

تصفیه پساب واحد تولید رزین HTPB به روش راکتور UASB

محمود آقازیارتی^{۱*} و ناهید خندان^۲

۱- تهران - دانشگاه صنعتی مالک اشتر

۲- تهران - دانشگاه صنعتی شریف - دانشکده مهندسی شیمی و نفت

چکیده

در این تحقیق، کارایی روش بی‌هوازی راکتور UASB در تصفیه پساب واحد تولید رزین HTPB ارزیابی شد. عملیات با استفاده از یک راکتور UASB به حجم ۲۲۷ لیتر و بصورت پیوسته انجام گرفت. پساب واحد تولید رزین HTPB شامل اتانول، ترکیبات مختلف از رزین HTPB، آب اکسیژنه و آب بود. مرحله راه‌اندازی راکتور UASB با غلظت خوراک 50 mgCOD/l آغاز گردید. در طول این دوره برای اطمینان از فرایند گرانول‌سازی لجن در داخل راکتور، بطور مرتب از لجن داخل راکتور نمونه‌گیری و بر روی آنها آنالیزهای VSS ، TSS و فعالیت متانزایی انجام گرفت. نتایج این آنالیزها حاکی از تشکیل لجن گرانولی و تکمیل فرایند گرانول‌سازی در داخل راکتور بود. همچنین نتایج حاصل از آنالیز جریان خروجی از راکتور نشانگر سیر صعودی بازده حذف آلاینده‌ها توسط راکتور UASB بود. در انتهای دوره راه‌اندازی بازده حذف آلاینده‌ها به ۷۸ درصد رسید. پس از پایدار شدن فرایند تصفیه، پارامترهای مؤثر بر بازده تصفیه از قبیل غلظت خوراک ورودی به راکتور و سرعت ظاهری مایع مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمایشهای راکتوری نشان داد که شرایط عملیاتی بهینه برای فرایند تصفیه، غلظت خوراک 1000 mgCOD/l و سرعت ظاهری $1/3$ متر بر ساعت می‌باشد که در این شرایط راندمان حذف ترکیبات آلی موجود در پساب به حدود ۹۵ درصد رسید. این تحقیق نشان داد که راکتور UASB یک روش بسیار خوب با کارایی بالا برای تصفیه پساب واحد تولید رزین HTPB می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رزین HTPB، تصفیه پساب، راکتور UASB، روش بی‌هوازی

۱. مقدمه

شیمیایی و بیولوژیکی انجام می‌شود. معمولاً یک واحد تصفیه تلفیقی از تصفیه فیزیکی و یکی از دو روش شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد. روش بیولوژیکی نسبت به روش شیمیایی ارزانتر و از فرایند ساده‌تری برخوردار است و در مناطقی که امکان احداث سیستم تصفیه بیولوژیکی باشد از این

در سالهای اخیر بدلیل افزایش واحدهای صنعتی، مشکلات زیست محیطی بسیار بحرانی شده‌اند و تصفیه پسابهای آلوده کننده محیط زیست بیش از پیش ضروری بنظر می‌رسد. تصفیه پسابهای صنعتی به سه روش فیزیکی،

* E-mail: maziarati@mut.ac.ir

عموماً بین ۲ تا ۸ ماه طول می کشد که این تنها ضعف فناوری راکتور UASB می باشد [۴-۷].

پس از ابداع روش راکتور UASB، تحقیقات زیادی بر روی بررسی کارایی آن در تصفیه پسابهای مختلف از قبیل پساب خانگی و پساب حاصل از صنایع غذایی انجام گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیقات نشان می دهد که سیستم راکتور UASB می تواند با موفقیت برای تصفیه این گروه از پسابها بکار رود [۸-۱۰]. بعنوان نمونه، Punal و همکار در سال ۱۹۹۹ بر روی تصفیه پساب واحد تولید کنسرو ماهی با استفاده از فناوری راکتور UASB تحقیق نمودند. آنها توانستند با موفقیت واحد تصفیه راکتور UASB را راه اندازی و به مرحله عملیاتی برسانند. در این تحقیق بازده حذف آلاینده ها در حالت پایدار بالای ۹۰ درصد گزارش شده است [۱۱].

تصفیه پسابهای واحدهای پلیمری بدلیل پیچیدگی خاص آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است و اجرای فناوری راکتور UASB برای این نوع پسابها بسیار مشکل می باشد. نتایج حاصل از تحقیقاتی که بر روی تصفیه پسابهای واحدهای پلیمری مختلف انجام گرفته، نشانگر این است که این روش می تواند برای تصفیه این گروه از پسابها نیز با موفقیت بکار رود [۱۴-۱۲]. به عنوان مثال، Polanco و همکاران در سال ۱۹۹۹ تصفیه پساب واحد تولید پلی اتیلن ترفتالات را با کمک راکتور UASB مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که فناوری راکتور UASB می تواند برای تصفیه پساب صنعت مورد نظر بکار رود. بازده تصفیه حدود ۹۰ درصد بود [۱۵]. در فرایند تولید رزین HTPB، پس از اتمام واکنش محتویات داخل راکتور به دکانتور منتقل شده و به آن آب افزوده می شود تا الکل و آب اکسیژنه واکنش نداده به فاز آبی رفته و رزین جدا گردد. سپس فاز آبی که فاز پایینی دکانتور را تشکیل می دهد از دکانتور خارج شده و دفع می گردد. این عملیات سه مرتبه تکرار می شود. با توجه به اینکه عمل جداسازی نمی تواند بطور کامل صورت گیرد، فاز آبی حاوی مقداری از رزین نیز است. این فاز آبی پساب واحد تولید رزین HTPB تشکیل می دهد. آنالیزهای انجام گرفته بر روی پساب مورد نظر نشان داد که میزان آلودگی آن بسیار بالا است (حدود ۱۰۰۰۰ mgCOD/l).

در این تحقیق، تصفیه پساب واحد تولید رزین HTPB به روش راکتور UASB و عوامل موثر بر فرایند گرانول سازی لجن بکار رفته در آن، مورد ارزیابی قرار گرفت و همچنین شرایط بهینه عملیات تصفیه مشخص گردید. لازم به ذکر است که در تحقیقات قبلی، تصفیه پساب واحد تولید رزین HTPB مورد مطالعه قرار نگرفته بود.

روش استفاده می شود. در تصفیه بیولوژیکی، موجودات ذره بینی مواد آلی موجود در فاضلاب را بعنوان منبع غذایی مصرف و تجزیه می کنند. نتیجه این تجزیه ایجاد انرژی برای فعالیت میکروارگانیسمها و تکثیر سلولهای بیولوژیکی یا توده زیستی می باشد.

روش بیولوژیکی در دو گروه هوازی و بی هوازی طبقه بندی می شود. در روش هوازی، باکتریهای هوازی با استفاده از اکسیژن محلول یا اکسیژنی که مصنوعاً به فاضلاب تزریق می شود به اکسیداسیون مواد آلی موجود در فاضلاب می پردازند. در روش بی هوازی، باکتریهای بی هوازی که قادر به ادامه زندگی در حضور اکسیژن آزاد و محلول نیستند از اکسیژن موجود در ساختمان شیمیایی بعضی از مواد از قبیل نیترات، فسفات و سولفات استفاده نموده و ترکیبات آلی را در غیاب اکسیژن تجزیه می نمایند. واکنش کلی را بصورت زیر می توان نشان داد:

→ ترکیب آلی + نیترات + سولفات + فسفات + باکتری بی هوازی

سلولهای جدید + انرژی + $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_4 + \text{NH}_3 + \text{PH}_3 + \text{H}_2\text{S}$

سیستمهای تصفیه بی هوازی نسبت به سیستمهای تصفیه هوازی دارای مزایایی از قبیل:

- ۱- تولید لجن اضافی بسیار کم
- ۲- نیاز کمتر به احتیاجات غذایی
- ۳- عدم نیاز به اکسیژن و تجهیزات هوادهی
- ۴- تولید محصول نهایی با ارزش

می باشند. با توجه به افزایش حجم پسابهای صنعتی و پایین بودن سرعت تصفیه روشهای قبلی، در سال ۱۹۹۰ روش جدیدی به نام راکتور UASB (بستر لجن بی هوازی با جریان بالارو) ابداع گردید. این روش برای تصفیه پسابهای با آلودگی بالا بسیار مناسب می باشد. زیرا بدلیل غلظت بالای میکروارگانیسمهای موجود در آن، حذف آلاینده ها سریعتر از روشهای دیگر اتفاق می افتد. [۱-۳].

بطور کلی بازده حذف آلاینده ها در سیستم راکتور UASB بستگی به میزان گرانولی شدن لجن داخل راکتور دارد. زیرا بدلیل نبود محافظ برای لجن در داخل راکتور، لجنهای با دانسیته پایین در اثر نوسانات جریان ورودی و یا توسط گاز تولید شده در طول فرایند تصفیه از داخل راکتور شسته شده و به همراه جریان خروجی از راکتور خارج می شوند. در نتیجه غلظت میکروارگانیسمها کاهش یافته و در نهایت بازده تصفیه پایین می آید. بهمین دلیل نیاز است که مرحله راه اندازی راکتور UASB به آهستگی انجام گیرد و به لجن داخل راکتور فرصت داده شود تا بصورت گرانولی در آید. این دوره

۲. مواد و روشها

۲-۱- سیستم راکتوری

آزمایشها در یک راکتور UASB از جنس پلکسی گلاس با حجم ۲۲۷ لیتر به طول ۲ متر و قطر داخلی ۳۸ سانتی متر انجام گرفت. شماتیک راکتور استفاده شده در شکل (۱) آورده شده است. از لحاظ فیزیکی، این سیستم بسیار ساده و از سه بخش تشکیل شده است:

بخش اول: ورودی مخروطی شکل برای توزیع خوراک،

بخش دوم: بستر لجنی که واکنشهای بیولوژیکی در آن اتفاق می افتد،

بخش سوم: جداساز سه فازی که در بالای راکتور قرار دارد و ذرات جامد را از فاز مایع و گاز جدا می کند.

فرایند تصفیه به این صورت می باشد که ابتدا خوراک از طریق ورودی مخروطی شکل وارد راکتور شده و از بین بستر لجنی که از یک توده زیستی با غلظت بالا تشکیل شده است، عبور می کند. این بستر لجنی می تواند بصورت گرانولی یا لخته ای باشد. سپس از بین یک بستر با لجن سبکتر عبور می کند. بعبارت دیگر غلظت لجن از پایین به بالای راکتور رفته رفته کاهش می یابد. در بالای راکتور قبل از آنکه جریان خروجی تخلیه گردد، جداکننده سه فازی، مایع، جامد و گاز را از همدیگر جدا می کند که ذرات جامد سنگین به سمت بستر لجنی برمی گردند و مایع و گاز از راکتور خارج می شوند.

۲-۲- مواد

لجن بی هوازی از واحد تصفیه پارچین تهیه شد. در واحد تصفیه پارچین از راکتور UASB برای تصفیه فاضلاب متشکل از پسابهای واحدهای الکل، کتون و فاضلاب خانگی استفاده شده است. لجن بی هوازی بصورت دربسته و بدون تزریق خوراک و در دمای اتاق برای یک سال نگهداری شد و در ابتدای مرحله راه اندازی واحد تصفیه به واحد تزریق گردید. مشخصات لجن اولیه در جدول (۱) آورده شده است. ترکیب درصد خوراک مورد استفاده بصورت جدول (۲) بود. از محلول بافر بی کربنات سدیم برای تنظیم pH سیستم در محدوده ۶/۵-۷/۳ استفاده گردید.

کلرید آمونیم و پتاسیم دی هیدروژن فسفات بعنوان مواد مغذی تامین کننده نیازهای نیتروژن و فسفر میکروارگانیزمها بکار رفتند. سعی گردید که نسبت COD:N:P=100:10:1 در خوراک حفظ شود تا محیط کشت مطلوب حاصل گردد [۱۶-۱۸].

۲-۳- عملیات راکتور UASB و روشهای آنالیز

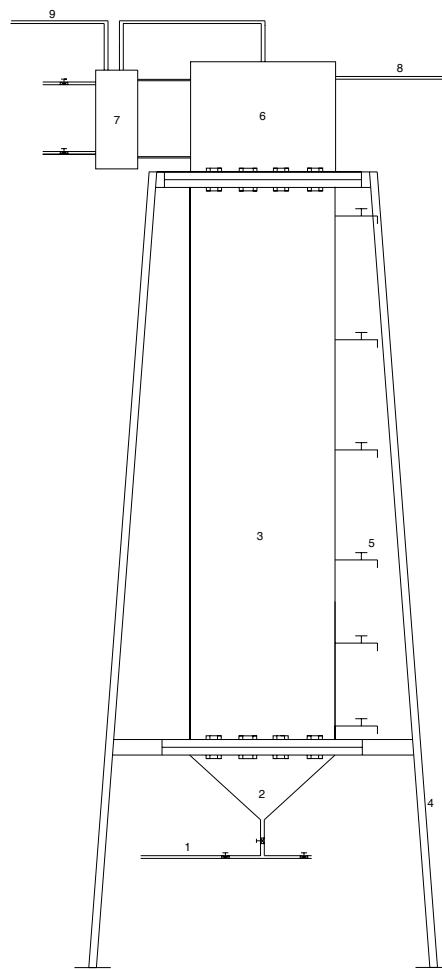
ابتدا ۵۰ درصد راکتور UASB با لجنی که از قبل آماده شده بود، پرگردید. آزمایشها در دو بخش جداگانه: مرحله راه اندازی و مرحله حالت پایدار سیستم طراحی گردید که در این دو مرحله بطور مرتب عملکرد راکتور و تغییرات خصوصیات لجن تولیدی ارزیابی شد. در طول عملیات، خوراک غلیظ با استفاده از آب شهر رقیق شده، سپس وارد راکتور شد. خوراک بطور متناوب با محلولهای مواد مغذی مخلوط و وارد راکتور گردید. دمای عملیات همواره در ۲۵ °C ثابت نگه داشته شد. قلیائیت راکتور همواره بصورت بی کربنات سدیم در یک نسبتی که وابسته به غلظت خوراک مورد استفاده بود (حدود نیم گرم بازای هر گرم COD) تأمین شد. در طول عملیات آنالیزهای GC, pH, COD, TSS, VSS و اندیس حجمی لجن (SVI) مطابق روشهای استاندارد انجام گرفت [۱۹]. توزیع اندازه لجن گرانولی با استفاده از تکنیک گزارش شده در مرجع تعیین گردید [۲۰]. این روش بطور خلاصه به این صورت می باشد که ابتدا نمونه لجن آغشته به ژلاتین بر روی شیشه مالیده شده، سپس توسط دستگاه SEM از آن عکسبرداری می شود و با توجه به تصویر حاصل توزیع ذرات لجن بدست می آید.

جدول ۱- مشخصات لجن اولیه

مقدار	مشخصه
۵۵/۲	TSS (گرم بر لیتر)
۴۰/۱	VSS (گرم بر لیتر)
۴۳	SVI (میلی لیتر بر گرم TSS)
۰/۴۳	فعالیت متنازایی (گرم متان تولیدی بر گرم VSS بر روز)

جدول ۲- ترکیب درصد خوراک

اجزاء	درصد وزنی
اتانول	۱۰/۶
آب اکسیژنه	۰/۷
رزین HTPB	۷/۴
آب	۸۱/۳



شکل ۱- شماتیک راکتور UASB بکار رفته:

۱- محل ورود خوراک ۲- توزیع کننده جریان ورودی ۳- بدنه راکتور ۴- پایه نگهدارنده راکتور
۵- شیرهای نمونه گیری در نقاط مختلف راکتور ۶- جداکننده فازی ۷- ستون آب ۸- محل خروج جریان از راکتور ۹- محل خروج گازهای تولیدی

۳. نتایج و بحث

۳-۱- مرحله راه اندازی

زیادی از توده زیستی که دارای دانسیته مناسبی نبوده از داخل راکتور شسته شده و توسط جریان مایع از راکتور خارج شده است و همزمان با شسته شدن لجنهای سبک دانسیته توده زیستی شروع به افزایش نموده است. اما با گذشت زمان از شدت شستشوی توده زیستی و همچنین از سرعت افزایش دانسیته لجن کاسته شده است. مقایسه نمودار VSS و TSS نشان می دهد که افزایش دانسیته مواد جامد مربوط به افزایش دانسیته توده زیستی می باشد. بعبارت دیگر این موضوع حکایت از گرانولی شدن لجن دارد. در انتهای دوره راه اندازی و پس از زمان حدود ۱۵۰ روز مقادیر VSS و TSS به مقادیر ثابت خود رسیده اند و میزان شستشوی لجن نیز حداقل شده است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که پس از گذشت ۱۸۰ روز، لجن بکار رفته به خصوصیات پایدار رسیده است.

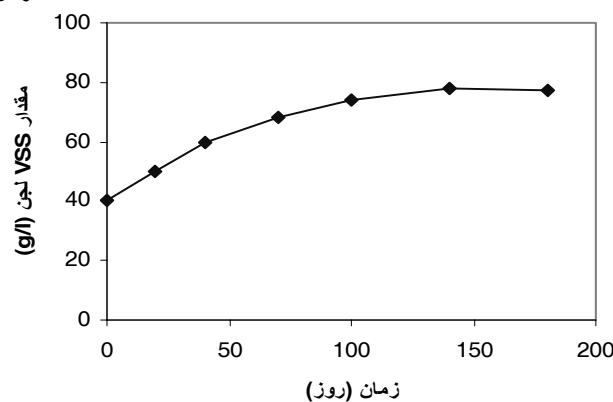
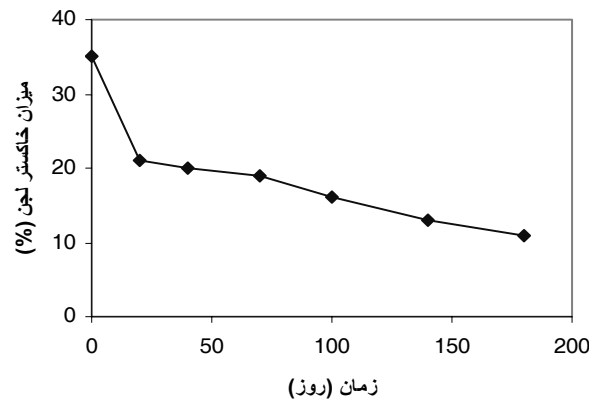
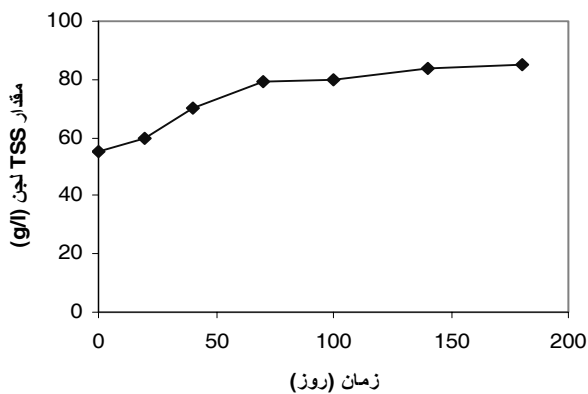
راه اندازی راکتور UASB با غلظت کم خوراک (500 mgCOD/l) آغاز گردید. برای ارزیابی عملکرد سیستم تصفیه در طول این دوره، همواره از جریان خروجی راکتور و همچنین از لجن داخل راکتور نمونه برداری و بازده تصفیه، میزان آزادسازی گاز متان و مشخصات لجن داخل راکتور تعیین گردید.

۳-۱-۱- تشکیل لجن گرانولی در داخل راکتور UASB

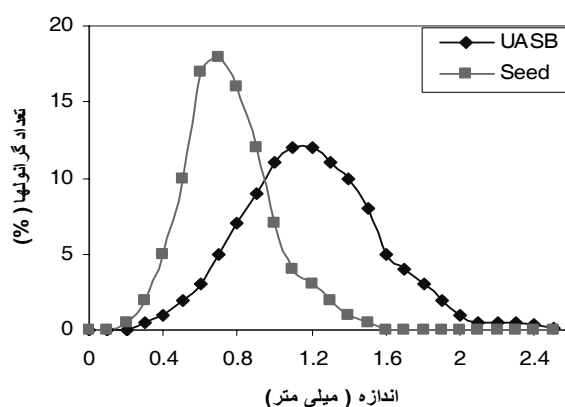
شکل (۲) برخی از مشخصات لجن را که اندازه گیری شده است نشان می دهد. همانطور که در شکل (۲) ملاحظه می شود در ابتدای دوره راه اندازی مقادیر

همانطور که ملاحظه می شود در روزهای ابتدایی دوره راه اندازی، میزان آزادسازی گاز متان بسرعت افزایش می یابد اما پس از گذشت حدود ۴۰ روز از دوره راه اندازی و با بهبود خواص لجن، میزان آزادسازی گاز متان با شیب کمتری نسبت به زمان تغییر می کند و در نهایت با تثبیت خواص لجن در داخل راکتور سرعت آزادسازی گاز متان نیز ثابت می شود. این نتایج نشان می دهند که فرایند گرانول سازی در داخل راکتور با موفقیت انجام گرفته و راکتور از لحاظ تشکیل لجن مطلوب به حالت پایدار رسیده است.

در انتهای دوره راه اندازی، توزیع اندازه گرانول های لجن نیز ثبت گردید که در شکل (۳) نشان داده شده است. همانطور که شکل (۳) نشان می دهد اندازه گرانولهای لجن افزایش یافته و به مقدار متوسط حدود ۱/۲ میلیمتر رسیده است. در حالیکه قبل از دوره راه اندازی اندازه ذرات لجن حدود ۰/۷۵ میلیمتر بوده است. بعبارت دیگر می توان گفت ذرات لجن در طول دوره راه اندازی بطور متوسط حدود ۰/۴۵ میلیمتر رشد داشته اند. علاوه بر اندازه گیری مشخصات لجن، فعالیت متنازایی لجن نیز ثبت گردید که در شکل (۴) آورده شده است.

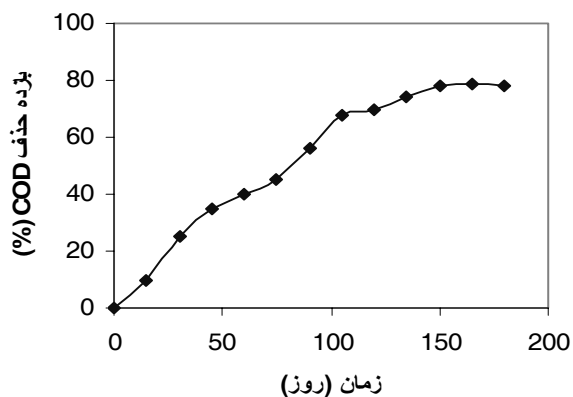


شکل ۲- تغییرات مشخصات لجن گرانولی در طول دوره راه اندازی راکتور UASB

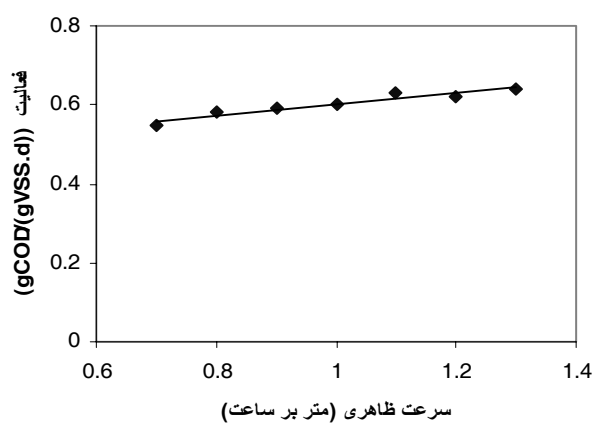


شکل ۳- توزیع اندازه لجن گرانولی در راکتور بعد از دوره راه اندازی در مقایسه با لجن اولیه

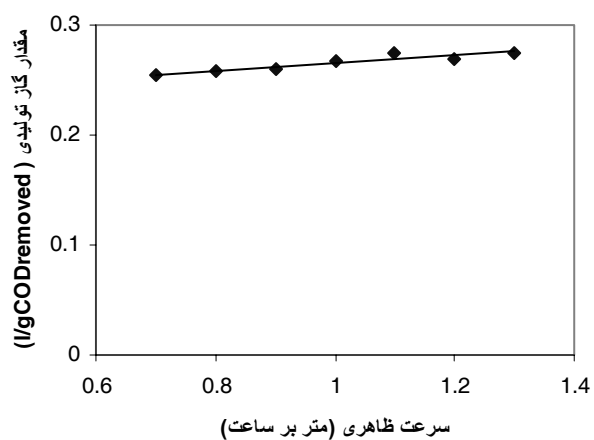
دیگر دارند. به همین منظور اثر این دو عامل مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت مقادیر بهینه این دو پارامتر بدست آمد.



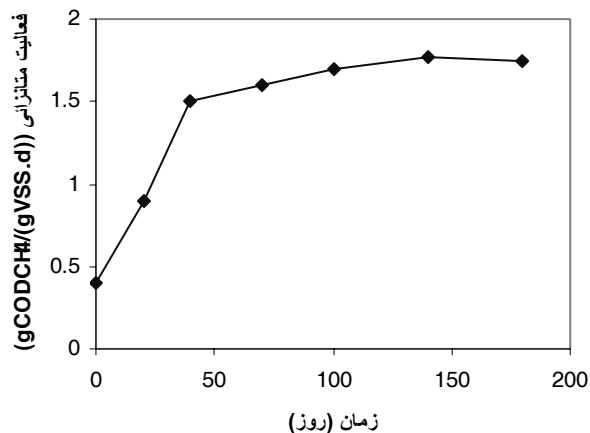
شکل ۵- بازده تصفیه در طول دوره راه اندازی



شکل ۶- عملکرد راکتور UASB در سرعت‌های ظاهری مختلف بعد از دوره راه اندازی و در طول ۶۰ روز



شکل ۷- میزان تولید بیوگاز راکتور در سرعت‌های ظاهری مختلف بعد از دوره راه اندازی و در طول ۶۰ روز



شکل ۴- تغییرات فعالیت متنازایی لجن در طول دوره راه اندازی

۳-۱-۲- بازده حذف آلاینده ها

در طول عملیات همواره غلظت آلاینده ها در جریان خروجی بصورت پارامتر COD اندازه گیری گردید که نتایج حاصل بصورت شکل (۵) آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود با گذشت زمان، میزان حذف آلاینده ها تا ۱۵۰ روز افزایش یافته اما بعد از این مدت بازده حذف تقریباً ثابت مانده است که این امر نشانگر تثبیت و به حالت پایدار رسیدن فرایند تصفیه است. بازده حذف آلاینده ها در پایان دوره راه اندازی به ۷۸ درصد رسید.

۳-۲- مرحله حالت پایدار سیستم تصفیه

برای اطمینان از پایداری سیستم تصفیه، در غلظت اولیه 500 mgCOD/l از خوراک، سرعت ظاهری مایع تغییر داده شد که نتایج حاصل در شکل‌های (۶) و (۷) آورده شده اند. همانطور که مشاهده می شود با افزایش سرعت ظاهری نه تنها لجن داخل راکتور همراه با جریان خروجی از راکتور خارج نگردد. بلکه بازده حذف آلاینده ها نیز بهبود یافت. این امر نشان دهنده این واقعیت است که دانسیته توده زیستی داخل راکتور به اندازه کافی افزایش یافته است و می تواند در برابر تغییرات سرعت بالارو جریان مقاومت کند و از راکتور خارج نگردد. علاوه براین، به دلیل افزایش سرعت بالارو، فعالیت لجن افزایش یافته و باعث شده است که میزان گاز تولیدی زیاد شود. زیاد شدن دبی گاز تولیدی، خود، باعث افزایش اختلاط در داخل راکتور و در نتیجه بهبود عملکرد راکتور می گردد.

پس از اطمینان از پایدار شدن سیستم تصفیه، سعی گردید پارامترهای مؤثر بر عملکرد فرایند تصفیه بهینه گردند. از میان عوامل مختلف، پارامترهای غلظت خوراک و سرعت ظاهری مایع اهمیت بیشتری نسبت به پارامترهای

عملکرد فرایند تصفیه بهینه گردند. از میان عوامل مختلف، پارامترهای غلظت خوراک و سرعت ظاهری مایع اهمیت بیشتری نسبت به پارامترهای دیگر دارند. بهیمن منظور اثر این دو عامل مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت مقادیر بهینه این دو پارامتر بدست آمد.

شکل (۸) اثر غلظت آلاینده ها در جریان ورودی به راکتور UASB را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود با افزایش غلظت خوراک فعالیت میکروارگانیسمها افزایش یافته و در نتیجه میزان گاز تولیدی افزایش می یابد. در غلظتهای کمتر از 10000 mgCOD/l میزان گاز تولیدی به اندازه ای است که جریان داخل راکتور نه تنها متلاطم نمی شود بلکه آزاد شدن گاز باعث افزایش اختلاط و در نتیجه باعث افزایش بازده حذف می گردد. در غلظتهای بالاتر از 10000 mgCOD/l بدلیل حجم زیاد گاز آزاد شده، جریان داخل راکتور متلاطم می گردد.

این شرایط باعث می شود که گاز تولیدی لجن داخل راکتور را نیز همراه خود از راکتور خارج کند. در نتیجه با کاهش مقدار لجن داخل راکتور بازده حذف راکتور نیز کاهش می یابد. بنابراین نتیجه گرفته می شود که غلظت خوراک 10000 mgCOD/l غلظت بهینه برای جریان ورودی می باشد.

۴. نتیجه گیری

این تحقیق نشان داد که فناوری راکتور UASB می تواند با موفقیت برای تصفیه پساب حاصل از واحد تولید رزین HTPB بکار رود. بازده تصفیه در این روش بالا بود (حدود ۹۵ درصد). نتایج حاصل از آنالیز محتویات داخل راکتور نشان داد که فرایند گرانول سازی لجن بخوبی انجام شده است و لجن تشکیل شده دارای خصوصیات مطلوب می باشد. همچنین نتایج بدست آمده از آزمایشهای راکتوری نشان داد که عوامل غلظت خوراک و سرعت ظاهری مایع بر بازده تصفیه تأثیر چشمگیری دارند و مقادیر بهینه برای این دو عامل بترتیب 10000 mgCOD/L و $1/3$ متر بر ساعت می باشد.

۵. علائم اختصاری

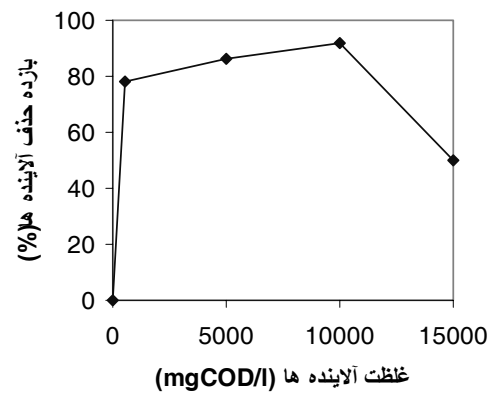
COD = Chemical Oxygen Demand

HTPB = Hydroxyl Terminated PolyButadiene

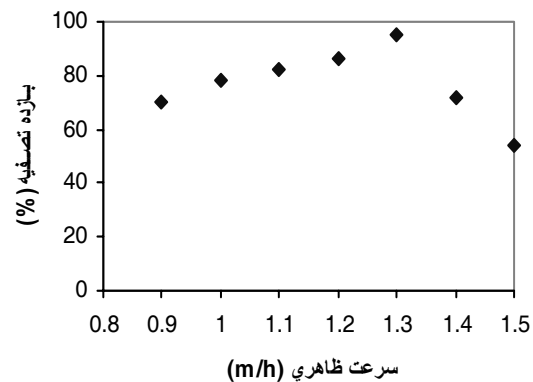
TSS = Total Suspended Solid

UASB = Upflow Anaerobic Sludge Bed

VSS = Volatile Suspended Solid



شکل ۸- اثر غلظت آلاینده ها در جریان ورودی بر عملکرد فرایند تصفیه



شکل ۹- منحنی تغییرات بازده تصفیه برحسب سرعت ظاهری در غلظت خوراک 10000 mgCOD/l و در طول ۶۰ روز

شکل (۸) اثر غلظت آلاینده ها در جریان ورودی به راکتور UASB را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود با افزایش غلظت خوراک فعالیت میکروارگانیسمها افزایش یافته و در نتیجه میزان گاز تولیدی افزایش می یابد. در غلظتهای کمتر از 10000 mgCOD/l میزان گاز تولیدی به اندازه ای است که جریان داخل راکتور نه تنها متلاطم نمی شود بلکه آزاد شدن گاز باعث افزایش اختلاط و در نتیجه باعث افزایش بازده حذف می گردد. در غلظتهای بالاتر از 10000 mgCOD/l بدلیل حجم زیاد گاز آزاد شده، جریان داخل راکتور متلاطم می گردد.

این شرایط باعث می شود که گاز تولیدی لجن داخل راکتور را نیز همراه خود از راکتور خارج کند. در نتیجه با کاهش مقدار لجن داخل راکتور بازده حذف راکتور نیز کاهش می یابد. بنابراین نتیجه گرفته می شود که غلظت خوراک 10000 mgCOD/l غلظت بهینه برای جریان ورودی می باشد. پس از اطمینان از پایدار شدن سیستم تصفیه، سعی گردید پارامترهای مؤثر بر

- [9]. Show K.W., Wang Y., Foong S.F., Tay J.H., Accelerated start-up and enhanced granulation in upflow anaerobic sludge blanket reactors, *Water Research*, Vol. 38, pp. 2293–2304 (2004).
- [10]. Liu Y., Xu H.L., Yang S.F., Tay J.H., Mechanisms and models for anaerobic granulation in upflow anaerobic sludge blanket reactor, *Water Research*, Vol. 37, pp. 661–673 (2003).
- [11]. Punal A., Lema J.M., Anaerobic treatment of wastewater from a fish-canning factory in a full-scale upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor, *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 40, pp. 57-62 (1999).
- [12]. Bhunia P., Ghangrekar M., Effects of cationic polymer on performance of UASB reactors treating low strength wastewater, *Bioresour. Technol.* doi:10.1016/j.biortech.2006.12.014 (2007).
- [13]. Tiwari M.K., Guha S., Harendranath C.S., Tripathi S., Enhanced granulation by natural ionic polymer additives in UASB reactor treating low-strength wastewater, *Water Research*, Vol. 39, pp. 3801–10 (2005).
- [14]. Araya P., Aroca G., Chamy R., Anaerobic treatment of effluents from an industrial polymers synthesis plant, *Waste Management*, Vol. 19, pp. 141-6 (1999).
- [15]. Polanco F., Hidalgo M.D., Polanco M., Encina P.A., Anaerobic treatment of polyethylene terephthalate (PET) wastewater from Lab to full scale, *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 40, pp. 229-236 (1999).
- [16]. Tay JH, Show KY, Jeyaseelan S. Effects of media characteristics on the performance of upflow anaerobic packed-bed reactors. *J Environ Eng ASCE*, Vol.122, pp.469–76 (1996).
- [17]. Tay JH, Show KY. Media-induced hydraulic behavior and performance of upflow biofilters. *J Environ Eng ASCE*, Vol. 124, pp.720–9 (1998).
- [18]. Show KY, Tay JH. Influence of support media on biomass growth and retention in anaerobic filters. *Water Res*, Vol. 33, pp.1471–81 (1999).
- [19]. APHA, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 18th Ed., Washington, dc. (1992).
- [20]. Jeison D., Chamy R., Novel technique for measuring the size distribution of granules from anaerobic reactors for wastewater treatment, Vol. 12, pp. 656-662 (1998).

۶. تقدیر و تشکر

از مرکز تحقیقات شیمی و مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر بخاطر فراهم نمودن امکانات برای انجام این تحقیق، تقدیر و تشکر می شود.

۷. مراجع

- [1]. Switzenbaum M. S., Obstacles in the implementation of anaerobic treatment technology, *Bioresource Technol.*, Vol. 53, pp.255-262 (1986).
- [2]. Weiland P. and Rozzi A., The start-up operation and monitoring of high-rate anaerobic treatment systems: discussor's report *Water Sci Technol.*, Vol. 24, pp. 257-277 (1991).
- [3]. Lettinga G., Hobma S. W., Klapwijk A., Van Velsen A. F. M. and de Zeeuw W. J., Use of the Upflow Sludge Blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, *Biotechnol. Bioeng*, Vol.22, pp. 699-734 (1980).
- [4]. Hashemian S. J. and James A., Gas – solid – liquid separator in anaerobic treatment of wastewater, *Wat. Res.*, Vol. 24, No. 3, pp. 381- 2 (1990).
- [5]. Driessen W. and Yspeert P., Anaerobic treatment of low, medium and high strength effluent in the Agro – industry, *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 40, No. 8, pp. 221-8 (1999).
- [6]. Zhou W., Imai T., Ukita M, Li F., Yuasa A., Effect of loading rate on the granulation process and granular activity in a bench scale UASB reactor, *Bioresource Technology*, Vol. 98, pp. 1386–1392 (2007).
- [7]. Buzzini A.P., Patrizzi L.J., Motheo A.J., Pires E.C., Preliminary evaluation of the electrochemical and chemical coagulation processes in the post-treatment of effluent from an upflow anaerobic sludge..., *Journal of Environmental Management*, doi:10.1016/j.jenvman.2005.10.017 (2007).
- [8]. Zhou W., Imai T., Ukita M., Sekine M., Higuchi T., Triggering forces for anaerobic granulation in UASB reactors, *Process Biochemistry*, Vol. 41, pp. 36 – 43 (2006).