Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامي واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال دوم، شماره‌ی ٦
بهار ۱۳۹۰، صفحات۲۵-۱۷

کاربرد ازن در کاهش اثرات بهداشتی ناشی از آبیاری با پساب‌های شهری

رضا دهقان زاده ریحانی
دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
r_dehghanzadeh@yahoo.com

احمد اصل هاشمی
دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
aaslhashemi@yahoo.com*

بیت ا... قهرمانی
مرکز تحقیقات مهندسی آذربایجان شرقی، تبریز، ایران

چکیده:

فاضلاب تولید شده در منابع شهری و صنعتی آب شیرینی است که با تصفیه و پالایش کافی می‌تواند به راحتی در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. در بسیاری از کشورهای دنیا از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری و پرورش آبزیان استفاده می‌گردد. مهمترین مسئله در کاربرد پساب‌های شهری برای آبیاری اطمینان نسبت به کارایی فرآیند گندزدایی پساب در کاهش میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا می‌باشد. ازناسیون به عنوان یک فن‌آوری پیشرفته و با کارایی بالا در کاهش ویروس‌ها و انگل‌ها و دوستدار محیط زیست می‌تواند جایگزین مناسبی برای کلرزنی پساب باشد.

در این مطالعه در مقایس نیمه صنعتی در یک راکتور به ارتفاع ۶ متر و قطر ۱ متر عملکرد ازن در کاهش باکتری‌های کلیفرم و کلیفرم مدفوعی و COD پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر میانه مورد بررسی قرار گرفت. ظرفیت ژنراتور ازن مورد استفاده که در این تصفیه خانه برای گندزدایی پساب مورد استفاده قرار می‌گیرد حدود ۵۰۰ گرم در ساعت می‌باشد. مطالعه در زمان ماندهای هیدرولیکی ۶، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ دقیقه و دوزهای ازن منتقل شده از ۱ تا ۵۰ میلیگرم در لیتر انجام شد. نتایج نشان داد که در دوزهای ازن بیش از ۴ میلی‌گرم در لیتر و زمان ماند بیش از ۱۰ دقیقه کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی باقیمانده کمتر از استانداردهای توصیه شده برای کشاورزی و آبیاری می‌باشد. مقدار Ct بدست آمده برای حذف کلیفرم‌های مدفوعی حدود ۱ میلیگرم بر لیتر در دقیقه می‌باشد. برای کاهش COD پساب نیاز به دوزهای ازن منتقل شده بیش از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

کلید واژه: ازن، پساب شهری، کشاورزی، استفاده مجدد، آبیاری

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه:

محدودیت منابع آب شیرین در ایران، افزایش آلودگی منابع آب ناشی از پساب‌های خانگی، کشاورزی، صنعتی و غیره را شاید بتوان به عنوان اصلی‌ترین چالش‌های فراروی مدیریت پایدار منابع آب ایران شمرد. هدایت فاضلاب‌های شهری و صنعتی به درون رودخانه‌ها و دریاها و آلوده نمودن آنها، محیط این آب‌ها را برای زندگی آبزیان که یکی از منابع تامین‌کننده غذای انسان‌ها می‌باشند، غیرقابل تحمل نموده و ادامه زندگی آن‌ها را شدیداً تهدید می‌نماید. از طرف دیگر آب‌های آلوده که در آبیاری محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، به یکی از منابع عمده انتشار و رشد بیماری‌های گوناگون تبدیل گشته مستقیماً بهداشت جوامع بشری را به خطر انداخته زیانهای جانی و مالی فراوانی را به آن تحمیل می‌نماید (Rook, 1974). خوشبختانه تلاش‌های مستمر در این مورد به نتایج قابل توجهی منجر گردیده و پیشرفت علم و تکنولوژی متخصصین را قادر ساخته گامهای بلند و موثری را در زمینه پالایش فاضلاب و پاکسازی محیط در کشور بردارند.

فاضلاب تولید شده در منابع شهری و صنعتی آب شیرینی است که با تصفیه و پالایش کافی می‌تواند براحتی در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. قطعاً از طریق مصرف فاضلاب برای کشاورزی خواهیم توانست زمین‌های جدیدی زیر کشت ببریم و با تولید محصولات کشاورزی که تماماً جنبه غذائی دارند، قسمتی از نیازهای اجتماعی را برطرف نمائیم. در کشورهای آسیائی میلیون‌ها نفر از مردم وابسته به مصارف مجدد فاضلاب و استفاده از غذا از طریق پرورش آبزیان یا کشاورزی هستند. احتمالاً اولین مصارف فاضلاب در پرورش ماهی در آسیا مخصوص کشورهای هند، مالزی و بعضی کشورهای جنوب شرقی آسیا بوده است. میزان تولید فاضلاب روزانه در چین بالغ بر ۱۰۰ میلیون متر مکعب در روز است، که با مصرف ۹۰ درصد فاضلاب‌های تولیدی در کشاورزی و پرورش آبزیان مقام نخست جهانی را دارا می‌باشد. در مالزی، ویتنام، تایلند نیز همانند چین با تزریق مستقیم فاضلاب در استخرهای پرورش ماهی عملاً تولید ماهی را افزایش می‌دهند. در هند از فاضلاب‌های با محتوای ۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر BOD برای باروری استخرهای ماهی استفاده می‌کنند. از سال ۱۹۵۶ در کویت مصرف فاضلاب تصفیه شده در آبیاری زمین‌های کشاورزی شروع و امروزه روزانه بیش از ۳۰۰۰۰۰ مترمکعب فاضلاب تصفیه شده در شهرهای ساحلی به مصرف آبیاری زمین‌های کشاورزی می‌رسد. با مصرف فاضلاب خام برای آبیاری در مکزیک توانسته‌اند بیش از دو میلیون تن محصولات کشاورزی تولید نمایند که ارزش آن ۳۳ میلیون دلار می‌باشد (Notarnicola, 1999 Liberti and). در ایران نیز در بعضی شهرها فاضلاب تولیدی بصورت حقابه در اختیار کشاورزان قرار گرفته است. در مواردی نیز این فاضلاب‌ها بعد از تخلیه در آب‌های سطحی بصورت غیرمستقیم به مصرف کشاورزی می‌رسند.

روش‌های کامل تصفیه فاضلاب قطعاً می‌تواند فاضلاب تصفیه شده‌ای عاری از عوامل بیماری‌زا برای آبیاری حتی محصولات غذائی و یا تزریق به آب‌های زیرزمینی تولید نماید. فرآیندهای تصفیه متداول موجود برای زدایش آلاینده های فاضلاب قادر به تأمین معیارهای کیفی پارامترهای آب برای استفاده مجدد و یا دفع آن در محیط نیستند. بنابراین نیاز به کاربرد تکنولوژی-های تصفیه پیشرفته برای کاهش بیشتر اجزای اصلی باقی مانده در جریان پایین دست تصفیه خانه فاضلاب شهری امروزه قابل توجه است (Notarnicola,1999 Liberti and). امروزه فن آوری‌های مختلف بعنوان تصفیه پیشرفته، برای دستیابی به پسابی با کیفیت بالا بکار برده می شوند که از میان آنها می توان به فیلتراسیون غشایی، جذب سطحی توسط کربن فعال و فرآیندهای اکسیداسیون شیمیایی مانند ازناسیون را می‌توان نام برد (Koivunen, et al., 2003). اکسیداسیون شیمیایی مواد آلی پساب با کلر منجر به تشکیل برخی مواد جانبی گندزدایی می-شود که اغلب این مواد بسیار سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا بوده و می‌توانند وارد چرخه مواد غذایی شده و سلامت انسان و محیط

www.SID.ir

Archive of SID

اطراف وی را به مخاطره بیندازند (Monarca, et al. 1999). ازن با اکسیداسیون مواد آلی باقی‌مانده از تصفیه ثانویه و ترکیبات آلی مقاوم موجب کاهش BOD، COD و سمیت پساب نیز می‌گردد. ازن در حذف مواد آروماتیک، آلکن‌ها و پاره‌ای از حشره‌کش‌ها موثر است. مقادیر Ct گزارش شده برای گندزدایی با ازن بسیار کمتر از مقادیر مشابه گزارش شده برای سایر عوامل گندزا است که نشان دهنده قدرت فوق‌العاده ازن در گندزدایی است (White, 1992). کاربرد ازن بدلیل توانایی بالای اکسیداسیون آن در از بین بردن تمام ارگانیسم‌هایی که احتمالا در فاضلاب با آنها سرو کار داریم مثل باکتری‌ها، ویروس‌ها، تخم و کیست انگل‌هایی همچون ژیاردیا و کریپتوسپوریدیوم مورد قبول بسیاری از محققین است (Bryant, et al. 1992). ازن علاوه بر گندزدایی پساب و حذف و کاهش طیف وسیعی از جمعیت میکروارگانیسم، سبب کاهش رنگ و کدورت و زلال سازی پساب شده و با حذف بوی فاضلاب با اکسیداسیون گاز H_2S موجب کاهش خاصیت خورندگی پساب می‌شود (USAFC 1998).

هدف از این تحقیق ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم پیشرفته اکسیداسیون با ازن در تصفیه نهایی پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر میانه با هدف دستیابی به استانداردهای محیط زیست ایران و استانداردهای سازمان جهانی بهداشت برای آبیاری محصولات کشاورزی بود. در این تحقیق علاوه بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خصوصیات میکروبی پساب قبل و بعد از ازن زنی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها:

در این تحقیق در یک مطاله پایلوت در محل تصفیه خانه شهر میانه پساب خروجی از سیستم تصفیه ثانویه که به روش لجن فعال می‌باشد با سیستم ازناسیون مورد پالایش قرار گرفت. خصوصیات پایلوت مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. برای تزریق ازن به داخل فاضلاب از دیفیوزرهای تیتانیومی به قطر ۱۲ سانتیمتر استفاده شد. این ذیفیوزرها مقومت خوبی در مقابل خوردگی داشته و اندازه حباب‌های آن در حد ۱۰۰ الی ۲۰۰ میکرون می‌باشد که راندمان انتقال ازن توسط آن‌ها در شرایط استاندارد و ارتفاع فاضلاب ۵ متر در حدود ۷۰ الی ۹۰ درصد می‌باشد. فلودیاگرام پایلوت مورد استفاده در این تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است. در شکل شماره ۲ نیز تصویر راکتور استفاده شده در تصفیه خانه نشان داده شده است.

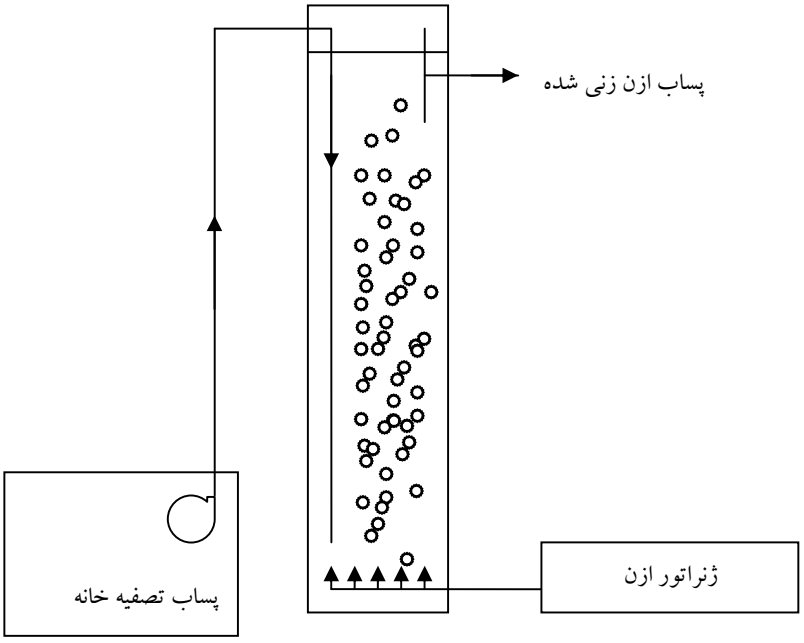
جدول ۱- خصوصیات پایلوت مورد استفاده در پروژه ازناسیون پساب تصفیه خانه فاضلاب میانه

ردیف	مشخصات	واحد	مقدار
۱	ابعاد راکتور(ارتفاع × قطر)	M	۶ أ
۲	حجم راکتور	m^3	۴/۲
۳	دبی پساب	m^3/h	۹ ة ۴۵
۴	زمان ماند	Min	۶-۲۵
۵	دبی گاز ازن	m^3/h	۳-۲۴
۶	غلظت ازن در گاز	g/Nm^3	۱۶-۱۸
۷	مقدار ازن تولیدی	g/h	۳۰-۵۰۰
۸	دوز ازن منتقل شده به پساب	mg/l	۱-۵۰
۹	غلظت ازن سنجش شده در پساب	mg/l	حداکثر ۲/۵ میلیگرم در لیتر

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه‌های برداشت شده از ورودی و خارج راکتور برای تعیین عملکرد راکتور در کاهش آلاینده‌های پساب در آزمایشگاه بر اساس دستورالعمل‌های کتاب استاندارد متد برای آزمایشات آب و فاضلاب آنالیز و نتایج بدست توسط نرم افزارهای SPSS و Excel مورد تجزه و تحلیل قرار گرفت.



شکل ۱- فلودیاگرام پایلوت مورد استفاده برای ازناسیون پساب تصفیه خانه فاضلاب میانه

www.SID.ir

Archive of SID

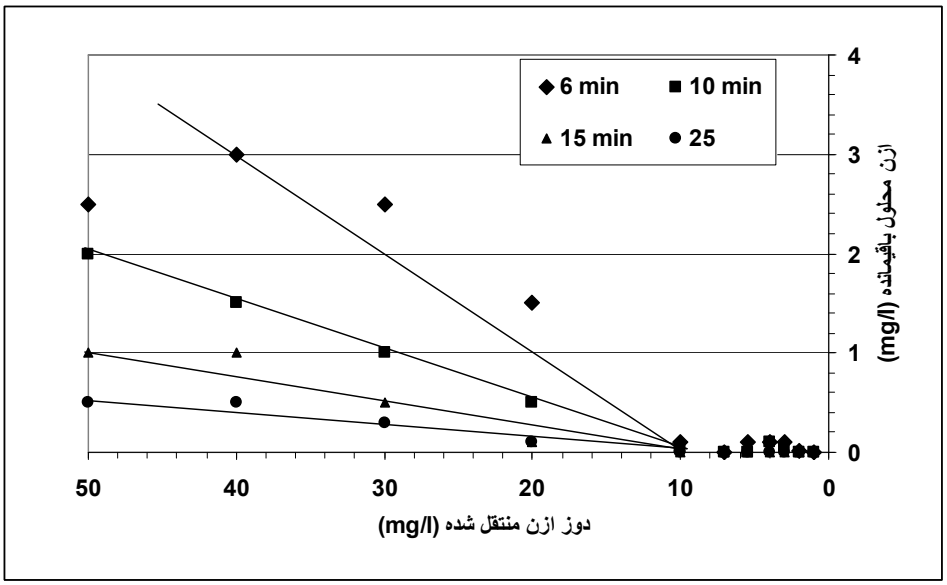
شکل ۲- تصویر راکتور ازناسیون احداث شده در تصفیه خانه فاضلاب شهر میانه

نتایج:

برای بررسی مقدار ازن مورد نیاز فوری پساب خروجی از تصفیه خانه، دوزهای مختلف از ازن در زمان های ماند هیدرولیکی متفاوت به داخل راکتور تزریق و ازن باقیمانده محلول در پساب اندازه گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که ازن مورد نیاز این پساب برای اکسیداسیون مواد اکسیژن خواه حدود ۱۰ میلیگرم در لیتر می‌باشد (شکل ۳). در واقع گندزدایی مؤثر و ایجاد ازن باقیمانده محلول بعد از تأمین ازن مورد نیاز فاضلاب اتفاق خواهد افتاد. البته بعضی از مطالعات نشان داده‌اند که غیر فعال سازی اشرشیاکلی یا کلیفرم های مدفوعی در گندزدایی با ازن می‌تواند در زمانی حتی قبل از رسیدن ازن به حد نیاز انجام گیرد (Lazarova, et al., 1998). ازن مورد نیاز فوری ازنی است که برای اکسیداسیون مواد آلی و معدنی موجود در فاضلاب که به سرعت اکسید می شوند مصرف می-گردد. مشابه همین کار بر روی پساب تصفیه خانه‌های شهرهای مختلف آمریکا نیز انجام شده و مقادیر بدست آمده حدود ۷ تا ۹ میلیگرم در لیتر می باشد (Xu, et al. 2002).

www.SID.ir

Archive of SID



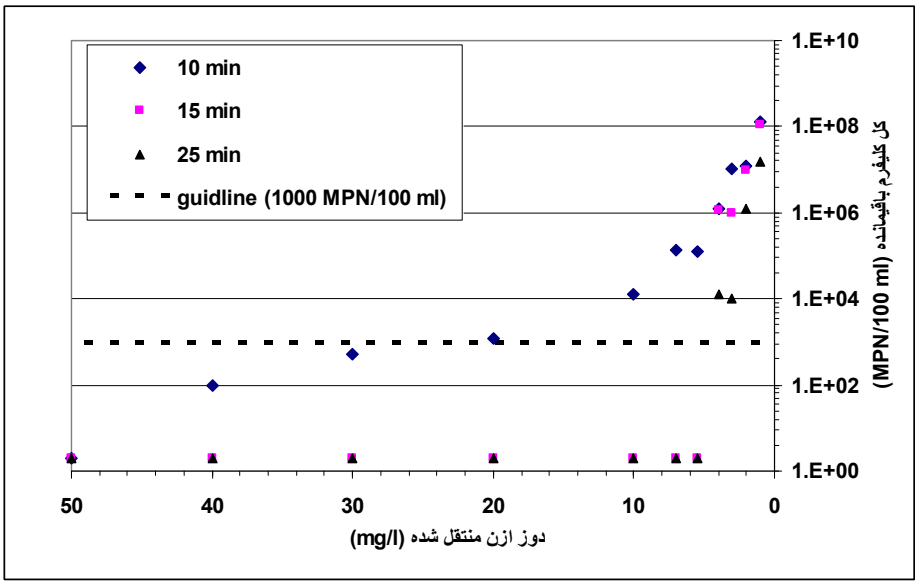
شکل ۳ – تعیین ازن مورد نیاز فوری پساب تصفیه خانه فاضلاب میانه

در شکل های ۴ و ۵ عملکرد ازناسیون در غیرفعال سازی کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی نشان داده شده است. همانطور که گفته شد مهم‌ترین در استفاده مجدد از فاضلاب‌های تصفیه شده برای آبیاری محدود و نامحدود میزان میکروارگانیسم‌های مدفوعی موجود در پساب می‌باشد. استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران و سازمان‌های بین المللی برای کاربرد پساب‌های شهری در کشاورزی و آبیاری برای باکتری‌های کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی به ترتیب ۱۰۰۰ و ۴۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر پساب می‌باشد (OECD. 2003 WHO and and WHO, 1996). نتایج نشان می‌دهد در دوزهای ازن منتقل شده بیش از ۴ میلی‌گرم در لیتر میزان کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی به حد قابل توجهی کاهش می‌یابند به طوریکه در این دوزها به راحتی می‌توان به استانداردهای کاربرد پساب برای کشاورزی دست پیدا نمود. البته در زمان‌های ماند بیش از ۱۵ دقیقه و برای دوز ازن منتقل شده بالای ۵ میلی‌گرم در لیتر فاضلاب کاملاً عاری از باکتری‌های کلیفرم بوده و کاملاً پاک تلقی می‌گردد. مطمئناً در این صورت ویروس‌ها که مقاومت کمتری نسبت به باکتری‌ها در مقابل ازن دارند کاملاً حذف شده اند.

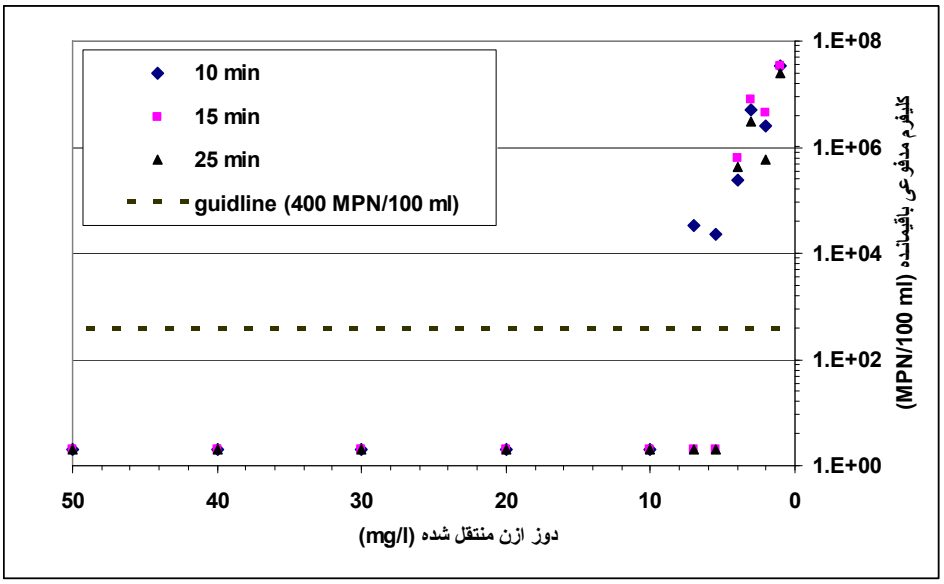
در بررسی قدرت گندزدایی یک ماده گندزدا علاوه بر غلظت آن در محیط زمان تماس نیز عامل مهمی می‌باشد که حاصل ضرب این دو تحت عنوان مقادیر Ct نامیده می‌شود. هرچه قدر مقدار Ct برای یک گندزدا در مقابل میکروارگانیسم‌های مختلف کمتر باشد نشان دهنده قدرت گندزدایی بیشتر آن ماده می‌باشد. شکل ۶ نشان می‌دهد که در غلظت‌های ازن باقی‌مانده محلول بیش از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر و در زمان‌های ماند بیش از ۱۰ دقیقه عملاً باکتری‌های کلیفرم مدفوعی قابل سنجش نبودند. یعنی در این آزمایش مقدار Ct برای باکتری‌های کلیفرم مدفوعی حدود ۱ میلی‌گرم بر لیتر در دقیقه بدست آمده است که با مقادیر گزارش شده در منابع و متون علمی مطابقت دارد (USEPA, 1999).

www.SID.ir

Archive of SID



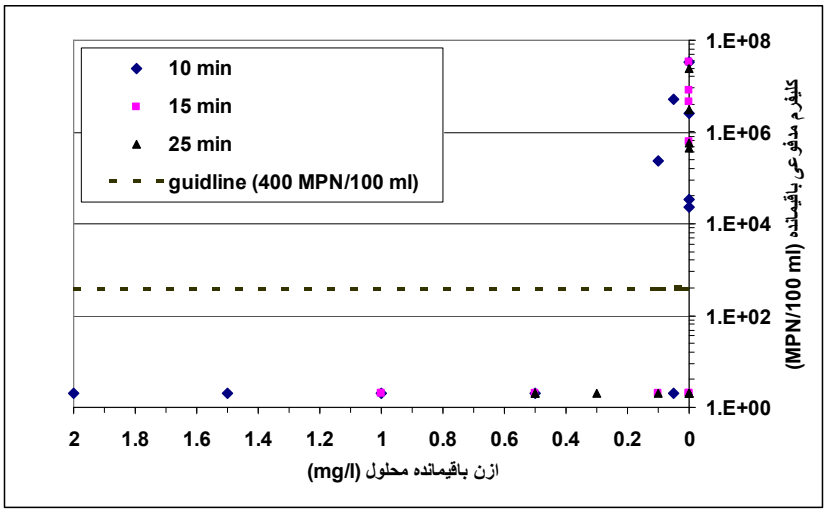
شکل ۴- عملکرد ازناسیون در کاهش باکتریهای کلیفرم در زمان های ماند مختلف



شکل ۵- عملکرد ازناسیون در کاهش کلیفرم های مدفوعی در زمان های ماند مختلف

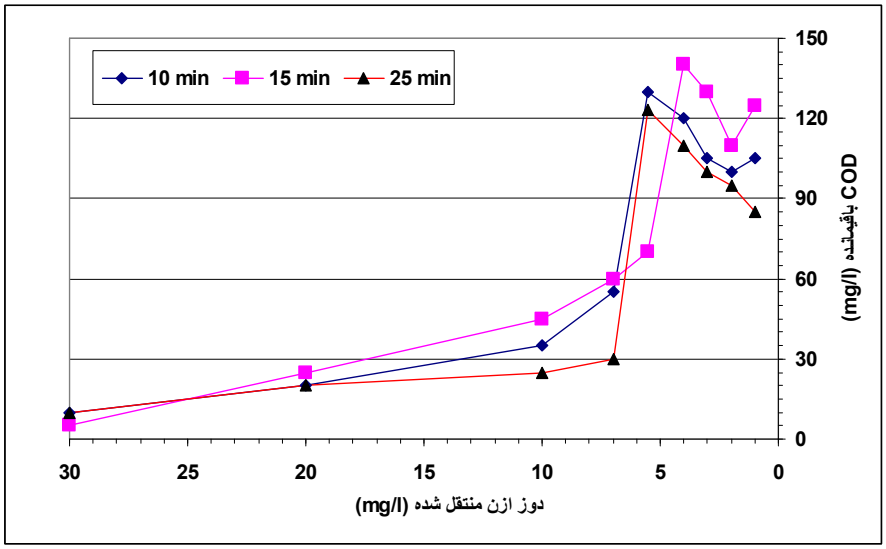
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- بررسی تأثیر ازن باقیمانده محلول و زمان ماند در کاهش کلیفرم های مدفوعی پساب

شکل ۷ تأثیر ازن را در کاهش COD باقیمانده پساب را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد افزایش دوز ازن منتقل شده تا ۶ میلی‌گرم در لیتر نه تنها باعث کاهش مقدار COD نمی‌گردد بلکه سبب افزایش مقدار COD در حدود ۱۰ الی ۲۰ درصد نیز می‌گردد. در واقع ازناسیون با شکستن ترکیبات مولکولی پایدار همچون بعضی از ترکیبات آروماتیک و چند حلقه ای و اکسیداسیون ناقص و تبدیل این مواد به ترکیبات خطی مقدار COD پساب را افزایش می‌دهد. در ادامه با افزایش دوز ازن مقدار COD تا حد قابل توجهی تقلیل می‌یابد. بطوریکه در غلظت‌های بیش از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر مقدار COD به کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش می یابد.



شکل ۷- بررسی عملکرد ازن در کاهش مقادیر COD پساب

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- خلاصه نتایج ازناسیون پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر میانه

زمان ماند فاضلاب min	ازن منتقل شده (mg/l)	COD ورودی (mg/l)	خروجی	
			COD (mg/l)	میکروبی
۶	۳	۷۸	۵	آلوده
	۵	۵۶	۲۷	نسبتاً پاک
	۷	۷۲	۲۰	پاک
۱۰	۳	۸۷	۵۵	نسبتاً پاک
	۵	۸۶	۲۵	نسبتاً پاک
	۷	۷۵	۲۰	پاک
۱۵	۳	۶۵	۳	نسبتاً پاک
	۵	۱۰۶	۲۰	پاک
	۷	۸۵	۱۶	پاک
۲۵	۳	۱۲۵	۵	پاک
	۵	۱۳۴	۷	پاک
	۷	۹۰	۷	پاک

جدول ۳- مقایسه اقتصادی کلر و ازن برای گندزدایی ۱۰۰ m^3/h پساب تصفیه خانه فاضلاب شهری
(۹۰۰ هزار مترمکعب در سال)

نوع گندزدا	میزان مصرف (mg/l)	سرمایه گذاری اولیه	هزینه تعمیرات و نگهداری سالیانه (۱۰٪ هزینه سرمایه گذاری اولیه)	هزینه جاری در یک سال	هزینه کل در ۵ سال
کلر	۱۵	۷۰ میلیون ریال	۷ میلیون ریال	مصرف کلر ۳۰۰ میلیون ریال	۱۶۰۵ میلیون ریال
ازن	۴	۵۰۰ میلیون ریال	۵۰ میلیون ریال	مصرف برق ۳۰ میلیون ریال	۹۰۰ میلیون ریال

www.SID.ir

Archive of SID

بحث:

- برای گندزدایی مؤثر پساب‌های شهری با هدف کاربرد آن برای کشاورزی و آبیاری ازناسیون می‌تواند جایگزین بهتری برای کلریناسیون باشد. برای گندزدایی مؤثر باید ازن تزریق شده بیش از ازن مورد نیاز فوری پساب باشد.
- ازناسیون در دوزهای منتقل شده بیش از ۴ میلی‌گرم در لیتر قادر به دستیابی به استانداردهای پساب برای کشاورزی می‌باشد. برای نتایج بهتر و پالایش کامل میکروارگانیسم‌ها به دوزهای بیشتری نیاز است.
- مقدار Ct ازن برای حذف باکتری‌های مدفوعی حدود ۱ میلی‌گرم در لیتر در دقیقه می‌باشد که نشان دهنده قدرت بالای ازن در کاهش این میکروارگانیسم‌ها می‌باشد.
- برای کاهش قابل توجه در مقدار COD پساب نیاز به دوزهای ازن بیش از ۷ میلی گرم در لیتر و زمان ماند بیش از ۱۵ دقیقه می‌باشد.
- ازناسیون پساب‌های شهری علاوه بر حذف کامل میکروارگانیسم‌ها و کاهش مواد آلی پساب، سبب افزایش اکسیژن محلول پساب و کاهش رنگ و بوی آن نیز شده و ظاهر آن را برای اهداف آبیاری مقبول‌تر می‌نماید. بخصوص بدلیل کاهش کدورت پساب مشکلات گرفتگی نازل‌ها و آب پخشان‌ها را در آبیاری قطره‌ای و بارانی را به حداقل می‌رساند.

پیشنهادات:

ازناسیون به عنوان یک ماده اکسید کننده و میکروب‌کش قوی قابلیت خوبی در تصفیه تکمیلی پساب‌های شهری دارد. با توجه به امکان تولید ژنراتورهای ازن در داخل کشور و هزینه‌های سرمایه گذاری پایین این فن آوری نسبت به گذشته حتی قابل رقابت با کلریناسیون در طولانی مدت و خدمات سرویس و نگهداری ژنراتورهای ازن که در داخل کشور فراهم شده است، توصیه می‌گردد تا این سیستم در گندزدایی پساب‌های شهری جایگزین سیستم‌های سنتی کلریناسیون گردد. زیرا که کلریناسیون پساب علاوه بر اثرات زیست محیطی نامطلوب، راندمان سیستم ازناسیون را نیز ندارد.

قدردانی:

بدینوسیله نویسندگان این مقاله از همکاری، مساعدت‌های اجرایی و مالی مدیریت و کارکنان مرکز تحقیقات مهندسی آذربایجانشرقی و شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجانشرقی و بخصوص همکاران محترم آزمایشگاه مرکزی آن شرکت و آزمایشگاه تصفیه خانه فاضلاب شهر میانه تشکر و قدردانی می‌نماید.

منابع:

Bryant, E.A., Fulton, G. P., Budd, G. C. 1992. Disinfection Alternatives for Safe Drinking Water. Hazen and Sowyer, New York, NY.

Koivunen, J., Siitonen, A., Heinonen-Tanski, H., Elimination of enteric bacteria in biological-chemical wastewater treatment and tertiary filtration units, Water Res., 37 (2003) 690–698.

Lazarova V, Janex ML, Fiksdal L, Oberg C, Barcina I, Pommepuy M. 1998. Advanced wastewater disinfection technologies: short and long term efficiency. Water Sci Technol. 38(12):109–17.

Liberti, L., Notarnicola, M. 1999. Advance treatment and disinfection for municipal wastewater reuse in agriculture, Wat. Sci. Technol. 40:235–245.

Metcalf and Eddy Inc. 2003. Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th edition, TATA McGraw-Hill, NewYork.

Monarca, S., Feretti, D. Collivignarelli, C. Guzzella, L. Zerbini, I. Bertanza, G. Pedrazzani. R. 1999. The influence of

www.SID.ir

Archive of SID

White, G.C. 1992. Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants. Vol. 3. Van Nostrand Reinhold Co. New York, NY.
WHO and OECD. 2003. Assessing microbial safety of drinking water. IWA publishing. Alliance House, 12 Caxton Street, London, UK.
WHO. 1996. Guidelines for drinking water quality, 2 ed. Geneva: World Health Organization.
Xu, P., Janex, M.L., Savoye, P., Cockx, A., Lazarova, V. 2002. Wastewater disinfection by ozone: main parameters for process design. Water Research. 36: 1043-1055.
different disinfectants on mutagenicity and toxicity of urban wastewater". Department of experimental and applied medicine, hygiene section, university of Brescia.
Rook, J.J. 1974. "Formation of Haloforms during Chlorination of Natural Water." Water Treatment and Examination. 23(2): 234-243.
U.S. Army Forces Command (USAFC), Air Quality Division. 1998. Disinfection Technologies for Potable Water and Wastewater Treatment: Alternatives to Chlorine Gas.
USEPA. 1999. Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual. Office of Water, EPA 815-R-99-014.

www.SID.ir