محیط شناسی، سال سی و ششم، شمارهٔ ۵۳ بهار ۸۹، صفحهٔ ۷۱-۷۸

بررسی عملکرد سیستم لجن فعال با بستر ثابت در حذف فلزات سنگین کرم، نیکل، سرب از پساب‌های صنعتی

چکیده

یکی ازمهم‌ترین آلاینده‌های موجود در پساب بسیاری از صنایع، فلزات سنگین است که درصورت راهیابی به سیستم‌های تصفیه فاضلاب روی میکروارگانیسم‌ها و سینتیک واکنش‌های تصفیهٔ فاضلاب تأثیر گذاشته و باعث کاهش بازده سیستم می‌شوند. به منظور سنجش کارایی و بررسی عملکرد سیستم بیولوژیکی لجن‌فعال با بستر ثابت، در تصفیه پساب‌های حاوی ترکیبات فلزات سنگین کرم، سرب و نیکل از یک رآکتور از جنس پلاکسی گلاس شامل سه قسمت به ترتیب راکتورهای هوازی با جریان رو به پایین، راکتورهای هوازی با جریان رو به بالا و واحد ته‌نشینی ثقلی به حجم کل معادل ۱۰۰/۷۳ لیتر و حجم مفید معادل ۷۸/۴ لیتر که توسط لجن فعال خط برگشتی تصفیه‌خانهٔ شهرک غرب راه‌اندازی گشت، استفاده شد. فاز اوّل این مطالعه سازگاری سیستم ، فاز دوم تاثیر فلز کرم به صورت تنها بر عملکرد سیستم و فاز سوم تأثیر تجمعی فلزات بر عملکرد سیستم بود. نتایج پژوهش نشان داد که درصد حذف COD در این سیستم و در زمان سازگاری میکروارگانیسم‌ها حدود ۹۵ درصد بوده و دورهٔ خوگرفتن میکروارگانیسم‌ها در این سیستم پایین است. درصد حذف فلز سنگین کرم به صورت تنها در رآکتور لجن فعال با بستر ثابت و در غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر ۶۶٪ است که با افزایش غلظت تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۵، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) تا ۸۳٪ افزایش می‌یابد. درصد حذف فلزات سنگین (کرم، سرب و نیکل) به صورت مخلوط در رآکتور در غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب ۸۴٪ ، ۷۵٪ و ۸۰٪ است که با افزایش غلظت تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تا ۸۶٪ ، ۹۷/۰۶٪ و ۹۷٪ افزایش می‌یابد. در رآکتور لجن فعال با بستر ثابت، میزان کرم، سرب و نیکل جذب شده در لجن نسبت به مقدار آن در داخل لجن آب حاصل از شست‌وشوی لجن بسیار بیشتر است که نشان دهندهٔ جذب این فلزات توسط میکروارگانیزم‌هاست.

کلید واژه

تصفیه بیولوژیکی هوازی، فاضلاب صنعتی، مدیا، فلزات سنگین

سرآغاز

فلزات سنگین در پساب بسیاری از صنایع مانند صنایع پتروشیمی، پالایش نفت، آبکاری، کاغذسازی، دارویی، رنگ‌سازی، فرآورده‌های پلاستیکی و غیره وجود دارند و درصورت راهیابی به سیستم‌های تصفیه فاضلاب روی میکروارگانیسم‌ها و سینتیک واکنش‌های تصفیه فاضلاب به‌علت ویژگی سمی‌بودن خود تأثیر گذاشته، باعث کاهش بازده تصفیه می‌شوند(Lenntech, 2004; UNEP/GPA, 2004).

این موضوع سبب می‌شود که غلظت این ترکیبات در فاضلاب خروجی تصفیه‌خانه‌های مذکور با استاندارد تعیین شده از سوی مراجع محلی و بین‌المللی مطابقت نکند (Dorbin, 2006). از سوی دیگر راهیابی این عناصر سنگین و ترکیبات به محیط زیست، اثار جبران ناپذیری را بر محیط زیست و انسان خواهد داشت. با عنایت به موارد ذکر شده، تصفیه این ترکیبات و حذف آنها مطابق استانداردهای داخلی و بین‌المللی از اهمیت بسیاری برخوردار است (Alluri, 2007).

نویسنده مسئول:تلفن: ۰۲۱-۲۲۸۵۰۹۷۷

E-mail: ahhassani@gmail.com

یکی از روش‌هایی که برای حذف این ترکیبات از فاضلاب‌ها و در نتیجه محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش تصفیه بیولوژیکی است. این روش به‌دلیل توانایی اثبات شده گروهی از میکروارگانیسم‌ها در تجزیهٔ فلزات سنگین و ترکیبات آن، در بسیاری از موارد نسبت به سایر روش‌های تصفیه و حذف این ترکیبات برتر است (Iddou and Oualib, 2008).

یکی از روش‌های مناسب برای تصفیهٔ بیولوژیکی پساب‌های حاوی این ترکیبات استفاده از رآکتور لجن فعال با بستر ثابت است (حیات‌بخش،۱۳۸۳). هدف کلی از انجام این تحقیق، بررسی عملکرد رآکتورهای بیولوژیکی لجن فعال با بستر ثابت[۱](FAS) در حذف فلزات سنگین (کرم، سرب و نیکل) در پساب‌های صنعتی بوده است.

این سیستم ترکیبی از دو سیستم لجن فعال و صافی چکنده است که در داخل حوض هوادهی آن سطوح جامد یا مدیا برای رشد بیوفیلمی قرار می‌گیرد که در حقیقت فرم اصلاح شده‌ای از سیستم لجن فعال است و بیوفیلمی که بر روی بستر تشکیل می‌شود، عمل تصفیه فاضلاب را با بازده بالاتری انجام می‌دهد(Takani, 1994; Mesdanghinia, 1986).

نقش میکروارگانیسم‌ها در حذف فلزات از فاضلاب توسط مهدیان فضلی در سال ۱۳۸۰ بررسی شده است که حاکی از آن‌است‌که در تصفیهٔ متعارف فاضلاب، فلزات ضمن چسبیدن به ذرات معلق معدنی، یا زیستی و به کمک عمل ته‌نشینی از فاضلاب جدا می‌شوند. میزان حذف انواع فلزات محلول نیز در فرایند لجن فعال به نوع فلزات بستگی داشته و مقدار آن بر کادمیوم ،جیوه، مس و روی در حدود ۵۰–۶۰ در صد برآورد شده‌است.

حیات‌بخش در سال ۱۳۸۳ عملکرد سیستم‌های هوادهی با بستر ثابت در تصفیهٔ فاضلاب‌های با بار آلودگی بالا را مورد بررسی قرارداد. در این تحقیق میزان تصفیه‌پذیری فاضلاب با مقادیر COD ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ ، ۱۵۰۰ توسط سیستم لجن فعال بستر ثابت در زمان‌های هوادهی ۱۶ ، ۸ ، ۴ ساعت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که با توجه به زمان هوادهی ۸ ساعته مقدار بهینهٔ در صد حذف COD، بار سطحی بستر و بار حجمی راکتور به‌دست می‌آید.

بررسی عملکرد "رآکتورهای ناپیوسته با عملیات متوالی"[۲] (SBR) در تصفیهٔ پساب‌های حاوی ترکیبات فلزات سنگین (کرم، سرب و نیکل) توسط نجایی در سال ۱۳۸۳ انجام گرفت.

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، درصد حذف COD در رآکتورهای ناپیوسته با عملیات متوالی در زمان سازگاری میکروارگانیسم‌ها حدود ۹۶ درصد بوده، دورهٔ خوگرفتن میکروارگانیسم‌ها در این سیستم پایین است. درصد حذف فلزات سنگین (کروم، سرب و نیکل) در رآکتورهای ناپیوسته با عملیات متوالی در غلظت۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و زمان هوادهی ۸ ساعت به ترتیب ۸۸٪ ، ۹۹/۸٪ و ۹۷/۴۳٪ است.

تصفیهٔ فاضلاب‌های حاوی فلزات سنگین با استفاده از "رآکتورهای گردان تماسی بیوفیلمی"[۳] (RBC) توسط Costley و Wallis در سال ۲۰۰۱ انجام گرفته است. در این تحقیق نشان داده شده که این سیستم به‌خوبی توانسته است که فلزات مس، روی و کادمیوم را به ترتیب ۷۳ درصد و ۴۲ درصد و ۳۳ درصدحذف کند.

روش تحقیق

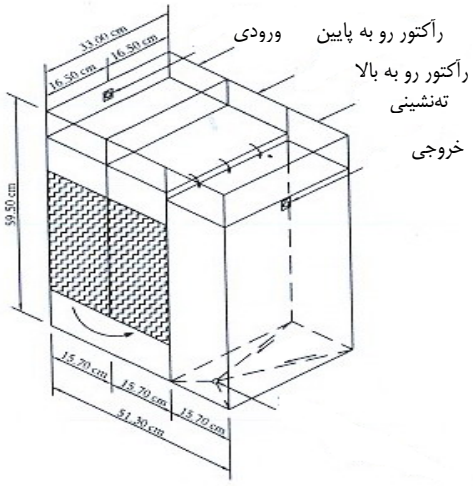
به منظور دستیابی به اهداف تحقیق فاضلاب مصنوعی (جدول شمارهٔ ۱) به گونه‌ای که بتواند COD معادل ۵۵۰ – ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایجاد نموده ساخته و از این فاضلاب در سه فاز استفاده شد. غلظت فلزات سنگین ۱، ۵، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته شد. همچنین از یک راکتور لجن فعال با بستر ثابت (شکل شمارهٔ ۱) با رقوم هندسی و مشخصات ویژه (جدول شمارهٔ ۲) با آکنه‌های از جنس پی وی سی و به صورت ورقه‌هایی به طول ۲۸ سانتیمتر و عرض ۲۰/۷۵ سانتیمتر و ضخامت ۱ میلیمتر با سینوس‌هایی به ارتفاع ۱/۵ سانتیمتر و شیارهای ریزی برروی آن، برای قرار گرفتن میکروارگانیزم‌ها و افزایش توانایی چسبندگی استفاده شد. این تحقیق در آزمایشگاه محیط زیست واحد علوم تحقیقات تهران دانشگاه آزاد اسلامی انجام شد.

برای راه اندازی این راکتور،۲۰ لیتر لجن فعال شده از خط برگشت لجن فعال تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک غرب (واقع در تهران) تهیه و به راکتور افزوده شد.

سپس عملیات تحقیق در ۳ فاز ۱ مرحله‌ای انجام گرفت که در فاز دوم و سوم ترکیبات فلزات سنگین کرم، نیکل، سرب با غلظت‌های معین ساخته و در راکتور مورد استفاده قرار گرفته اند.

جدول شمارهٔ (۱): ترکیب پساب مصنوعی مورد استفاده در هر یک از فازهای این تحقیق

شماره فاز	ترکیبات موجود در فاضلاب (میلی گرم در لیتر)					
	ملاس	اوره	Na_2HPO_4	کروم	نیکل	سرب
فاز اول	۱۲۰۰	۲۸	۹		–	–
فاز دوم	۱۲۰۰	۲۸	۹	۱ – ۱۰۰	–	–
فاز سوم	۱۲۰۰	۲۸	۹	۱ – ۱۰۰	۱ – ۱۰۰	۱ – ۱۰۰



شکل شمارهٔ (۱) : جزئیات پایلوت مورد استفاده

جدول شمارهٔ (۲) : مشخصات پایلوت

ردیف	شرح	ابعاد
۱	طول کل	۵۱/۳۰ سانتیمتر
۲	عرض کل	۳۳/۰۰ سانتیمتر
۳	ارتفاع کل	۵۹/۵۰ سانتیمتر
۴	طول هر قسمت	۱۵/۷۰ سانتیمتر
۵	عمق پساب	۵۳/۷۰ سانتیمتر
۶	قطر لوله ورودی	۰/۵ اینچ
۷	قطر لوله خروجی	۰/۵ اینچ
۸	قطر لوله دفع لجن	۰/۲۵ اینچ
۹	شیب کف تانک ته نشینی	۳٪

فازهای عملیاتی عبارتند از:

فاز اول- بررسی نحوهٔ سازگاری رآکتور لجن فعال با بستر ثابت با فاضلاب مورد بررسی و سرعت انطباق میکروارگانیسم‌ها با شرایط محیطی: از خردادماه تا تیرماه ۸۷ به مدت ۵۰ روز؛

فاز دوم- بررسی عملکرد رآکتور لجن فعال با بستر ثابت در تصفیهٔ فاضلاب‌های حاوی غلظت‌های متفاوت عناصر فلز سنگین کرم: از تیرماه تا شهریورماه ۸۷ به مدت ۶۰ روز؛

فاز سوم- بررسی عملکرد رآکتور لجن فعال با بستر ثابت در تصفیه فاضلاب‌های حاوی غلظت‌های متفاوت عناصر فلز سنگین کرم ،نیکل، سرب: از شهریورماه تا آبان‌ماه ۸۷ به مدت ۶۰ روز.

در این سیستم زمان ماند هیدرولیکی به مدت ۸ ساعت در نظر گرفته شد. به منظور بررسی نحوهٔ سازگاری میکروارگانیسم‌ها با شرایط موجود و سرعت انطباق آنها با شرایط محیطی، آزمون‌های COD، غلظت تودهٔ بیولوژیکی و کل جامدات معلق و pH در فاز اول و برای بررسی عملکرد رآکتور لجن فعال با بستر ثابت در تصفیهٔ فاضلاب‌های حاوی غلظت‌های متفاوت عناصر فلز سنگین کرم، نیکل، سرب، آزمون‌های COD، غلظت تودهٔ بیولوژیکی و کل جامدات جامدات معلق و pH و آزمون اندازه‌گیری عناصر سنگین نیکل، کروم و سرب در فاز ۲و ۳ انجام شد. کلیهٔ آزمایش‌ها بر اساس دستور العمل استاندارد روش ۱۹۹۸ انجام شد (Greenberg et al., 1998).

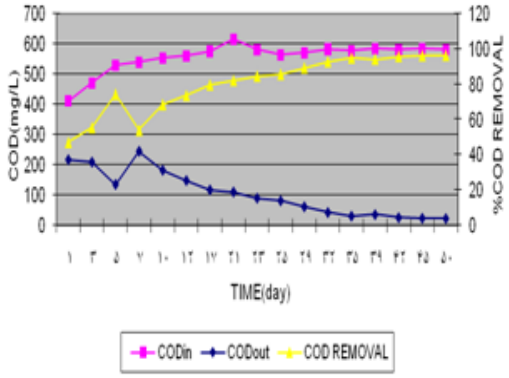
نتایج

نتایج این پژوهش در ۵ قسمت ارائه می‌شود که عبارتند از :

۱) بررسی دورهٔ خو گرفتن و نحوهٔ انطباق میکروارگانیسم‌ها با شرایط محیطی در رآکتور لجن فعال با رشد چسبیده

بازده حذف COD از ۴۹/۱٪ در روز اوّل شروع و تا روز پنجم تا میزان ۷۴/۴٪ افزایش می‌یابد، اما پس از آن با کاهشی تا ۵۴٪ در روز هفتم، روند میزان حذف افزایش یافته و از روز سی و دوم به بعد به حالت پایدار رسیده تا در روز پایانی (روز پنجاهم) درصد حذف COD به ۹۴/۷٪ می‌رسد (شکل شمارهٔ۲). در این مدت غلظت MLSS موجود در رآکتور، از ۷۴۰ میلی‌گرم در لیتر در روز اوّل تا ۳۲۰ میلی‌گرم در لیتر در روز هفتم کاهش می‌یابد و پس از آن تا میزان ۹۴۰

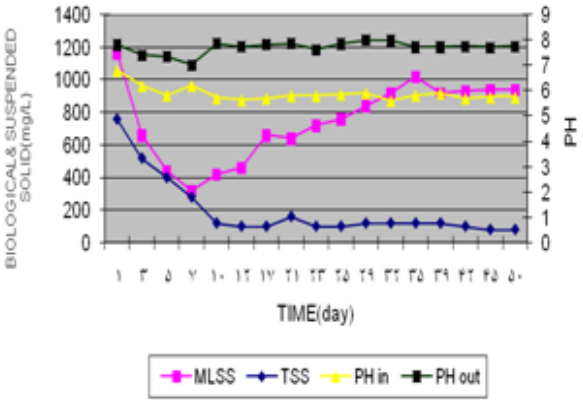
میلی‌گرم در لیتر تا روز پایان عملیات سازگاری افزایش می‌یابد (شکل شمارهٔ ۳).



شکل شمارهٔ (۲) : نتایج COD رآکتور لجن فعال بستر ثابت در دورهٔ سازگاری

در این مدت، TSS ، از مقدار ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر در روز اوّل تا مقدار ۲۴۰ میلی‌گرم بر لیتر در روز هفتم افزایش داشته، سپس تا رسیدن به حالت پایداری (روز سی‌ودوم) سیری نزولی را طی کرده، به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد و از آن روز به بعد یک حالت تقریباً پایدار از خود نشان داده و در پایان دورهٔ سازگاری، TSS به مقدار ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد که دلالت بر کاهش مواد جامد معلق در خروجی و ته‌نشینی خوب لجن دارد (شکل شمارهٔ ۳).

PH موجود در رآکتور از ۷/۸ در روز اوّل تا ۷/۰۲ در روز هفتم کاهش می‌یابد و پس از آن تا میزان ۷/۷۵ تا روز پایان عملیات سازگاری افزایش می‌یابد (شکل شمارهٔ ۳).

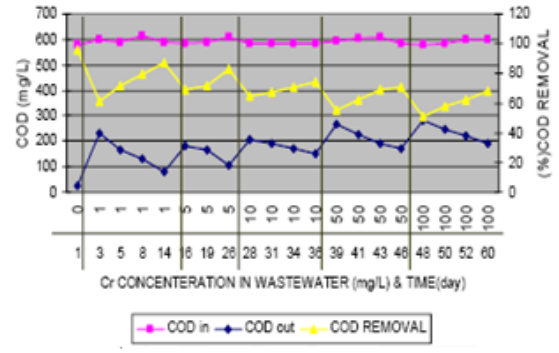


شکل شمارهٔ (۳): pH ، TSSو MLSS رآکتور در دورهٔ سازگاری

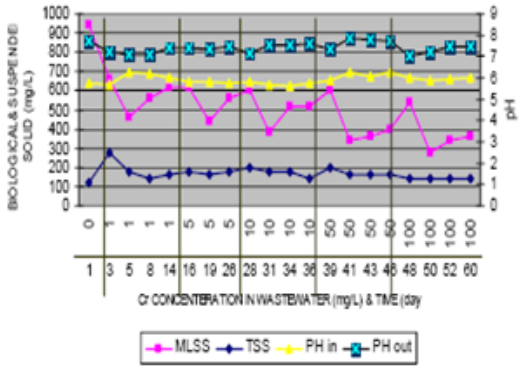
نکتهٔ قابل توجه در طول دوران سازگاری آن‌است‌که درصد حذف COD در روزهای ابتدای دوره کاهش داشته و پس از آن مجدداً افزایش می‌یابد که مبین ناچیز بودن زمان عمل خو گرفتن میکروارگانیسم‌ها با پساب ورودی است.

۲) بررسی عملکرد رآکتور لجن فعال با رشد چسبیده در زمان افزودن فلز سنگین کرم به صورت تنها

در غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر فلزات سنگین کرم درصد حذف COD به ۸۷٪ و غلظت MLSS موجود در داخل رآکتور به ۵۶۰ میلی‌گرم در لیتر و TSS به ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر و PH سیستم نیز برابر ۷/۴۲ می‌رسد. در غلظت فلز سنگین کروم تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر درصد حذف COD به میزان ۶۸٪ و غلظت MLSS موجود در داخل رآکتور برابر ۳۶۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان (TSS) در این غلظت معادل ۱۴۰ میلی‌گرم در لیتر و PH سیستم نیز برابر ۷/۴۸ است(شکل شمارهٔ ۴ و ۵).



شکل شمارهٔ(۴) : نتایج COD رآکتور لجن فعال بستر ثابت با فلز کرم



شکل شمارهٔ (۵) : نتایج MLSS,TSS, pH رآکتور لجن فعال بستر ثابت با فلز سنگین کرم

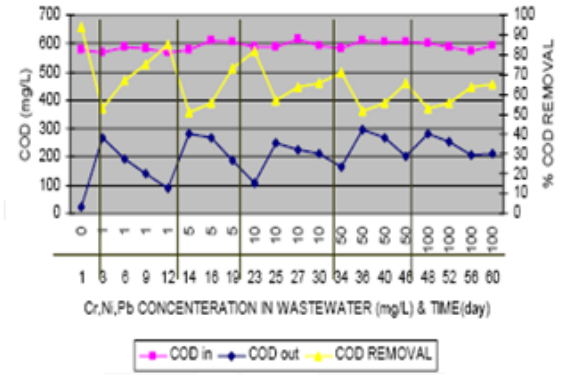
در مورد حذف COD می‌توان گفت که اگرچه تا غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در هر غلظت از ابتدا تا انتها افزایش در بازده حذف COD دیده می‌شود، در مجموع با افزایش غلظت فلزات در پساب از درصد حذف COD کاسته می‌شود (شکل شمارهٔ ۴). همچنین در هر مرحله در اثر افزایش غلظت فلزات سنگین کرم به فاضلاب میزان MLSS در رآکتور در ابتدا افزایش داشته وسپس این روند کاهش‌یافته و پس از چند روز در اثر سازگاری میکروارگانیسم‌ها با تغییرات ایجاد شده غلظت MLSS افزایش می‌یابد.

همچنین مقدار TSS بخش خروجی افزایش یافته، و پس از ایجاد حالت پایداری در داخل رآکتور، مقدار TSS کاهش می‌یابد و مقدار PH داخل راکتور ابتدا کاهش یافته و پس از ایجاد حالت پایداری در داخل رآکتور، مقدار PH افزایش می‌یابد (شکل شمارهٔ ۵).

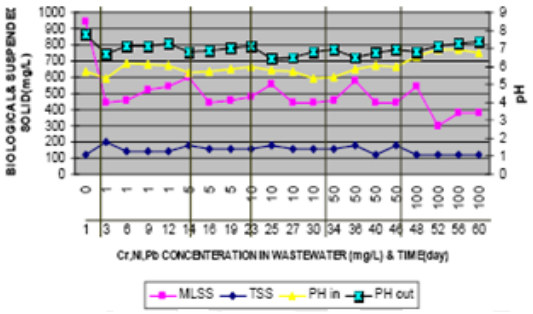
۳) بررسی عملکرد رآکتور لجن فعال با رشد چسبیده در زمان افزودن فلزات سنگین کرم و نیکل و سرب

درصد حذف COD در رآکتور لجن فعال با بستر ثابت در غلظت۱ میلی‌گرم در لیتر فلزات سنگین کرم و نیکل وسرب به صورت مخلوط، درصد حذف COD به میزان ۸۵٪ و غلظت MLSS موجود در داخل رآکتور برابر ۵۶۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان TSS در این غلظت معادل ۱۴۰ میلی‌گرم در لیتر و PH سیستم نیز برابر ۷/۲۸ است.

در غلظت فلزات سنگین کرم و نیکل و سرب تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، درصد حذف COD به میزان ۶۵٪ ، غلظت MLSS موجود در داخل رآکتور برابر۳۶۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان TSS ۱۴۰ میلی‌گرم در لیتر و PH سیستم نیز برابر ۷/۴۱ می‌شود (شکل شمارهٔ ۶ و ۷).



شکل شمارهٔ (۶) : نتایج COD رآکتور لجن فعال بستر ثابت با فلزات سنگین کرم،نیکل سرب



شکل شمارهٔ (۷) : نتایج MLSS,TSS, pH رآکتور لجن فعال بستر ثابت با فلزات سنگین کرم،نیکل سرب

بنابراین در مورد حذف COD می‌توان گفت که اگرچه تا غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در هر غلظت از ابتدا تا انتها افزایش در بازده حذف COD دیده می‌شود، در مجموع با افزایش غلظت فلزات در پساب از درصد حذف COD کاسته می‌شود (شکل شمارهٔ ۶). همچنین میزان MLSS در رآکتور در ابتدا افزایش داشته و سپس این روند کاهش یافته و پس از چند روز در اثر سازگاری میکروارگانیسم‌ها با تغییرات ایجاد شده غلظت MLSS افزایش می‌یابد. از طرف دیگر در اثر افزایش فلزات سنگین کرم، نیکل، سرب در هر مرحله به رآکتور، مقدار TSS بخش خروجی افزایش یافته، و پس از ایجاد حالت پایداری در داخل رآکتور، مقدار TSS کاهش می‌یابد. مقدار pH داخل راکتور ابتدا کاهش می‌یابد، و پس از ایجاد حالت پایداری در داخل رآکتور، مقدار pH افزایش می‌یابد (شکل شمارهٔ۷).

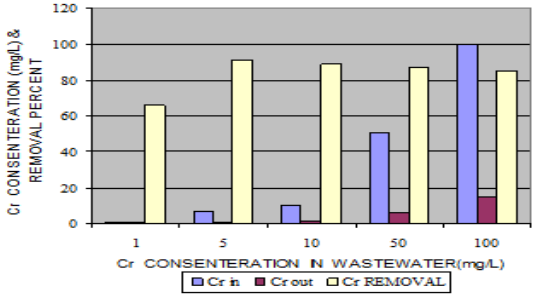
۴) بررسی حذف فلز سنگین کروم

فلز سنگین کروم به‌صورت نمک صنعتی دی‌کرومات‌پتاسیم $[K_2Cr_2O_7]$، در فاز ۲ با غلظت‌های ۱، ۵ ، ۱۰ ، ۵۰ ، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر وارد سیستم شد. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، درصد حذف فلز سنگین (کرم) به صورت تنها در رآکتور لجن فعال با بستر ثابت در غلظت۱ میلی‌گرم در لیتر، ۶۶٪ است که با افزایش غلظت فلز تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، درصد حذف ۸۶/۸٪ می‌رسد (شکل شمارهٔ ۸).

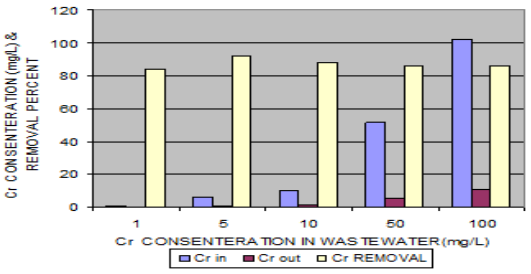
۵) بررسی حذف فلز سنگین، کرم ،سرب، نیکل به‌صورت مخلوط

فلزات سنگین کرم، سرب، نیکل به‌صورت نمک‌های صنعتی دی‌کرومات‌پتاسیم $[K_2Cr_2O_7]$، نیترات سرب $[Pb(NO_3)_2]$ و سولفات نیکل $[NiSO_4]$ در فاز ۳ با غلظت‌های ۱، ۵ ، ۱۰ ، ۵۰ ، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر وارد سیستم شد. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، درصد

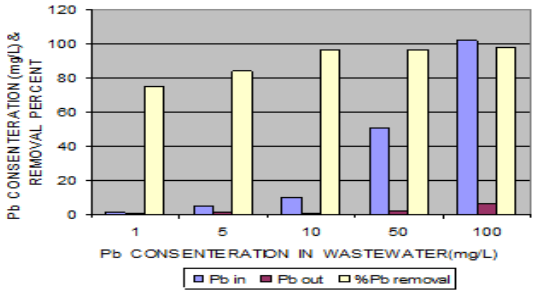
حذف فلزات سنگین (کرم، سرب و نیکل) به صورت مخلوط در رآکتور لجن فعال با بستر ثابت در غلظت۱ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب ۸۴٪ ، ۷۵٪ و ۸۰٪ است که با افزایش غلظت فلزات سنگین کرم، سرب و نیکل تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، درصد حذف به ترتیب ۸۶٪ ، ۹۷/۰۶٪ و ۹۷٪ می‌رسد (اشکال شمارهٔ ۹ و ۱۰ و ۱۱).



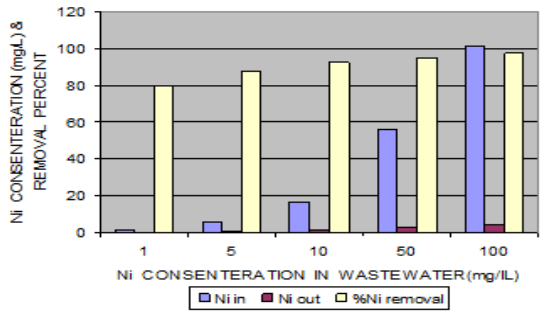
شکل شمارهٔ (۸): نتایج عملکرد رآکتور لجن فعال بستر ثابت در حذف فلز سنگین کرم تنها



شکل شمارهٔ (۹): نتایج عملکرد رآکتور لجن فعال بستر ثابت در حذف فلز سنگین کروم مخلوط



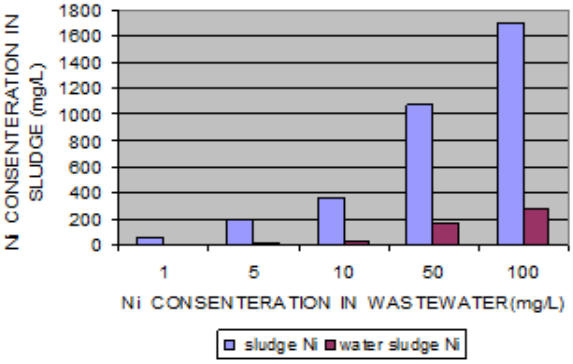
شکل شمارهٔ (۱۰) : نتایج عملکرد رآکتور لجن فعال بستر ثابت در حذف فلز سنگین سرب



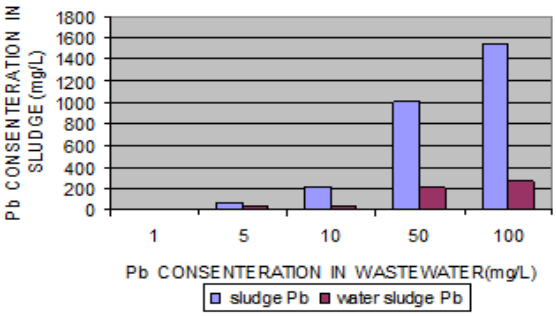
شکل شمارهٔ (۱۱) : نتایج عملکرد رآکتور لجن فعال بستر ثابت در حذف فلز سنگین نیکل

۶) تعیین مقدار فلزات سنگین جذب شده بر روی لجن و موجود در لجن آب

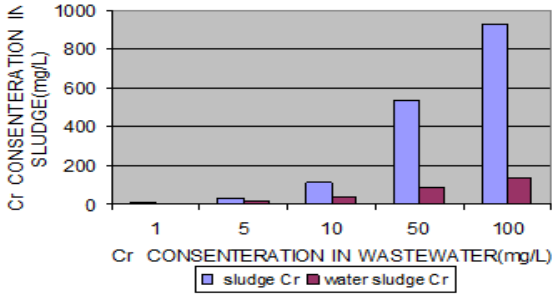
مشاهده شد در غلظت‌های ۱ ، ۵ ، ۱۰ ، ۵۰ ، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب ۸/۹۴ ، ۳۴/۶۸ ، ۱۱۳/۲۰ ، ۵۳۶/۵ ، ۹۲۴/۲۵ و میلی‌گرم کرم بر گرم لجن خشک و به ترتیب ۴/۳ ، ۷/۲ ، ۳۷/۵ ، ۱۰۴/۴ ، ۳۲۴/۸ میلی‌گرم کرم بر گرم در آب لجن و ۱۳/۳۵، ۶۹/۱۱ ، ۲۱۴/۲ ، ۱۰۰۹/۸ ، ۱۵۴۴ میلی‌گرم سرب بر گرم لجن خشک و به ترتیب ۹/۶۶ ، ۳۰/۳۴ ، ۴۱/۸ ، ۲۰۹/۸ ، ۲۷۰ میلی‌گرم سرب بر گرم در آب لجن و ۵۳/۰۲ ، ۳۶۳ ، ۱۰۷۲/۶ ، ۱۶۹۹/۴ میلی‌گرم نیکل بر لجن خشک و به ترتیب ۹/۲۴ ، ۱۳/۵ ، ۳۸/۵ ، ۸۸/۴ ، ۱۶۸/۲۱ میلی‌گرم نیکل بر گرم در آب لجن است که مبین ویژگی تجمع این فلزات در داخل بافت میکروارگانیزمی باشد (اشکال شمارهٔ۱۲ و ۱۳ و ۱۴) .



شکل شمارهٔ (۱۲) : میزان جذب نیکل بر روی لجن و موجود در لجن آب



شکل شمارهٔ (۱۳) : میزان جذب سرب بر روی لجن و موجود در لجن آب



شکل شمارهٔ (۱۴) : میزان جذب کرم بر روی لجن و موجود در لجن آب

۷) مقایسهٔ نتایج تحقیق با تحقیقات مشابه

طی بررسی‌های صورت گرفته بررسی عملکرد رآکتورهای بیولوژیکی لجن فعال با بستر ثابت در حذف فلزات سنگین (کرم، سرب و نیکل) در جایی صورت نگرفته است. این سیستم در مقایسه با سایر روش‌های بیولوژیکی تصفیه پساب‌های حاوی فلزات سنگین کرم نیکل وسرب همچون سیستم SBR از کارایی تقریباً مشابه با توان سازگاری بیشتر (نجایی، ۱۳۸۳) و در سایر موارد از کارایی بالاتری برخوردار است که علت آن ماندگاری بیشتر میکروارگانیسم‌ها در سیستم و خروج آن از سیستم به‌صورت تابع پله‌ای و تحمل پذیرش غلظت‌های بالای فلزات است. (Mohan, 2007؛ ۱۳۸۰ ;مهدیان فضلی، Costley, 2001.)

بحث و تفسیر نتایج

از آنجایی‌که هدف از این تحقیق بررسی کارایی رآکتور لجن فعال با بستر ثابت برای حذف فلزات سنگین کرم، سرب و نیکل از فاضلاب به روش بیولوژیکی و همچنین کاهش بار آلودگی فاضلاب توسط این سیستم است، موارد زیر را می‌توان به‌عنوان برخی از مهم‌ترین نتایج گرفته شده از این تحقیق برشمرد:

الف) رآکتور لجن فعال با بستر ثابت در پساب‌های مخلوط بویژه در صورتی‌که متوسط ترکیب درصد پساب ورودی تحت کنترل باشد، هم از نظر حذف COD، یا از نظر مواد معلق خروجی، می‌توانند موفق باشند.

ب) در رآکتور لجن فعال با بستر ثابت ، پساب خروجی از کیفیت تقریباً یکنواختی برخوردار بوده، وضعیت ته‌نشینی لجن در این سیستم بسیار خوب است.

ج) سیستم لجن فعال بستر ثابت بسیار قابل انعطاف بوده، براحتی خود را با تغییرات شرایط تطبیق می‌دهد.

د) دورهٔ سازگاری در این سیستم کوتاه است و سیستم با توجه به نوع پساب مورد استفاده، خیلی سریع آماده بهره‌برداری می‌شود و می‌توان از آن، پساب تصفیه شده‌ای با کیفیت به‌نسبت یکنواخت دریافت کرد.

ه) فلز کروم تأثیر بسیار بیشتری روی بازده سیستم نسبت به سایر فلزات می‌گذارد که نشانگر اثر سمیت زایی بسیار بالاتر این فلز در مقابل سایر فلزات است.

و) رآکتور لجن فعال با بستر ثابت در حذف فلز سرب از پساب‌های آلوده به فلزات سنگین تا غلظت ورودی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارای بازده بیش از ۹۷٪ ، در حذف فلز نیکل تا غلظت ورودی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارای بازده بیش از ۹۷٪ و همچنین در حذف فلز کرم تا غلظت ورودی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارای بازده بیش از ۸۵٪ است.

ز) رآکتور لجن فعال با بستر ثابت در تحمل ورودی پساب‌های آلوده به فلزات سنگین کرم، سرب و نیکل از نظر حذف COD تا غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کاملاً موفق است، و در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر دارای بازده حذف COD معادل ۸۰٪ بوده و تا غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در حدود ۶۶٪ حذف COD در این رآکتورها مشاهده شده است. البته ابتدا دچار افزایش مواد جامد معلق در خروجی و کاهش غلظت تودهٔ بیولوژیکی (MLSS) و درصد حذف COD می‌شود.

ح) جمعیت میکروارگانیسم‌های درون رآکتور، علاوه بر این‌که به‌عنوان فلزات سنگین کرم، سرب و نیکل را مصرف کند، به‌صورت مادهٔ جاذب نیز عمل کرده، درصدی از این ترکیبات را به‌صورت سطحی جذب می‌کند.

یادداشت‌ها

1-Fixed Activated Sludge (FAS)
2-Sequencing Batch Reactor (SBR)
3-Rotary Biological Contactor (RBC)

منابع مورد استفاده

حیات بخش، ا. ۱۳۸۳. بررسی عملکرد سیستم‌های هوادهی با بستر ثابت در تصفیهٔ فاضلاب‌ها با بار آلودگی بالا، پایان نامهٔکارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست – آب وفاضلاب، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران

مهدیان فضلی، م. ۱۳۸۰. نقش میکروارگانیسم‌ها در حذف فلزات از فاضلاب، مجلهٔ آب محیط زیست، شمارهٔ ۴۵، صفحات ۲۶–۲۹

نجایی، آ. ۱۳۸۳. بررسی عملکرد رآکتورهای ناپیوسته با عملیات متوالی (SBR) در تصفیهٔ پساب‌های حاوی ترکیبات فلزات سنگین (کرم، سرب و نیکل) با استفاده از دور رآکتور SBR. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست – آب وفاضلاب، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران

Alluri,H.K. 2007. Biosorption: An eco-friendly alternative for heavy metal removal, African Journal of Biotechnology Vol. 6 (25), pp. 2924-2931.

Costley,C.S., F.M.,Wallis.2001. Investigation of rotating biological contractors for heavy metal removal freom wastewater. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, Vol. 24 lssue 4, p 244.

Dorbin, J.o. 2006. Removal heavy metal, African Journal of Biochemistry Research Vol. 1 (2), pp. 011-023.

Iddou,A., M.S.,Oualib. 2008. Waste-activated sludge (WAS) as Cr(III) sorbent biosolid from wastewater effluent " Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 66, pp 240–245

Lenntech Water Treatment and Air Purification.2004. Water Treatment,Published by Lenntech, Rotterdamseweg, Netherlands (www.excelwater.com/thp/filters/Water-Purification.htm).

Mesdanghinia,A. 1986. Fixed Activated Sludge Makes Sewage Treatment Simple, Water Science and Technology , Vol.18, No.7-8, pp 193-198.

Mohan,S., Sreelakshmi,G. 2007. Fixed bed column study for heavy metal removal using phosphate treated rice husk. Chennai 36, India, Journal of Hazardous Materials 153, pp 75–82.

Greenberg,A.E. , L.S,Clesceri & A.D.,Eaton. 1998.Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA

Takani,k. 1994. Wastewater Treatment with Microbial Film, 1st edition, Technomic, USA.

United Nations Environmental Protection/Global Program of Action .2004. Why The Marine Environment Needs Protection from Heavy Metals, Heavy Metals 2004, UNEP/GPA Coordination Office (http://www.oceansatlas.org/unatlas/uses/uneptextsph/wastesph/2602gpa