۳. جامد (هیپو کلریت کلسیم)

کلر باقیمانده

ممکن است پس از گندزدایی ، آلودگی های میکروبی ثانویه ای در شبکه لوله کشی سلامت آب را تهدید کند. یکی از خصوصیات مهم کلر آزاد آنست که علاوه بر قدرت گندزدایی بالا جهت گندزدایی اولیه، پایداری شیمیایی لازم برای باقی گذاردن کلر باقیمانده را جهت رسیدن به اهداف ثانویه گندزدایی دارا می باشد. این مورد نتایج رضایت بخشی در امر گندزدایی با کلر دارد که در مورد هیچ یک از مواد گندزدای دیگر قابل مشاهده نیست. زیرا در استفاده از سایر مواد برای رسیدن به این دو هدف مجبور به جدا نمودن گندزدایی اولیه و ثانویه هستیم که هزینه سرمایه ای زیادی را می طلبد.

تری هالومتان ها، محصول خطرناک کلرزنی

تری هالومتان ها (THM) معمولترین محصول فرعی حاصل از کلرزنی به آبهای آشامیدنی هستندو غلظت آنها از دیگر مواد آلاینده بیشتر است. هنگامی که کلر به عنوان گندزدایی کننده در تصفیه آب بکار می رود،در اثر ترکیب کلر با مواد آلی موجود در آب تری هالومتان ها یا هالوفرم ها تولید می شوند. تری هالومتان های اصلی عبارتند از کلروفرم، برمودی کلرومتان، دی برموکلرومتان و برموفرم. شواهدی در دست است که این ترکیبات خاصیت سرطانزایی دارند.

در سال ۱۹۹۲ مجله امریکایی بهداشت همگانی گزارشی منتشر کرد که یک افزایش بین ۱۵ تا ۳۵ درصدی در انواع بخصوصی از سرطان برای افرادی که آب کلرزده مصرف می کنند نشان می داد. این گزارش همچنین بیان می کرد که مقدار زیادی از این اثرات ناشی از دوش گرفتن در آب کلرزده بود. انستیتو ملی سرطان خطرات سرطان را برای مردمی که آب کلرزده مصرف می کنند ۹۳ درصد بالاتر از کسانی می داند که آب کلرزده مصرف نمی کنند. اثرات نوشیدن آب کلرزده شده بمدت چند دهه مورد بحث بوده اند. به هرحال بیشتر متخصصان توافق دارند که بعضی ریسکهای قابل ملاحظه مرتبط با مصرف کلر و محصولات فرعی کلرزده شده وجود دارند.

مهمترین مزایای کلرزنی

۱- کلرزنی فرآیندی ارزان و کم هزینه جهت ضدعفونی کردن آب مصرفی انسان است.

۲- کلر دارای اثر باقیمانده در آب است که باعث تضمین نسبی سلامتی آب در تمام مسیر شبکه آب رسانی می شود.

معایب و مضرات کلرزنی

۱- کلرباقیمانده در اثر ترکیب با مواد آلی موجود در آب تولید ترکیباتی موسوم به تری هالومتان ها را می کند که بیشتر متخصصان بر سرطان زا بودن این ترکیبات تاکید دارند.

۲- کلرزنی باعث کشته شدن میکروارگانیزمهای موجود در آب می شود. این درحالی است که لاشه این میکرو ارگانیزمها در آب باقی می مانند و ممکن است خود منشا آلودگی شوند.

۳- تماس کلر با پوست و موی انسان باعث ایجاد حساسیت، ریزش مو و مشکلات دیگر شود.

۴- استنشاق گاز کلر (در استخر یا حمام) برای ریه انسان مضر می باشد.

۵- گروهی از میکروارگانیزمها مانند کریپتوس پرودیوم نسبت به کلر مقاوم هستند و با این روش از بین نخواهند رفت.

۶- فضا و مدت زمان بالایی برای گندزدایی کلر نیاز است.

۷- جوانب ایمنی کار با کلر بسیار خطرناک است.

دی اکسید کلر به عنوان گندزدا

دی اکسید کلر گازی قرمز و زرد رنگ است که بسیاری از خواص کلر را دارا می‌باشد اما این ماده اکسیدکننده‌ای قوی است که تشکیل کلروفرم و کلروآمین نمی‌دهد و برای کنترل فنلها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مشابه با کلر، دی‌اکسیدکلر نیز در آب تولید باقیمانده می‌کند. کاربرد اصلی آن در گندزدایی فاضلاب است. دی‌اکسیدکلر باید در محل تولید شود. دی اکسید کلر یک باکتری‌کش و ویروس کش موثر است که در محدوده‌ی وسیعی از pH عمل می‌کند، اما ناپایدار بوده و به صورت گازی قابلیت انفجار دارد. تولید در محل ClO_2 را می‌توان با ترکیب کلریت

سدیم با کلر گازی یا مایع انجام داد. همچنین با ترکیب کلریت سدیم با اسیدهیدروکلریک نیز می‌توان ClO_2 تولید کرد.

مزایای دی‌اکسیدکلر

دی‌اکسیدکلر در غیرفعالسازی ویروسها، ژیاردیا و کریپتوسپوریدیوم موثرتر از کلر و کلرآمینهاست.
آهن، منگنز و سولفیدها را اکسید می‌کند.
می‌تواند موجب تقویت فرایند زلالسازی شود.
طعم و بوی حاصله از جلبکها و تجزیه‌ی گیاهان و همچنین ترکیبات فنلی را کنترل می‌کند.
تحت شرایط تولید صحیح (مثلا عدم کلر زیادی)، محصولات جانبی هالوژنه تولید نمی‌کند.
تولید آن آسان است.

معایب دی‌اکسیدکلر

هزینه‌های مربوط به آموزش، نمونه‌برداری و تستهای آزمایشگاهی کلریت و کلرات بالاست.
تجهیزات معمولا اجاره می‌شوند و هزینه‌ی کلریت سدیم بالاست.
گاز دی‌اکسیدکلر خاصیت انفجاری دارد، پس باید درمحل تولید شود.
دی‌اکسیدکلر در معرض نور خورشید تجزیه می‌شود.
دی‌اکسید کلر باید در محل تولید شود.
می‌تواند منجر به تولید بوهای زننده در برخی سیستم‌ها شود.

ازن

گاز ازن اولین بار درسال ۱۷۸۳ توسط وان مورن کشف شد، در سال ۱۸۵۸ شرکت زیمنس (SIEMENS) نخستین دستگاه تولید کننده ازن به روش تخلیه الکتریکی را به بازار عرضه نمود. اولین کاربرد ازن در سال ۱۸۹۳ در کشور هلند و برای تصفیه خانه ای که از آب رودخانه راین تغذیه می نمود صورت پذیرفت. در ابتدا کاربرد ازن تنها به گندزدایی و کنترل بو و مزه محدود می شد. بعدها کنترل رشد جلبک ، قارچ و عوامل بیماریزا نیز به این لیست اضافه شدند. کشف هالومتانها در سال ۱۹۷۳ در آبهای کلرزنی شده موجب شد که استفاده از ازن بعنوان تصفیه کننده بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد و این روند در حال حاضر نیز ادامه دارد.
ازن یک آلوتروپ اکسیژن،گازی بی رنگ با بویی زننده بوده که با واکنشهای سریع مواد آلی و دیگر میکروارگانیسم های آب را از بین می برد. استفاده از ازن از نظر زیست محیطی مناسب تر بوده زیرا مانند کلر، هیدروکربن های

کلره(سرطان زا) تولید نمی نماید و ضمن از بین بردن بو و مزه آب در کشتن باکتری ها و میکروب ها و غیر فعال سازی ویروس ها، انعقادسازی، رسوب نمودن نمودن آهن و منگنز فوق العاده مناسب تر از کلر می باشد. در ضمن باقیمانده ازن به صورت اکسیژن در می آید که مضر نمی باشد.

ازن با اکسید کردن آن دسته از موادی شیمیایی آلی که مورد مصرف جلبکها واقع می شوند به طور مستقیم جلبکها و عوامل تولید کننده بو را از بین می برند.تولید ازن با استفاده از عبور هوا از یک میدان الکتریکی با ولتاژ زیاد صورت می گیرد که جهت مصارف آب آشامیدنی،استخر،صنایع دارویی و الکترونیک و برج های خنک کننده استفاده می شود که هزینه تولید بالایی دارد.

مزایای استفاده از ازن در تصفیه آب:

۱- ازن در غیرفعالسازی ویروسها، ژیاردیا و کریپتوسپوریدیوم موثرتر از کلر، کلرآمینها و دی‌اکسید کلر بوده و به زمان تماس کمتری نیاز دارد.

۲-کاهش تولید ترکیبات ثانویه خطرناک ناشی از عوامل گندزدا همچونTHM

۳- داشتن خاصیت زدایش طعم و بو و رنگ

۴- زمان تماس کم مورد نیاز

۵-کمک به حذف آهن، منگنز و سولفیدها

۶-گندزدای بسیار موثر در رنج دمایی و pH های مختلف

۷- عدم نیاز به ذخیره سازی مواد شیمیایی و هزینه های ثانویه ناشی

۸- اکسیداسیون سریع ناخالصی های آلی به همراه کاهش BOD وCOD

۹- حذف سولفید هیدروژن

۱۰- بهبود فرآیند انعقاد (کاهش ۵۰-۲۰ درصد مواد شیمیایی مورد نیاز)

اشعه ماورای بنفش(UV)

انسان از قرنها پیش اعتقاد داشت که نور خورشید می تواند از اشاعه عفونت جلوگیری کند. در سال ۱۸۷۷ دو محقق انگلیسی به نام های دانز و بلونت دریافتند که تکثیر میکروارگانیسم ها زمانی که تحت تابش نور آفتاب قرار دارند متوقف می گردند. بعدها ثابت گردید که عامل این پدیده طیف غیرقابل رویت اشعه خورشید با طول موج ۲۵۴نانومتر است. استفاده از اشعه ماورای بنفش از سال ۱۹۱۵ در آب متداول شده است و گندزدایی آب بیش از ۲۰۰۰ شهر در اروپا(تا سال ۲۰۰۹) با اشعه ماورای بنفش گزارش شده است.

اشعه ماورای بنفش با تاثیر بر روی پروتوپلاسم و آنزیم سلولها سبب نابودی آنها می گردد. این اشعه قادر است فرم فعال باکتری، ویروس، تک یاخته و اسپور را غیر فعال و از تکثیر آنها جلوگیری کند. بسیاری از میکروارگانیزمهای بیماری زا عمر کوتاهی دارند و در صورت عقیم و غیر فعال شدن ، از بین می روند.

برای بهره برداری از تکنولوژی ماورای بنفش در تصفیه آب ، لامپ را یا در خارج از آبی که قرار است تصفیه شود، قرار می دهند، یا اینکه آن را در درون آب معلق می کنند. اگر قرار باشد این لامپ ها درون آب معلق شوند ، آنها را درون لوله های کوارتزی موسوم به Sleeve قرار می دهند تا سرد نشوند. اگر آب حدود سه ثانیه در معرض این اشعه قرار بگیرد، ضدعفونی می شود.

مزایای استفاده از اشعه ماورای بنفش:

۱- نیاز به حمل و نقل و انبار شیمیایی ندارد.
۲- با تغییرات pH و دما کارایی آن چندان تغییر نمی کند.
۳- فرآورده های جانبی بوجود نمی آورد.
۴- زمان تماس برای گندزدایی بسیار کوتاه می باشد.
۵- فضای لازم برای گندزدایی بسیار کم است.
۶- جوانب ایمنی کار با آن بسیار راحت است.
۷- میکروارگانیسم های مولد بو در انجام عمل گندزدایی نابود می شوند.
۸- عدم تغییر در کیفیت فیزیک شیمیایی آب.

معایب استفاده از اشعه ماورای بنفش

۱- لاشه میکروارگانیزمهای غیر فعال شده، در آب باقی می ماند و می‌تواند تبدیل به خوراکی برای سایر میکروارگانیزمها و انگل های دیگر که پس از گندزدایی اولیه آب در معرض آنها قرار می‌گیرد شود.
۲- اشعه ماورای بنفش برای تصفیه آبهایی که دارای مقادیر زیادی مواد جامد معلق هستند مناسب نمی باشد.
۳- عدم تداوم گندزایی مستمر در آب