

"گندزدایی"



WATER AND WASTEWATER ENGINEERING AND SCIENCE

www.wwes.ir ▪ Waterwwes@gmail.com ▪ Alireza Asaddokht

"گندزدایی"

خلاصه

گندزدایی یک مرحله مهم در حصول اطمینان از ایمن بودن آب برای آشامیدن می باشد. سیستم های آب برای نابودی و حذف میکروارگانیسم هایی که مسبب بیماری در انسان هستند، از مواد گندزدا استفاده می کنند. قوانین مربوط به تصفیه آب های سطحی سیستم های آب را ملزم به گندزدایی آب دریافت شده از منابع سطحی و زیرزمینی ای که منشاء آنها آب سطحی بوده است، می کند. روش های اصلی گندزدایی کلرزی، استفاده از کلروآمین ها، اوزون و استفاده از اشعه UV می باشد. سایر روش های گندزدایی شامل دی اکسید کلر، پرمنگنات پتاسیم و استفاده از نانوفیلتراسیون می باشد. از آنجاییکه فرم های مشخصی از کلر با مواد آلی ای که به طور طبیعی در آب وجود دارند، واکنش می دهند و محصولات جانبی مضر و خطرناکی را تولید می کنند، آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (USEPA) حداکثر سطح استفاده برای این آلاینده ها را تعیین نموده است.

گندزدایی آب را در شرایط ایمن نگه می دارد

چرا آب را گندزدایی می کنیم

گندزدایی، ارگانیسم های بیماری زا در منابع آب را غیرفعال و یا نابود می کند و باعث غیرفعال شدن 99/9% سیستم های ژباردیا لامبلیا و ویروس های روده ای می شود. هدف از گندزدایی از یک طرف حفاظت از بهداشت و سلامت جامعه و مردم و از سوی دیگر همسویی با قوانین وضع شده در این زمینه می باشد. 2 نوع گندزدایی وجود دارد: گندزدایی اولیه که برای رسیدن به سطح مطلوب و مناسبی از غیرفعال سازی یا حذف میکروارگانیسم ها انجام می شود و گندزدایی ثانویه که با هدف باقی ماندن ماده گندزدا در سیستم آب (آب تصفیه شده) برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم ها انجام می شود.

▪ قوانین حاکم بر این موضوع

قانون تصفیه آب سطحی آژانس حفاظت از محیط زیست (SWTR) سیستم های آبی که از آب سطحی یا آب زیرزمینی تغذیه می کنند را ملزم به گندزدایی کرده است.

همچنین از آنجاییکه برخی آلاینده ها محصولات جانبی شیمیایی تولید می کنند، هدف ثانویه گندزدایی فراهم کردن سطح لازم برای از بین بردن ارگانسیم ها به اندازه سطح آلاینده حداکثر (Maximum Contaminant Level – MCL) برای گندزدایی است. MCL برای فقط تری هالومتان های کل و سایر محصولات جانبی گندزدایی تنظیم می شود.

▪ چگونه گندزدایی حاصل می شود؟

در محیط اطراف به طور طبیعی میکروارگانسیم های مختلفی وجود دارد. وجود برخی از این میکروارگانسیم ها نگرانی های خاصی را ایجاد نمی کند. ولی برخی دیگر مانند ژیاوردیا لامبلیا و ویروس های مختلف که ممکن است در منابع آب وجود داشته باشند، به شدت مضر و زیان آور می باشد و می تواند باعث بیماری در انسان شوند. این ارگانسیم هایی که باعث تولید بیماری می شوند، با نام پاتوژن شناخته می شوند.

به دلیل اینکه پاتوژن ها می توانند در منابع آب آشامیدنی وجود داشته باشند، گندزدایی بسیار اهمیت پیدا می کند و EPA این فرایند را برای تمام سیستم هایی که چه از آب سطحی و چه از آب زیرزمینی تغذیه می کنند، الزام نموده است. روش های گندزدایی شامل روش هایی مانند کلرزنی، استفاده از دی اکسید کلر، استفاده از کلروآمین ها، اوزون زنی و اشعه UV می باشد.

زمانیکه گندزدایی در ترکیب با فرایندهای تصفیه متعارف مانند انعقاد، لخته سازی، ته نشینی و فیلتراسیون بکار گرفته شود، نتایج مطلوب تری بدست خواهد آمد. فیلتراسیون مستقیم، فیلترهای خاکی دیاتومه در ترکیب با گندزدایی، مؤثرتر نشان داده اند.

"گندزدایی"



WATER AND WASTEWATER ENGINEERING AND SCIENCE

www.wwes.ir • Waterwwes@gmail.com • Alireza Asaddokht

سیستم های آب زیرزمینی در صورتیکه حاوی آهن و منگنز باشند، علاوه بر استفاده از فرایند گندزدایی، فرایند فیلتراسیون را نیز به آن اضافه می کنند. در واقع، زمانیکه کلر، دی اکسید کلر و یا اوزون به این سیستم ها اضافه می شود، اکسیدهای نامحلول شکل می گیرند. هم اوزون زنی و هم کلرزنی می تواند باعث لخته شدن مواد آلی محلول شود که همین موضوع باعث افزایش کدورت آب و نیاز به فیلتراسیون می گردد.

اثربخش بودن فرایند گندزدایی به واسطه آنالیز یک ارگانسیم اندیکاتور (مثلاً باکتری کلیفرم) ارزیابی می گردد. این ارگانسیم بی ضرر در نظر گرفته می شود. اما وجود آن در آب نشان دهنده این موضوع می باشد که پاتوژن ها از فرایند تصفیه جان سالم به در برده اند.

مقایسه گندزداهای مختلف:

1. کلر گازی

در فشار عادی عنصر کلر یک گاز سمی است که رنگ آن بین زرد و سبز می باشد. در فشارهای بالا انی ماده به شکل مایع در می آید.

- مزایا: کلر در حذف تقریباً اکثر پاتوژن ها اثربخشی بالایی دارد و برای هم گندزدایی اولیه و هم گندزدایی ثانویه مناسب می باشد.

- محدودیت ها: کلر گازی خطرناک می باشد که حتی در غلظت ها 0/1 % حجمی هوا، احتمال مرگ و میر وجود دارد.

- فرایند: گاز کلر از سیلندرهای کلر مایع به وسیله کاهش فشار و شیر کنترل جریان که در فشاری کمتر از فشار اتمسفر کار می کند، تأمین و تزریق می گردد. این گاز به یک تزریق کننده که آب با فشار بالا از آن عبور می کند، وارد می شود. در این محل بر اثر عبور آب تحت فشار از یک اریفیس و تئوری شرایط خلاء ایجاد می شود که همین عامل باعث کشش کلر به داخل آب می شود. بعد از تزریق شدن کلر برای اطمینان از گندزدایی و از بین رفتن پاتوژن ها لازم است. اختلاط مناسب انجام گیرد و زمان تماس کافی در اختیار کلر قرار گیرد. همچنین لازم است pH آب کنترل شود.

"گندزدایی"



WATER AND WASTEWATER ENGINEERING AND SCIENCE

www.wwes.ir ▪ Waterwwes@gmail.com ▪ Alireza Asaddokht

- تجهیزات: یک سیستم نوعی و پایه شامل یک سیلندر کلر، یک تنظیم کننده کلر گازی مکش شده، یک تزریق کننده گازی و یک تانک یا لوله تماس (شکل 1) تشکیل شده است. برای اطمینان از تداوم گندزدایی توصیه شده است یک سیلندر و یک تنظیم کننده به همراه یک شیر که سریع بتوان روی آن سویچ کرد، برای سیستم کلرزی در نظر گرفته شود. همچنین سایر ملاحظات ایمنی در زمان کار با این سیستم باید لحاظ گردند.

یک کلریناتور گازی باید در یک اتاق و یا یک محفظه با دسترسی اضطراری مستقیم به هوای بیرون که به سیستم تهویه آگزوز فن تجهیز باشد، نصب گردد. همچنین تجهیزات تنفس فردی و کیت تعمیر اضطراری باید در محل در دسترس باشد.

- جنبه شیمیایی: گاز کلر از مایعی که در سیلندرهاى تحت فشار قرار دارد، تأمین می گردد.

2. کلرزی با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم:

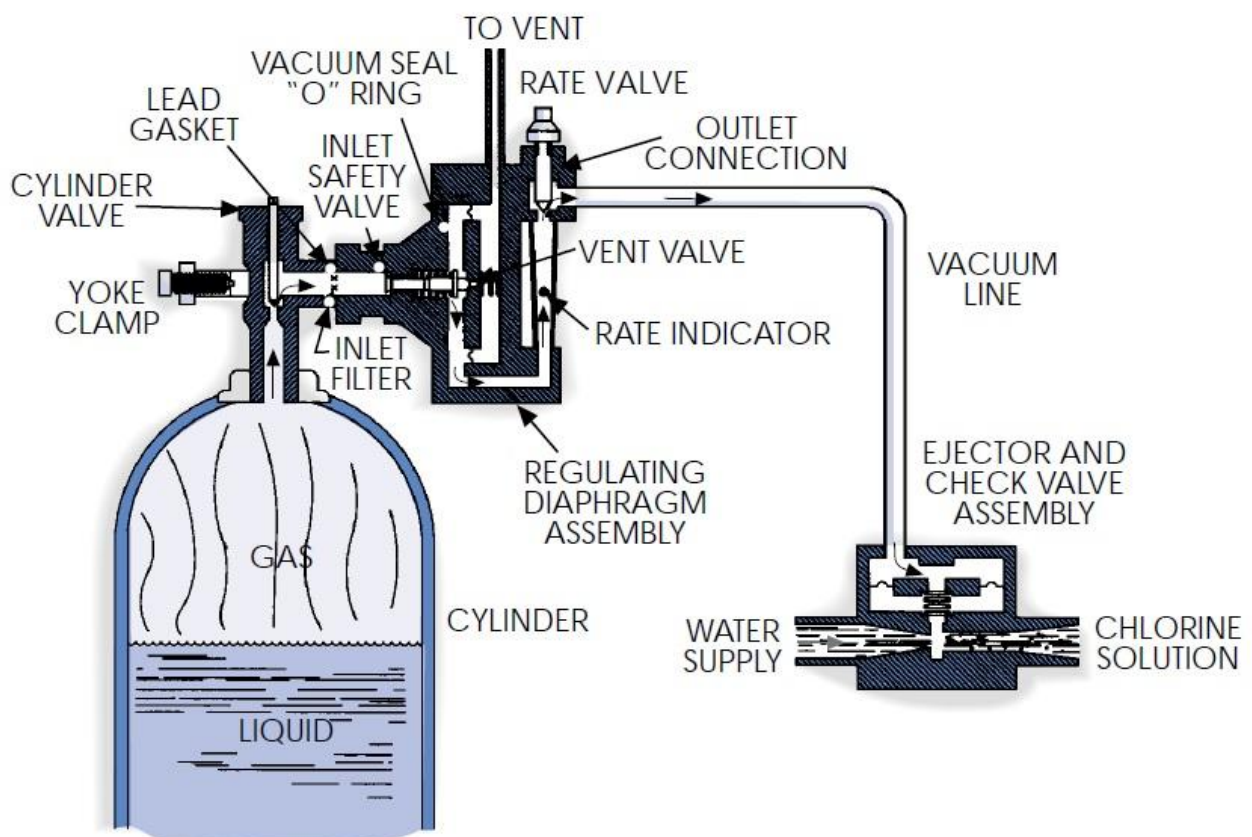
هیپوکلریت سدیم بصورت محلول و با غلظت های 5 تا 15 درصد کلر در دسترس می باشد. ولی از کلرگازی گران تر می باشد.

- مزایا: هیپوکلریت سدیم نسبت به کلر گازی یا حتی هیپوکلریت کلسیم قابلیت بکارگیری راحت تری دارد.
- محدودیت ها: هیپوکلریت سدیم بسیار خورنده می باشد و باید به دقت و به دور از تجهیزاتی که می توانند بر اثر خوردگی آسیب ببینند، نگهداری شود. محلول های هیپوکلریت قابلیت تجزیه شدن را دارند و از اینرو نباید برای بیش از 1 ماه ذخیره شوند. این مواد باید در محل های خنک، تاریک و خشک نگهداری شوند.
- فرایند: محلول هیپوکلریت سدیم باید در یک تانک با آب مخلوط و رقیق سازی شود. محلول رقیق شده به وسیله یک پمپ تزریق با دبی کنترل شده به خط تأمین آب تزریق می گردد. برای این ماده اختلاط کافی و زمان تماس مناسب باید فراهم گردد.

"گندزدایی"

- تجهیزات: یک سیستم متعارف و پایه ای کلرزنی مایع یا هیپوکلریناتور شامل 2 پمپ دارای قابلیت اندازه گیری (یکی به عنوان رزرو)، یک مخزن محلول، یک دیفیوزر (برای تزریق محلول به آب) و لوله های مرتبط می باشد.
- ماده شیمیایی: در حال حاضر هیپوکلریت سدیم در دسترس می باشد.

هیپوکلریت سدیم همچنین می تواند در محل به وسیله الکترولیز محلول سدیم کلراید (نمک طعام) و به کمک دستگاه خاص این کار تولید شود. در این روند تنها به نمک طعام و انرژی برق نیاز می باشد. در این حالت هیدروژن به عنوان محلول جانبی تولید می شود که باید به روشی ایمن پراکنده شود.



شکل 1- سیلندر مجهز به کلریناتور

3. کلرزی با استفاده از هیپوکلریت کلسیم جامد

هیپوکلریت کلسیم جامد ماده سفید رنگی است که دارای 65% کلر می باشد. همچنین این ماده به راحتی در آب حل می شود.

- مزایا: در صورت بسته بندی مناسب، این ماده بسیار پایدار است و می توان در یک بار خرید برای مدت طولانی هیپوکلریت کلسیم مورد نیاز تأسیسات را خریداری نمود.
- محدودیت ها: هیپوکلریت کلسیم ماده ای خورنده با بویی قوی و شدید است که نیازمند کنترل مناسب می باشد. این ماده باید از مواد آلی دور نگه داشته شود. (موادی مانند چوب، لباس و ترکیبات و مشتقات نفتی) واکنش بین هیپوکلریت کلسیم و مواد آلی به حدی گرما و حرارت تولید می کند که می تواند باعث آتش سوزی و انفجار گردد. این ماده ماده ای است که رطوبت را جذب می کند و باعث شکل گیری گاز کلر می گردد. بنابراین، کانتینرهایی که برای حمل و نقل این ماده در نظر گرفته می شوند باید به دقت تخلیه گردند.
- فرایند: هیپوکلریت کلسیم برای تزریق به جریان آب مانند هیپوکلریت سدیم ابتدا در یک محفظه و یا مخزن باید حل شود. روش دیگر به این صورت است که در جاهایی که فشار تا سطح فشار اتمسفر می تواند پایین آورده شود (مانند مخزن ذخیره)، قرص های هیپوکلریت کلسیم می تواند بصورت مستقیم در جریان آزاد آب به وسیله یک ابزار مناسب که بتواند با نسبت مساوی آن را در جریان پخش کند، حل شود.
- تجهیزات: وسیله و ابزاری که برای مخلوط کردن محلول و تزریق آن به آب مورد استفاده قرار می گیرد، مانند همان وسیله ای است که برای هیپوکلریت سدیم بکار گرفته می شود. محلول های 1 تا 2 درصد کلر می تواند به وسیله پمپ های اندازه گیری دیافراگمی یا دوزینگ پمپ و یا به وسیله کلریناتورهایی که قرص های هیپوکلریت کلسیم را مستقیماً در آب وارد و حل می نمایند، فراهم گردند.
- ماده شیمیایی: هیپوکلریت کلسیم می تواند بصورت گرانول، پودری یا قرصی شکل خریداری گردد.

4. کلروآمین

کلروآمین ها زمانیکه آب حاوی آمونیاک، کلرزنی می شود و یا زمانیکه آمونیاک به آب حاوی کلر اضافه می شود شکل می گیرند. (هیپوکلریت یا اسید هیپوکلرو)

- مزایا: این ماده یک باکتری کش مؤثر است که محصولات جانبی کمتری بعد از گندزدایی ایجاد می کند. کلروآمین همچنین می تواند در محل تولید شود. معمولاً واکنش های شکل گیری کلروآمین در همان دقایق ابتدایی بصورت کامل (حدود 99%) انجام می گیرد.

- محدودیت ها: کلروآمین یک گندزدای ضعیف است. این ماده تأثیر کمی در برابر ویروس ها و پروتوزوآها نسبت به کلر آزاد دارد. کلروآمین ها در عوض برای استفاده به عنوان گندزدای ثانویه برای جلوگیری از رشد مجدد باکتریایی در یک شبکه توزیع مناسب می باشند. به نظر می رسد تری کلرید نیتروژن تنها واکنش مضر و زیان آور در این فرایند باشد که برای انسان مضر است و مزه و بوی نامطبوعی به آب می دهد. استفاده از مقدرا مناسب هر یک از مواد شیمیایی واکنش دهنده از شکل گیری این ماده مضر جلوگیری می کند.

- فرایند: ابتدا کلر (محلول گازی یا هیپوکلریت سدیم) به خط اصلی آب تزریق می شود و به دنبال آن بلافاصله تزریق آمونیاک انجام می گیرد. (محلول گازی یا به شکل هیدروکسید آمونیوم) مانند حالت های قبل، اختلاط و نیز زمان تماس کافی و مناسب باید فراهم گردد. مخلوطی از ترکیبات و محصولات زمانی که آب، کلر و آمونیاک با هم ترکیب می شوند و بسته به نسبت کلر به آمونیاک و pH آب، تولید می شود. نسبت کلر به آمونیاک از میزان 5 به 1 نباید فراتر رود. اگر pH به کمتر از 5 تنزل پیدا کند، مقداری تری کلرید نیتروژن شکل می گیرد.

- تجهیزات: تولید کلروآمین ها نیازمند تجهیزات مشابه کلرزنی (کلرگازی و یا هیپوکلر زنی) به همراه تجهیزاتی برای اضافه کردن آمونیاک است. (آمونیاک گازی یا به صورت محلول)

- مواد شیمیایی: مواد شیمیایی مورد استفاده برای تولید کلروآمین ها از آمونیاک و گاز کلر به مواد شیمیایی مصرفی که پایه آمونیاک دارند وابسته است. (ammonia-based) مثلاً آمونیاک بی آب (Anhydrous ammonia) ارزان ترین و سولفات آمونیوم گران ترین مواد شیمیایی با پایه آمونیاک هستند.

5. ازن

ازن، آلوتروپ (دگرشکل) اکسیژن است که در هر مولکول آن 3 اتم اکسیژن وجود دارد. این ماده یک اکسید کننده و عامل گندزدایی قوی می باشد. این ماده با عبور دادن هوای خشک از یک سیستم الکترودها با ولتاژ بالا شکل می گیرد.

- مزایا: نیاز به زمان تماس کوتاهتر و دز کمتر نسبت به کلر، باعث شده است که ازن به طور وسیع در بسیاری از سیستم های آب و فاضلاب جهان به عنوان گندزدای اصلی مورد استفاده قرار گیرد. این ماده تا زمانی که یون برمید در آب نباشد، به طور مستقیم باعث شکل گیری ترکیبات آلی هالوژنه نمی شود.

- محدودیت ها: گاز ازن ناپایدار است و باید بصورت در محل تولید شود. به دلیل اینکه گاز ازن در سیستم باقی نمی ماند باید از یک گندزدای ثانویه که عموماً کلر است در سیستم استفاده شود تا این اطمینان حاصل آید که ماده گندزدا در سیستم باقی می ماند.

- فرایند: 5 المان اصلی یک سیستم ازن زنی عبارتند از:

- آماده سازی هوا یا تغذیه به وسیله اکسیژن
- منبع تأمین برق
- تولید ازن، معمولاً با استفاده از سلول های تخلیه کرونا که شامل 2 الکتروود می باشد.
- محفظه تماس ازن
- سیستم تخلیه گاز ازن (Ozone exhaust gas destruction)

"گندزدایی"



WATER AND WASTEWATER ENGINEERING AND SCIENCE

www.wwes.ir ▪ Waterwwes@gmail.com ▪ Alireza Asaddokht

- تجهیزات: تجهیزات ازن زنی شامل تجهیزات مربوط به آماده سازی هوا، یک ژنراتور ازن، تماس دهنده، واحد تخلیه و سیستم های کنترلی و ابزار دقیق می باشد. هزینه سرمایه گذاری برای سیستم ازن زنی نسبتاً بالاست. همچنین بهره برداری و نگهداری از این سیستم نسبتاً پیچیده است. برای سیستم های کوچک 26% تا 43% هزینه های مربوط به بهره برداری و نگهداری به برق مصرفی مربوط می شود.
- مواد شیمیایی: برای بسیاری از کاربردها، استفاده از اکسیژن خالص نسبت به هوا به عنوان خوراک ورودی سیستم های ازن زنی بیشتر مورد توجه می باشد:
 - دانسیته تولید بالاتری دارد.
 - مصرف انرژی کمتری دارد.
 - براساس یک مقدار مشخص، میزان تولید ازن 2 برابر خواهد بود.
 - برای تولید یک میزان مشخص ازن، نیاز به حجم کمتری از گاز اکسیژن خالص است. بنابراین هزینه های مربوط به تجهیزات فرعی کمتر خواهد بود.

6. اشعه UV

- اشعه UV به وسیله لامپ های مخصوص UV تولید می شود. زمانیکه این اشعه از دیواره سلولی یک ارگانیسم نفوذ می کند، موارد ژنتیکی مربوط به سلول مختل می شود و سلول قادر به تولید مثل و تکثیر نخواهد بود.
- مزایا: اشعه UV بخوبی و به طور مؤثر باکتری ها و ویروس ها را نابود می کند. مانند ازن یک گندزدای ثانویه باید بعد از استفاده از UV بکار گرفته شود تا از رشد مجدد میکروارگانیسم ها جلوگیری بعمل آید. استفاده از اشعه UV به دلایل زیر در سیستم های کوچک به عنوان گندزدای اولیه مورد توجه می باشد:
 - به راحتی در دسترس می باشد.
 - هیچ ماده سمی و مضر ایجاد نمی کند.
 - زمان تماس کوتاهی دارد.
 - بهره برداری و نگهداری از تجهیزات مربوط به این سیستم آسان است.

"گندزدایی"

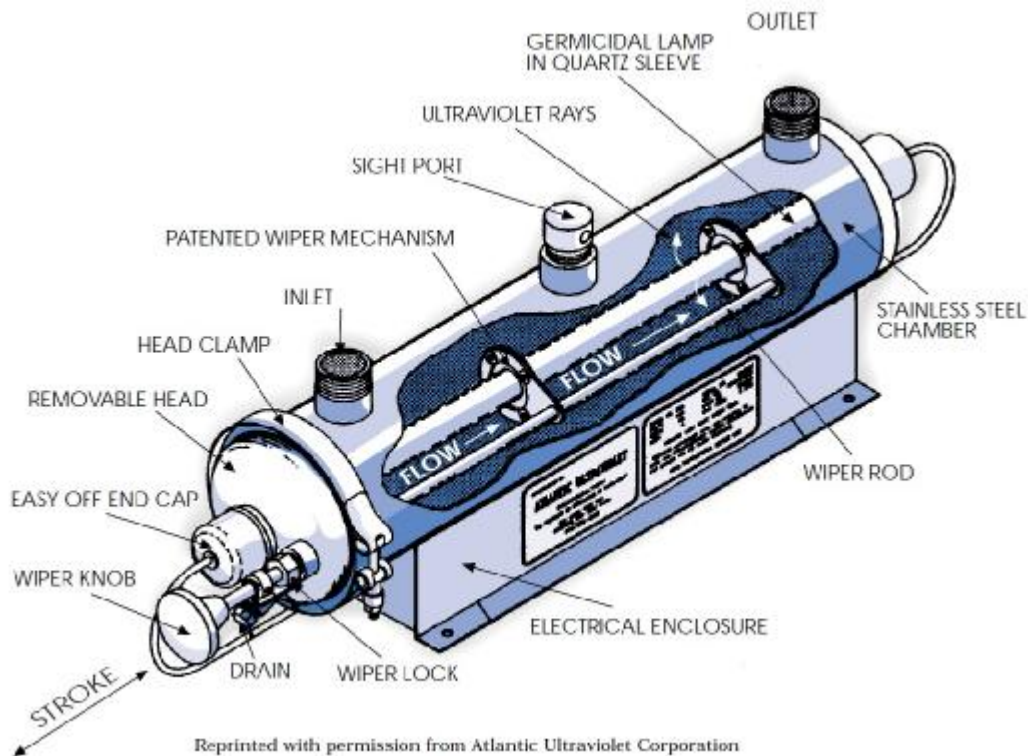


WATER AND WASTEWATER ENGINEERING AND SCIENCE

www.wwes.ir ▪ Waterwwes@gmail.com ▪ Alireza Asaddokht

- محدودیت ها: اشعه UV باعث غیرفعال شدن ژیاوردیا لامبلیا و سیست های کریپتوسپرویدیوم نمی شود و باید فقط برای سیستم های آب زیرزمینی که با آب سطحی مخلوط نمی شوند و جاهایی که ریسک آلودگی به واسطه سیست های پروتوزوا وجود ندارد، بکار گرفته شوند. برای آب هایی که حاوی سطوح بالای جامدات معلق، کدورت، رنگ یا مواد آلی هستند، این روش مناسب نمی باشد. این مواد می توانند با UV واکنش یا آن را جذب کنند که به تبع آن راندمان گندزدایی کاهش خواهد یافت.
- فرایند: اثربخش بودن گندزدایی به وسیله تابش اشعه UV به دز انرژی جذب شده توسط ارگانیسم که در واقع با شدت تولید اشعه توسط لامپ ارتباط دارد (به عبارت دیگر نرخ که در آن فوتون های UV به هدف می رسند) و زمان در معرض اشعه قرار گرفتن بستگی دارد.
- اگر دز انرژی به اندازه کافی نباشد، ژنتیک ارگانیسم بجای اینکه نابود شود، فقط آسیب می بیند. برای مطمئن تر شدن و فراهم کردن ضریب ایمنی بالاتر، دز باید بالاتر از میزان مورد نیاز باشد تا این اطمینان حاصل شود که الزامات گندزدایی رعایت شده باشد.
- تجهیزات: لامپ های UV و یک رآکتور
- مواد شیمیایی: در این روش هیچ اکسید کننده شیمیایی نیاز نیست. بنابراین بدون تولید شدن هیچ گونه محصولات جانبی ناشی از اکسیداسیون شیمیایی یا هالوژنه شدن مواد شیمیایی، میکرواورگانیسم ها نابود می شوند.

"گندزدایی"



شکل 2- گندزدایی با اشعه UV

• چگونه می توان محصولات جانبی ناشی از گندزدایی را کنترل نمود

فاکتورهای متعددی روی شکل گیری محصولات جانبی ناشی از گندزدایی اثر دارند. این موارد شامل نوع و غلظت مواد آلی موجود در محیط در زمان اضافه کردن کلر، دز کلر، دما، pH و زمان واکنش می باشد. برای کنترل شکل گیری محصولات جانبی هالوژنه (محصولات و ترکیباتی که به واسطه واکنش یک ماده گندزدا مانند کلر با مواد آلی موجود در آب) در حین کلرزنی، EPA 3 استراتژی زیر را شناسایی کرده است:

1. حذف محصولات جانبی بعد از شکل گیری آنها در آب که این کار بسیار سخت و پرهزینه می باشد.
2. استفاده از گندزدهای جایگزین که محصولات جانبی چندانی ندارند که این روند، مقرون به صرفه ترین استراتژی است.

"گندزدایی"



WATER AND WASTEWATER ENGINEERING AND SCIENCE

www.wwes.ir ▪ Waterwwes@gmail.com ▪ Alireza Asaddokht

3. کاهش غلظت مواد آلی در آب قبل از اکسیداسیون یا کلرزنی به منظور به حداقل رساندن شکل گیری محصولات جانبی. در این استراتژی بالاترین کیفیت را در آب نهایی شاهد خواهیم بود.

مترجم : علیرضا اسدخت