



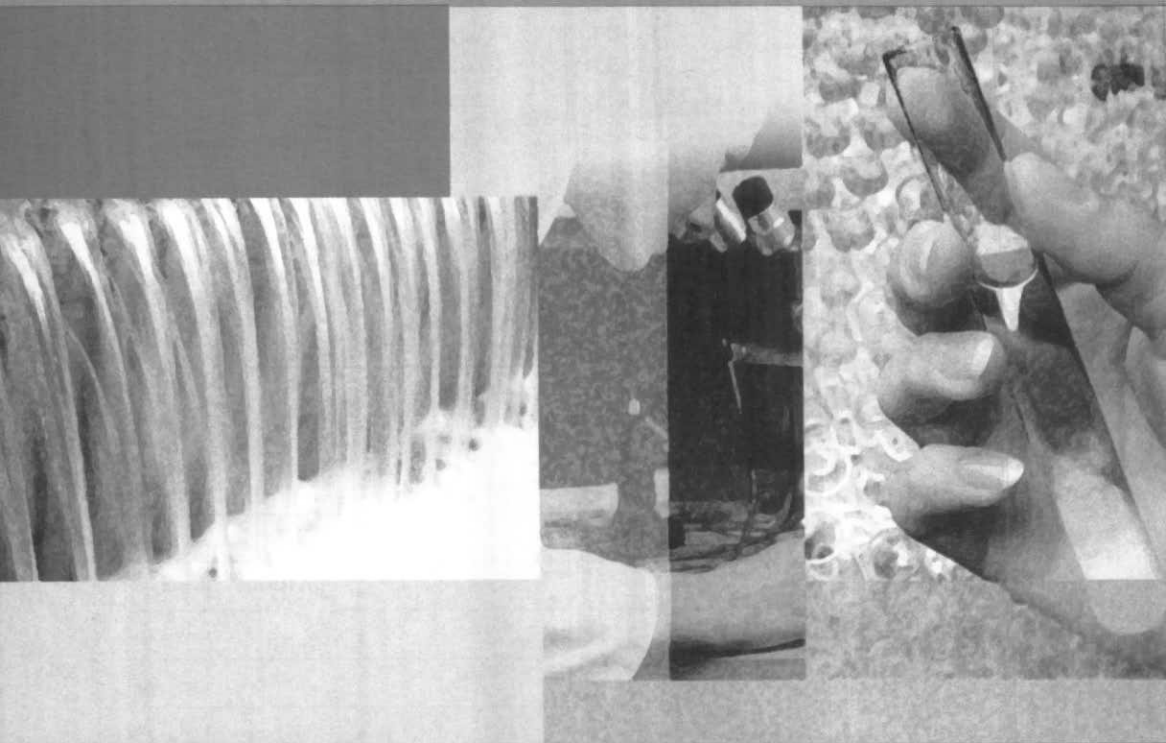
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
مرکز تحقیقات و تکنولوژی صنایع



وزارت نیرو
شرکت آب و فاضلاب استان خراسان شمالی
(مشاوره)

گندزدایی پساب فاضلاب

مقایسه انواع فناوری‌ها



ترجمه: مصطفی لیلی

دانشجوی دکتری بهداشت محیط دانشگاه تربیت مدرس

محمد ماریوسی

کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط

رضا براتی

کارشناس بهداشت محیط

سرشناسه	لوئگ، لارنس وای. سی. Leong, Lawrence Y. C.
عنوان و نام پدیدآور	گندزدایی پساب فاضلاب (مقایسه انواع فناوری ها) / مولفین لورنس وای. سی. لوئگ، جف کئو، چی چانگ تانگ : ترجمه مصطفی لیلی، محمد ماروسی، رضا براتی رشوانلو.
مشخصات نشر	تهران: اندیشه رفیع، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری	۳۰۴ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۸۴۵۰۰ ریال: ۲-۲۱۶-۹۸۷-۹۶۴-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	عنوان اصلی: Disinfection of wastewater effluent-comaprison of alternative technologies, c2008
موضوع	فاضلاب -- تصفیه -- ضد عفونی
شناسه افزوده	کئو، جف
شناسه افزوده	Kuo, Jeff
شناسه افزوده	تانگ، چی-چونگ
شناسه افزوده	Tang, Chi Chung
شناسه افزوده	لیلی، مصطفی. ۱۳۶۰ - مترجم
شناسه افزوده	ماروسی، محمد، ۱۳۵۷ - مترجم
شناسه افزوده	براتی رشوانلو، رضا، ۱۳۵۶ - مترجم.
زده بندی کنگره	۱۳۸۹ ۱۹ گ/ TD۷۷۷
زده بندی دیویی	۶۲۸/۳۲
شماره کتابشناسی ملی	۲۰۲۲۱۹۰



اندیشه رفیع
ناشر کتب علوم پزشکی

www.andisherafi.com

نام کتاب:	گندزدایی پساب فاضلاب (مقایسه انواع فناوری ها)
مؤلفین:	لورنس وای.سی. لوئگ - جف کئو - چی چانگ تانگ
مترجمین:	مصطفی لیلی - محمد ماروسی - رضا براتی رشوانلو
ناشر:	انتشارات اندیشه رفیع
حروف چینی و صفحه آرایی:	محمد بهمنی
نوبت چاپ:	اول - ۱۳۸۹
شمارگان:	۲۰۰۰ جلد
لیتوگرافی:	به نورپرداز
چاپ:	طیف نگار
صحافی:	طیف نگار
شابک:	۹۷۸-۹۶۴-۹۸۷-۲۱۶-۲
بها:	۸۴۵۰ تومان

دفتر مرکزی: اندیشه رفیع

خیابان انقلاب - خیابان ۱۲ فروردین - خیابان شهیدای ژاندارمری

مقابل اداره پست - ساختمان ۱۲۶ - طبقه دوم - تلفکس: ۶۶۹۵۰۳۹۳

تلفن: ۶۶۹۷۱۴۱۴ - ۶۶۹۷۰۵۱۷ - ۶۶۹۷۰۵۱۸

۱۱.....	پیش گفتار.....
۱۴.....	خلاصه.....
۱۴.....	بخش اول: انواع فناوری های گندزدایی.....
۱۴.....	بخش دوم: ارزیابی استفاده از UV.....
۱۶.....	بخش سوم: ارزیابی استفاده از فناوری ازن.....
۱۷.....	فصل ۱ مقدمه.....
۱۸.....	۱-۱ وظایف و اهداف.....
۱۸.....	۱-۲ زمینه و حوزه ی گزارش.....
۱۹.....	۱-۳ سامان دهی مجموعه ی گزارش.....
۲۰.....	فصل ۲ روش شناسی.....
۲۰.....	۲-۱ بازنگری متون.....
۲۰.....	۲-۲ تعیین تعداد POTWs های اصلی.....
۲۲.....	۲-۳ تعیین نوع فناوری گندزدایی مورد استفاده توسط هر یک از POTWs ها.....
۲۳.....	۲-۴ داده های پایه ای مربوط به رهاسازی گاز کلر.....
۲۴.....	۲-۵ بررسی محدود فناوری UV.....
۲۴.....	۲-۶ بررسی فناوری ازن.....
۲۶.....	فصل ۳ فناوری های کلرزنی.....
۲۶.....	۳-۱ زمینه.....
۲۶.....	۳-۱-۱ تاریخچه ی کاربرد.....
۲۷.....	۳-۱-۲ مکانیسم گندزدایی کلر.....
۲۸.....	۳-۱-۳ شیمی ترکیب کلر.....
۳۴.....	۳-۱-۴ کلر باقیمانده و کلر مورد نیاز.....
۳۵.....	۳-۱-۵ گندزدایی با کلر آزاد یا ترکیبی.....
۳۶.....	۳-۱-۶ تعیین میزان قدرت محلول های کلر.....
۳۷.....	۳-۲ کارایی گندزدایی.....
۳۷.....	۳-۲-۱ مفهوم CT.....
۴۰.....	۳-۲-۲ تأثیر کیفیت آب بر روی گندزدایی.....
۴۱.....	۳-۲-۳ غیرفعال سازی پاتوژن ها.....
۴۲.....	۳-۳ طراحی و کاربرد سیستم.....
۴۳.....	۳-۳-۱ تکامل فناوری.....
۴۳.....	۳-۳-۲ تسهیلات مورد نیاز.....
۴۳.....	۳-۳-۳ اجزاء سیستم.....
۵۱.....	۳-۳-۴ راحتی طراحی و توسعه.....
۵۱.....	۳-۳-۵ پذیرش مقررات.....
۵۲.....	۳-۳-۶ پذیرش عمومی.....
۵۲.....	۳-۴ راهبری و نگهداری.....

۵۲	۳-۴-۱ راحتی راهبری و نگهداری
۵۳	۳-۴-۲ کنترل فرایند و بایش در خط
۵۵	۳-۴-۳ ایمنی راهبر و خطرات بهداشتی
۵۶	۳-۴-۴ لزوم فراهم نمودن منابع پشتیبانی
۵۶	۳-۴-۵ ملزومات ذخیره‌سازی، فهرست کردن موجودی و قطعات یدکی
۵۷	۳-۴-۶ اثرات راهبری بر انجام فرایندهای بالادست
۵۷	۳-۴-۷ پایداری عملکرد تصفیه‌خانه در حین نوسانات میزان جریان
۵۷	۳-۵ اثرات بر محیط زیست
۵۷	۳-۵-۱ تغییرات در کیفیت
۶۲	۳-۵-۱-۵ pH
۶۲	۳-۵-۲ خطرات بالقوه
۶۳	۳-۵-۳ سایر مزایا
۶۴	۳-۶ هزینه‌ها
۶۵	۳-۶-۱ هزینه‌های سرمایه‌گذاری
۶۸	۳-۶-۲ هزینه‌های راهبری و نگهداری (O & M)
۶۹	۳-۶-۳ ارزش فعلی هزینه‌ها (چرخه‌ی عمر)
۷۱	۳-۷ خلاصه
۷۱	۳-۷-۱ مزایا
۷۱	۳-۷-۲ معایب
۷۲	۳-۷-۳ کمبودها و شکاف‌های اطلاعاتی

فصل ۴ فناوری‌های UV

۷۴	۴-۱ زمینه
۷۴	۴-۱-۱ تاریخچه‌ی استفاده
۷۴	۴-۱-۲ مکانیسم گندزدایی UV
۷۵	۴-۱-۳ فرایند گندزدایی UV
۷۶	۴-۱-۴ دوزاژ UV
۸۴	۴-۲ کارایی گندزدایی
۸۶	۴-۲-۱ تأثیر کیفیت پساب در گندزدایی
۹۱	۴-۲-۲ غیرفعال‌سازی پاتوژن‌ها
۹۳	۴-۲-۳ میزان تکامل و بلوغ فناوری
۹۳	۴-۲-۴ راهکار طراحی
۹۶	۴-۳ نیازمندی‌های تسهیلاتی
۹۷	۴-۳-۱ طراحی و تأیید سیستم
۱۰۴	۴-۳-۲ سهولت طراحی و توسعه
۱۰۴	۴-۳-۳ مقبولیت قانونی
۱۰۵	۴-۴ راهبری و نگهداری
۱۰۵	۴-۴-۱ راحتی راهبری و نگهداری
۱۰۵	۴-۴-۲ کنترل فرایند و بایش در خط
۱۰۶	۴-۴-۳ ملاحظات ایمنی بهره‌بردار و خطرات بهداشتی
۱۰۶	۴-۴-۴ ملزومات تجهیزات پشتیبانی
۱۰۷	۴-۴-۵ ذخیره‌سازی، فهرست‌بندی و ملزومات مربوط به تعویض و جایگزینی

۱۰۷	۴-۴-۶ اثرات راهبری بر توالی تصفیه‌ی موجود
۱۰۷	۴-۴-۷ استمرار عملکرد در هنگام نوسانات میزان جریان
۱۰۸	۴-۵ اثرات بر محیط زیست
۱۰۸	۴-۵-۱ تغییرات کیفیت آب
۱۰۹	۴-۵-۲ بازسازی و رشد مجدد
۱۱۱	۴-۵-۳ سایر مزایا
۱۱۲	۴-۵-۴ قابلیت اعتماد و تاریخچه
۱۱۳	۴-۶ هزینه‌ها
۱۱۴	۴-۶-۱ هزینه‌های سرمایه‌گذاری
۱۱۶	۴-۶-۲ هزینه‌های راهبری و نگهداری (O & M)
۱۱۸	۴-۶-۳ هزینه‌های ارزش فعلی (سیکل عمر)
۱۱۹	۴-۶-۴ مقایسه‌ی هزینه‌های سیستم UV با هزینه‌های فناوری کلرزی
۱۲۲	۴-۷ خلاصه
۱۲۲	۴-۷-۱ مزایا
۱۲۳	۴-۷-۲ معایب
۱۲۳	۴-۷-۳ نقص‌ها یا کمبودهای اطلاعاتی

فصل ۵ فناوری‌های ازن

۱۲۵	۵-۱ زمینه
۱۲۵	۵-۱-۱ تاریخچه‌ی کاربرد
۱۲۶	۵-۱-۲ چگونگی گندزدایی ازن
۱۲۷	۵-۱-۳ دوز مصرفی و باقیمانده‌ی ازن
۱۲۷	۵-۲ شرایط بهینه‌ی گندزدایی
۱۲۷	۵-۲-۱ اثرات کیفیت آب بر گندزدایی
۱۲۹	۵-۲-۲ غیرفعال شدن عوامل بیماری‌زای مختلف
۱۳۰	۵-۳ طراحی و به کارگیری سیستم
۱۳۰	۵-۳-۱ تکامل فناوری
۱۳۱	۵-۳-۲ روش طراحی
۱۳۳	۵-۳-۳ نیازمندی‌های سیستم
۱۳۴	۵-۳-۴ متعلقات سیستم ازن
۱۳۷	۵-۳-۵ سادگی توسعه
۱۳۷	۵-۴ راهبری و نگهداری
۱۳۷	۵-۴-۱ سهولت راهبری و نگهداری
۱۳۹	۵-۴-۲ فرآیند پایش در خط و کنترل ازن تولیدی
۱۴۰	۵-۴-۳ مخاطرات بهداشتی و ایمنی راهبران
۱۴۱	۵-۴-۴ تأثیرات ازن بر سیستم تصفیه‌ی موجود
۱۴۱	۵-۴-۵ نیازمندی‌های جایگزینی، انبارداری و ذخیره‌سازی
۱۴۲	۵-۴-۶ سازگاری عملکرد با تغییرات دبی جریان
۱۴۲	۵-۵ اثرات زیست محیطی
۱۴۲	۵-۵-۱ تغییر کیفیت آب
۱۴۴	۵-۵-۲ خطرات بالقوه
۱۴۴	۵-۵-۳ سایر مزایا

۱۴۶	 ۵-۶ هزینه
۱۴۶	 ۵-۶-۱ هزینه سرمایه‌گذاری
۱۴۷	 ۵-۶-۲ هزینه بهره‌برداری
۱۴۹	 ۵-۶-۳ مقایسه با سایر تکنولوژی‌های گندزدایی
۱۴۹	 ۵-۷ خلاصه
۱۵۰	 ۵-۷-۱ مزایا
۱۵۰	 ۵-۷-۲ معایب
۱۵۱	 ۵-۷-۳ جنبه‌های ناکافی بودن دانش

فصل ۶ سایر روش‌های گندزدایی ۱۵۲

۱۵۲	 ۶-۱ مرور کلی
۱۵۲	 ۶-۲ دی‌اکسید کلر
۱۵۲	 ۶-۲-۱ زمینه
۱۵۳	 ۶-۲-۲ شرایط بهینه‌ی گندزدایی
۱۵۴	 ۶-۲-۳ طراحی و راه‌اندازی سیستم
۱۵۴	 ۶-۲-۴ راهبری و بهره‌برداری
۱۵۵	 ۶-۲-۵ اثرات زیست محیطی
۱۵۶	 ۶-۲-۶ هزینه
۱۶۱	 ۶-۲-۷ خلاصه
۱۶۳	 ۶-۳ فناوری‌های در حال توسعه: روش‌های شیمیایی
۱۶۳	 ۶-۳-۱ پراستیک اسید
۱۷۳	 ۶-۳-۲ فرات
۱۷۸	 ۶-۳-۳ ترکیبات برم
۱۸۰	 ۶-۳-۳ BCDMH
۱۸۱	 ۶-۴ فناوری‌های در حال توسعه: روش‌های فیزیکی
۱۸۱	 ۶-۴-۱ پاستوریزاسیون
۱۸۶	 ۶-۴-۲ کاویتاسیون اولتراسونیک
۱۹۰	 ۶-۴-۳ باریکه‌ی الکترون (E-Beam) و پرتو دهی گاما
۱۹۶	 ۶-۴-۴ فرآیند فوتوکاتالیز و دی‌اکسید تیتانیوم (TiO ₂)
۱۹۹	 ۶-۵ گندزدهای ترکیبی
۱۹۹	 ۶-۵-۱ مرور کلی
۲۰۰	 ۶-۵-۲ ازن و هیدروژن پراکسید
۲۰۱	 ۶-۵-۳ فرابنفش و ازن
۲۰۱	 ۶-۵-۴ پرتو فرابنفش و هیدروژن پراکسید
۲۰۲	 ۶-۵-۵ پرتو فرابنفش و پراستیک اسید (PAA)
۲۰۳	 ۶-۵-۶ پرتو فرابنفش و کلر
۲۰۴	 ۶-۵-۷ کلر آزاد و کلرامین‌ها
۲۰۵	 ۶-۵-۸ کاویتاسیون اولتراسونیک و سایر گندزدها
۲۰۶	 ۶-۶ خلاصه

فصل ۷ روش‌های گندزدایی موجود ۲۰۸

۲۰۸	 ۷-۱ کلر
-----	---------------

۲۰۸	۱-۱-۷ رها سازی گاز کلر از تأسیسات آب و فاضلاب
۲۱۱	۲-۱-۷ یافته های اطلاعات نشت کلر
۲۱۱	۲-۷ نتایج داده های پرتو فرابنفش
۲۱۱	۱-۲-۷ تاریخچه ی رشد نصب سیستم های فرابنفش
۲۱۲	۲-۲-۷ توزیع جغرافیایی استفاده از فرابنفش
۲۱۴	۳-۲-۷ اندازه ی تصفیه خانه های فاضلاب دارای UV
۲۱۵	۴-۲-۷ نوع لامپ
۲۱۶	۵-۲-۷ شکل راکتور و چینش لامپ
۲۱۷	۶-۲-۷ تصفیه ی فاضلاب قبل از سیستم UV
۲۱۷	۳-۷ نتایج بررسی پرتو فرابنفش
۲۱۸	۱-۳-۷ نمای کلی تصفیه خانه های بررسی شده دارای UV
۲۲۰	۲-۳-۷ دلایل نصب سیستم پرتو فرابنفش
۲۲۰	۳-۳-۷ اطلاعات مرتبط با طراحی
۲۲۳	۴-۳-۷ تغییر فرآیند به فرابنفش
۲۲۶	۵-۳-۷ نتایج بررسی راهبری فرآیند
۲۳۰	۶-۳-۷ نیازمندی های تخلیه
۲۳۱	۷-۳-۷ پیشنهادات صاحبان تأسیسات
۲۳۴	۴-۷ ازن
۲۳۴	۱-۴-۷ تاریخچه ی نصب ازن در صنعت فاضلاب
۲۳۵	۲-۴-۷ توسعه ی تأسیسات ازن و استفاده از آن در سال ۲۰۰۶
۲۳۵	۳-۴-۷ تصفیه خانه های بزرگ در حال راه اندازی ازن تا سال ۲۰۱۰
۲۳۶	۴-۴-۷ وضعیت تصفیه خانه های فاضلاب دارای ازن

فصل ۸ مقایسه ی گزینه های مختلف گندزدایی

۲۳۸	۱-۸ مقدمه
۲۳۸	۲-۸ گزینه های مختلف گندزدایی
۲۴۰	۳-۸ مقایسه ی فناوری های تثبیت شده با توجه به فاکتورهای مؤثر و معیارهای تصمیم گیری
۲۴۰	۱-۳-۸ تغییر مقررات بازدهی گندزدایی
۲۴۲	۲-۳-۸ کیفیت پساب
۲۴۳	۳-۳-۸ توسعه ی تصفیه خانه و ارتقای آن
۲۴۴	۴-۳-۸ جنبه های ایمنی
۲۴۵	۵-۳-۸ جنبه های طراحی
۲۴۷	۶-۳-۸ جنبه های راهبری و نگهداری
۲۴۸	۷-۳-۸ هزینه
۲۴۹	۴-۸ انتخاب و ارتقای گزینه های گندزدایی
۲۴۹	۱-۴-۸ انتخاب گزینه های مختلف گندزدایی
۲۵۱	۲-۴-۸ ارتقای فناوری گندزدایی
۲۵۳	۳-۴-۸ خلاصه ای از مزایا و معایب روش های گندزدایی تکامل یافته
۲۵۶	۴-۴-۸ خلاصه ای از مزایا و معایب سایر روش های گندزدایی
۲۶۱	۵-۸ مطالعه ی موردی
۲۶۲	۱-۵-۸ شیکاگو ایلی نوین
۲۶۵	۲-۵-۸ روزویل کالیفرنیا
۲۶۷	۳-۵-۸ ابزار تصمیم گیری گاز کلر

۲۶۸	 فصل ۹ بحث و نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۲۶۹	 ۱-۹ کلر
۲۶۹	 ۲-۹ پرتو فرابنفش
۲۷۰	 ۳-۹ ازن
۲۷۱	 ۴-۹ فناوری‌های در حال توسعه
۲۷۲	 ۵-۹ روش‌های ترکیبی گندزدایی
۲۷۲	 ۶-۹ نکات قابل بحث

فاضلاب محلول رقیقی است که ۹۹/۹ درصد آن آب و فقط ۰/۱ درصد آن را مواد جامد تشکیل می‌دهد که بخشی از آن مواد آلی و بخش دیگر مواد معدنی به حالت محلول یا معلق در آب است. علاوه بر انتشار بو و ایجاد چشم‌اندازهای نامناسب بر اثر تجزیه‌ی ترکیبات آلی موجود در فاضلاب‌ها توسط باکتری‌ها، فاضلاب‌های دریافت‌کننده‌ی مدفوع انسانی و حیوانات زنده حاوی عوامل بیماری‌زایی هستند که از نظر آلودگی محیط بویژه منابع آب و خاک فوق العاده اهمیت دارند زیرا می‌توانند در نهایت از طریق چرخه‌ی زنجیره‌ی غذایی به انسان منتقل شوند. طبق بررسی‌های انجام گرفته، هر گرم مدفوع حاوی حدود یک بیلیون عدد اشرشیاکلی و حدود $2/2 \times 10^7$ عدد استرپتوکوک و مقادیر قابل ملاحظه‌ای از انواع دیگر پاتوژن‌های بیماری‌زا است.

تصفیه‌ی فاضلاب، مقوله‌ای است که امروزه در تمام جهان پیشرفت‌های زیادی درخصوص آن به وجود آمده و بر این اساس استانداردهای جدیدی ارائه شده است که فاضلاب‌ها را حتی تا حد استانداردهای آب آشامیدنی تصفیه می‌نماید، اما در ایران به علت نبود اطلاع‌رسانی کافی و برنامه‌ریزی صحیح، به‌روزرسانی و رسیدن به سطح استانداردهای جهانی روند بسیار کندی دارد. بدون شک یکی از مراحل مهم در تصفیه‌ی فاضلاب‌ها و حفظ بهداشت عمومی، گندزدایی مناسب پساب حاصل از تصفیه‌ی فاضلاب‌هاست. کلرزنی، ازن‌زنی، تابش پرتو فرابنفش به پساب و استفاده از سیستم کربن فعال جزء عمده روش‌های گندزدایی فاضلاب در مرحله‌ی نهایی به شمار می‌روند. کلر به دلیل ظرفیت بالای اکسیدکنندگی، رشد باکتری‌ها و جلبک‌ها را متوقف کرده و رنگ و بوی پساب را نیز کاهش می‌دهد. پرتوهای فرابنفش قابلیت از بین بردن ویروس‌ها و باکتری‌های موجود در فاضلاب را بدون تولید مواد خطرناک دیگر دارد. ازن‌زنی نیز دارای مزایای مشابهی می‌باشد. کربن فعال نیز در تماس با مواد مواد آلی، عوامل ایجاد رنگ و بوی ناشی از این ترکیبات را به خود جذب می‌کند.

در این زمینه یکی از وظایف مهم و بزرگ شرکت‌های آب و فاضلاب، تصفیه و تأمین آب شرب و تصفیه‌ی فاضلاب‌ها به بهترین شکل است. به همین منظور و در جهت نیل به اهداف طولانی مدت خود در این زمینه بر آن شدیم تا بستر مناسبی را جهت حمایت از تحقیقات و ترجمه‌ی متون مناسب در این زمینه فراهم نمایم تا گامی هر چند کوچک در این جهت برداشته باشیم. در این کتاب که توسط تعدادی از دانشجویان و علاقه‌مندان این رشته ترجمه شده است، برخی از مبانی، مزایا و معایب مهم‌ترین روش‌های مورد استفاده برای گندزدایی پساب فاضلاب‌ها مورد بررسی قرار گرفته است که امید می‌رود بتواند جهت استفاده‌ی مسئولین، کارکنان و راهبران صنعت آب و فاضلاب و دانشجویان مفید واقع گردد.

حمید روشن روان

رئیس هیأت مدیره و مدیر عامل

شرکت آب و فاضلاب شهری خراسان شمالی

پیش گفتار مترجمین

یکی از جنبه‌های اصلی تصفیه‌ی فاضلاب، بحث جنبه‌های بهداشتی آن است. در همین مقوله، گندزدایی پساب نهایی حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، یکی از مهمترین مراحل تصفیه‌ی فاضلاب بوده که برای اهداف حفاظت منابع آب و یا استفاده‌ی مجدد از آن انجام می‌پذیرد. برای نیل به این مقصود، بایستی فاضلاب تا درجه‌ی معینی تصفیه شود. درجه‌ی تصفیه‌ی مورد نظر بر مبنای استانداردهای موجود تعیین می‌شود. یکی از خصوصیات مهم فاضلاب، آلودگی بالای آن با عوامل بیماریزاست که باید تا حد معینی از فاضلاب حذف شوند تا سطح سلامتی مردم در حد مطلوب حفظ شده و به خطر نیفتد. روش‌های مقدماتی و ابتدایی تصفیه‌ی فاضلاب قادر به حذف عوامل بیماریزا تا این حد مورد نظر نبوده و به همین دلیل باید از دیگر روش‌های مناسب گندزدایی بهره برد. انتخاب نوع روش گندزدایی مناسب و بهینه به فاکتورهای مختلفی از قبیل خصوصیات فاضلاب خام، شرایط محلی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و ... بستگی دارد. گندزدایی به عنوان مهمترین مکانیسم و مرحله از مکانیسم‌های غیرفعال‌سازی یا انهدام میکروب‌های بیماریزا (پاتوژن‌ها) محسوب می‌شود که به منظور جلوگیری از انتشار بیماری‌های ناشی از آلودگی آبها در محیط زیست و ساکنین حريم رودخانه‌ها بکار می‌رود.

با وجود اینکه گندزدایی شیمیایی بوسیله‌ی کلر روشی کاملاً عمومیت یافته و مورد قبول در بیشتر جوامع توسعه‌یافته و در حال توسعه به شمار می‌رود، ولی با توجه به تجربیات علمی فزاینده‌ی بدست آمده در مورد تشکیل احتمالی محصولات جانبی سرطانزای ناشی از گندزدایی با کلر، احتمال مصون شدن میکروب‌ها در مقابل گندزدهای شیمیایی مشابه کلر و بالا رفتن آگاهی و حساسیت مردم در مورد سلامتی، ایمنی، هزینه و مسائل زیست‌محیطی؛ نیاز به یافتن فرایندهای پیشرفته‌ی تصفیه و گندزدایی با بکارگیری دیگر روش‌های گندزدایی و حذف کامل آلاینده‌ها و عوامل بیماریزا از آب و فاضلاب بیش از پیش ضروری گردیده است. بنابراین با توجه به دلایل ذکر شده، کاربرد سایر گندزدها از قبیل فناوری‌های ازن‌زنی، پرتوتابی اشعه‌ی ماوراء بنفش (UV)، استفاده از دی‌اکسید کلر، آب اکسیژنه و... و یا ترکیبی از دو یا سه مورد از این فناوری‌های گندزدایی به عنوان گزینه‌ی جایگزین مطرح شده است.

در این کتاب، روش‌های مختلف گندزدایی پساب‌های حاصل از تصفیه‌ی فاضلاب‌های شهری، هزینه‌های مورد نیاز برای نصب و راهبری تسهیلات مربوط به هریک از انواع این فناوری‌ها، مزایا و معایب هریک مورد بررسی قرار گرفته است. از ویژگی‌های متمایز این کتاب، این است که در آن علاوه بر در نظر گرفتن مباحث تنوریک؛ به مسائل فنی، عملیاتی و راهبری روش‌های مختلف گندزدایی نیز اشاره شده است. هر چند در ترجمه‌ی این کتاب سعی شده است تا میزان نواقص و اشکالات به کمترین مقدار ممکن برسد، اما معترفیم که علی‌رغم تمام این تلاش‌ها، این مجموعه‌ی فراهم شده خالی از اشکال نیست. بنابراین مترجمین این مجموعه انتظار دارند تا صاحب‌نظران، مخاطبین، مسئولین و دانشجویان عزیز ضمن ارائه‌ی انتقادات و پیشنهادات ارزنده‌ی خود ایشان را در برطرف نمودن این اشکالات احتمالی در چاپ‌های بعدی باری نمایند. امید آن است تا کوشش ما بتواند پاسخگوی بخش کوچکی از نیاز کشور به مطالب علمی روزآمد مناسب باشد.

با سپاس فراوان

مترجمین

بهار ۱۳۸۹

خلاصه

بخش اول: انواع فناوری‌های گندزدایی

چکیده

متون و تجارب علمی زیادی در ارتباط با انواع گزینه‌های گندزدایی پساب فاضلاب‌ها وجود دارد. با این حال، مهندسين فاضلاب به سختی می‌توانند بر اساس اطلاعات موجود، گزینه‌ی مناسب برای گندزدایی را بخصوص از بین فناوری‌های نسبتاً جدید انتخاب کنند. بعلاوه، فاکتورهای زیادی وجود دارند (برخی از آنها مختص مکانی بوده) که بر تغییر روش گندزدایی با توجه به نوع تجهیزات و انتخاب گزینه‌ی مناسب تأثیر گذارند. در این راستا در چندین تحقیق، مباحث جامعی در ارتباط با فاکتورهای تصمیم‌گیری از طریق مقایسه‌ی مستقیم گزینه‌های مختلف ارائه شده است.

در این کتاب، مطالب ویژه‌ای ارائه خواهد شد که در آن مزایا، معایب و هزینه‌های مربوط به گزینه‌های مختلف گندزدایی پساب فاضلاب از نظر فنی بیان شده است. تصمیم بر آن است که از گزارش حاصله برای ارزیابی و انتخاب فناوری مناسب گندزدایی توسط مهندسين فاضلاب استفاده شود. در این پروژه یک بازنگری از متون علمی موجود، بررسی فرایند گندزدایی توسط تصفیه‌خانه‌های بزرگ فاضلاب و بررسی تسهیلاتی که در آنها از سیستم UV و ازن استفاده می‌شود، ارائه می‌گردد. ضمن اینکه، عمده‌ترین مزایا و معایب فناوری‌های تکامل یافته (کلر، UV و ازن)، سایر فناوری‌ها و ترکیبی از فرایندهای گندزدایی چندگانه به طور خلاصه بیان شده است. این اطلاعات در این کتاب جمع‌آوری و به اختصار بیان شده‌اند و بر اساس معیارها و ویژگی‌های متمایز آنها، روش مناسبی را برای انتخاب فناوری مناسب گندزدایی ارائه می‌کند. در پایان، کمبودهای اطلاعاتی برای این فناوری‌ها که نیاز به تحقیقات بیشتری دارند، شناسایی و ارائه می‌شود.

امتیازات این کتاب

- صرفه‌جویی در وقت کارکنان برای تحقیق در مورد فناوری‌های تکامل یافته (کلر، UV و ازن) و فناوری‌های در حال توسعه (پراستیک اسید، فرات، ترکیبات برم، پاستوریزاسیون، کاویتاسیون اولتراسونیک، تابش پرتوهای امواج الکترون و گاما، فوتوکاتالیست‌ها و دی‌اکسید کلر) و ترکیبی از این فناوری‌ها).
- خلاصه شدن دانش و یافته‌های حاصل از متون علمی در یکجا و مقایسه‌ی مزایا و معایب هر یک از

گزینه‌های گندزدایی در ارتباط با کاربرد تاریخی آنها، هزینه‌ها و کارایی آنها برای غیرفعال‌سازی و حذف پاتوژن‌ها و ارگانسیم‌های شاخص؛ ظرفیت آنها در تأمین استانداردهای گندزدایی؛ مباحث مربوط به قابلیت اعتماد و ایمنی این فناوری‌ها؛ باقیمانده‌ها، محصولات جانبی و نیز اثرات بالقوه‌ی آنها بر آبهای پذیرنده.

- فراهم نمودن یک چارچوبی برای انتخاب فناوری گندزدایی مقتضی بر اساس اولویت‌های تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و اهمیت نسبی مباحث ایمنی، کارایی گندزدایی، اثرات بر کیفیت پساب خروجی، میزان حساسیت نسبت به کیفیت پساب ورودی، مباحث مربوط به طراحی و راهبری و نگهداری (O & M) و هزینه‌های مورد نیاز.
- فراهم نمودن یک بررسی سریعی از تجارب حاصله در ارتباط با طراحی، نصب و راهبری تقریباً ۱۰٪ از عمده‌ترین تصفیه‌خانه‌های فاضلاب مجهز به سیستم UV.
- شناسایی کمبودها در ارتباط با دانش حاصل از هر یک از گزینه‌های گندزدایی.

بخش دوم: ارزیابی استفاده از UV

اطلاعات پایه‌ای

اطلاعات حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که میزان استفاده از فناوری UV در حال رشد است به‌طوری‌که تقریباً ۲۰٪ از تصفیه‌خانه‌های عمومی فاضلاب (POTWs) اصلی در حال حاضر از فناوری گندزدایی با UV استفاده می‌کنند. این فناوری از لحاظ جغرافیایی به طور گسترده‌ای در تمام ایالت‌ها استفاده می‌شود به استثنای ایالت دلاویر که در آن تنها یک POTWs اصلی از گندزدایی با UV بهره می‌گیرد. در ایالت کانزاس بیشترین نرخ کابری فناوری UV وجود دارد که در آن بیش از ۷۵٪ POTWs اصلی از فناوری UV استفاده می‌کنند. در چندین نقطه به صورت خوشه‌ای به میزان زیاد از فناوری UV استفاده می‌شود: شمال غرب اقیانوس آرام، در ایالت‌های مرکزی / جنوب غربی ایالات متحده پیرامون کلرادو، و در نزدیکی دره‌ی رودخانه‌ی اوهایو. در تصفیه‌خانه‌های بزرگ، کم‌تر از فناوری UV استفاده می‌شود و در تصفیه‌خانه‌هایی که از UV استفاده می‌شود، از لامپ‌های کم‌فشار با بازدهی پایین (LPLO) کم‌تر استفاده می‌شود و بیشتر از لامپ‌های با فشار متوسط (MP) استفاده می‌شود. تسهیلات تصفیه‌ی بزرگ به کندی با فناوری‌های جدیدتر سازگار شده و کم‌تر از لامپ‌های LPLO که در سیستم‌های UV قدیمی‌تر وجود دارد، استفاده می‌کنند. چندین دلیل در این زمینه وجود دارد: یکی این که سرمایه‌گذاری قابل توجهی برای ارتقاء سیستم‌های موجود گندزدایی لازم است و دیگر این که محدودیت‌های خیلی سختگیرانه‌ای برای تخلیه‌ی پساب‌ها به

اقیانوس‌ها وجود ندارد. تصفیه‌خانه‌های بزرگ‌تر نیز بیشتر از لامپ‌های فشار متوسط (MP) استفاده می‌کنند که شدت بیشتری داشته و فضای کم‌تری نیز اشغال می‌کنند. شاید یکی از دلایل آن واقع شدن این تسهیلات بزرگ‌تر در مناطق شهری است که در آنها فضا محدود بوده و جاگیری کم‌تر تسهیلات از فاکتورهای مهم به شمار می‌رود. بخش عظیمی از سیستم‌های UV در تصفیه‌خانه‌های عمومی فاضلاب از لامپ‌های افقی قرار گرفته در امتداد جریان در یک کانال باز استفاده می‌کنند.

اطلاعات ارزیابی

بررسی استفاده از فناوری UV در ۱۰۳ تصفیه‌خانه‌های عمومی فاضلاب نشان داد که ایمن بودن و حذف واحدهای گاز کلر و کلرزنی / کلرزدایی از فاکتورهای کلیدی تغییر به استفاده از فناوری UV هستند. بیش از نیمی از تصفیه‌خانه‌های بررسی شده دارای یک میانگین انتقال UV (UVT) بین ۶۰ تا ۸۰٪ بوده و UVT طراحی برای آنها ۵۰ تا ۷۰٪ در نظر گرفته شده بود. مقادیر BOD و TSS متوسط پساب هر یک برابر ۳ mg/L بوده و کدورت متوسط آن نیز برابر ۱/۴ NTU بود. در تمام تسهیلات بررسی شده، حداقل از فرایندهای تصفیه‌ی ثانویه استفاده می‌شد و تقریباً در نصف آنها (۴۷٪) از تصفیه‌ی ثالثیه استفاده می‌شد.

هرچند که بیش از نیمی (۶۲٪) از استفاده‌کنندگان از سیستم UV ادعا می‌کردند که سیستم UV پیچیده‌تر از سیستم پیشین گندزدایی آنهاست ولی ۸۶٪ نیز احساس می‌کردند که تغییر به فناوری UV آسان‌تر از آن چیزی است که انتظار می‌رود یا این که خیلی بد نیست. در ارزیابی کلی موفقیت پروژه‌های UV، مهارت و دانش مهندس مشاور مهم‌ترین فاکتور به شمار می‌روند و در مرحله‌ی بعدی شرایط فروشندگی و بازدید از سایر تسهیلات (این دو فاکتور اهمیت برابری دارند)، مهارت و دانش کارکنان POTWs و در نهایت سایر منابع مثل کتاب‌ها یا مقالات جزء فاکتورهای مهم به شمار می‌روند. در ارتباط با شرایط فروشندگی، طراحی سیستم به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور محسوب می‌شود و در رتبه‌ی بعدی دانش فنی، مسئولیت‌پذیری و ترکیب‌بندی جزء فاکتورهای مهم می‌باشند.

از لحاظ زمان‌های مورد نیاز برای آموزش کارکنان، زمان‌های نگهداری و هزینه‌ها نوسانات زیادی گزارش شده است. متوسط زمان‌های آموزش تئوری برابر ۶ ساعت (زمان‌های گزارش شده در محدوده‌ی ۱ تا ۴۰ ساعت می‌باشند)، متوسط زمان آموزش عملی برابر ۱۰ ساعت (۱ تا ۸۰ ساعت)، زمان نگهداری برابر ۴ ساعت در هفته (هفته / ساعت ۱۲۰ - ۰/۲) و هزینه‌های سالیانه‌ی تعویض لامپ‌ها، غلاف لامپ‌ها و متعلقات آن در حدود ۲۱۰۰۰ دلار در سال (سال / دلار ۴۲۰۰۰ - ۹۰۰) می‌باشد. با افزایش اندازه‌ی تصفیه‌خانه، هزینه‌های نگهداری و متعلقات لامپ افزایش می‌یابد. لامپ‌های MP دارای هزینه‌های بیشتری برای متعلقات لامپ بوده و متوسط زمان عمر آنها ۵۰۰۰ ساعت می‌باشد در حالی که لامپ‌های LPLO و لامپ‌های کم‌فشار

با بازدهی بالا (LPFO) دارای متوسط عمر ۱۰۰۰ ساعت هستند.

برای تصفیه‌خانه‌هایی که از فناوری UV استفاده می‌کنند، پیشنهاداتی شده است. یکی از مهم‌ترین این پیشنهادات، انجام تحقیقات جامع از طریق بازدید از تسهیلات مشابه است تا (۱) اطمینان حاصل شود که فناوری UV برای POTW مورد نظر قابل کاربرد است، (۲) برآورد بهتری از نیازمندی‌های هزینه‌ای و زمانی انجام بگیرد، و (۳) درک بهتری از مشکلات بالقوه‌ای که احتمال وقوع آنها وجود دارد، انجام بگیرد. همچنین پیشنهاد شده است تا سیستم UV توسط یک سقف پوشش داده شده یا در داخل یک اتاقکی قرار بگیرد تا ملزومات نگهداری ناشی از رشد جلبک‌ها کاهش یابد، نگهداری سیستم تحت شرایط بد آب و هوایی راحت‌تر باشد و زمان عمر قطعات الکترونیکی افزایش داده شود زیرا در غیر این صورت ممکن است در معرض مواجهه با عناصر متفاوت باشد. در نهایت، استفاده از خشک‌کن‌های اتوماتیک قویاً توصیه می‌شود تا زمان نگهداری کاهش داده شود. پیشنهادات کامل‌تر در این زمینه در بخش ۷-۳-۷ ارائه شده است.

بخش سوم: ارزیابی استفاده از فناوری ازن

در حال حاضر در ایالات متحده، تعدادی POTWs عمده وجود دارد که از فناوری ازن با جریان متوسط طراحی ۱۰ MGD و محدوده‌ی ۳-۳۴ MGD استفاده می‌کنند. در طی ۱۰ سال اخیر، ۲ واحد ازنی جدید نصب شده است. یکی از این تسهیلات به منظور جذب رنگ و دیگری برای تصفیه‌ی فاضلابی که به منبع آب آشامیدنی تخلیه می‌شود، نصب شده‌اند. پنج تصفیه‌خانه‌ی دیگر از سال ۱۹۸۹ تحت راهبری بوده و حداقل یک بار ارتقاء داده شده‌اند. در تمام این تصفیه‌خانه‌ها از یکی از شکل‌های رشد بیولوژیکی معلق (نهر اکسیداسیون، لجن فعال هوا دهی شده با هوا و لجن فعال هوا دهی شده با اکسیژن خالص) به عنوان تصفیه‌ی فاضلاب استفاده شده است. برآورد می‌شود که تا سال ۲۰۱۰ تعداد تصفیه‌خانه‌های استفاده‌کننده از فناوری ازن به ۱۰ عدد برسد. تعداد چهار واحد جدید ازن‌زنی در حال طراحی بوده و یک سیستم ازن‌زنی نیز در حال تغییر به استفاده از فناوری UV است. جوامعی که از فناوری ازن برای یک گندزدایی در صنعت فاضلاب استفاده می‌کنند در مقایسه با صنعت آب آشامیدنی خیلی محدودند. بیشتر بهبودهای اخیر در طراحی و سیستم‌های ازن‌زنی که اتفاق افتاده است به خاطر رشد نیاز صنعت آب بوده است ولی بیشتر این بهبودها باید قابل استفاده در صنعت فاضلاب نیز باشند. POTWs که به این اطلاعات مربوط به تجارب استفاده شده دسترسی دارند، باید برای جمع‌آوری آنها به صنعت آب آشامیدنی توجه داشته باشند.