مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره سوم، شماره اول، بهار ۱۳۸۹، صفحات ۴۷ تا ۵۸

بررسی امکان گندزدایی پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شمال اصفهان توسط سیستم‌های گندزدای کم فشار و فشار متوسط فرابنفش در مقیاس پایلوت

حسن هاشمی[۱]، محمد مهدی امین[۲] ، بیژن بینا [۳]، حسین موحدیان عطار [۴]، حسین فرخ زاده [۵]

نویسنده مسئول: اصفهان، خیابان هزار جریب، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط *hlth.mui.amin @ ac.ir*

دریافت: ۸۸/۰۸/۲۹ پذیرش: ۸۸/۱۰/۰۷

چکیده

زمینه و هدف: *امروزه به دلیل مشکلات بهداشتی، زیست محیطی و اقتصادی کاربرد کلر، انتخاب اشعه UVجهت گندزدایی پساب یک گزینه برتر است. هدف از انجام این مطالعه بررسی امکان گندزدایی مستقیم پساب تصفیه ثانویه با اشعه UV می باشد.*

روش بررسی: *از دو سیستم گندزدایی فرابنفش کم فشار (LP) و فشار متوسط(MP) غوطه ور به طور مستقیم جهت گندزدایی پساب ثانویه تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان استفاده شد. با بهره برداری از لامپ ها به صورت منفرد و تلفیقی، پارامترهای کلیفرم کل و مدفوعی (TC و FC)، و استرپتوکوک مدفوعی (FS) مورد آزمایش قرار گرفت. هم چنین پارامترهای TSS، آهن، سختی، جذب و عبور اشعهUV جهت مطالعه رسوب‌گذاری سطح کوارتز لامپ ها آنالیز گردید.*

یافته ها: *در گندزدایی پساب ثانویه توسط لامپ LP، MP و تلفیق هر دو، به ترتیب ، تعداد TC و FC، در دزهای اشعه ۱۶۱، ۳۵۰ و ۴۶۰ mws/cm^2، حد استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست (۱۰۰ mL/ FC ۴۰۰ و TC ۱۰۰۰) و تعداد FS در دزهای ۲۵۰ mws/cm^2 ، ۱۸۰و mws/cm^2 ۲۳۷به کم تر از ۴۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر کاهش یافت. حداکثر رشد مجدد کلیفرم های کل و مدفوعی در پساب گندزدایی شده با لامپ LP به ترتیب ۱۵و ۳ درصد مشاهده شد.*

نتیجه گیری: *نتایج حاصل نشان داد که گندزدایی مستقیم پساب ثانویه با سیستم های MP، LP و حتی تلفیق آنها به دلیل غلظت بالای جامدات معلق مقدور نیست. بنابراین گندزدایی پساب تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان با اشعه UV مستلزم بهبود کیفیت پساب از طریق ارتقای بهره‌برداری سیستم یا به کارگیری واحد تصفیه پیشرفته قبل از سیستم گندزدایی است.*

واژگان کلیدی: سیستم کم فشار و فشار متوسط اشعه فرا بنفش، گندزدایی پساب، تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان

۱- کارشناس ارشد بهداشت محیط، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد
۲- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
۳- دکترای بهداشت محیط، استاد دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
۴- دکترای بهداشت محیط، دانشیار دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
۵- کارشناس ارشد بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

به دلیل رشد بی رویه جمعیت و کاهش منابع آب، بازیابی و اســتفاده از فاضلاب شــهری در سال های اخیر به خصوص در کشورهای خشک و نیمه خشک در حال افزایش است. باید توجه داشت که به دلیل مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی، اســتفاده مجدد از آب باید ایمن و مطمئن انجام شــود. اگرچه تصفیه متداول فاضلاب شــهری باعــث حذف ۹۹- ۹۵ درصد برخی میکروارگانیســم ها می شود ولی این سطح تصفیه برای استفاده مجدد پساب، عمدتا به دلیل وجود میکروارگانیسم‌های بیمــاری زا کافی نیســت(۱). هــدف اصلی گندزدایی پســاب خروجــی از تصفیه خانه های فاضلاب شــهری کاهش غلظت پاتــوژن های منتقلــه از راه آب به کم تر از مقــدار عفونت زا می باشــد. برای دســتیابی به این هدف، ماده گندزدا باید طیف وســیعی از باکتری ها، ویروس ها و تک یاخته ها را در پساب غیــر فعال کند. گندزدایــی با روش های فیزیکی و شــیمیایی انجــام می شــود. کلر به عنــوان گزینه برتر جهــت گندزدایی پســاب‌های خروجی استفاده می شــده و هنوز هم در بیش‌تر نقاط دنیا اســتفاده می‌شود اما نگرانی هایی در خصوص ایمنی و ســلامت کارگران و عموم و پتانســیل سمیت پساب کلرزنی شــده برای محیط آبی و تشــکیل محصولات جانبی گندزدایی وجود دارد که باعث شده تا استفاده از کلر در گندزدایی پساب ابهام برانگیز باشــد. با توجه به افزایش آگاهی ها در خصوص معایب گندزداهای شیمیایی، انتخاب اشعه UV یک گزینه برتر می‌باشد. در سال ۱۹۸۸ حدود ۳۰۰ تصفیه خانه و تا سال ۲۰۰۴ حدود ۴۳۰۰ تصفیه خانه فاضلاب در ایالات متحده یعنی بیش از ۲۰ درصد تصفیه خانه ها که عمدتا تازه تاسیس شده بودند، از سیستم UV برای گندزدایی پساب استفاده می کردند. تعداد تصفیه خانه های دارای سیســتم UV در امریکا، اروپا و شرق آســیا به طور معنی داری افزایش یافته و انتظار می رود که در دهه های آینده گســترش بیش تری داشته باشد. اگرچه استفاده از اشــعه UV بــرای گندزدایی پســاب مزایای بالقــوه زیادی دارد، از جملــه این که با دز مناســب، گنــدزدای موثری برای باکتری‌ها، پروتوزوآ و ویروس‌ها در پســاب بازیابی شده است و محصــولات جانبی مهمی هم تولید نمیکند. اما دارای معایبی هم در ارتباط با هزینه، رسوب گذاری لامپ ها و فعالیت مجدد نوری میکروارگانیسم های هدف می باشد. بنابراین متخصصان تصفیه فاضلاب باید در خصوص جایگزینی فرایندهای جدید به طور آگاهانه عمل نموده و قبل از تغییر در فرایندهای تصفیه باید ارزیابی هایی در مقیاس پایلوت به عمل آورند (۲). موانعی در به کارگیری لامپ UV وجود دارد. از جمله وجود کدورت، مواد معلق، رنــگ، مواد کلوییدی و مواد آلی محلول به عنوان پناه گاه باکتری ها، تفرق و جذب اشــعه، باعث کاهش شــدت اشــعهUV در اثر ایجاد جرم و رســوب بر روی دیواره لامپ و کاهش عمر لامپ می شــوند. ذرات موجود در پساب، تاثیر منفی زیادی بر عملکــرد گندزدایی با UV دارد (۳). مطالعات قبلی نشــان داده که ذرات معلق در فاضلاب از طریق حفاظت میکروارگانیســم ها باعث افزایش شــانس بقای میکرب ها در طی گندزدایی بااشعه UV می شود. مطالعات زیادی در دنیا بر روی تصفیه و گندزدایی پساب جهت استفاده مجدد انجام شده است. طبق نتایج حاصل از مطالعات پایلوت لیبرتی و همکاران در ســال ۲۰۰۲ در ایتالیا برروی حذف پارازیت‌ها وتشــکیل مــواد جانبی در طی گندزدایی با اشــعهUV، جهت رســیدن به اســتاندارد کلیفرم کل در پساب حاصل از ته نشینی ثانویه و پساب فیلتر شده(۲/ml۱۰۰FC) مشخص شد که به ترتیب $۱۶۰mWs/cm^۲$ و ۱۰۰ از اشــعه UV لازم اســت (۴). محدودیت های کلی در خصوص دز اشعه وجود ندارد ولی اغلب محدوده دز $۴۰۰ mj/cm^۲$ تا ۱۰۰ متداول اســت (۵). در این مطالعه تاثیر لامپ‌های کم فشار و فشار متوسط UV جهت گندزدایی پساب تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان در مقیاس پایلوت مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش ها

برای بررســی تاثیر پارامترهای کیفی پساب بر عملکردUV، دو نوع سیستم گندزدایی کم فشار و فشار متوسط UV در محل

Archive of SID
www.SID.ir

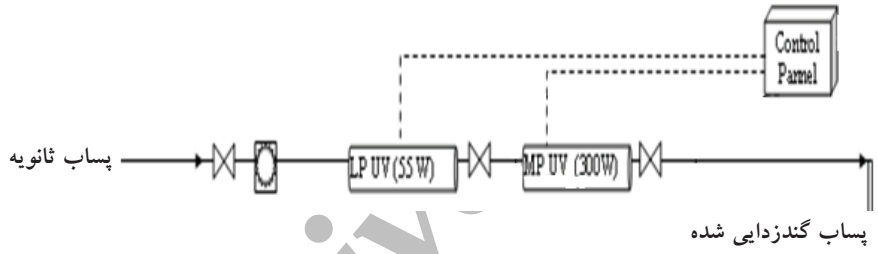
تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان نصب شد. این تصفیه خانه با متوسط دبی ورودی(s/m^3) به عنوان بزرگ ترین تصفیه‌خانه فاضلاب ایران به شمار می رود. فرایند تصفیه فاضلاب در این تصفیه خانه روش لجن فعال بوده و در گذشته از کلر برای گندزدایی پساب خروجی استفاده می شده است که با توجه به اثرات نامناسب بهداشتی و زیست محیطی، در حال حاضر فرایند گندزدایی انجام نمی شود. سیستم‌های UV به صورت مدول لول‌های و از نوع کم فشار (۵۵ W، منوکروماتیک) و فشار متوسط (۳۰۰ W، پلی کروماتیک) بود. شماتیک پایلوت مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. هم چنین، مشخصات فنی هر دو نوع سیستم طبق داده های شرکت سازنده در جداول ۱و۲ آمده است.

دبی های ۲ تا ۲۶ لیتر در دقیقه از پساب ثانویه خروجی از تصفیه خانه فاضلاب مستقیما توسط لامپ های کم‌فشار و فشار متوسط UV مورد پرتودهی قرار گرفت. دز پرتودهی با تنظیم دبی ورودی به راکتور گندزدایی تنظیم می شد. زمان ماند هیدرولیکی به عنوان زمان پرتودهی در نظر گرفته می شد. بنابراین دز پرتودهی از حاصل ضرب شدت متوسط اشعه در زمان پرتودهی بر حسب $mW.s/cm^2$ محاسبه گردید.

$$D = I_{avg}\, t \qquad (1)$$

شدت متوسط اشعه تابع شدت اولیه اشعه تابشی از لامپ، عمق نمونه مورد پرتودهی و میزان جذب اشعه توسط مایع

شکل ۱: طرح شماتیک پایلوت UV مورد استفاده در این مطالعه



جدول ۱: مشخصات فنی سیستم فشار متوسط مورد استفاده

مدل	شرکت سازنده	کل طول لامپ mm	طول موثر لامپ mm	قطر لامپ mm	طول پوشش کوارتز cm	عمر مفید لامپ hr	جنس راکتور
UVOX300	آردا فرانسه	۱۰۱	۵۶	۱۰	۱۸	۱۰۰۰۰	استیل با درپوش تفلون

جدول۲: مشخصات فنی سیستم کم فشار مورد استفاده

مدل	شرکت سازنده	ابعاد mm	ولتاژ v	دمای قابل تحمل ^oC	طول عمر مفیدلامپ hr	حداکثر جذب اشعه توسط پوشش کوارتز(٪)
UV2M55W	فیلیپس هلند	۹۲۰×۷۶	۲۲۰-۲۴۰	۵-۴۰	۵۰۰۰	۱۷

Archive of SID
www.SID.ir

بوده، و طبق معادله۲ محاسبه شد(۷).

$$I_{avg}(mw/cm^2) = I_0\left(\frac{1-10^{-\alpha d}}{\alpha d}\right) \qquad (۲)$$

در این مطالعه شدت اولیه اشعه با قرار دادن پروبC رادیومتر در سطح کاملا تمیزکوارتز پس از حدود ۵ دقیقه اندازه گیری می شد. مقادیر اندازه گیری شده در اوایل دوره بهره برداری سیستم متغیر و کم بود که با گذشت زمان به حد ثابت mW/cm^2 ۸ و ۲ به ترتیب در لامپ کم‌فشار و فشار متوسط رسید هر چند که به دلیل خاموش و روشن کردن لامپ کم فشار در هر بار نمونه برداری جهت بهره برداری آن به طور سری با لامپ فشار متوسط شدت خروجی آن به حدود mW/cm^2 ۷ کاهش یافت. فاصله بین سطح خارجی کوارتز تا سطح داخلی محفظه استیل راکتور(۲ cm در راکتور کم فشار و ۵ cm در راکتور فشار متوسط) به عنوان عمق پرتودهی(d) در نظر گرفته می شد. میزان جذب اشعه توسط پساب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر(DR-۵۰۰۰)، در طول موج ۲۵۴ nm بر حسب au/cm خوانش می شد. تحت شرایط مختلف (کیفیت پساب و دز UV) نمونه‌های میکربی(کلیفرم کل، مدفوعی و استرپتوکوک مدفوعی) و پارامترهای شیمیایی(TSS، عبورUV،pH، آهن و سختی) طی ۵ ماه (دی ماه ۸۷ تا اردیبهشت ماه ۸۸) با برداشت لحظه‌ای تعداد ۱۷ نمونه (با توجه به رابطه $(n=(S_2+S_1)^2(Z_2+Z_1)^2/d^2$) از پساب ورودی به پایلوت و قبل و بعد از راکتورهای UV به طور هفتگی، در داخل بطری ۲۵۰ mL تهیه و مورد آزمایش قرار می‌گرفتند. تمام آزمایش‌ها مطابق کتاب روش های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب (استاندارد متد ـ۲۰۰۵) انجام شده است. آزمایش های pH، TSS، آهن و سختی به ترتیب با روش های گراویمتری، الکترودی، فنانترولین و تیتراسیون انجام می شد. آزمایش های میکربی به روش MPN در رقت های مختلف بسته به نوع پساب، نوع میکروارگانیسم و دز دریافتی از ۱۰ تا 10^{-7} انجام می‌شد (۷). از معادله درجه اول چیک ـ واتسون (معادله ۳) برای محاسبه لگاریتم غیر فعال سازی باکتری های پراکنده استفاده شد.

$$Nt/N_0 = e^{-kD} \qquad (۳)$$

به منظور ارزیابی نابودی کامل باکتری های هدف پس از پرتودهی و قابلیت رشد مجدد آنها در حضور نور، حجم باقی‌مانده از نمونه پس از کشت اولیه به مدت ۳ ساعت در معرض نور خورشید با شدت ۶۰۰۰ لوکس قرداده شد و پس از کشت، مجددا تعداد باکتری ها محاسبه شد. از معادله (۴) برای محاسبه درصد فعالیت مجدد باکتری ها استفاده شد(۸).

$$P(\%) = \frac{(N_p - N_t)}{(N_0 - N_t)} \cdot 100 \qquad (۴)$$

داده های حاصل از آزمایش ها با استفاده از نرم افزارهای Excel و SPSS (آزمون های Paired t. Test و independent- t test) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها

در این بخش، یافته های حاصل از تحقیق از نظر غیر فعال‌سازی و رشد مجدد باکتری های هدف و پتانسیل تشکیل رسوب بر سطح کوارتز لامپ هایUV با توجه به کیفیت پساب ثانویه، در قالب جداول و شکل ها آمده است.

جدول ۳ مقادیر متوسط پارامترهای کیفی پساب ثانویه ورودی به پایلوت در زمان های مختلف نمونه برداری را نشان می‌دهد.

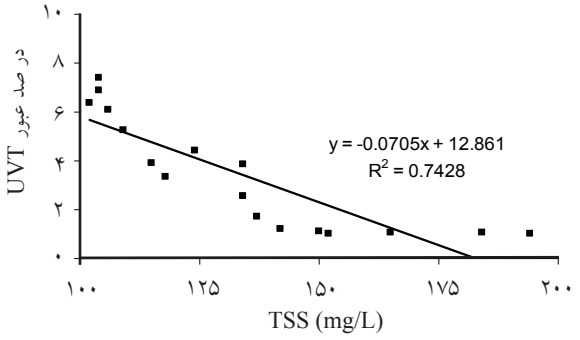
همان طور که در جدول ۳ مشخص است، بر اساس قوانین و مقررات سازمان حفاظت محیط زیست، کیفیت پساب در حد استانداردهای لازم جهت تخلیه به محیط نیست. رابطه درصد

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳: مقادیر متوسط پارامترهای کیفی پساب ثانویه ورودی به پایلوت

درصد عبور (%)	جذب (a.u/cm)	pH	TSS (mg/L)	TC MPN/100mL	FC MPN/100mL	FS MPN/100mL
۱	۱/۹۹۱	۷/۱	۱۹۴	$۵/۳\times۱۰^{۶}$	$۲/۱\times۱۰^{۶}$	۲×۱۰^{۵}
۱/۱	۱/۹۵۸	۶/۹	۱۵۰	$۱/۷\times۱۰^{۷}$	$۵/۳\times۱۰^{۶}$	$۳/۸\times۱۰^{۵}$
۴/۴	۱/۳۵۵	۷/۲	۱۲۴	$۱/۶\times۱۰^{۶}$	$۶/۷\times۱۰^{۵}$	$۱/۱\times۱۰^{۴}$
۱/۲	۱/۹۱۵	۶/۸	۱۴۲	$۱/۳\times۱۰^{۷}$	$۷/۲\times۱۰^{۶}$	۴×۱۰^{۵}
۱/۱	۱/۹۶۶	۶/۵	۱۸۴	$۶/۸\times۱۰^{۵}$	۶×۱۰^{۴}	$۳/۳\times۱۰^{۴}$
۳/۳	۱/۴۷۶	۷/۴	۱۱۸	$۴/۲\times۱۰^{۵}$	$۶/۳\times۱۰^{۴}$	$۵/۶\times۱۰^{۵}$
۳/۹	۱/۴۱۳	۷/۱	۱۳۴	$۶/۹\times۱۰^{۷}$	$۸/۶\times۱۰^{۶}$	$۸/۹\times۱۰^{۵}$
۱/۷	۱/۷۶۰	۶/۹	۱۳۷	$۸/۹\times۱۰^{۷}$	$۵/۵\times۱۰^{۶}$	$۱/۳\times۱۰^{۴}$
۲/۶	۱/۵۹۰	۷/۴	۱۳۴	$۹/۶\times۱۰^{۶}$	$۳/۳\times۱۰^{۵}$	$۴/۵\times۱۰^{۴}$
۶/۹	۱/۱۶۱	۶/۴	۱۰۴	$۱/۶\times۱۰^{۶}$	$۵/۵\times۱۰^{۵}$	$۲/۲\times۱۰^{۴}$
۱/۱	۱/۹۶۹	۶/۵	۱۶۵	$۲/۱\times۱۰^{۵}$	$۱/۸\times۱۰^{۵}$	$۱/۷\times۱۰^{۴}$
۷/۴	۱/۱۳۱	۷/۲	۱۰۴	$۵/۶\times۱۰^{۵}$	$۱/۷\times۱۰^{۵}$	۶×۱۰^{۴}
۱	۱/۹۹۱	۷/۵	۱۵۲	$۷/۲\times۱۰^{۶}$	$۳/۵\times۱۰^{۵}$	۴×۱۰^{۴}
۵/۲	۱/۲۸۱	۷/۱	۱۰۹	$۲/۳\times۱۰^{۶}$	$۷/۴\times۱۰^{۵}$	$۳/۸\times۱۰^{۴}$
۳/۹	۱/۴۰۷	۶/۹	۱۱۵	$۴/۲\times۱۰^{۵}$	$۵/۲\times۱۰^{۴}$	$۵/۷\times۱۰^{۴}$
۶/۱	۱/۲۱۵	۷/۲	۱۰۶	$۲/۱\times۱۰^{۶}$	$۶/۱\times۱۰^{۵}$	۴×۱۰^{۴}
۶/۴	۱/۱۹۷	۷/۲	۱۰۲	$۱/۴\times۱۰^{۶}$	$۲/۷\times۱۰^{۵}$	۴×۱۰^{۴}

عبور اشعه UV از پساب در ۲۵۴ nm با غلظت TSS پساب در شکل ۲ نشان داده شده است.

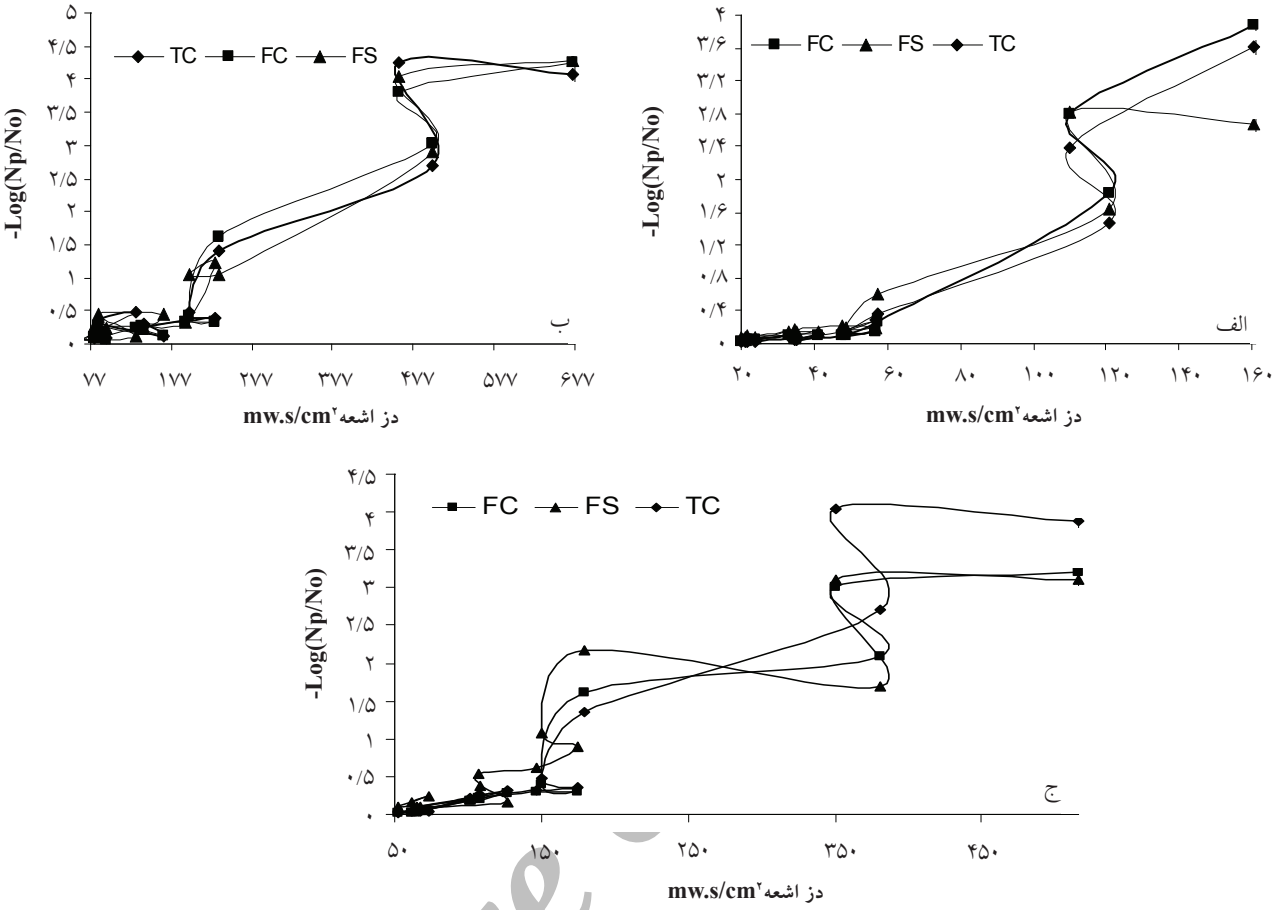


شکل۲: درصد عبور اشعه UV در مقابل محتوای TSS پساب ثانویه

غیرفعال سازی و رشد مجدد باکتری های هدف در گندزدایی پساب ثانویه

در شکل۴ لگاریتم غیر فعال سازی باکتری های هدف پس از پرتودهی با لامپ های UV و سپس مواجهه با نور مریی در مقابل دز های مختلف اشعه تابشی رسم شده است. Np تعداد باکتری های رشد مجدد یافته در حضور نور مریی پس از گندزدایی و N_0 تعداد اولیه باکتری ها قبل از گندزدایی است. فعالیت مجدد باکتری های پرتودهی شده با اشعهUV پس از۳ساعت مواجهه با نور خورشید (نور مریی) با شدت ۶۰۰۰ لوکس درشکل۴ نشان داده شده است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳: لگاریتم غیرفعال سازی باکتری های هدف در گندزدایی پساب ثانویه توسط: الف: لامپ کم فشار، ب: لامپ فشار متوسط و ج: تلفیق لامپ‌های کم فشار و فشار متوسط

به طور متوسط در ۲ درصد از کلیفرم‌های کل و مدفوعی پس از گندزدایی رشد مجدد مشاهده شده است.

کارایی سیستم UV در گندزدایی پساب ثانویه در حالت مجزا و تلفیق هر دو نوع لامپ در شکل۵ نشان داده شده است.

براساس مطالعات پایلوت، شرایط مناسب گندزدایی پساب ثانویه با لامپ های کم فشار، فشار متوسط و تلفیق هر دو لامپ در دبی ورودی به راکتور L/min ۲ و کلیفرم کل، مدفوعی و استرپتوکوک ورودی به ترتیب در $۱۰^{۶} \times ۵/۳$، $۱۰^{۶} \times ۲/۱$ و$۱۰^{۵} \times ۲/۱$در جدول ۴ آمده است.

در این مطالعه pH تاثیری بر عملکرد گندزدایی سیستم UV نداشت.

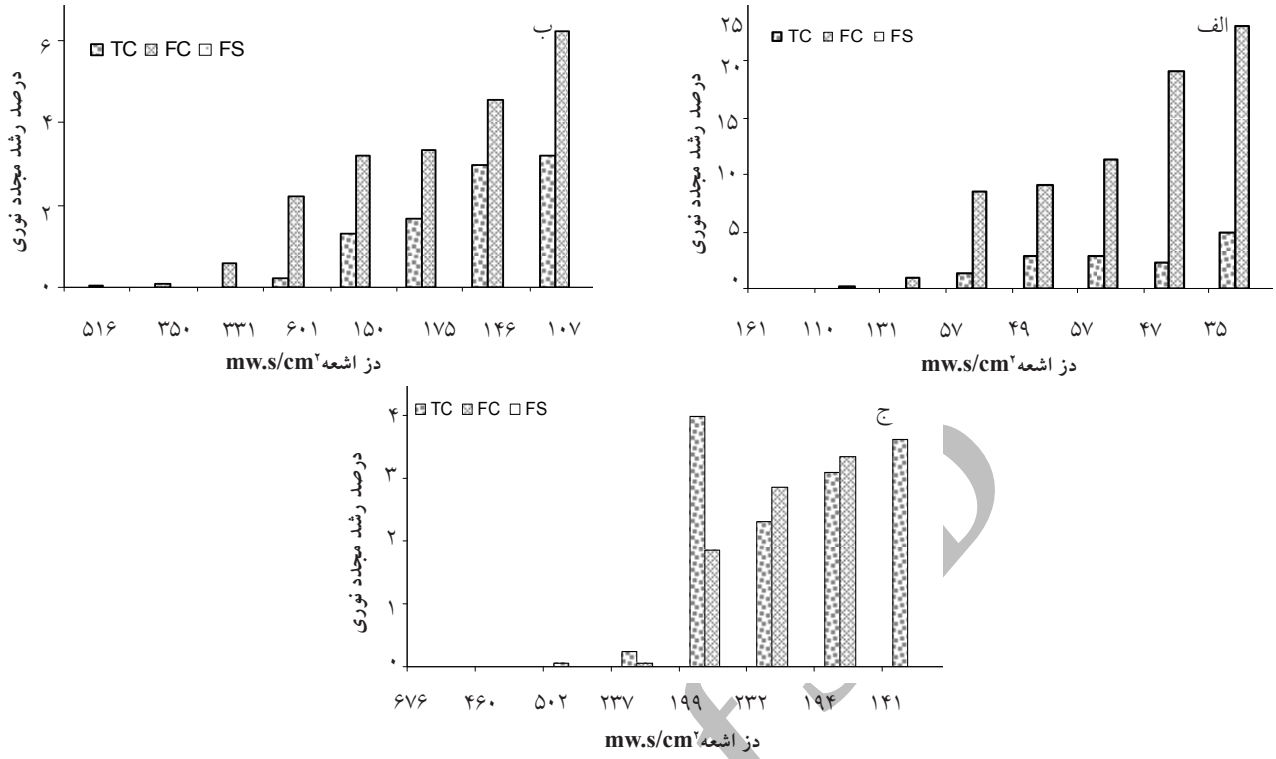
بررسی میزان رسوب گذاری بر سطح کوارتز

همان طور که در شکل۶ نشان داده شده، کیفیت نامطلوب پساب منجر به رسوب گذاری در پوشش کوارتز شده است.

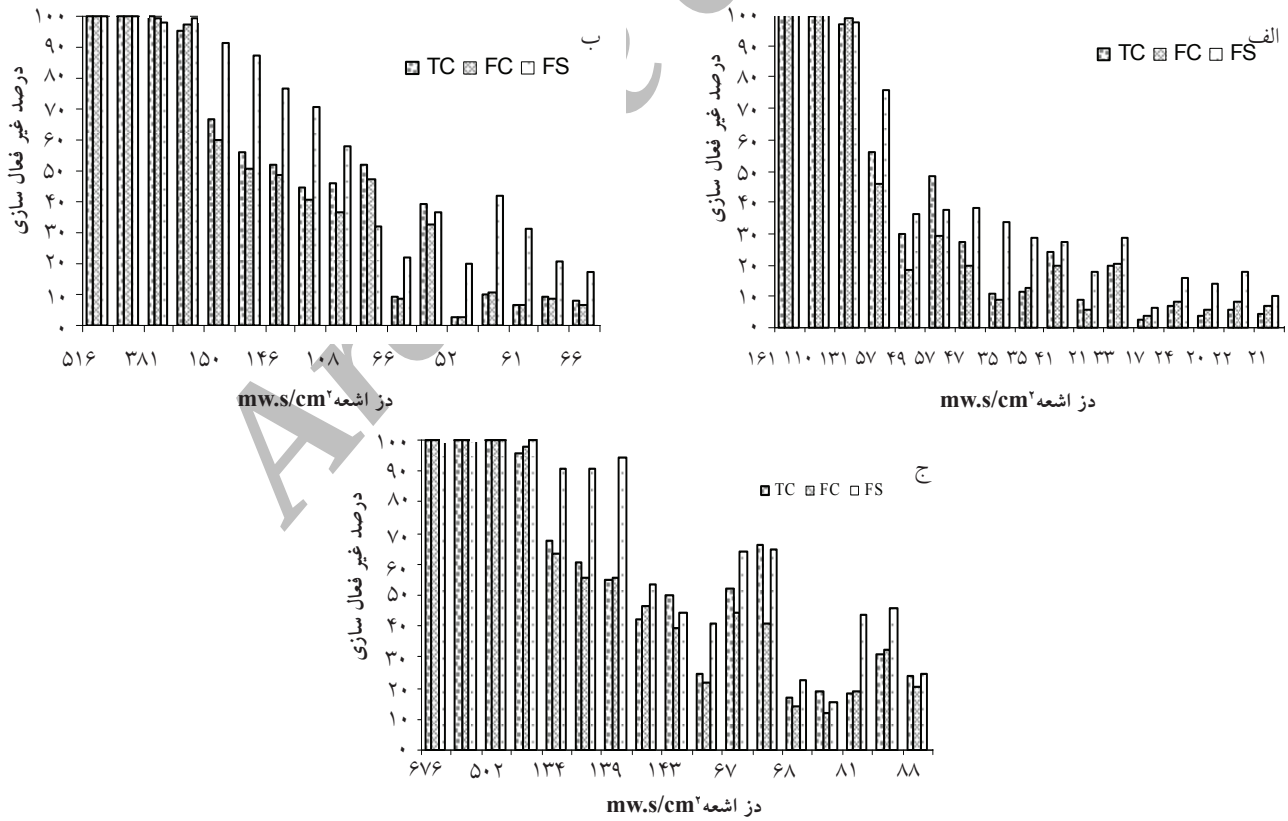
بحث

ضرایب هم بستگی بین دو پارامتر جامدات معلق کل(TSS) و درصد عبور اشعهUV حاکی ازآن است که در پساب ثانویه با افزایش غلظت جامدات معلق، درصد عبور اشعه به طور معنی‌داری کاهش یافته است(P-value<۰/۰۵). علامت منفی نشانگر رابطه معکوس بین غلظت جامدات معلق پساب و درصد عبور اشعه است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۴: فعالیت مجدد باکتری های هدف پس از گندزدایی پساب ثانویه توسط: الف: لامپ کم فشار، ب: لامپ فشار متوسط و ج: تلفیق لامپ های کم فشار و فشار متوسط

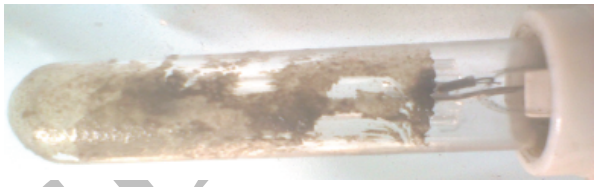


شکل۵: کارایی الف: لامپ کم فشار، ب: لامپ فشار متوسط و ج: تلفیق لامپ های کم فشار و فشار متوسط در غیر فعال سازی باکتری های هدف

www.SID.ir

جدول ۴: شرایط مناسب گندزدایی پساب ثانویه با لامپ های فرابنفش

نوع لامپ	شدت متوسط $m.W/cm^2$	زمان s	دز اشعه $mW.s/cm^2$	UVT %	TC (out) MPN/ 100mL	FC(out) MPN/ 100mL	FS(out) MPN/ 100mL
LP	۲	۸۴	۱۶۱	۱	۱۰۰۰	۲۸۰	۲۲۰
MP	۸	۶۳	۵۱۶	۱	۷۱۰	۳۴۰	۱۶۰
LP+MP	۱۰	۱۴۷	۶۷۷	۱	۱۲۰	۱۰۰	۵۰



شکل۶ : نمایی از رسوب تشکیل شده بر سطح کوارتز لامپ‌های فشار متوسط و کم فشارUV

عبور اشعه در طول موج ۲۵۴ nm از پساب ثانویه۵/۳ درصد بوده است. با توجه به این که جامدات معلق مهم ترین عامل جذب اشعه و پناه گاه مناسب میکروارگانیسم ها در برابر اشعه است، با افزایش غلظت TSS، میزان جذب اشعه UV نیز افزایش یافته و در نتیجه باعث کاهش انتقال اشعه به میکروارگانیسم ها شده است. در مطالعه حاضر کلیفرم کل، مدفوعی و استرپتوکوک مدفوعی در گندزدایی پساب ثانویه با لامپ کم فشار در حداکثر دز اشعهmWs/cm^2 ۱۶۱به ترتیب از $۲/۱\times۱۰^۶$،$۵/۳\times۱۰^۶$و ۲×۱۰^۵ به $۲/۲\times۱۰^۲$،$۱/۵\times۱۰^۲$، $۴/۲\times۱۰^۲$ کاهش یافته که پس از ۳ ساعت مواجهه با نور خورشید در آزمایشگاه (۶۰۰۰ Lux) و کشت مجدد نمونه ها، تعداد کلیفرم های کل و مدفوعی به ۱×۱۰^۳، $۲/۸\times۱۰^۲$رسیده و در استرپتوکوک رشد مجددی مشاهده نشده است. این تعداد در حد استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت تخلیه پساب است(۱۰۰۰TC /۱۰۰ mL و ۴۰۰FC /۱۰۰ mL). استرپتوکوک حتی در دزهای ۱۱۰ و mws/cm^2 ۱۲۰هم تا حد زیادی غیر فعال شده است به طور متوسط در ۱۵درصد از کلیفرم های کل و۳ درصد از کلیفرم های مدفوعی پس از گندزدایی با لامپ کم فشار رشد مجدد مشاهده شد در حالی که در مطالعه آندریاداکیس، دز UV لازم برای گندزدایی پساب خروجی ثانویه، جهت رسیدن کلیفرم ها به کم‌تر از ۲۰۰۰FC /۱۰۰ mL حدودmWs/cm^2 ۶۰-۳۰ بود(۹) و در مطالعه عبدالناصر حسن، دز mws/cm^2 ۱۰۸ باعث کاهش۳ لگاریتم (log ۳) از کلیفرم های کل و مدفوعی در پساب ثانویه شد که دزهای بالاتر از این مقدار به خاطر بار زیاد کلیفرم ها، افزایش قابل ملاحظه ای در میزان غیرفعال سازی نداشت (۱۰).

دلیل عمده کاهش غیر فعال سازی باکتری ها در گندزدایی پساب ثانویه بدون استفاده از سیستم پیش تصفیه، وجود غلظت بالای ذرات و عمدتا با اندازه بزرگ و فلوک های خارج شده از حوض ته نشینی ثانویه می‌باشد. این ذرات قادر به پراکنش اشعهUV هستند یا از باکتری ها در برابر پرتو محافظت می کنند. از آن جا که کیفیت پساب برای عبور اشعه مناسب نبوده (۵٪ =UVT) این میزان غیرفعال سازی در نتیجه زمان تماس نه نسبت بالا (۸۰-۴۰ ثانیه) بوده است. به دلیل اندازه بزرگ ذرات، نفوذ ناقص اشعه و در نتیجه دز ناکافی اشعه دریافتی، رشد مجدد بخش قابل توجهی از کلیفرم ها پس از گندزدایی مشاهده شده است. درگندزدایی پساب ثانویه با لامپ فشار

Archive of SID
www.SID.ir

متوسط در دبی L/min ۲ با حداکثر دز mws/cm^2 ۵۱۶، تعداد باکتری های مذکور به ترتیب به $۱۰^۲/۵\times۱۰^۲$، $۶،۱۰^۲/۷\times۲$ و $۱۰^۲\times۱/۶$ کاهش یافته که پس از فعالیت مجدد، تعداد کلیفرم‌های کل و مدفوعی به mL /۱۰۰ MPN $۱۰^۲\times۷/۱$ و $۱۰^۲\times۳/۴$ رسیده است. کارایی لامپ فشار متوسط در گندزدایی پساب ثانویه در دز mws/cm^2 ۵۱۶ حدود۹۹/۹۹ درصد بوده است. در گندزدایی متوالی با هر دو نوع لامپ (کم فشار و فشار متوسط) با دز تجمعی mws/cm^2 ۶۷۶/۵، تعداد باکتری ها به $۱۰^۲\times$ ۴،۱۰۰/۵و۵۰ عدد کاهش یافته که پس از فعالیت مجدد فقط تعداد کلیفرم های کل به $۱۰^۲\times۱/۲$ رسید. به عبارتی در۲ درصد از کلیفرم ها رشد مجدد حاصل شد. کارایی گندزدایی تلفیقی با لامپ های کم فشار و فشار متوسط حدود۹۹/۹۹ درصد بوده است. در دبی های بالاتر(تا L/min ۲۶) به خاطر کاهش دز اشعه (mws/cm^2 ۲۶) در نتیجه زمان تماس کم، پرتودهی تاثیر چندانی نداشته و کارایی غیرفعال سازی باکتری‌ها۲۰ درصد بوده است. این در حالی است که بر اساس بررسی‌های زیمر، دزهای mj/cm^2 ۳۰-۲۰ باعث رشد مجدد میکروارگانیسم‌ها پس از گندزدایی با اشعهUV شد ولی دزهای بالاتر از mj/cm^2 ۸۰ با غیر فعال سازی۸۰ درصد از میکروارگانیسم ها، رشد مجددی مشاهده نشد (۱۱).

علت این اثر کم این است که ذرات داخل پساب اشعهUV را ۱۰۰۰۰ برابر بیش‌تر از مایع جذب می کنند و چنانچه باکتری‌ها در پساب به صورت آزاد باشند در تماس با دز کافی اشعه غیرفعال می شوند. درصورتی که باکتری ها توسط ذرات محافظت شوند هر چند هم که دز اشعه افزایش داده شود، غیر فعال سازی چشم گیری در باکتری ها ایجاد نشده و فقط هزینه پرتودهی افزایش خواهد یافت و یا آسیب وارده به میکروارگانیسم موثر نبوده و مجددا میکروارگانیسم ها پس از مواجهه با نور مریی قابلیت رشد خواهند داشت. همان طور که مطالعات لوکاس نیز نشان داده بود، رشد مجدد استرپتوکوک ها پس از مواجهه با ۵۶۰۰ لوکس نور مریی مشاهده نشد (۱۲). رشد مجدد کلیفرم‌ها بسته به دز پرتوتابی در مطالعه میتینگ و بولتون۲۰ درصد در دز mJ/m^2 ۵ و کمتر از یک درصد در دز mJ/m^2 ۴۰ گزارش شد. در این مطالعه با اعمال دز بیش‌تر، رشد مجدد کم‌تری مشاهده شد. به طوری که حداکثر رشد مجدد کلیفرم های کل و مدفوعی در پساب گندزدایی شده با لامپ LP بوده که به ترتیب ۱۵و ۳ درصد در دز mJ/m^2 ۵۱ مشاهده شد. بر اساس آزمون آماری Paired t. Test به طور کلی تفاوت معنی داری در تعداد باکتری ها قبل و بعد از پرتودهی پساب ثانویه با اشعهUV مشاهده نشد ($P> ۰/۰۵$). بر اساس آزمون آماری independent_ t test، به دلیل درصد عبور کم اشعه از پساب، تفاوت معنی داری بین میانگین کارایی سیستم های کم فشار و فشار متوسط در غیرفعال سازی باکتری های هدف مشاهده نشد ($P> ۰/۰۵$).

رسوب گذاری بر سطح کوارتز بسته به کیفیت پساب ثانویه مورد پرتودهی، به ویژه از نظر محتوای TSS متفاوت بود به طوری که پس از یک هفته حداکثر تشکیل رسوب در غلظت TSS=mg/L۱۹۴ بوده است. غلظت های متوسط سختی کل و آهن در پساب ثانویه به ترتیب $mg/L\ as\ CaCo_3$ ۲۸۹ و mg/L ۰/۷۲اندازه گیری شد که با تشکیل رسوب سخت بر سطح کوارتز، بر عبور اشعه تاثیر منفی داشت. اساس استاندارد آهن در گندزدایی با اشعه UV، mg/L ۲ توصیه شده که در این مطالعه، کم‌تر از حد استاندارد اندازه گیری شد (۲). در هر بار اندازه گیری شدت اشعه اولیه خروجی از لامپ، پوشش کوارتز با فشار آب و محلول اسید سیتریک و اسید فسفریک شست وشو داده می شد.

نتیجه گیری

بر اساس یافته های حاصل از این مطالعه، می توان نتیجه گرفت که اگر چه امروزه استفاده از اشعهUV در گندزدایی پساب به سرعت در حال افزایش است ولی پساب خروجی از تصفیه خانه باید کیفیت مطلوب برای گندزدایی را داشته باشد. بر این اساس قبل از کاربرد این تکنولوژی در مقیاس کامل بایستی مطالعات پایلوت در محل تصفیه خانه به عمل

Archive of SID
www.SID.ir

آید تا شرایط کیفی پساب جهت گندزدایی با اشعهUV مورد ارزیابی قرار گیرد. در این مطالعه، گندزدایی مستقیم پساب ثانویه با اشعهUV به دلیل غلظت بالای جامدات معلق و عبور بسیار کم اشعه، فقط در دبی های کم و زمان پرتودهی نسبتا زیاد میسر بوده و در دزهای متداول عملا مقدور نیست و مستلزم استفاده از واحد های پیش تصفیه قبل از سیستم گندزداییUV می‌باشد. هم چنین کیفیت نامطلوب پساب تصفیه خانه منجر به فعالیت مجدد باکتری‌ها پس از گندزدایی و رسوب گذاری قابل توجه بر سطح کوارتز گردید. بنابراین جهت گندزدایی پساب تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان با اشعه UV، پیشنهاد می شود که با استفاده از واحدهای تصفیه پیشرفته مانند فیلتراسیون، جامدات معلق پساب قبل از سیستم گندزدایی کاهش داده شود.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی استانداری اصفهان و همکاری شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان به انجام رسیده است که از همکاری و مساعدت آنها صمیمانه سپاس گزاری می شود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1. Gómez M, de la Rua A, Garralón G, Plaza F, Hontoria E, Gómez MA. Urban wastewater treatment disinfection by filtration technologies. Desalination. 2006;190(3):16-28.
2. NYSERDA. Evaluation of ultraviolet (UV) radiation disinfection technologies for wastewater treatment plant effluent. Final report. New York: New York State Energy Research and Development Authority; 2004 Dec. Report No.: 04 -07.
3. Takashi A, Burton FL, Leverenz HL, Tsuchihashi R, Tchobanoglous G. Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications. New York: Metcalf & Eddy; 2007.
4. Liberti L. Notarnicola M, Petruzzelli D. Advanced treatment for municipal wastewater reuse in agriculture, UV disinfection: parasite removal and by-product formation. Desalination. 2003;152(1-3): 315-24.
5. Wang LK, Hung YT, Shammas NK. Advanced Physicochemical Treatment Processes. Totowa, NJ: The Human Press Inc.; 2006.
6. Metcalf & Eddy. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2003.
7. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington DC: APHA; 1998.
8. Guo M, Hu H, Bolton JR, El-Din MG. Comparison of low and medium pressure ultraviolet lamps: Photo reactivation of Escherichia coli and total coliforms in secondary effluents of municipal wastewater treatment plants. Water Res. 2009;43(3): 815-21.
9. Andreadakis A, Mamais D, Christoulas D, Kabylafka S. Ultraviolet disinfection of secondary and tertiary effluent in the Mediterranean region. Water Sci Technol. 1999;121(6):2-5.
10. Abdennaceur H. Disinfection of treated wastewater in a large scale pilot plant and inactivation of selected bacteria in alaboratory UV device. Bioresource Technology. 2000;74 (3):141-50.
11. Zimmer JL, Slawson RM. Potential repair of Escherichia coli DNA following exposure to UV radiation from both medium- and low-pressure UV sources used in drinking water treatment. Applied & Environmental Microbiology. 2002;68(7):3293-99.
12. Locas A, Demers J, Payment P. Evaluation of photoreactivation of Escerichiacoli and Entrococci after UV disinfection of municipal wastewater. Microbiol. 2008;54:971-75.

Archive of SID

www.SID.ir

Survey on possibility of Disinfection of Isfahan North Wastewater Treatment Plant Effluent by Low and Medium Pressure Ultraviolet Systems in Pilot Scale

Hashemi H.[1], *Amin M.M.[2], Bina B.[2], Movahedian Attar H.[2], Farrokhzadeh H.[2]

[1]Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Chaharmahal and Bakhtiari, Iran

[2]Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Received 18 October 2009; Accepted 28 Desember 2009

ABSTRACT

Backgrounds and Objectives: Today, due to health, environmental and economical problems, of chlorine application, UV radiation is better option than chlorine for disinfection of effluent. The aim of this study was disinfection of secondary effluent with UV radiation.

Materials and Methods: Two types of UV disinfection system including low pressure (LP) and medium pressure (MP) was used to disinfection of Isfahan North Wastewater Treatment Plant (INWWTP) effluent without pretreatment. Single and combined lamps were operated to evaluate the removal of total and fecal coliforms (TC and FC), and fecal streptococcus (FS). TSS, iron, hardness, UV absorption and transmittance were analyzed in order to observe the fouling of the quartz sleeves.

Results: After using LP lamp with dose of 161 mws/cm^2, TC and FC content was declined to standard level (1000 TC, and 400 FC/100ml). In addition, disinfection with MP lamp was led to FS content of 400 MPN/100 mL. Combination of LP and MP, with dose of 460 mws/cm^2 could be met the environmental requirements of TC & FC, and the FS count was reached to 400 MPN/100 mL with dose of 237 mws/cm^2. Maximum photo-reactivation percentage of coliforms after LP and MP lamps were appeared 15 and 3 percent respectively, while it was not observed for FS.

Conclusion: High fluctuation in secondary effluent quality of INWWTP mainly TSS concentration was caused to decline of the UVT value. Therefore, disinfection of effluent by LP, MP and even combined both systems are not applicable in conventional UV dose. Hence, using advanced process unit before UV disinfection system is necessary for removal of TSS.

Key words: Low and Medium pressure UV system, Disinfection, Isfahan North WWTP

***Corresponding Author:** *amin@hlth.mui.ac.ir*

***Tel:** +98 311 6682509 **Fax:** +98 311 6682509*

Archive of SID

www.SID.ir