امید داشتن ، لبخند زدن به خداوند است.

سامان کرمخانی ترم چهارم علوم آزمایشگاهی

گندزدایی آب با استفاده از اشعه فرابنفش (UV)

انواع پرتو و اثر آن در گندزدایی

یکیی از عوامل فیزیکی شناخته شده که بر میکروب ها اثر زیان آور دارد انرژی تابشی می باشد. انوتع اشعه را به سه گروه اصلی می‌توان تقسیم نمود: ذره ای – الکترومغناطیسی و اکوستیک. جریان اتم‌ها، الکترون ها و پروتون‌ها مثال‌هایی از اشعه ذره ای هستند. اشعه الکترومغناطیسی مشتمل بر طیف وسیعی از تابش‌ها می باشدکه از امواج وادیویی با طول موج بلند و فاقد اثر بیولوژیکی تا امواج میکروویو و مادون قرمز با اثرات گرمایی، نور مرئی و پرتو فرابنفش، اشعه ایکس، گاما و امواج کیهانی را در برمی‌گیرد . در شکل ۷–۱طیف الکترومغناطیسی با بزرگنمایی موقعیت انواع پرتو فرابنفش قابل ملاحظه است. تفاوت اثر این امواج بر حیات میکروب‌ها بستگی به طول موج و مقدار انرژی اشعه دارد. سرعت انواع اشعهٔ الکترومغناطیس بر خلاف اشعه ذره‌ای ثابت بوده و حدود ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه است و گرچه بصورت موج حرکت می کند اما مانند این است که بصورت مقادیر مشخص از انرژی موسوم به کوانتا(Quanta) یا فوتون‌ها از منابع تابش تولید شده وطی طریق می نمایند. انرژی این فوتون‌ها بستگی به فرکانس تابش دارد و با رابطه زیر نشان داده می شود:

$$E= hf$$

E = انرژی یک کوانتوم

f = فرکانس یا تعداد نوسان در ثانیه

h = ثابت پلانک ($۶/۶۲ \times ۱۰^{-۲۷}$ ارگ – ثانیه)

به این ترتیب انرژی یک فوتون باکاهش طول موج نور افزایش می یابد. یک انشتین باکتری کشی در طول موج ۲۵۴ نانومتر معادل ۱۳۰/۹وات ساعت انرژی است و می توان نوشت:

۷/۶۳۸۹ میلی فوتون یا $۷/۶۳۸۹ \times ۱۰^{-۳}$ انشتین = یک وات ساعت

۲/۱۲۱ میکر ومول فوتون یا ۶-۱۰×۲/۱۲۱ انشتین - یک وات ثانیه - یک ژول

بطور معمول هرچه انرژی تابشی بیشتر باشد اثر زیان آور آن میکروب ها بیشترخواهد بود. در عمل نیز مشاهده می شود اشعه کاما وایکس که طول موج کمتری دارند قدرت نفوذ بیشتر و اثر میکروب کشی شدید تری از پرتو فرابنفش نشان می دهند اما استفاده از آنها دشوار وخطرناک است. پرتو گاما بعلت قدرت نفوذ زیادی که دارد در استریلین اسیون آب، فاضلاب و لجن بکار کرفته شده است. این پرتو از رادیوایزوتوپ هایی نظیر کبالت ۶۰ تابش شده و قابل تأمین است.

نور آفتاب نیز یک گندزدای خوب محسوب می شود. Downs و Blounel نشان دادند که اثرات جرمی سیدال ،نور آفتاب مربوط به امواج فرابنفش می باشد. درجه حرارت بسیار بالای خورشید موجب تابش شدید امواج مزبور است، خوشبختانه لایه ازن موجود در طبقات بالای اتمسفر(استراتوسفر) مانع از رسیدن گاما اشعه به زمین می‌گردد، همچنین ادعا می شود که طول موجهای کمتر از ۲۹۰ نانومتر خورشید به سطح زمین نمی‌رسد. چنانچه ضخامت لایه ازن کاهش یابد متعاقباً باید انتظار داشت که افزایش در اثرات بیولوژیکی ناشی از UV-B بوجود آید که اثرات سوء آن برای انسان سرطان پوست و آب مروارید خوا هد بود. قدرت گندزدایی نور آفتاب در ایام خشک و بدون ابرکه هوا پاک و فاقدگردوغبار باشد به حداکثر می رسد.

پرتوتابی فرابنفش آب – انواع اشعه فرابنفش :

پرترفرابنفش (UVR)مابین نور بنفش از تابش مرئی و نرم ترین تابش یونیزه کننده قرار گرفته است و محدوده طول موج از ۱۰۰ تا ٤۰۰ نانومتر را شامل می گردد. انرژی فو تون مربوط با تابش ۱۰۰ نانومتر۱۲٤الکترون وات است که حدوداً معادل با انرژی لازم برای ایجاد یونیزاسیون در مواد بیولوژیکی می باشد. آنها در منتهی‌الیه دیگر (UVR) می تواند توسط برخی قابل رویت باشد .

به علت تفاوت های موجود در خواص فیزیکی واثرات بیولوژیکی (UVR) توسط کمیسیون بین المللی روشنایی به سه ناحیه تقسیم بندی شده است

- **UVR:315-400 nm UVA با طول موج بلند (نورسیاه)**
- **UVR:280-315 nm UVB با طول موج متوسط(تابش آفتاب‌سوز)**
- **UVR:100-280 nm UVC با طول موج کوتاه(تابش میکروب‌کش)**

در ناحیه نور سیاه در بسیاری از اجسام پدیده فلور سانس قابل بروز می باشد. ناحیه UVBبخئس از اشعه است که موجب بروز التهاب های پوستی می شود، بخش اعظم از UVR فعال از نظر بیولوژیکی وبالقوه خطرناک که از خورشید به زمین می‌رسد مربوط به این ناحیه از نور است. UVCکه اشعه با طول موج کمتر از ۲۸۰

نانومتر را شامل می شود دارای قابلیت میکروب کشی است و اشعه ساطع شده از لامپ های میکروب کشی وقوس های جوش‌کاری می باشد. طول موج های ردیف ۲۵۰تا ۲۶۰ نانومتر (ناحیه فاتد حیات) دارای بالاترین قدرت میکروب کشی است و بوسیله اسیدنوکلئیک نوکلئوپروتئین ها قابل جذب بوده وتغییرات شیمیایی در ماده ژنتیک ایجاد می نمایدکه در نهایت به مرگ میکروارگانیسم‌ها منجر می گردد.

در بعضی از مراجع ازجمله گزارش سازمان بهداشت جهانی تقسیم بندی فوق قدری متفاوت ذکر شده باین ترتیب که طول موج ۳۲۰ بجای ۳۱۵ و ۲۰۰ بجای ۱۰۰نانومتر منظور شده اصت. UVR با طول موج کمتر از ۲۰۰ نانومتر را گاه UVR خلا نیز گفته اند (نگاه شود به شکل ۷-۱)، این بخش از تابش چون سریعاً جذب هوا می شود کمترین اهمیت بیولوژیکی را در مقایسه با دیگر بخش های UVR حائز است.

منابع تولید پرتو:

کاربرد UV برای مقاصد گندزدایی مستلزم این است که یک منبع با شدت زیاد و با طول موج دلخواه وجود داشته باشد. بطور کلی قراردادن مواد در دمای ۲۵۰۰ یا بیشتر موجب می شود که تعداد زیادی فوتون با انرژی بالا ساطع شود. چنین منابعی منتشر کننده طیفی مداوم و یکنواخت می باشند. بطرق دیگر می توان با رساندن الکترونها به حالت برانگیخته این پرتو را بدست آورد (تخلیه در گاز).

در حال حاضر غالب منابع مصنوعی برای تولید (UV) را می توان به پنج گروه تقسیم بندی ئمود :

ا - منابع تابشی براثر حرارت مانند لامپ های هالوژن تنگستن. 2- منابع تخلیه در گاز مانند لامپ های جیوه (بافشارکم، متوسط و بالا)، لامپ های جیوه وهالیدهای فلزی» لامپ های گزنون، لامپ های هیدوروژن و دوتریم وتیوب‌های جرقه ای . 3- منابع تخلیه الکتریکی

مانند قوس های کربن و قوس‌های جوش کاری. ٤- لامپ های فلووسنت مانند تیوب های روشنایی لامپ های آفتابی (تابش کننده UV-B) و تیوب‌های UV-A - لیزرها مانند لیزرهای تابش کننده چندین طول موج ، لیزرهای نیتروژن لیزرهای قابل تنظیم و لیزرهای هلیوم –کادمیوم.

در عمل بهترین روش تولید پرتو انجام تخلیه الکتریکی در بخار جیوه تحت فشارکم درون تیوب های مخصوصی است که از یک گاز بی اثر نظیر آرگون و مقدار بسیار کمی جیوه پرشاده است و معروف به لامپ های میکروب کش هستند. مکانیزم عمل کلیه این لامپ‌ها جریان یافتن الکترون دربخار یونیزه شده جیوه مابین دوالکترود است. به عبارت دیگر با ایجاد قوس الکتریک جیوه برانگیخته شده و تخلیه انرژی حاصله موجب تابش می‌گردد. قوسی که در لامپ فلورسنت بوجود می آید نیز به همین ترتیب تابش مشابه ایجاد می کند تنها تفاوتی که وجود دارد این است که حباب لامپ های فلووسنت را با ترکیبی از فسفر پوشانده اند تا UV را به نور مرئی تبدیل نماید. بعلاوه شیشه بکار رفته در ساخت لامپ های میکروبکش معمولی نیست و اشعه UV و مرئی را منتقل می نماید. حدود ۹۵درصد از UV تابش شده دارای طول موج ۲۵۳۷لانگستروم می باشد.

قدرت میکروب کشی این لامپ ها ۵ تا۱۰ برابر بیشتر از لامپ مای جیوه بافشار بالا است.

خطوط تابش از یک لامپ بخار جیوه با فشار کم شامل طول موج های ۱۸۵- ۲٤٥ – ۳۱۳-۳٦٥-٤۰٥-٤۳٦-٥٤٦ نانومترمی باشد. حباب لامپ های میکروب کش بخشی از نور با طول موج۱۸٤۹ آنگستروم را نیز منتقل می نماید. انرژی این تابش قادر په شکستن پیوندهای مو لکول اکسیژن است که ازن تولید می کند. درصنعت از آن دسته از لامپ ها که دارای حباب‌های کاملاً شفاف نسبت به هر دو تابش آنگستروم باشند برای نگهداری اغذیه استفاده می‌برند.

طیف تابشی منابع تولیدUVمتفاوت است. در شکل۷-۲طیف های نمونه از لامپ‌های بخار جیوه با فشارکم و فشارمتوسط قابل ملاحظه می‌باشد. لامپ هائی که دراز وباریک هستند دفعتاً روشن می شوند، در دو انتهای این لامپ ها سیم پیچی‌های مارپیچ واری دیده می شودکه بعد از کار گرم می شود. عمر لامپ تابع عمر الکترود و دفعات استارت است.کاربرد این لامپ‌ها پرای تصفیه آب یا هوا یا کالاهائی که روی تسمه نقاله ریخته شده می باشد.

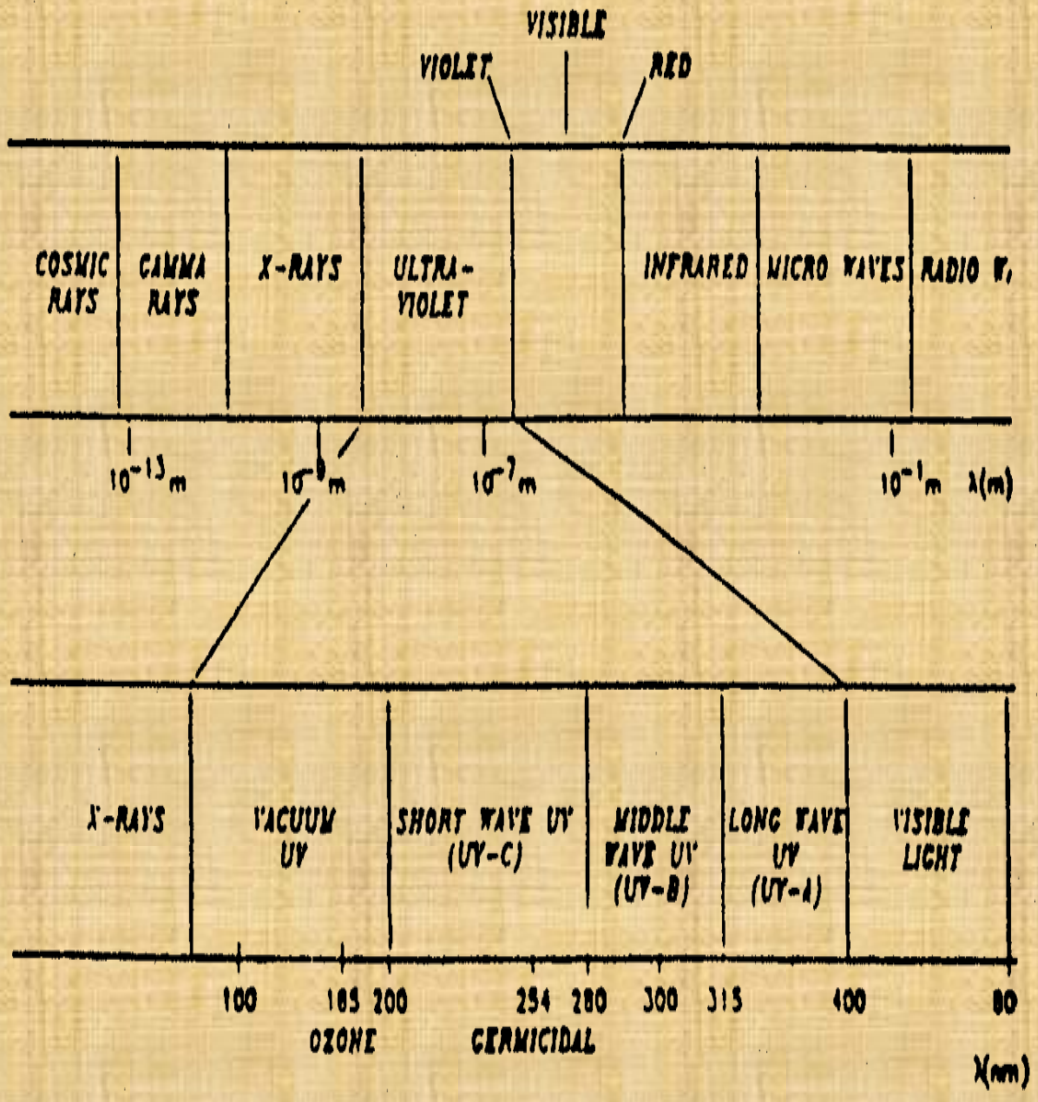
درواقع وقتی که بالاترین شدت از پرتو مورد نیاز باشد استفاده می‌شوند. لامپ های میکروب کش با کا تد سود نیز دفعتاً روشن می شوند ولی دفعات استارت بر عملکرد آنها اثر ندارد، لذا عمر بیشتری دارند و در دمای سرد هم کار می کنند. غالب دیگر انواع لامپ در دمای اتاق بهترین کار کرد را دارند و دمای کمتر یا بیشتر از۲۵ موجب کاهش بازده UVمی شود.

تا ۱۳۷۰دارند و درمقایسه با لامپ های با فشار متوسط تابش‌هایی در محدوده ۱۸۰ لامپ های کم فشار معادل، تقریباً ۸۰ برابر بده میکروب کش بیشتر تولید می کنند که کمتر متاثر ازکیفیت و دمای پساب قرار می‌گیرد. لذا برای تامین یک دوز معین ازگندزدا یی تعداد لامپ‌های با فشار متوسط کمتری در مقایسه با نوع کم فشار لازم خواهد بود. نوع سومی از لامپ های در حال رواج نیز وجود دارد که تابش امواج آنها با شدت زیاد و ضربانی‌گونه می باشد (نگاه شود به جدول ۷-۱).

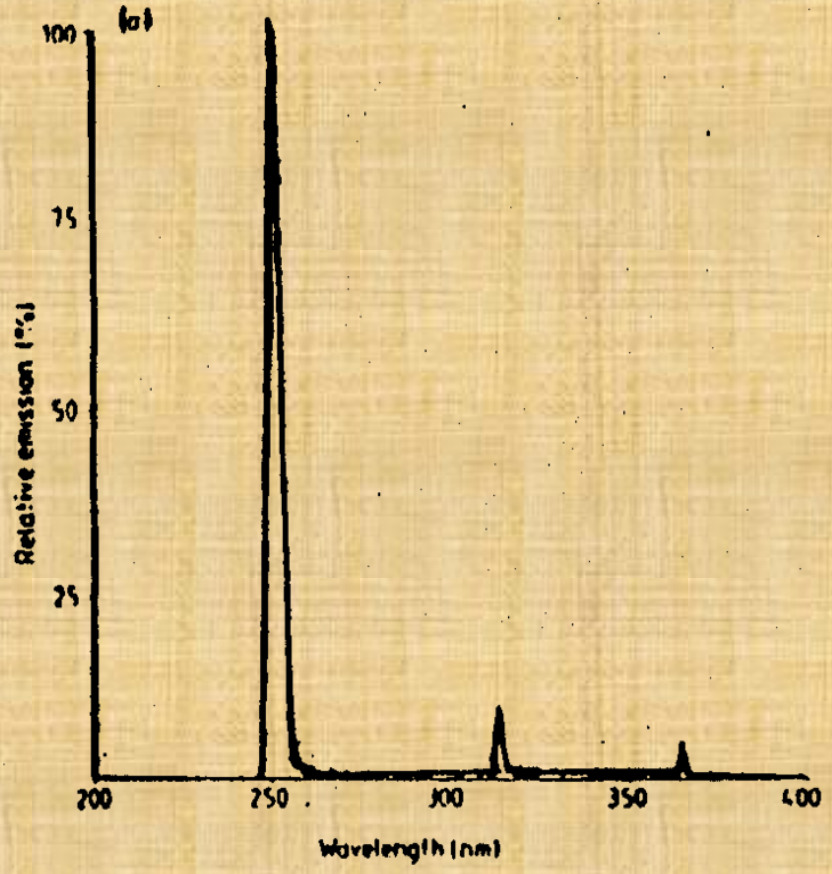
مکانیزم غیرفعال سازی میکروبی بوسیلهUV.

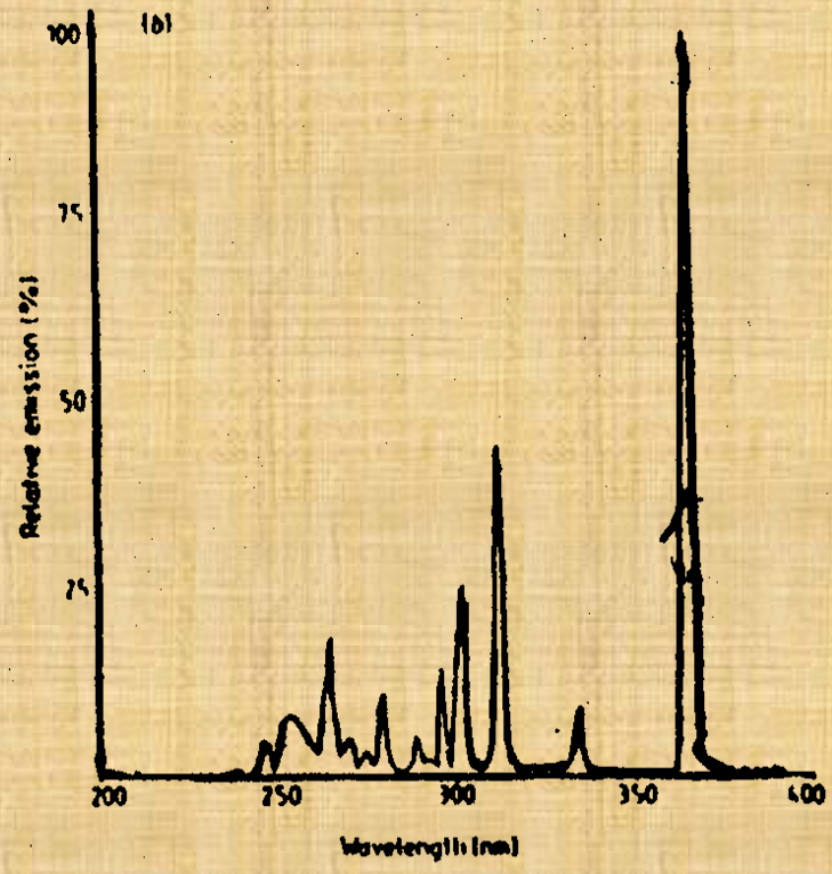
کندزدایی با UV یک روش فیزیکی است که وابسته به انتقال انرژی الکترومغناطیس ازمنبع نوربه سلول ارگانیسم (بویژه ماده ژنتیک سلول) می باشد. آنچه که در فهم مکانیزم ضد میکروبی UV کمک می‌کند توجه به این مطلب است که اشعه باید پیش از آنکه موثر واقع شود جذب شده باشد. باتوجه به تئوری کوانتم مشخص است که اثر یک کوانتم وقتی که با ماده وارد واکنش می شود تابع مستقیمی از مقدار انرژی است که دارد واین انرژی وقتی طول موج تابش آن کمتر باشد بیشتر است. طول موج های مابین ۲۰۰ تا ۱۲۰۰ نانومتر دارای انرژی کافی برای ایجاد تغییرات فوتوشیمیایی هستند. نورمرئی بوسیله مولکول هائی موسوم به پیگمانها جذب می شود و این جذب بوسیله انعکاس یا تغییر درصد عبور نورمشخص می شود. اما جذب رادیاسیون‌های نامرئی عمدتاً بوسیله اسیدهای نوکلئینه و پروتئین هاکه بی رنگ هستند صورت می‌گیرد. این جذب شدیداً برای سلولهای زنده زیان آور است و مرگ ومیر بوجود آمده را تقریباً بطور کامل به صدمه فوتوشیمیایی این ترکیبات نسبت می دهند. همچنین مشخص شده است که مو لکول های اسیدی اکسی ریبونوکلئیک موجود در مولکول های جذب کننده اشعه برای باکتریها وغالب ویروس ها و اسید ریبونکلئیک (RNA) برای برخی از ویروس‌ها اجزاء اصلی مورد هدف واقع شده فوتون‌های هستند واثرات

بیولوژیکی مهم در آنها حادث می شود. DNAو RNAمعمولاً ۵ تا۱۵ درصد از وزن خشک سلول هستند و در عملیات مختلف یک سلول بو یژه ذخیره و انتقال اطلاعات ژنتیک ایفای وظیفه می کنند. طیف جذبیDNAهمانطور که در شکل ۷-۳ دیده می شود در محدودهٔ ۲۵۰ تا ۲٦۵ نانومتر دارای پیک است و دامنه بهینه طول موج را برای میکروب کشی نشان می‌دهد. مهمترین مکانیزم ضدمیکروبیUV دیمریزاسیون دو مولکول پیریمیدین است. پیریمیدین از بازهای ازته هتروسیکل DNA RNAمی‌باشد. باتشکیل این دیمرها عمل تکثیر بسیار مشکل می گردد.

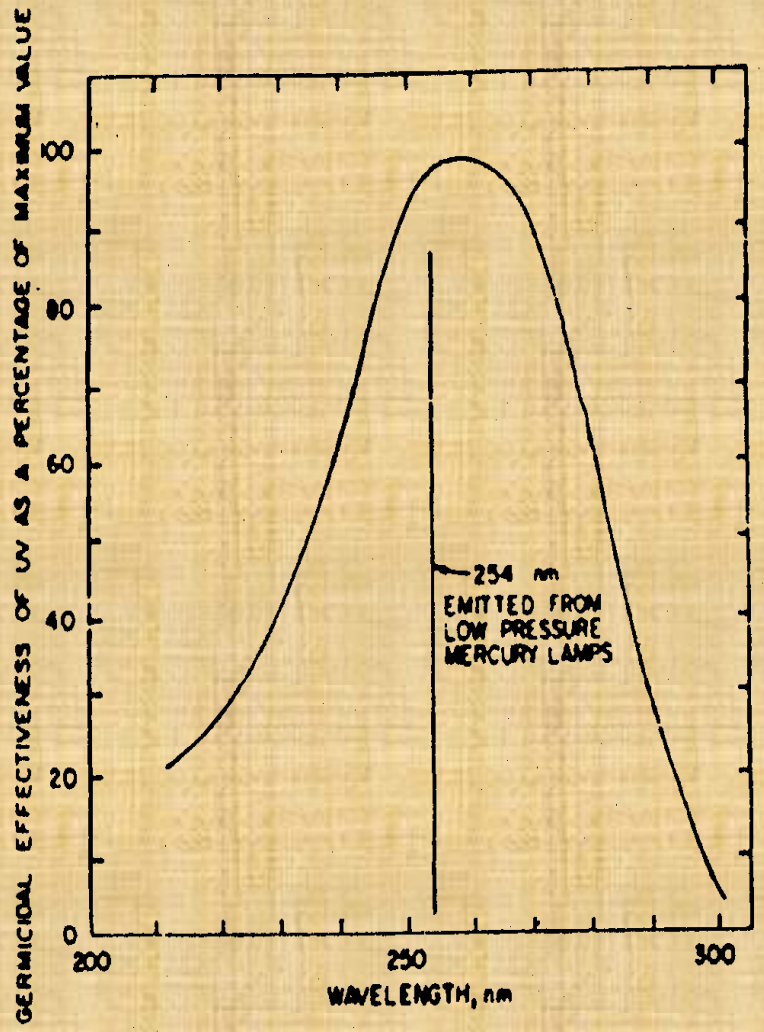


شکل ۷-۱- طیف الکترومغناطیس با بزرگنمایی موقعیت انواع پرتوفرابنفش (طول موج برحسب نانومتر)


(a)
100
75
50
25
Relative emission (%)
200
250
300
350
400
Wavelength (nm)


(b)
100
75
50
25
Relative emission (%)
200
250
300
350
400
Wavelength (nm)

در حالتی که با UVR باطول موج‌های حدود ۳۰۰ نانومتر یا بیشتر (UV-A و UV-B) روبرو باشیم مکانیزم دیگری موثر می‌باشد که شامل انجام واکنش‌های فوتودینامیکی است که طی آنها وقتی اکسیژن با یک مولکول برانگیخته شده از نور واکنش می‌دهد گونه‌های فعال از اکسیژن مولکولی ایجاد می‌شود. این گونه‌ها می‌توانند موجب بروز تغییرات شیمیایی سرطان زا یا جهش زا برای اسیدهای نوکلئیک شوند و برای دیگر اجزاء سلول همچون آنزیم‌ها و مامبران‌هانیز تغییرات زیان آور بوجود آورند.



فعال‌سازی مجدد

تغییرات زیان آوری که پرتو UVدر اسیدنوکلئیک ایجاد می کند ممکن است در میکرو ارگانیسم های در حالت رویش بوسیله آنزیم های تجدید شده در تاریکی یا فعال شده از نور برطرف و جبران نشود. یک مشکل گزارش شده پدیده بهبود و تجدید فعالیت مو لکول حای صدمه دیده تعدادی از ارگانیسم ها بعلت قرارگرفتن در معرض پرتومرئی (عمدتأ نور آبی) بعد از پرتو دهی با UVو یا بطور همزمان می باشد. این پدیده تجدید فعالیت که اول بار توسط Kelnerو Dulbccwگزارش شدد معروف و به تئوری اکتیو اسیون است و این پدیده یک واکنش آنزیمی است و مستلزم تابش نور با طول موج۳۱۰ تا۵۰۰ نانومتر می باشد. در مواردی اشعه با طول موج۲۳۰ و ۲٤۰ نانومتر نیز موجب بروز پدیده بوده هر چندکه اشعه مزبور بطورطبیعی در سطح زمین وجود ندارد چون بوسیله لایه ازن جذب می شود. اثرات تجدید فعالیت به مجرد تماس ارگانیسم با نور مطوب و فقط در عرض چند دقیقه قابل ایجاد بوده و بستگی به دما نیز دارد. ارگانیسم هایی که تاکنون مشخص شده قابلیت مزبور را دارندعبارتند از: اشرشیاکلی میکر وکوکوس، آثروباکتر امپتوپتومایسس ساکارومایس ، ایر ویئیا ء پروتئوس ، پئیسیلیوم و نیرو مپپ را . اما

ویروس ها عموماً این استعداد را بطور مستقیم ندارند مگر اینکه در بدن سلول میزبانی باشند که قادر به تجدید فعالیت باشد. تحقیقات Carson و Peterson نشان داده است که پسودمو ناس سپاسیا در حد یک تا چنار لگاریتم فوتونی فعال شده اند به این ترتیب این ارگائیسم تابش منبع بالقوه آلودگی در آب های تصفیه شده می تواند باشد. پدیده تجدید فعالیت بدون نیاز به نور و از طریق مکانیزمی موسوم به تجدید فعالیت در تاریکی نیزگزارش شده است. این پدیده دارای یک مکانیزم چند آنریمی (معروف به اصلاح از طریق جداسازی است که طی آن دیمی بوسیلهUV أنزیم شکست می شود سپس آنزیم دیگری DNAرا اصلاح نموده و رشته DNAرا بصورت اول تشکیل می‌دهد.

شرایط زیست محیطی که مناسب برای متابولیسم و تکئیرفعال سلول نباشد (دمای می گردد زیرا فرصت کافی به سلول UVکم یاغذای کم) موجب کاهش اثرات پیش از أنکه بطور غلط تکثیر یابد داده می شود. DNAجهت اصلاح

همچنین جمعیت میکروبی که در فاز رشد تاخیری یا ثابت باشند ازمیکروبهایی که در اثر رشدنمایی مستقل شانس بیشتری از لحاظ تجدید فعالیت خواهند داشت. اما با تخلیه پساب به آبهای پذیرنده عمیق کم جریان وکدر امکان تجدید فعالیت کمتر از زمانی می گردد که به محل تخلیه رودخانه های کم‌عمق تر و زلال باشند.

فوتوری اکتیواسیوک پدیده ای است که در شرایطی می تواند بر عملکرد یک سیستم uvمؤثر باشد. در چنین شرایطی سیستم می باید بنحوی طراحی شود که حتی بعد از وقوع فوتوری اکتیوا سیون به حالت مورد نظراز گندزدایی رسیده باشیم. بحرانی ترین زمان اوقات گرم سال است که غالباً با شدت بیشتر اشعه آفتاب توام است. لذا سیستم را باید بطور معمول برای نیل به حدود یک لگاریتم کاهش اضافی (اضافه بر مقدار کاهش لازم جهت نیل به اهداف گندزدایی) طراحی نمود تا جبران اثر فوتوری اکتیواسیون شده باشد.

اثرات زیست محیطی و بیولوژیکی و ملاحظات ایمنی:

UVدر زمره تابش‌های غیر یونیزه کننده از اهمیت ویژه ای برخوردار است که بعلت انرژی بیشتر فوتونها می باشد. این مساله می تواند منجر به بروز عکس‌العمل های مختلف بیولوژیکی گردد. اما از طرفی قدرت کم نفوذ این اشعه موجب می‌شودکه غالب اثرات مستقیم بیولوژیکی محدود به بافت های سطحی باشد. جذب UV بوسیله غشای مخاطی چشم و پلک ها ممکن است بعد از گذشت ٦ تا ١٢ ساعت از زمان تماس منجر به آماس ملمتحمه شود ولی غالباً اثر مزبور موقتی می باشد.

اثرات بیولوژیکی تابش UVبرای موجودات زنده زیان آور است و این ناحیه از نور موجب بروز التها بهای پوستی می باشد. در مورد اثرات بیولوژیکی اطلاعات چندانی در دست نیست .اینکه کفته می شود این بخش از اشعه می تواند اثرات تابش را تشدید کند و درکنار تعدادی از عوامل شیمیایی موجب آسیب بافت، مسمومیت آلرژی گردد. طول موج های کمتر از ٢٨٠ نانومتر می تواند موجب بروز اثرات سو ولی غالباً نه چندان خطرناک برای پوست و چشم گردد. اما در عمل گندزدایی آب یا پساب با UVو تا زمانی که لامپ بصورت غوطه‌ور هستند هیچ خطری متوجه کارکنان تسفیه‌خانه نخواهد بود چون آب به حد کافی جاذب رادیاسیون می باشد.

به طور کلی عمل گندزدایی با UV از نقطه نظر ایمنی مقبول محسوب می‌شود زیرا مستلزم

حمل و انبار و نمودن مواد شیمیایی خطرناک و خورنده نمی باشد. رعایث مقررات جدید وضع شده در مورد نحوه ذخیره سازی وکاریزد مواد شیمیایی خطرناک مانند زنون که موجب افزایش هزیینه عملیات کلرزدنی وگندزدایی شده در مورد این روش فیزیکی مساله ساز نبوده است. اما رعایت احتیاط های لازم در مورد کاربرد وسایل برقی با ولتار زیاد انجام سیم کشی‌ها بطور صحیح ، اتصال به زمین و واترپروف نمودن ضروری است. لامپ ها و تر انس ها مستعمل را باید بنحو صحیح، دفع نمود. سایر نکات ایمنی برای کارکنان تصفیه خانه شامل استفاده از عینک های پلاستیکی مخصوص در مواقع بازرسی لامپ ها در حالت غیر غوطه ور می باشد. چنانچه پنجره بازرسی تعبیه نشد و صورت و دست‌ها نیز در معرض قرار می گیرند لازم است که پوشاندن آن‌ها پیش بینی شود.

بطور کلی یکی از مهمترین دلایل مقبولیت گندزدایی با UV مسائل زیست محیطی بوجود آمد ازکلر زنی پساب‌ها بوده است. مسائل مشابه در مورد تعدادی دیگر از مواد شیمیایی گندزدا نیز قابل بروز می باشد. که فراورده های جانبی ان برای فون و فلور آب های پذیرنده خاک هایی که بعدا ممکن است مورد ابیاری قرارگیرند سمیت دارد و لذا در استفاده مجدد از پساب لازم است که کل کلر باقی مانده به حد بسیار قلیلی رسیده باشد. نور uv طی کندزدایی پساب مادهای را حذف ننموده و چیزی نیز اضافه نمی کند جز اینکه از تعداد میکروبهای زنده آب کاسته می شود. حتی با اعمال دزهای بیشتر از حد نیاز از اشعه تشکیل هیچ نوع فراورده جانبی جهش زا گزارش نشده است. بطور کلی پتانسیل تشکیل فرآورده‌های جانبی درعمل گندزدایی آب با UV ناچیز است چون شدت‌هاای مورد استفاده از اشعه جهت گندزدایی کمتر از مقادیر لازم برای بروز اثرات فوتوشیمیایی می باشد. اما بعضی از ترکیبات شیمیایی ممکن است بو سیله UV تغییرکنند اعتقاد بر این است که شکسته شدن بعضی از ترکیبات منجر به تشکیل فرم‌های کم خطرتر می‌شود. البته صحت این ادعا مستلزم انجام تحقیقات بیشتر می‌باشد. در حال حاضر باید قبول کرد که گندزدایی باUV هیچ اثر منفی یا مثبت برای محیط زیست ندارد. صحت این مطلب تاکنون با انجام چندین تست زیست سنجی بر روی موجوداتی مانند ماهی قزل آلا تایید شده است.

طرح های پیشنهاد شده برای پرتودهی آ ب و پساب:

لامپ های میکروب‌کش مورد استفاده برای گندزدایی آب و پساب بطور معمول ۰/۷۵ تا ۱/۵ متر طول و۱/۵ تا ۲ سانتیمتر قطر دارند. این لامپ ها برای گندزدایی به دوصورت فیزیکی متفاوت قابل استعمال هستند غوطه ور در مسیر جریان و سیستم های بدون تماس . در سیستم های اخیر لامپ ها مابین لوله های تفلونی حاوی پساب قراردارند جهت جریان موازی محور لامپ است. اما در سیستم‌های غوطه ور می‌توان جهت جریان را به صورت موازی و یا عمود بر محور لامپ در یک کانال روباز یا مسدود برقرار نمود و لامپ را درغلاف کوارتزی قرار داد تا سردنشود، (دمای بهینه برای سطح تیوب لامپ ٤٠ درجه سانتیگراد است) قطر این غلاف ها فقط کمی بیشتر از قطر تیوب کوارتزی لامپ می باشد.

بطور کلی ازلحاظ تنظیم فواصل لامپ ها نسبت به یکدیگر طرح های زیر پیشنهاد شده است:

آرایش یونیفرم درهم : نحوه آرایشی شبیه حالت یونیفرم است جز اینکه ردیف های عمودی بطور یک درمیان تا یک نیمه از فاصله عمودی از هم چیده شده اند (شکل ۷-٤ B).

آرایش هم‌مرکز . لامپ ها در دوایر متحدالمرکز چیده می شود (شکل ۷-٤ C) وبطور معمول طراحی بصورتی است که امکان خاموش کردن یک دسته معین از لامپ را میسر می سازد. لذا دانسیته UV را با خاموش یا روشن کردن هر دسته لامپ در راکتور می توان تغییر داد. آرایشی لوله‌ای : لامپ‌ها در خارج از مایع و موازی با لوله تفلونی حاوی پساب چیده شده اند. اگر بیش از یک لوله تفلونی باشد لامپ‌ها و لوله ها را در ردیف های یک درمیان بصورت عمودی درکنار هم می چینند بنحوی که فواصل افقی و عمودی از مراکز لامپ ها ولوله‌ها یکسان باشد (شکل ۷-٤ D).

در شکل۷-۵ نمونه ای از سیستم های دارای لوله‌های تفلونی نمایش داده شده است. غالباً با انجام حفاظت های لازم لامپ ها را درکانال های تخلیه پساب می توان تعبیه نمود تا ضرورت ساختن مخزنی مجزا برای گندزدایی برطرف شود (نگاه شود به شکل ۷-٦).

درنمونه دیکری از واحدهای بدون تماس، لامپ‌های مجهز به رفلکتور در بخش رو فوقانی از سطح آب (در فاصله حدود۵ سانتی متری) تعبیه می شوند.کل حجم آب در گذر از سرریزی که در بالای آن لامپ ها قرار دارند بصورت فیلم نازکی با عمق حداکثر ۰/۵ سانتیمتر درمی آید.

تا در معرض دز یکسانی از پرتو قرار گیرد. این سیستم ها قادر به انعکاس بیش از ۵۰ درصد از نور به آب هستند. (نگاه شود به شکل۷-۷)

جهت گندزدایی آب آشامیدنی چنانچه دبی جریان کمتر از۸۰۰ گالن در دقیقه باشد استفاده از راکتورهای بسته می تواند توصیه شود. کار با این راکتورها برای اپراتورهای تصفیه خانه راحت تر و ایمن تراست. شرایط جریان در این واحدها نیز باید پلاگ فلو باشد. یک طرح نمونه از این قبیل سیستم‌ها در شکل ۷-۸ قابل ملاحظه است. اگر پیش از ورود آب به راکتور **UV** و یا در نقطه ورودی فیلترهای ظریف تعبیه شود کدورت آب کمتر وکارایی عمل بیشتر می شود: در طرح های جدیدتر، درون راکتور فیت‌های تله مانندی تعبیه شده که با بدام انداختن انگل‌ها زمان

اجزاء تشکیل دهنده سیستم های گندزدا یی با UV در شکار ۷-۹ قابل ملاحظه است. برق مورد نیاز برای لامپ‌ها متناوب است و بطور معمول از یک ترانس (بالست) جهت تولیه ولتاژ زیاد اولیه روشن کردن لامپ استفاده می‌شود همین وسیله تأمین کننده ولتاژ کم در اثنای کار لامپ نیز می باشد (مصرف برق لامپ های کم فشار حدوداً سه برابر کمتر از لامپ های معمولی معادل است). بطورکلی باید دسته های مختلف از لامپ ها بنحوی چیده شوندکه بتوان آنها را مطابق دلخواه روشن و خاموش نمود. تنظیم اتو ماتیک وارکار لامپ ها با میزان جریان آب اقدام مناسب دیگری است و این امکان وجود دارد که بطور هم زمان کنترل سیستم را باکیفیت آب (یا پساب) نیز هماَهنگ نمود. بعنوان مثال می توان این عمل با تابش مداوم شدت نور و یا به طریق دیگر میزان جذب UVآب به انجام رساند.

لازم است که علائم هشداردهنده از نقطه نظر اعلام نحوه عملکرد هر لامپ در پانل‌های کنترل تصفیه خانه وجود داشته باشد. بالست ها را بویژه باید در اوقات گرم سال در معرض تهویه هوا قرار داد. در شرایط معمول در عمل گندزدایی آب وجود حداقل ١٦ دوز پرتو در تمامی نقاط واحدتصفیه ضروری

کاربردهای قابل ذکر از گندزدا یی با UV

منابع مصنوعیUV با هدف انجام گندزدایی کاربردهای وسیعی در بیمارستانها، آزمایشگاه ها و مدارس دارند. , ویروس ها، میکوپلاسما` ، باکتریها و قارچ ها معلق در هوا یا مایعات و یا موجود روی سطوح کار با این پرتو قابل نابود شدن هستند. چون UV در بسیاری از مواد از جمله اغذیه و الیاف نفوذ نمی کند نمی‌تواند عمل استریلیزاسیون،را با این پرتو انجام داد. جنس ماده مورد نظر نیز در نتیجه عمل گندزدایی دارای اثر است، بعنوان مثال سطح آلومینیوم و شیشه استریل می شود ولی چوب، لاستیک وکاغذ که حتی 3 ساعت در معرض ۱۲۰ میکروات بر سانتیمتر مربع پرتو بوده اند استریل نشده اند. مهم ترین کاربردهای ذکر شده از UV عبارتند از:

۱ . نابود سازی ارگانیسم های هوا

۲ . غیر فعال سازی میکروارگانیسم های موجود روی سطوح مواد معلق در مایعات.

۳ . حفظ وگندزد ایی بسیاری از محصولات با ترکیب ناپایدار که بروش های مرسوم قابل تصفیه نمی باشند.

برخی ادعا کرده‌اند که آئروسول ها از سوسپانسیون های موجود در مایعات در برابر UV حساس ترند اما بعقیده عده‌ای دیکر حساسیت ها میتواند مشابه باشد. استفاده ازUV برای گندزدایی نمونه های باکیفیت های مختلف از آب و فاضلاب نیز روان فراوانی پیدا کرده است. متداولترین کاربردهای ذکر شده از سیستم UV برای واحدهای گندزدایی آب در نقاط مصرف و در نقاط ورود به مجموعه های مسکونی صنایع و بیمارستانها می باشد.کاربردهایی نیز برای گندزدایی آب مصرفی جوامع بزرگ گزارش شده و در اروپا در بیش از ۲۰۰۰ شهر استفاده از این پرتو رواج دارد. نتایج درخشانی که دوسال های اخیر از کاربرد UV کسب شده دلیل دیگری بر اثبات این ادعا ست که این گندزدای فیزیکی می تواند وسیله ای مناسب برای تأمین آب سالم شرب جوامع مختلف باشد. در جدول۷-۲ فهرستی از کاربردهای مختلف استفادد از uv قابل ملاحظه می باشد.

یک مورد استفاده دیکر از لامپ های UV در نمونه هایی از دستگاه‌های اندازه گیری می باشد. در این دستگاد لامپ در داخل محفظه اکسید کننده قرار دارد و نمونه آب یا پساب مورد سنجش در گذر از این محفظه تحت تحریک اشعه اکسید می‌گردد.

اطلاعات مورد نیاز برای طراحی راکتورهای UV و فحوه پایش و کنترل

تشریح فرآیندگندزدایی با UV:گندزدایی به کمک UV یک پروسه فیزیکی است که برمبنای انتقال انرژی الکترو مغناطیسی از لامپ به ماده تشکیل دهنده سلول ارگانیسم بویژه مواد ژنتیکی سلول (DNA) استوار است. اثرات مرگ آفرین این انرژی قدرت تکثیر را از سلول سلب می‌کند طیف جذبی DNA همانطور که در شکل شماره ۷-۳ نشان داده شده بین۲۵۰و ۲۶۵نانومتر دارای پیک است و دامنه بهینه طول موج را برای میکروب کشی آشکار می سازد. با توجه به اینکه حدود ۸۵ درصد از بده انرژی لامپ های بخار جیوه با فشارهم بصورت تابش تکفام ۲۵۳۷ آنگستروم است مطلوب بودن این لامپ ها برای گندزدایی مشخص می‌گردد.

سینتیک های گندزدایی: کارایی پرتو در میکروب کشی تابع مستقیمی از مقدار انرژی یا دزی است که بوسیله ارگانیسم جذب می شود. این دز را می توان بصورت حاصلضرب سرعت تحویل انرژی به ارگانیسم (یا شدت) و زمان در معرض بودن ارگانیسم بیان نمود. بطریق دیگر می‌توان دز گندزدایی را در استفاده از UV بر حسب نیروی میکروب‌کشی تابش شده از لامپ در واحد حجم سیال بعنوان مثال برحسب وات بر متر مکعب تعریف نمود.

غیر فعال شدن باکتری حا بوسیله UV بطور تقریب و با توجه به قانون Chickبا عبارت درجه اول زیر نمایشی داده می‌شود:

$N=N_0e^{-Kit}$

N_o = دانسیته اولیه باکتری‌ها (ارگانیسم / میلی لیتر)

N = دانسیته باکتری‌ها بعد از تماس با UV (ارگانیسم / میلی لیتر)

K= ثابت سرعت غیر فعال سازی

I= شدت انرژی میکروب‌کش

T = زمان تماس

حاصلضرب It عبارت است از مقدار انرژی یا دزکه بر حسب میکروواوات ثانیه بر سانتیمتر مربع بیان می شود. جدول ۷-۳ میزان دز لازم برای نابودسازی ارگانیسم‌های مختلف را بوسیله پرتوUV معرفی نموده است. حدا قل دز لازم برای گندزدایی آب و پساب ثانویه بترتیب معادل ۱۶ و۳۰ میلی وات ثانیه بر سانتی متر مربع است. در سیستم‌های گندزدایی فاضلاب آرایش لامپ ها بطور معمول در شرایط جریان پیک تأمین کننده یک کیلو وات در میلیون گالن پرتو می باشد.

با رسم لگاریتم نسبت بقا در برابر دز اشعه چنانچه سرعت گندزدایی مطابق با قانون چیک ثابت فرض شود مطابق با شکل ۷-۱۰ خط مستقیمی بدست می‌آید که شیب آن مقدار

ثابت سرعت غیر فعال سازی را نشان می دهد. در موارد انحراف از قانون چپک ممکن است سرعت گندزدایی با افزایش زمان زیاد یا کم گردد. از جمله عواملی که موجب تغییر سرعت می گردد (وجود انحراف های صعودی = Shoulders) مخفی شدن باکتری‌ها درون ذرات و یا در لابلای یکدیگر می باشد. غالباً در چنین مواردی وقفه‌های زمانی تا لحظه شروع گندزدایی مشاهده شده است. Severinو همکارا نش نشان دادند که مدل Series Eventبخوبی می تواند سینتیک گندزدایی با UV را تشریح نماید. نباید انتظار داشت که دما و pH موجب تغییرات بارز در کارایی گندزدا یی با UV گردند

اثر تجمع باکتری ها و ذرات بر مدل ریاضی گندزدایی:

هر چند رابطه ۷-۱ یک تقریب خوب از پاسخ باکتری‌ها به یک دز معین است ولی غالباً آزمایش مستقیم کشت‌های مخلوط راندمان کمتری را با افزایش دز نشان داده است. این مورد در عمل گندزدایی نمونه های آب وفاضلاب تصفیه شده با UV به مجتمع شدن یا جذب باکتری‌ها در ذرات استناد داده می شود. نورUV قادر به نفوذ در این قبیل ذرات و نابود سازی باکتری‌های مخفی شده نمی باشد. Quallsو همکارانش نشان دادند که حذف ذرات اثرات بارزی بر روابط دز بقا دارد. در شکل ۷-۱ این مساله نمایش داده شده است. با توجه به مشکل ذکر شده رابطه ۷-۱ را بصورت زیر می توان تصحیح نمود:

.

$$N = N_o \exp\left[\frac{ux}{2E}\left\{1-\left(1+\frac{4KE^b}{U^2}\right)^{1/2}\right\}I + N_p\right]$$

رابطه کلی بصورت زیر است:

N = دانسیته باکتریایی زنده بعد از تماس با UV (ارگانیسم در100میلی لیتر)

N_o= دانسیته باکتریایی اولیه ، سریعاً منتشر شده در لحظه ورود به راکتور UV(ارکانیسم در100میلی لیتر)

N_P= دانسیته باکتریایی مربوط به ذرات و متاثر نشده از تماس با UV

X = فاصله طی شده بوسیله ذره ای از آب در معرض مستقیم پرتو بر حسب سانتیمتر که بطور معمول مساری با طول راکتور در جهت جریان است (مگر در مواقع مارپیچ وار بودن جریان) E = ضریب پراکندگی که میزان پراکندگی توزیع زمان ماند را برای یک راکتور خاص سنجش می کند.

K = سرعت غیر فعال شدن باکتریها (ثانیه $^{-1}$)

u = سرعت فاضلاب در عبور از راکتور بر حسب (cm/sec)که بصورت زیر قابل محاسبه است.

$u=x/V_V/Q$

V_V = حجم خالی راکتور یا حجم مؤثر مایع به لیتر

Q = دبی کل برحسب لیتر بر ثانیه

K تابعی از شدت UV است لذا برای یک زمان تماس معین ، با افزایش یا کاهش شدت افزایش یا کاهش خواهد یافت ، می توان نوشت:

$K=f(I)$

می توان بین لگاریتم K و لگاریتم شدت متوسط در راکتور (Iave) رابطه‌ای بصورت زیر (بعد از تغییر شکل) بدست آورد:

$$K=a(Iave)^h$$

a و b شیب و عرض از مبدأ خط رگرسیون هستند.

با توجه به N_P باید گفت این مورد برحسب تابعی از چند اندکس قابل سنجش آب و فاضلاب نظیر کدورت یا مواد ه معلق تشریح می شود به این ترتیب مقدار N_Pبوسیله رابطه لگاریتم دانسیته کلیفرم‌های پساب با لگاریتم مواد معلق و بصورت عبارت زیر بیان می شود:

$$N_P=cSS^m$$

SS برحسب mg/L است. در این آزمایش می باید دانسیته‌ها تحت شرایط بسیار شدید دز ایجاد شده باشند لذا می توان فرض کرد باکتریهای زنده مانده آنهایی هستند که درون ذرات مخفی شده و متأثر از پرتو نبوده اند.

با ادغام دو رابطه اخیر در معادله 7-4 مدل گندزدایی با UVبصورت زیر قابل ارائه خواهد بود:

$$N. = Nexp\left[\frac{ux}{2E}\left\{1-\left(1+\frac{4Ea(Iave)^b}{U^2}\right)\right\}I + cSS^m\right.$$

مقادیر معمول برای ضرائب فوق عبارتند از:

E = 100 m =20 c =0/25 b = 1/3 a = 0/0000140

اما لازم است که از طریق آزمایش صحت این مقادیر مورد کنترل قرار گیرد.

از رابطه فوت مشخص می شود که نقطه نظرات مهم برای طراحی سیستم ، شدت UV در داخل راکتور و کیفیت آب یا فاضلاب مورد تصفیه می باشد.

اطلاعات مورد نیاز برای طراحی راکتورهای UV

با توجه به روابط فوق الذکر که اساس کار برای طراحی راکتورهای گندزدایی با UVبرمبنای اصول ریاضی می باشد مشخص می شود که اطلاعات کلیدی برای طراحی عبارتند از شدت UV در داخل راکتور وکیفیت آب یا فاضلاب مورد تصفیه. همچنین خصوصیات جریان باید به گونه ای باشدکه استفاده حداکثر از انرژی UV امکان پذیر گردد و یا بعبارت دیکر مقادیر اتلاف انرژی به حداقل نیز برسد. در این مبحث پارامترهای مهم طراحی عوامل موثر برکارایی گندزدایی با UVمعرفی شده است. بطور کلی عوامل مؤثر را در سه بخش می‌توان مورد بحث قرار داد. عوامل مربوط به خصوصیات لامپ عوامل مربوط به کیفیت آب و فاضلاب و عوامل مربوط به خصوصیات جریان.

خصوصیات لامپ

شدت UV: سرعتی که تحت آن ارگانیسم‌ها غیرفعال می‌شوند برحسب تابعی از شدت نور UV در راکتور قابل بیان می‌باشد. لذا مشخص کردن شدت در یک سیستم مهم است. شدت در یک راکتور تابعی از نوع منبع uv(بازده) آرایش فیزیکی منبع نسبت به آب یا فاضلاب (مکان و آرایش لامپ ها) و میزان پرت انرژی است. پرت انرژی موجب رقیق شدن بازده منبع پیش از استفاده برای گندزدایی می گردد.

تعیین شدت نور در راکتورهای پیچیده و چند لامپی آسان نمی باشد. در حال حاضر هیچ دتکتوری وجود ندارد که بتوان با آن شدت نور را در این سیستم‌ها اندازه‌گیری نمود چون دتکتورهای موجود گیرنده‌های صفحه‌ای محسوب می شوند و فقط انرژی برخورد کرده با سطح صاف سنجش اندازه‌گیری می شود. لذا چون روش قابل قبول مستقیمی برای سنجش وجود ندارد برآورد شدت نور در راکتور از طریق مدل‌های محاسبه ای یا توسل به روش های تجربی نظیر آلتینومتری شیمیایی و تست های بیولوژیکی مورد توجه قرار گرفته است.

در راکتورهای با آرایش‌های مختلف از لامپ ها شدت نور متفاوت خواهد بود. روش محاسبه ای فقط برای تعدادی از طراحی ها قابل عمل می باشد، با این روش می توان شدت را برحسب تابعی از دانسیته UVراکتور و انرژی UV جذب شده بدست آورد.

دانسیت D[1] بعنوان مجموع نیروی نظری UV(در۲۵۳/۷ nm) موجود در یک راکتور بخش بر حجم مایع در راکتور تعریف می شود:

$$D = \frac{\text{کل بازده } UV}{\text{حجم مایع}} \text{ (وات/لیتر)}$$

دانسیته نور مستقیماً در ارتباط با فاصله‌گذاری لامپ ها می باشد، هر چه فاصله‌ها کمتر باشد دانسیته نور در راکتور بیشتر خواهد بود. از مقایسه چهار آرایش ذکر شده برای سیستم‌های UVو با داشتن یک دانسیته UV معین،کارایی مدل یونیغرم بهتر وکارایی مدل لوله ای از همه کمتر می باشد. نوع یونیفرم بر آرایش در هم قدری تفوق نشان می دهد. آرایش‌های درهم و متحدالمرکز نیز از نظر کارایی تامین شدت نور نتایج مشابه ای نشان داده اند.

برای برآورد شدت واقعی نور در یک راکتور (I_{ave}) رابطه زیر ارائه شده است:

$$I_{ave} = (\text{nominal } I_{ave}) \times (f_p)(f_t)$$

f_p = نسبت بازدهی واقعی لامپ ها به بازدهی نظری لامپ ها

f_t = نسبت قابلیت انتقال واقعی غلاف ها یا لوله ها به انتقال نظری غلاف ها یا لوله ها (برای محاسبه شدت فرض می شود که قابلیت انتقال نظری ۱۰۰٪ باشد)

برای سیستم های کوار تز و تغلونی چنانچه نگه داری از سیستم های ایده آل باشد، f_t بترتیب ۰/۷ و۰/٦ بعنوان ارقام حداقل در نظر گرفته می شود.

با توجه به رابطه۷-۱۱مشخص است که کاهش انرژی نور با طول موج ۲۵۳/۷ نانومتر

ناشی از دو بخش عمده می باشد: افت بازده لامپ (f_p) و تغییر در قابلیت انتقال ضمائمی (غلاف های کوارتزی و یا لوله های تفلونی)که موجب مجزا شدن لامپ از مایع هستند(f_t).

بازده لامپ UV

بازده لامپ از فاکتورمای مؤثر بر شدت UVدر راکتور محسوب می شود. بازده رزونانس یک لامپ شدیداً به حفظ شرایط بهینه تخلیه در بخار و شرایط بهره برداری در مدت عمر لامپ مربوط می باشد و می‌توان گفت بسیاری از عواملی که مربوط به بازده می شوند به کار طراحی یا اپرا تور وابسته نبوده و صرفاً متاثر از شرایط محیطی حاکم بر دستگاه هستند. مسلماً اطلاع از عواملی که در این رابطه دارای نقش می‌باشند حائز اهمیت است.

بازده لامپ در هر زمان متاثر از دمای لامپ و پتانسیل ولتاژ بکار رفته در عرض لامپ می باشد و با گذشت مدت بهره برداری کاهش می‌یابدکه بعلت عوامل مستهلک کننده خواهد بود.

ولتاژ: تشعشع تابعی از جریان قوسی است ، ازاین حقیقت می توان بمنظور تغییر بازده لامپ از طریق تنظیم ولتاژ و صرفه جویی در مصرف انرژی بهره برداری نمود.کاهش ولتاژ منجر به کاهش در جریان خواهد بود. به این ترتیب طی دوره هایی از زمان که نیاز به UVRکم باشد می توان با پایین آوردن ولتاژ لامپ روشنایی را تنزل داد. این عمل موجب کاهش بهره برداری انرژی از لامپ است. عموماً می‌توان شدت لامپ را تا مقادیری نه کمتر از ۵۰ درصدکاهش داد در غیر این صورت جریان لامپ بسیارکم شده ،لامپ شروع به سوسوزنی کرده و نهایتاً خاموش می‌شود.

دما: درجه حرارت بهینه دیواره لامپ برای حداکثر کارایی عموماً بین ۳۵ و 'C ۵۰ است. در سیستم های غوطه‌ورکه معمولاً لامپ ها درون غلاف‌های کوارتزی هستند لایه هوای بین کوارتز و دیواره لامپ بصورت یک حائل عمل نموده و لامپ را از خنک شدن توسط آب حفظ می‌کند. به این ترتیب می توان گفت که غلاف های کوارتزی نقش ایزولاتور را دارند. به عقیده Scheible وBassell دمای آب سرد اثر کمی بر دمای سنجش شده دیواره حباب دارد. در یک تحقیق صورت گرفته در این زمینه مشخص شد که تحت دماهایی از آب که مساوی ۲۱/۳ و۱۰/۵ بوده دمای لامپ بترتیب مساوی ٤۳ و٤۰ برآورد شده است.

کنترل دمای لامپ در سیستم های غوطه ور در اکثر شرایط طراحی عملی نیست. اما در سیستم های بدون تماس از قبیل سیستم‌های با آرایش لوله‌ای حفظ لامپ ها در حرارت بهینه بوسیله کنترل دمای هوای اطراف لامپ ها امکان پذیر است. در مواردی که گرما مورد نیاز باشد می توان حرارت منتشره توسط ترانس های لامپ ها را در داخل راکتور لامپ به گردش درآورد و در مواردی که حرارت زائد است نیز می توان بوسیله پنکه هایی هوای سردتر بیرون را وارد راکتور نمود.

عمر لامپ: عوامل متعددی موجب محدود ساختن عمر مفید لامپ هستند. این عوامل شامل نقص الکترودها، اندود شدن جیوه روی دیواره داخلی لامپ (کدر شدن لامپ) و تابش از ضماثم لامپ (کاهش قابلیت انتقال) می باشند. تمام این عوامل منجر به نزول دائمی بازده لامپ در طول موج۲۵۳/۷ nm هستند و ممکن است موجب شوند بازده واقعی به حد ٤٠ تا ٦٠ درصد از بازده نظری در پایان عمر لامپ برسد.

بازده لامپ طی عمری که دارد اساساً متأثر از شدت کدر شدن و تابش از لوله لامپ می باشد و عمر واقعی به وضعیت الکترودها بستگی دارد. لامپ های میکروب‌کشی متداول از نوع دارای الکترود های داغ هستندکه نزول کیفیت آنها با افزایش تعداد استارت حالت تصاعدی دارد. لذا عموماً پیش بینی لامپ بر طبق تعداد دفعاتی که لامپ را روشن کرده اند یا بعبارت دیکر سیکل روشنایی برآورد می شود. عمر لامپ ذکر شده توسط اکثر کارخانجات۷۵۰۰ ساعت است که مبنی بر یک سیکل ۸ ساعته کار می باشد. متوسط بازده UV دراین حالت ۷۰ درصد بازده لامپ در ۱۰۰ ساعت برآورد شده است. متذکر می شود که لامپ های جیوهای با فشارکم بعد از صد ساعت کار به بازده نظری خود می رسند.

کیفیت آب یا فاضلاب

کیفیت کلی آب یا فاضلاب در ارتباط با میزان پیش تصفیه‌ای است که اجرا شده است. اما کیفیت واقعی را باید خارج ازکنترل اپراتور و یا غیر قابل تاثیر از طراحی دانست ، حتی باید گفت لازم است طراحی به گونه ای باشد که شرایط مختلف از نظر کیفیت آب یا فاضلاب را متحمل شود. سه پارامتر مهم مربوط به کیفیت آب که نقش بیشتری بر طراحی یا عملکرد یک سیستم UV دارند عبارتند از: دانسیته اولیه باکتریایی، مواد معلق و ضریب جذب UV

ضریب جذب UV اثر مزاحمت ساز ناشی شده از برخی از مواد محلول را نیز در نظر می گیرد. در جدول ۷-۴ مهمترین مواد محلول و نامحلول هدر دهنده قدرت پرتو که درمنابع طبیعی آب و یا فاضلاب ها قابل یافت هستند معرفی شده است. اگر ناخالصی‌های معدنی و آلی در آب زیاد باشد رسوب گذاری روی لامپ تشدید می‌ِشود. بطور کلی توصیه می شود در آب مورد گندزدایی غلظت آهن وهیدروژن سولفوره به ترتیب از ۱/۰ و ۲/۰ میلی گرم در لیتر بیشتر نباشد. سختی آب نیز کمت از mg\l ۱۴۰ باشد.

دانسیته اولیه باکتری ها: نحوه عملکرد یک سیستم UV مستقیماً در ارتباط با دانسیته اولیه ارگانیسم‌های اندیکاتور می باشد. بطور معمول این رقم پارامتری نیست که در تصفیه خانه ها قابل پایش باشد. دانسیته‌های اولیه را صرفاً با توجه به نوع فرآیندهای تصفیه ماقبل مراحل گندزدایی نمی توان پیش‌بینی نمود و توصیه شده است که این اطلاعات را پیش از طراحی جمع آوری نمایند. می توان پساب های مشابه را از تصفیه خانه‌های موجود در منطقه ، مورد بررسی قرار داد یا چنانچه اصلاح تصفیه خانه در نظر است، در محل تجهیزات موجود بررسی را به انجام رساند. بطور کلی نحوه عملکرد سیستم بوسیله لگاریتم نسبت بقا و یا تعداد لگاریتمی کاهش دانسیته معرفی می‌شود. لازم است که دانسیته اولیه باکتری ها را تحت شرایط متوسط و ماکزیمم مورد انتظار برای تصفیه خانه تعیین نمود.

جامدات معلق: مخفی شدن باکتری ها در ذرات اثر مهمی بر طراحی یک سیستم دارد و همانطور که ذکر شد دانسیته باکتریایی ذره ای در ارتباط با غلظت مواد معلق می‌باشد. به این ترتیب اندازه گیری جامدات معلق بعنوان یک اندیکاتور مهم جهت تعیین کیفیت این ذرات ضروری خواهد بود. از آنجایی که حدود جامدات معلق آب و یا پساب در عمل بوسیله طرح تصفیه خانه تنظیم می شود، مقادیری از این جامدات که می باید در طراحی فرآیند گندزدایی مورد ملاحظه قرار گیرد محدود خواهد بود. نقطه نظر دیگر میزان تغییرات جامدات معلق است.

بعنوان مثال چنانچه تصفیه خانه‌ای برای این مورد طرح شده است که غلظت جامدات معلق آن بطور متوسط از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر برای ۳۰ روز متوالی بیشتر نشود ، حدودی از این جامدات که می باید بر یک مبنای سالانه متحمل شود احتمالاً بین ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر خواهد بود. توجه به این نکات می تواند از لحاظ تعیین اندازه متوسط تجهیزات UV و تعیین ملزومات عملیاتی دارای اثر باشد.

جذب UV : این پارامتر صرفاً در زمینه گندزدایی با UV مطرح می شود و معیاری از انرژی UV مورد نیاز نمونه آب یا فاضلاب مورد نظرمی باشد و بر شدت پرتو در راکتور دارای اثر خواهد بود. UV مورد نیازمانند کلرمورد نیاز می باید برای نمونه آب مورد نظر تأمین گردد تا گندزدایی مؤثر واقع شود. این پارامتر بعلت جذب انرژی بوسیله اجزا شیمیایی موجود در آب یا فاضلاب می باشد. تعدادی از ترکیبات آلی و معدنی موجود در فاضلاب‌ها موجب جذب موج۷/۲۵۳ نانومتر هستند و لذا بر شدت نور درون راکتور اثر می گذارند. در موارد خاص ممکن است اندازه سیستم و احتمالاً آرایش لامپ ها متاثر از مقدار جذب فوق باشد. بعبارت دیگر در محاسبه شدت در یک راکتور پیچیده و در فرمول نهایی محاسبه ، شدت متوسط بعنوان تابعی از ضریب جذب UV مطرح می شود.

راه‌های متعددی برای بیان جذب یک نمونه آب وجود دارد. در ابتدا لازم است به روش اسپکتر و فوتومتری که معمولاً بوسیله آن این رقم سنجش می شود توجه شود. نمونه را در یک سل کوارتزی شفاف نسبت به طول موج ۷/۲۵۳ نانومتر ریخته و مقدار نور جذب شده را بوسیله نمونه تعیین می نمایند. چون بطور معمول طول مسیر نوری بکار رفته یک سانتیمتر است ماحصل این سنجش جذب در واحد سانتیمتر یا a.u\cmخواهد بود.

میزان یا قابلیت عبور نور برای یک نمونه آب نیز پارامتر متداولی برای توصیف UV مورد نیاز آن نمونه می باشد. این رقم را می توان از روی سنجش جذب بدست آورد و غالباً بصورت درصد گزارش نمود:

$100 \times 10^{-(a.u/cm)}$ درصد عبور نور

درصد نور جذب شده نیز با تفریق درصد عبور از صد بسادگی قابل تعیین خواهد بود.

پارامتری که برای مقاصد طراحی بیشتر مورد توجه است ضریب جذب UV(a) است که بر پایه e بیان می شود:

$$a = 2.3 \ (a.u/cm)$$

واحد ضریب فوق cm^{-1} است. بطور کلی ضریب جذب UV با افزایش درجه تصفیه بهبود می یابد (کمتر می شود). در تصفیه فاضلاب ارقام زیر را بعنوان شاخص می توان در نظر گرفت.

مرحله = تصفیه اولیه- تصفیه ثانویه - پساب نیتراته شده - تصفیه مرحله سوم

$a(cm)^{-1}$ ۰/۵ تا ۰/۸ - ۰/۳ تا ۰/۵- ۰/۲۵ تا ۰/٤- ۰/۲ تا ۰/۳۵

ضریب جذب UV برخلاف رقم جامدات معلق که برطبق مقررات و فرآیند تصفیه دارای محدودیت است یک پارامتر بیانگر اهداف تصفیه محسوب نمی شود. این عدد یک پارامتر ابداع شده برای آب و فاضلاب و نوع تصفیه می باشد . لذا لازم است که برآوردی از این ضریب و میزان تغییرات آن خواه به روش مستقیم برای پساب تصفیه شده و یا فاضلابی مشابه که درجاتی از تصفیه را گذرانده باشد صورت گیرد.

ضرائب جذب UV مربوط به متوسط روزانه، ماکزیمم هفته‌ای و حداکثر متوسط ۳۰ روزه از نقطه نظر طراحی دارای اهمیت می‌باشند. عموماً سفارش می شودکه سنجش های مستقیم و منظم ضریب جذب علاوه بر دانسیته کلیفرمی اولیه و غلظت جامدات معلق صورت گیرد. این آزمایش ها که مستلزم تجهیزات اضافی ناچیز و سهولت کار هستند از لحاظ گندزدایی دارای اهمیت می باشند. ضریب جذب بعنوان پارامترکلیدی، جهت طراحی و پایش گندزدایی مطرح است و پیشنهاد شده است که از این ضریب برای ارتباط کیفیت پساب باکارایی سیستم استفاده شود.

اثر ذرات معلق بر جذب UV

توجه به این نکته حائز اهمیت است که روش سنجش مستقیم جذب نور براساس این فرض است که نور دیده نشده بوسیله دتکتور اسپکتر و فوتومتر تماماً بوسیله مایع جذب شده است ولی این فرض در مورد نمونه های حاوی ذرات معلق یا کلوئید همیشه ممکن است صادق نباشد، زیرا این ذرات می‌توانند بخشی از نور را منعکس فمایند. این نور منعکس شده چون از مسیر مستقیم آن نسبت به سل کوارتزی منحرف شده بوسیله دتکتور قابل سنجش نیست. لذا در روش مستقیم معمولاً اضافه برآوردی نسبت به جذب واقعی مایع وجود خواهد داشت.

کوالز و همکاران و شیبل و همکاران نشان داده‌اندکه ذرات محلق وکلوئیدها مقادیر مهمی از انرژی فورانی را جذب نکردد و در حقیقت آن را به مایع برمی گرداند. لذا این نکته که سنجش جذب بتواند اثر انعکاس را نیز در برگیرد و مقداری ارائه دهدکه نماینده واقعی جذب نور باشد دارای اهمیت می‌شود.

همانطور که ذکر شد روشهای مرسوم برای محاسبه شدت در یک راکتور عموماً براساس این فرض استوار هستندکه ضریب جذب UV نماینده جذب واقعی مایع می باشد. برای در نظر گرفتن اثر انعکاس نور و اصلاح ارقام جذب، شیبل و همکارانش یک وسیله فرعی به اسپکتروفومتومتر UV/visضمیمه نمود.

این وسیله که سنجش جذب را از لحاظ اثر انعکاس نور مورد تصحیح قرار می دهد در واقع کره ای است که سل کوارتزی را احاطه می کند. هر شعاع نوری منعکس شده روی سطح این کره جذب می شود و سطبه مزبور موجب یک کاسه کردن مقدار نور جمع شده و تصحیح جذب سنجش شده از طریق دتکتور از نوع پرتو مستقیم می شود. بنظر می رسد این جذب که در تحقیق مزبور بعنوان ضریب جذب کره ای خوانده شده نماینده واقعی تری از جذب حقیقی مایع بوده و جهت برآورد شدت در یک راکتور مناسبتر باشد.

درشرایطی که سنجش ضریب جذبUV با تصحیح فوق‌الذکر میسر نباشد می توان ضریب جذب را برای نمونه‌های صاف شده و به همان طریقه مستقیم تعیین نمود. در غالب موارد رقم بدست آمده تقریب خوبی از جذب واقعی خواهد بود و البته چنانچه از مامبران فیلتر جهت جد اسازی ذرات بزرگتر از یک میکرون استفاده شود نتایج بهتری بدست خواهد آمد. لازم است که فیلترها قبلاً شسته شده باشند چون ممکن است مواد جاذب UV اضافه نمایند.

تنظیف سیستم UV : نظافت لامپ های UV به دو طریقه فیزیکی و شیمیایی امکان پذیراست. روش‌های فیزیکی شامل: ۱- وسایل مکانیکی اتوماتیک ،۲- وسایل مافوق صوت ، ۳- آب پاش های با فشار زیاد و ٤- وسایل تنظیف با هوا. مواد شیمیایی مورد استفاده شامل اسید سولفوریک ، اسید هیدروکلریدریک و اسید فسفریک می باشند.

غالباً سیستم‌های UVشامل یک یا چند وسیله فیزیکی تنظیف هستندکه در موارد نیاز و هرچندگاه می‌توان از مواد شیمیایی برای تکمیل نظافت استفاده نمود.

در مورد تصفیه خانه‌های کوچک که انجام نظافت اتوماتیک معمولاً مقرون بصرفه نیست ، تنظیف هرچندگاه بطور دستی کفایت می کند.

ارزش UV برای گندزدایی آب آشامیدنی: ارزش UVدر گندزدایی پساب ثانویه مشخص شده است اما باید توجه داشت که مقررات مربوط به گندزدایی آب شرب متفاوت از فاضلاب است. در مورد فاضلاب، میکروب‌هایی که بعنوان اندیکاتور آلودگی به مدفوع معرفی شده اند به مقدار زیاد وجود دارند و سنجش آنها از طریق منحنی غیر فعال سازی UVبه آسانی امکان پذیر است. از همین منحنی نیز می‌توان برای انتخاب دوز طراحی سیستم گندزدایی جهت نیل به سطح مورد نظر از غیرفعال سازی میکروبی استفاده نمود. اما در مورد آب شرب غلظت میکروب های اندیکاتور غالباً کمتر از حدود قابل تشخیص در متدهای ارزیابی است

لذا در قوانینی نظیر قانون تصفیه آبهای سطحی بجای مدنظر قراردادن غلظت میکروب مورد نظر، دوزهای هدف معین می شود. نکته قابل ذکر این است که در گندزدایی با مواد شیمیایی دوز طراحی سیستم را حدغیرفعال سازی ژیاردیا معین می سازد. چون کیست‌های این ارگانیسم مقاوم تر از ویروس‌ها دربرابر مواد شیمیایی است. اما در مورد UV با مشخص شدن این قضیه که دوز لازم برای مقابله با کیست های ژیاردیا واوسیست‌های کریپتوسپدوریدیوم کمتر از مقادیر لازمه برای تعدادی از ویروس ها و اصولا بسیارکمتراز مقادیری است که دهه گذشته اعلام می شد (نگاه شود به جدول ۷-۲)، روتاویروس ما که مقاوم‌ترین محسوب شده اند بعنوان ارگانیسم هدف مناسب برای سیستم های گندزدایی آب شرب معرفی شده اند.

برای آب آشامیدنی UVهمچنین روش قابل توجیه از لحاظ اقتصادی است. امروزه بیش از ۱۰۰۰ تصفیه خانه آب در USA و بیش از ۲۰۰۰ در اروپا ازUV استفاده می کنند. هزینه تصفیه آب با دوز $mWsec/cm^2$ ۴۰ در واحدهای با ظرفیت ۱۷ GPM (۶۴ L/min) تا حدود ۶۸۰۰ مترمکعب در روز که در انتها ازکلر نیز برای تأمین باقی مانده استفاده شده هرگز بیشتر از تصفیه آب با ازن وکلر تنها نبوده است (USEPA , 1996). تحقیق در مورد نوع لامپ‌ها صرفاً در مورد تصفیه خانه های فاضلاب بوده است:

برای واحدهای کوچک لامپ های جیوه با فشارکم مقرون به صرفه تر است حال آنکه برای واحدهای با ظرفیت بیش از ۳۷۸۰۰ تا۵۶۸۰۰ مترمکعب در روز و همچنین برای گندزدایی فاضلابهای با کیفیت بد کاربرد لامپ‌های جیوه با فشار متوسط توجیه پذیرتر است. لامپ‌های اخیر همچنین برای گندزدایی CSOs (سرریز فاضلاب مشترک) مناسب می‌باشد. مشکل تبدیل نیترات به نیتریت که در مورد برخی لامپ های با طول موج پایین UV گزارش شده با انتخاب صحیح لامپ یا بکارگیری فیلترهای نوری مناسب قابل رفع می باشد.

باتوجه به مطالب فوق‌الذکر می‌توان ادعا نمود UVبرای گندزدایی مرحله اولیه آب آشامیدنی، فاضلابها، پساب‌های ثانویه و صنعتی روش مناسبی است، و به بیان دیگر می توان گفت نور فرابنفش برای گندزدایی آب و فاضلاب می درخشد. هرقدر حفاظت از منابع آب برای جوامع ضروری‌تر گردد ضرورت وضع مقررات شدیدتر برای تخلیه پساب‌ها آشکارتر شده و کاربردUV را توجیه پذیرتر خواهد نمود. گندزدایی آب‌های معدنی و آب‌های بطری شده با UV نیز یک فن‌آوری مقبول محسوب می شود.

جدول ۷-۱- ویژگیهای لامپهای فرابنفش کم فشار، فشار - متوسط و تابش ضربانی *

ویژگی	بافشارکم و مداوم	با فشار متوسط و مداوم	UV ضربانی
طول موج	مونوکروماتیک حدود ۹۰٪ ۲۵۴ nm	پلی کروماتیک ۱۸۵ تا <۱۴۰۰ nm	پلی کروماتیک ۱۸۵ تا <۸۰۰ nm
تابش	موج مداوم	موج مداوم	۳۰ پالس درثانیه
فشاربخار جیوه - (psi) torr	$۱۰^{-۲}$ تا $۱۰^{-۳}$ (۲×۱۰^{-۴} تا ۲×۱۰^{-۵})	$۱۰^{-۲} - ۱۰^{-۴}$ (۱۹۰ - ۲)	NA
دمای عمل - سانتی گراد	۴۰ -۶۰	۵۰۰ -۸۰۰	۱۵۰۰۰
طول قوس - (in.)cm	۴۰ تا کمتر از ۱۰۰ (۱۶ تا کمتر از ۳۰)	۵ -۴۰ (۲ -۱۶)	۱۵ (۶)
عمر لامپ - ساعت	۸۰۰۰ - ۱۰۰۰۰	۲۰۰۰ - ۵۰۰۰	کمتر از ۹۰۰۰
شدت نسبی نور	کم	متوسط	زیاد

* Linden & Mofidi, 1999; Lafrenz & Mass, 2998 (JAWWA - June 2001)

NA - غیرعملی

جدول ۷-۲-کاربردهای مختلف از پرتو فرابنفش

آب آشامیدنی	فاضلاب	صنعت
شهری	شهری	داروسازی
ناحیه‌ای	ناحیه ای	آبجوسازی
بخشهای فرعی	انستیتوها	نوشابه سازی
واحدهای مسکونی	مراکز مسکونی	کنسروسازی
سیار		لبنیات
اردوگاهها		موادغذایی
پاتوق‌های شکار		واحدهای عصاره گیری
پاتوق‌های اسکی		الکترونیک
انستیتوها	مراکز تجاری	کشتی رانی
بیمارستانها	پرورش ماهی	نفت
مدارس	پرورش گیاهان آبزی	نساجی
منازل پرستاران	آزمایشگاه‌ها	موادآرایشی
مراکز اجتماعی	آکواریم‌ها	رنگ سازی
مراکز مسکونی	رستوران‌ها	سیستم‌های خنک کننده

جدول ۷-۳- دوز لازم از UVR(254 nm) برای غیرفعال سازی میکروارگانیسم‌ها

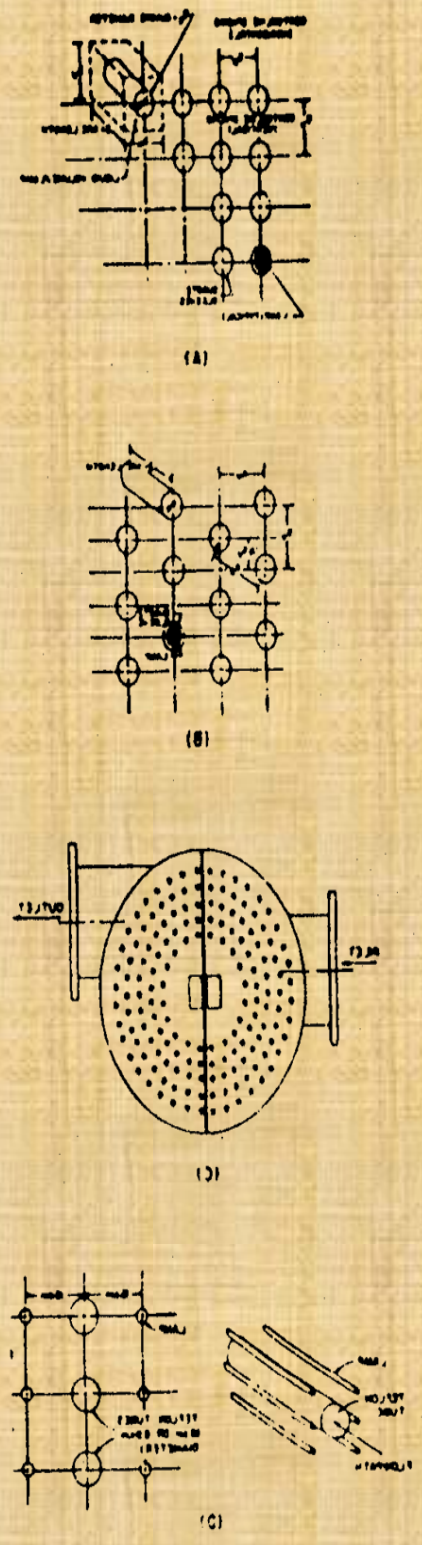
Pathogen	UV dose (mWs/cm^2) to inactivate pathogens by:			
	90%	99%	99.9%	99.99%
Cryptosporidium oocysts	N.A.	<10	<19	N.A.
Giardia muris cysts	N.A.	<5	N.A.	N.A.
Vibrio cholerae	0.8	1.4	2.2	2.9
Shigella dysenteriae	0.5	1.2	2.0	3.0
Escherichia coli O157:H7	1.5	2.8	4.1	5.6
Salmonella typhi	1.8-2.7	4.1-4.8	5.5-6.4	7.1-8.2
Shigella sonnei	3.2	4.9	6.5	8.2
Salmonella enteritidis	5	7	9	10
Hepatitis A virus	4.1-5.5	8.2-14	12-22	16-30
Poliovirus Type 1	4-6	8.7-14	14-23	21-30
Coxsackie B5 virus	6.9	14	22	30
Rotavirus SA11 & WA	7.1-16	15-36	23-26	36-50

N.A. - data not available.

UV inactivation of pathogens associated with outbreaks due to drinking and recreational waters.

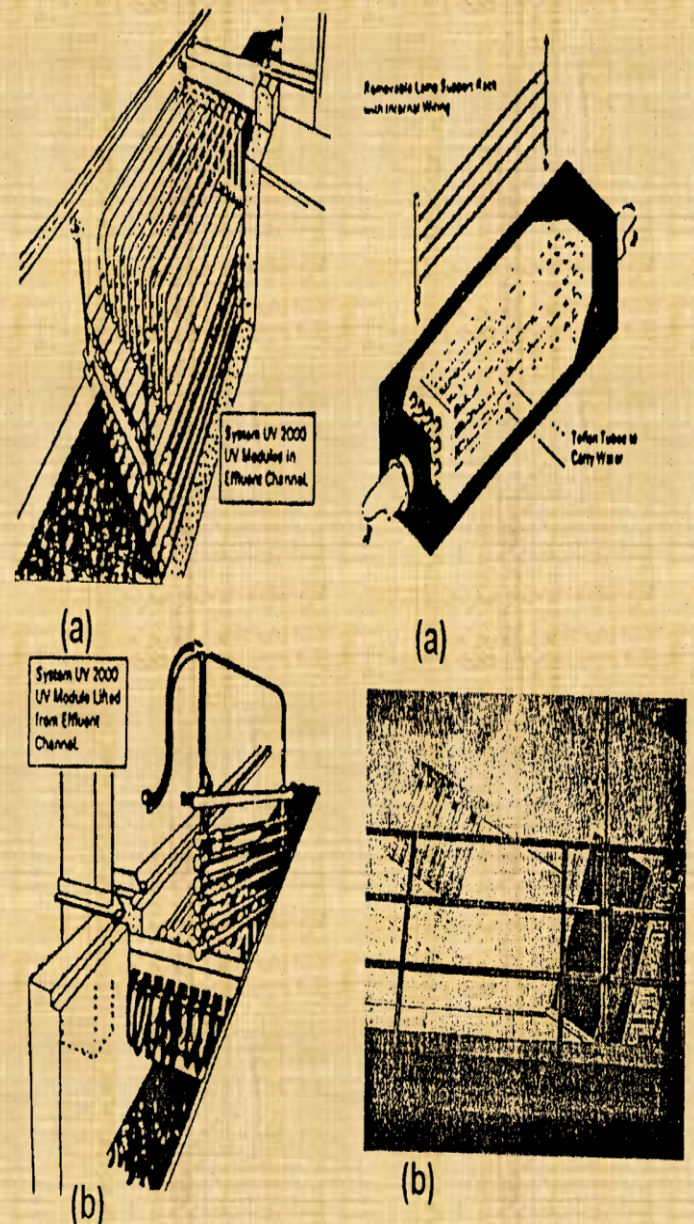
جدول ۷-۴- مهمترین مواد محلول و نامحلول هدر دهنده قدرت پرتو UV در گندزدایی آب و فاضلاب در مقایسه با روش کلرزنی

ویژگی فاضلاب	گندزدایی با UV	گندزدایی با کلر
آمونیاک	هیچ یاکم	واکنش داده و کلرآمین می سازد
BOD	هیچ یاکم. البته چنانچه BOD عمدتا از مواد هیومیکی و/یا مواد آلی غیراشباع تشکیل شده باشد عبور نور کاهش می یابد.	می تواند نیاز به کلر را افزایش دهد شدت افزایش بستگی به گروههای عامل و ساختار شیمیایی مواد آلی
سختی	برحلالیت فلزاتی که جاذب نور هستند اثر دارد. می تواند منجر به رسوب کربناتها روی لامپ شود	هیچ یاکم
مواد هیومیکی (گیاخاک)	شدیدا جاذب نور	کارایی را کاهش می دهد
آهن	شدیدا جاذب نور	هیچ یا کم
نیتریت	هیچ یا کم	بوسیله کلراکسید می شود
نیترات	هیچ یا کم	هیچ یا کم
pH	ازلحاظ تغییرات حلالیت فلزات و کربناتها می تواند اثرگذار شود	فرم کلرآزاد را تغییر می دهد
TSS	ایجاد حفاظ برای باکتریها و جذب نور	ایجاد حفاظ برای باکتریها



شکل ۷-۴- نمایش آرایش‌های مختلف از لامپ‌های UV

A= یونیفرم B= یونیفرم درهم C= هم مرکز D= لوله‌ای



شکل ۷-۵ - نمایشی از یک سیستم UV خارج از آب (a) و سیستم غوطه‌ور از نوع عمود بر جریان(b)

شکل ۷-۶- تعبیه سیستم غوطه ور UV در کانال روباز تخلیه پساب و خارج سازی برای انجام نظافت

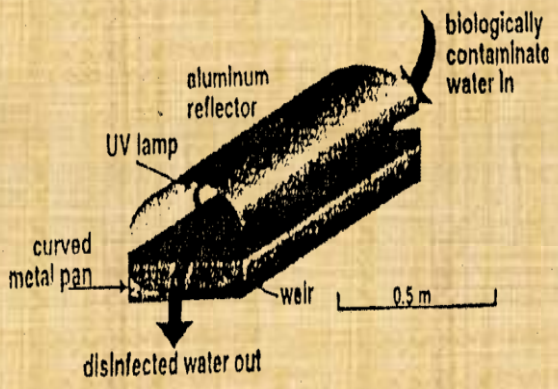
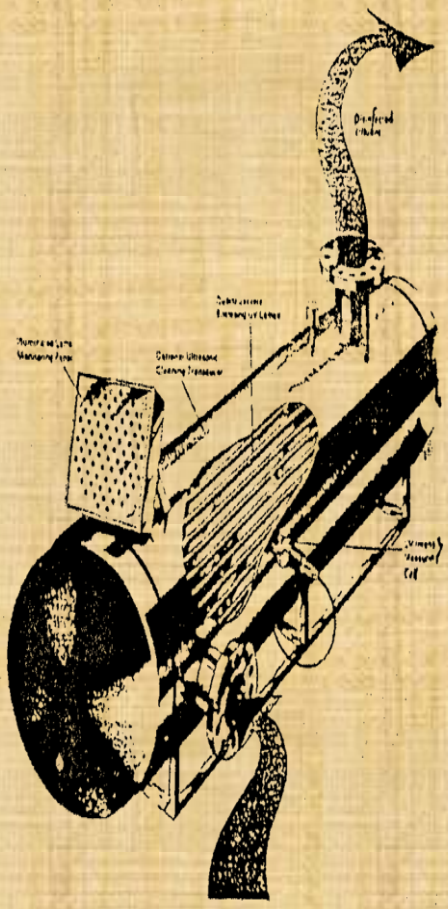
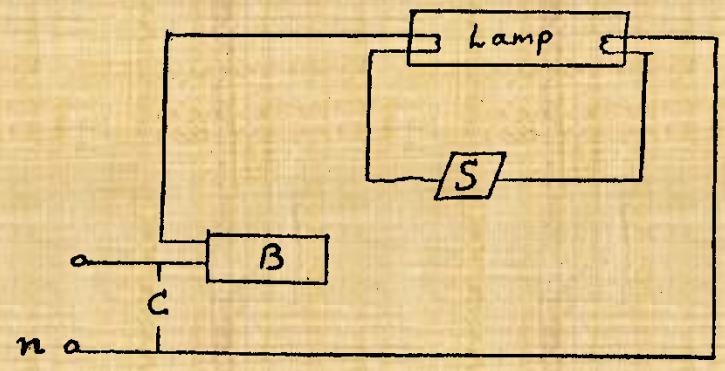


Figure Simplified Schematic of the Interior of the UV Waterworks
(The housing, which is not shown, is made of rugged molded plastic or metal)

شکل ۷-۷- واحد بدون تماس برای گندزدایی آب با UV

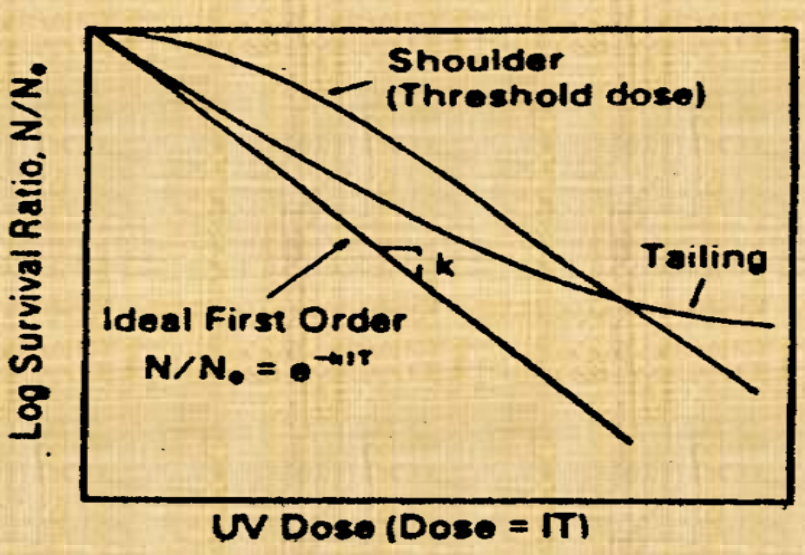


شکل ۷-۸- طرح راکتور بسته برای گندزدایی با UV

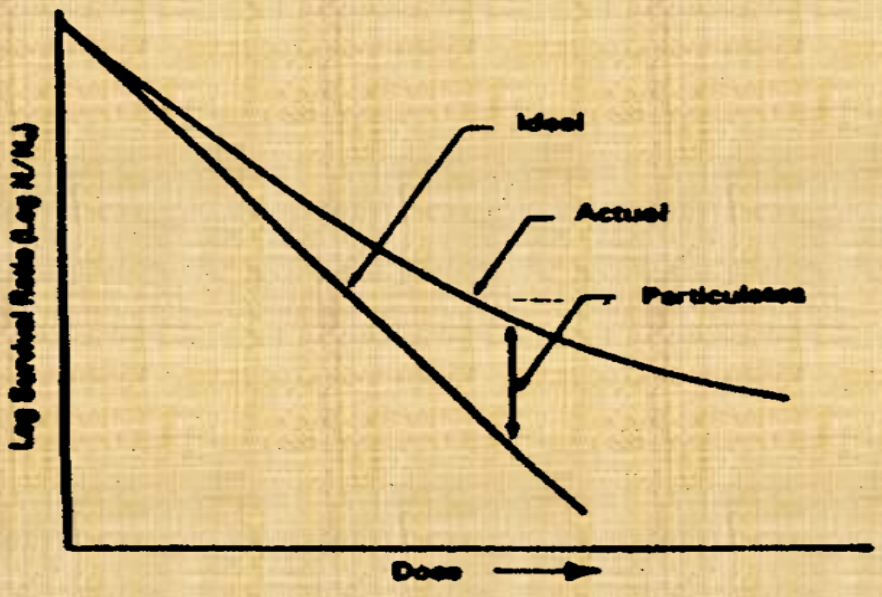


شکل ۷-۹- اجزاء تشکیل دهنده مدار لامپ UV

S = استارتر B = بالست C = خازن (اختیاری است)



شکل ۷-۱۰- رابطه نسبت بقا با دز پرتو UV



شکل ۷-۱۱- اثرات ذرات بر کارایی گندزدایی با UV

منبع :

مقررات گندزدایی آب و بهره‌برداری از گندزداها

(تألیف : دکتر فروغ واعظی – مهندس عبدالمطلب صیدمحمدی)

*به جای اینکه به تاریکی لعنت بفرستید ، برخیزید و شمعی روشن کنید. *

کنفسیوس