علـوم محـیـطی سال نهم، شماره سوم، بهار 1391
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.9, No.3, Spring 2012

15 -26

امکان پذیری حذف نیتروژن توسط سیستم USBF و تعیین زمان ماند بهینه آن

مرتضی شاکری[1]، حسین گنجی دوست[2*]، بیتا آیتی[3]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس تهران

2- استاد گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس تهران

3- دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس تهران

تاریخ دریافت: 90/4/14 تاریخ پذیرش: 91/2/23

چکیده

در این تحقیق کارایی فرایند فیلتراسیون جریان رو به بالا با بستر لجن در حذف بیولوژیکی نیتروژن جهت تعیین زمان ماند بهینه براساس بیشترین راندمان حذف نیتروژن مورد ارزیابی قرار گرفت. فاضلاب مصنوعی شامل ترکیبات گلوکز و اوره به‌عنوان منبع کربن و نیتروژن و با نسبت COD/N در حدود 10 با غلظت 50 میلی گرم در لیتر نیتروژن براساس مجموع یون نیترات و نیتریت مورد استفاده قرار گرفت. تحقیق در دو فاز راه‌اندازی و بهره‌برداری انجام شد که در فاز بهره‌برداری برای تعیین زمان ماند هیدرولیکی بهینه براساس بیشترین راندمان حذف نیتروژن در خروجی سیستم، جریان فاضلاب با دبی‌های 0/8، 1/0، 1/2، 1/4، 1/6، 1/8 و 2/0 لیتر بر ساعت به سیستم اعمال گردید. با توجه به نتایج حاصل، در ابتدا با افزایش دبی، راندمان حذف نیتروژن افزایش می‌یافت، چنانچه میانگین درصد حذف نیتروژن پس از رسیدن سیستم به شرایط پایدار در دبی‌های 0/8، 1/0 و 1/2به ترتیب 89/4، 92 و 95/1 درصد تعیین گردید ولی در ادامه با افزایش دبی به 1/4، 1/6، 1/8 و 2/0 لیتر بر ساعت میانگین درصد نیتروژن حذف شده کاهش یافته و به ترتیب به مقادیر 93، 88، 83 و 80 درصد رسید. لذا، زمان ماند بهینه برای پایلوت USBF مقدار 40 ساعت در کل سیستم (معادل 5 ساعت در زلالساز) با بستر لجن و جریان رو به بالا، تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: فیلتراسیون جریان رو به بالا با بستر لجن(USBF)- تصفیه بیولوژیکی - COD - زمان ماند هیدرولیکی.

The Possibility of Nitrogen Removal using the USBF System and the Determination of Its Optimal Detention Time

Morteza Shakeri,[1] Hossein Ganjidoust[2*] and Bita Ayati[3]

1- MSc. Student, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran

2- Full professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran

3- Assoc. professor, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran

Abstract

The purpose of this study was to determine the efficiency of the USBF process for biological nitrogen removal and achieving the optimal hydraulic retention time according to the maximum nitrogen removal in the system. The synthetic wastewater which was used in this research, was a compound of glucose and urea as a carbon and nitrogen source with the COD/N ratio remaining around 10, while the N concentration based on the sum of nitrite and nitrate ions was approximately 50 mg/L. The investigation was carried out over two phases of start up with inoculation, and the operation at differing hydraulic retention times with flow rates of 0.8, 1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8 and 2 lit per hour. The experimental results showed the increasing efficiency of the system in nitrogen removal with increased flow rates, such that 89.4, 92 and 95.1 percent of the initial phosphorus concentrate in the wastewater was removed at flow rates of 0.8, 0.1 and 0.12, respectively; however, at flow rates of 1.4, 1.6, 1.8 and 2 lit per hour, the mean nitrogen removal efficiency was reduced to 93, 88, 83 and 80 percent, respectively. At the end, the hydraulic retention time for the biological nitrogen removal in this process, was determined at 40 hours in the whole system which is equivalent to 5 hours hydraulic retention time in the clarifier. USBF, as an advanced biological process, had an appropriate removal efficiency for the biological treatment of nitrogen.

Keywords: Upflow, Sludge blanket filtration, USBF reactor, Biological treatment, COD, Hydraulic retention time.

* Corresponding author. *E-mail Address*: h-ganji@modares.ac.ir

www.SID.ir

مقدمه

نیتروژن موجود در آب به‌عنوان یک عنصر مغذی، برای رشد جلبک‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها ضروری می‌باشد ولی به دلیل ایجاد برخی عوارض ناشی از رشد بی‌رویه جلبک‌ها و سایر ارگانیسم‌های فتوسنتزکننده، در غلظت‌های بالاتر از 10 میلی‌گرم در لیتر بر حسب نیتریت و 50 میلی‌گرم بر لیتر بر حسب نیترات بعنوان آلودگی محسوب می‌شود (Hatfield& Follett, 2001; DOE, 1994).

نیتروژن توسط منابع طبیعی بارش، سیلاب‌های غیر شهری، زهکش زمین‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری و صنعتی وارد محیط‌های آبی می شود (Tchobanoglous *et al.*, 2002). اگرچه ترکیب فاضلاب متغیراست و به منبع تولید آن بستگی دارد اما بیشتر فاضلاب‌ها حاوی مواد آلی، غیرآلی و شکل‌های مختلفی از نیتروژن هستند (Gerardi, 2002). مقدار نیتروژن در فاضلاب‌های شهری تصفیه نشده از 20 تا 85 میلی‌گرم در لیتر متغیر است که حدود 40 درصد آن را نیتروژن آلی و 60 درصد باقیمانده را نیتروژن آمونیاکی تشکیل می‌دهد (Tchobanoglous *et al.*, 2002؛ Follett *et al.*, 2001).

نیتروژن موجود در فاضلاب را می‌توان به روش‌های فیزیکی عریان سازی[1] آمونیاک با هوا، شیمیایی تعویض یونی و کلریناسیون و بیولوژیکی نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون حذف نمود که هر یک دارای مزایا و معایبی هستند. مهم‌ترین روش تبدیل و حذف نیتروژن از فاضلاب، استفاده از روش‌های بیولوژیکی (Chan, 2003) است که در ادامه نتایج مطالعات عمده ارائه شده است:

مطالعه حذف نیتروژن با نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون همزمان در یک سیستم (SHBR)[2] نشان داد که با کاهش مقدار DO از 2/5 به 0/3 mg/L، تجمع نیتریت در طول مدت سه هفته از 16/5 به 95/5 درصد رسید. سپس مقدار DO به 1/5 mg/L افزایش یافت که باعث کاهش نیتریت نشد. نتایج نشان داد با افزایش مقدارNAR[3] از 60 به 90 درصد، بازده حذف نیتروژن کل از 68 به 85 درصد افزایش یافت و راندمان حذف COD و نیتروژن آمونیاکی به ترتیب به بیش از 92 و 93/5 درصد رسید (Wang *et al.*, 2008).

نتایج مطالعه 60 روزه در بیوراکتور غشائی مستغرق[4] با حجم تانک انوکسیک و هوازی به ترتیب 140 و 70 لیتر نشان داد که نرخ حذف آلاینده های اصلی فاضلاب شامل COD، نیتروژن آمونیاکی و نیتروژن کل به ترتیب بیشتر از 93، 99 و 90 درصد بود (Xia *et al.*, 2008).

در سال 2008 مطالعه‌ای تحت عنوان نیترات سازی و نیترات زدایی فاضلاب حاوی آمونیاک با استفاده از راکتورهای بیوفیلم با بستر مایع شده انجام شد. غلظت اکسیژن محلول در راکتور از 1/5 تا 2/5 میلی‌گرم در لیتر تغییر داده شد. متوسط راندمان حذف نیتروژن آمونیاکی در نرخ بارگذاری نیتروژن[5] (NLR) 0/9 و 1/2 $KgNH_4\text{-}N/m^3.d$ به ترتیب برابر 99/2 و 90/1 درصد بود (Aslan *et al.*, 2008).

نتایج حاصل از مطالعه‌ای که روی بیوراکتور غشائی هوازی- بی‌هوازی جهت استفاده مجدد از فاضلاب در بویلرها صورت گرفت، حاکی از راندمان‌های حذف به ترتیب 90، 95، 70 و 99 درصد برای COD، $NH_4\text{-}N$، TN و کدورت

Archive of SID
www.SID.ir

برابر بود (Hongbo Liu *et al.*, 2007).

USBF[6] یکی از سیستم‌های نوینی است که از ترکیب یک ناحیه غیرهوازی، قبل از حوض هوادهی و یک زلالساز با بستر لجن و جریان رو به بالا در یک بیوراکتور، تشکیل شده است. جهت عملیات حذف BOD، نیتروژن و فسفر کارایی اثبات شده دارد (www.ecofluid.com). بعنوان نمونه در تحقیق فرتوس جهت حذف بیولوژیکی فسفر توسط USBF میانگین درصد حذف فسفر پس از رسیدن سیستم به شرایط پایدار در دبی‌های 0/57، 0/67، 0/8، 1، 1/33 و 2 لیتر بر ساعت به ترتیب 91/4، 95، 94/4، 90/4، 89/90 و 84/2 درصد بدست آمد. میانگین درصد حذف COD پس از رسیدن سیستم به شرایط پایدار در دبی‌های مذکور به ترتیب به 95/4، 95/2، 94، 93/1، 92/4 و 89/8 درصد رسید (Fartoos, 2008).

پیشرفتی نیز کارایی فرایند USBF را در تصفیه فاضلاب شهری با غلظت BOD_5، COD، نیتروژن کجلدال و فسفر کل به ترتیب 250 ، 277 ، 55 و 10 میلی‌گرم بر لیتر استفاده و در چهار مرحله به ترتیب با زمان ماند هوادهی 2، 4، 6 و 8 ساعت بررسی کرد. در مرحله چهارم میزان BOD_5 به 375 mg/L و COD به 400 mg/L افزایش داده شد. متوسط راندمان سیستم به ترتیب در مراحل اول تا چهارم برای حذف BOD_5 82/25، 81/78 ، 45/95 و 79/15، حذف COD 85/7 ، 81/8 ، 46/5 و 75/4 درصد و حذف ازت کجلدال 80/2 ، 72/5 ، 32/8 و 72/5 درصد بوده است (Pishrafti, 2007).

احمدی نیز عملکرد سیستم USBF را در تصفیه فاضلاب صنایع قندی مورد بررسی قرار داد. در بارگذاری‌های COD کمتر از 10 هزار میلی‌گرم بر لیتر که معمولترین و متداولترین محدوده بار آلودگی در پساب صنایع قندی می‌باشد، بطور میانگین راندمان حذف 94 درصد، در محدوده بارگذاری COD 10 هزار تا 20 هزار میلی‌گرم بر لیتر، راندمان حذف 89 درصد و در محدوده بارگذاری COD 20 هزار تا 30 هزار میلی‌گرم بر لیتر، راندمان حذف 82 درصد مشاهده شد (Ahmadi, 2006).

Mosquera-Corral و همکاران با یک راکتور USBF برای تصفیه فاضلاب کارخانه کنسرو ماهی اقدام کردند. تحقیق در دو مرحله در مدت 60 روز انجام شد. در مرحله اول تا روز 60 ام COD معادل 1000 تا 1200mg/L و N= 100 mgL/d و در مرحله دوم همان COD و N= 220 mgL/d با حفظ نسبت C/N در حدود 2 تا 3 بررسی شد. در هر دو حالت نیتروژن نزدیک به 100 درصد و COD حدود 80 درصدحذف شد (Mosquera-Corral *et al.*, 2001).

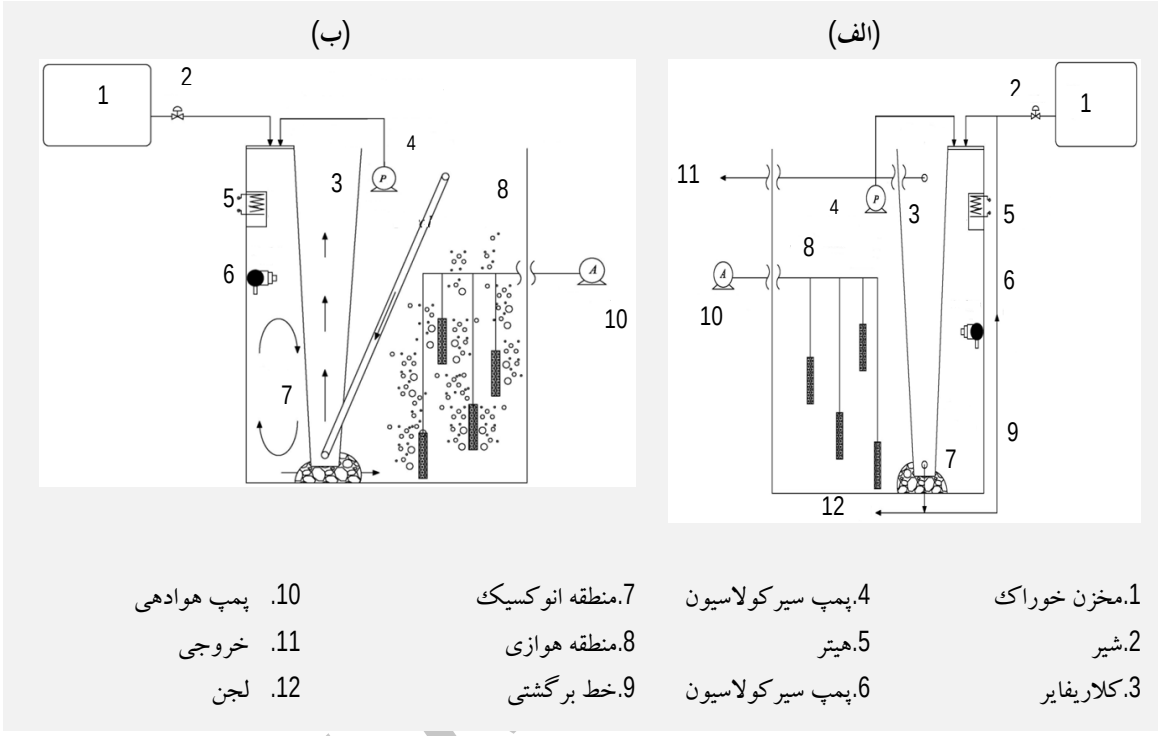
Fernandez و همکاران تصفیه پساب کارخانه تولید فیبر چوب را با استفاده از پایلوت صنعتی، متشکل از یک راکتور بی‌هوازی با جریان رو به بالا لجن (USBF) و یک واحد انعقاد و لخته‌سازی به عنوان پیش‌تصفیه، بررسی کردند. در این تحقیق با میزان بارگذاری آلی (OLR) 6/5 تا 8/5 کیلوگرم COD بر مترمکعب در روز، راندمان حذف COD 90 تا 93 درصد بدست آمد (Fernandez *et al.*, 2001).

لذا این تحقیق با هدف بررسی نحوه حذف بیولوژیکی نیتروژن از فاضلاب با استفاده از فرایند نوین فیلتراسیون جریان رو به بالا با بستر لجن (USBF) که در واقع فرایند لجن فعال اصلاح شده می‌باشد، انجام و طی آن شرایط بهینه تعیین شد.

Archive of SID
www.SID.ir

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از یک پایلوت USBF 60 لیتری که نمای آن در شکل 1 نشان داده شده، استفاده گردید.



شکل 1. طرح شماتیک پایلوت طراحی شده : الف) از روبرو، ب) از پشت

همانطور که مشاهده می‌شود این سیستم دارای سه بخش سرپوشیده جهت انجام فرایند های بی‌هوازی (ناحیه غیرهوازی[7])، رو باز که توسط سنگ‌های هوای مستغرق هوادهی می‌شد جهت انجام فرایندهای هوازی (ناحیه هوازی[8]) و محفظه منشوری ذوزنقه‌ای منتظم که توسط یک لوله خارجی با دو بخش دیگر در ارتباط بود و جهت حذف مواد معلق و قابل ته‌نشینی فاضلاب در نظر گرفته شده بود (زلالساز[9]) می‌باشد. ارتباط هر سه ناحیه بصورت جریان لوله‌ای و بین دو ناحیه اول و دوم (غیرهوازی و هوازی) قانون ظروف مرتبط صادق بود. مشخصات پایلوت مذکور در جدول 1 آمده است.

جدول 1. مشخصات پایلوت

پارامتر	میزان
جنس	پلکسی گلاس
ابعاد کلی پایلوت (cm)	60×50×20
حجم کلی پایلوت (L)	60
حجم مفید بخش هوازی (L)	32
حجم مفید بخش غیر هوازی (L)	10
حجم مفید زلال ساز (L)	6

به منظور راه‌اندازی پایلوت USBF بذر میکروبی لازم از لجن فعال برگشتی حوض هوادهی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری اکباتان تهیه و پس از

www.SID.ir

انتقال به آزمایشگاه جهت سازگار کردن میکروارگانیسم‌ها به مدت 30 روز در دو تانک جداگانه تحت شرایط هوازی و غیرهوازی نگهداری گردید. جهت سپتیک کردن لجن، لجن فعال برداشت شده با پهن گاوی ترکیب گردید. هدف از اضافه کردن پهن گاوی به تانک بی‌هوازی، تلقیح میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی به لجن می‌باشد زیرا که لجن فعال محدوده وسیعی از میکروارگانیسمها را در بر می‌گیرد، ولی شرایط رشد برای ارگانیسم‌های هوازی مهیاتر می‌باشد لذا با تغییر شرایط محیطی، ارگانیسم‌های هوازی بدلیل رشد ناکافی از سیستم حذف می‌شوند و در مقابل مجموعه ارگانیسم‌های بی‌هوازی که به تعداد کمتر در محیط حضور داشته و حال منبع غذایی مناسبی برای آنها ایجاد گردیده است، به آرامی تکثیر می‌یابند (Gerardi, 2003).

پس از سازگاری و تلقیح لجن، مرحله راه‌اندازی ابتدا بصورت منقطع با زمان ماند 60 ساعت آغاز گردید. سپس با افزایش راندمان حذف COD در دو ناحیه غیرهوازی و هوازی، به تدریج و در چهار دوره خوراک COD با غلظت 200، 300 ، 400 و 500 میلی‌گرم بر لیتر با نسبت1 : 10: 100=COD:N:P به سیستم داده شد. این مرحله 40 روز به طول انجامید و با افزایش راندمان حذف مواد آلی، مرحله راه‌اندازی بصورت پیوسته تا سازگاری سیستم و رسیدن به حالت پایدار (20 روز) ادامه یافت.

دوره فاز بهره برداری در7 مرحله و با نسبت 1 : 10: 100 =COD:N:P (Zebardast, 2009) و با غلظت COD 500 میلی‌گرم بر لیتر و با زمان ماندهای 60، 48، 40، 34/6، 30، 26/7 و 20 ساعت برای کل سیستم آزمایشات مورد نیاز انجام پذیرفت که بهترین راندمان حذف COD و N در زمان ماند 48 ساعت بدست آمد.

در طی این مدت همانند فاز راه‌اندازی پایش مداوم سیستم از طریق اندازه‌گیری منظم پارامترهای کنترلی نظیر میزان pH، DO، MLSS، MLVSS و شاخص دانسیته لجن (SDI) و پارامترهای اصلی نظیر میزان حذف نیتروژن، COD، BOD، شاخص حجمی لجن(SVI) و SS انجام پذیرفت.

مواد شیمیایی مورد استفاده جهت انجام آزمایشات در این تحقیق به شرح زیر بودند:

1) گلوکز، اوره، دی پتاسیم هیدروژن فسفات و پتاسیم دی هیدروژن فسفات ساخت شرکت Merck به عنوان ترکیبات اصلی فاضلاب مصنوعی

2) کلرید کلسیم، سولفات روی، سولفات آهن (II)، سولفات مس، کلرید منیزیم، سولفات کبالت و سولفات منگنز ساخت شرکت Merck به‌عنوان عناصر ریزمغذی

3) معرف شیمیایی HR-Nitrate ساخت شرکت Hach مختص اندازه‌گیری یون نیترات در آب و فاضلاب در محدوده 0 تا 30 mg/L به روش احیاء کادمیوم (شماره 8039)

4) معرف شیمیایی HR-Nitrite ساخت شرکت Hach مختص اندازه‌گیری یون نیتریت در آب و فاضلاب در محدوده 0 تا 250 mg/L به روش سولفات فروس (شماره 8153)

دستگاه‌های اصلی استفاده شده در این تحقیق به شرح زیر بودند:

اسپکتروفوتومتر DR 4000 ساخت شرکت Hach جهت تعیین میزان جذب نور در اندازه‌گیری

Archive of SID

www.SID.ir

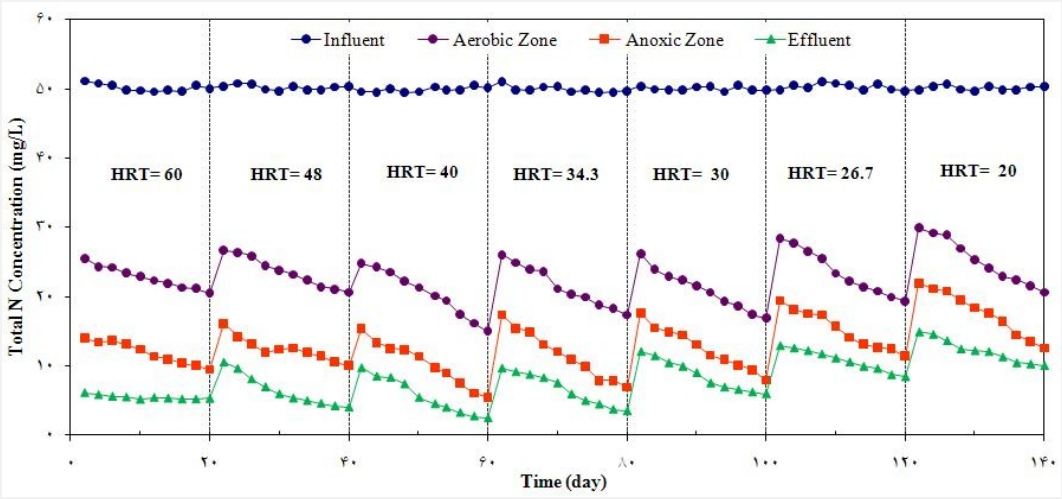
میزان نیترات و نیتریت نمونه‌ها، به ترتیب مطابق روش‌های 8039 و 8153 با شماره برنامه‌های 2530 و 2600 دستگاه، COD راکتور ساخت شرکت Hach با 16 جا لوله‌ای جهت آزمایش COD به روش آمپول، اسپکتروفتومتر مدل Lambda150 EZ دیجیتالی ساخت شرکت Perkin Elmer جهت تعیین میزان جذب در آزمایش COD، BOD متر مدل OxiTop از نوع مانومتریک ساخت شرکت WTW دارای شش محل قرارگیری بطری‌های مخصوص اندازه‌گیری BOD، DO متر جهت اندازه‌گیری میزان اکسیژن محلول ساخت شرکت Crison مدل OXI 45، pH متر ساخت شرکت Metrohm با الکترود دیجیتالی و ترازوی دیجیتالی ساخت شرکت Mettler مدل PJ300.

نکته قابل ذکر اینکه تمام آزمایشات با سه بار تکرار مطابق با روش بیان شده در کتاب روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب (APHA-AWWA-WPCF, 2005) انجام شد.

نتایج

تغییرات حذف نیتروژن

مهم‌ترین عامل در تعیین عملکرد پایلوت USBF راندمان حذف نهایی نیتروژن می‌باشد که نتایج حاصل از 7 مرحله کاهش زمان ماند و تعیین غلظت نیتروژن در پساب خروجی در شکل 2 ارائه شده است. با توجه به شکل، مشخص می‌شود که عموماً حذف نیتروژن در ناحیه غیرهوازی اتفاق می‌افتد و به طور خاص در ابتدای هر مرحله افزایش غلظت، شوک به سیستم وارد می‌گردد. از مقایسه غلظت نیتروژن در فاضلاب ورودی (حدود 50 mg/L) و پساب خروجی (زیر 10 mg/L) می‌توان نتیجه‌گیری نمود که حداقل 80 درصد نیتروژن در این سیستم به روش بیولوژیکی حذف می‌شود. همچنین مشاهده می‌شود که بیشترین میزان حذف در زمان ماندهای کل 40 و 34/3 ساعت (معادل با زمان ماند 26/7 و 22/9 ساعت در ناحیه هوازی) اتفاق افتاده است. از جمله مشکلات مطرح در مورد سیستم فوق، طولانی



شکل 2. تغییرات غلظت نیتروژن در طول 7 مرحله دوره بهره‌برداری

www.SID.ir

بودن مدت زمان لازم برای رسیدن به شرایط پایدار می‌باشد که گاهی تا روز چهاردهم نیز روند تغییرات راندمان حذف نیتروژن ثابت نشده است.

تغییرات حذف COD

در شکل 3 میزان تغییرات غلظت COD در فاضلاب ورودی، پساب خروجی و دو ناحیه غیرهوازی و هوازی پایلوت USBF نشان داده شده است. افزایش غلظت COD در ابتدای هر مرحله تغییر زمان ماند نیز، به دلیل شوک هیدرولیکی و به تبع آن شوک بار آلی قابل توجیه می‌باشد.

همانطور که مشاهده می‌شود با کاهش زمان ماند هیدرولیکی راندمان حذف COD در سیستم کاهش یافته که البته این کاهش در زمان ماندهای پایین چشمگیرتر می‌باشد. در حالت کلی نیز نتایج نشان دادند که از روز دوازدهم به بعد، راندمان کلی حذف COD در سیستم به عدد مشخصی میل می‌کند و شیب صعودی تغییرات کاهش می‌یابد، بعلاوه رسیدن به راندمان حذف بالای 85 درصد از روز شانزدهم به بعد در هر 7 زمان ماند مختلف، نشان‌دهنده کارایی مناسب سیستم در حذف بار آلی می‌باشد.

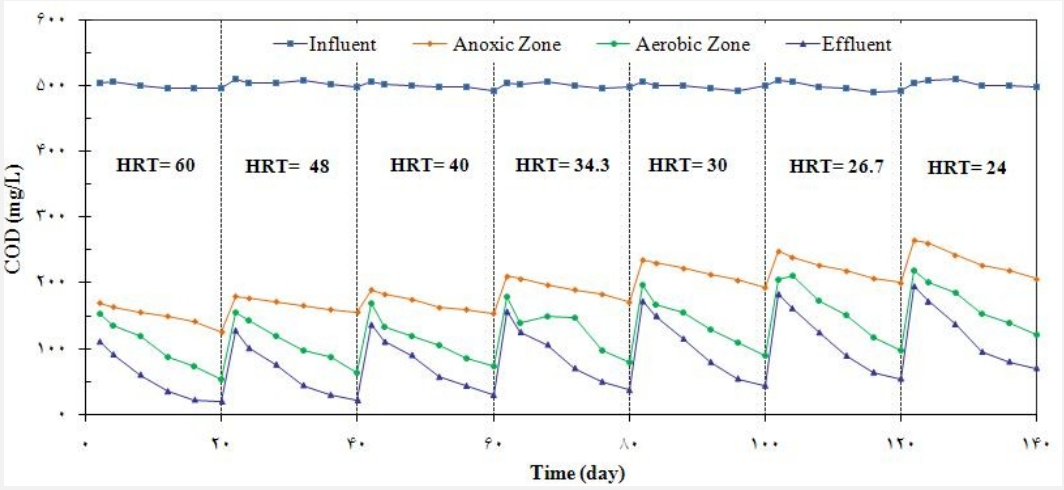
تعیین شرایط بهینه

پس از بررسی میزان حذف COD و نیتروژن در دوره بهره‌برداری با نسبت COD:N=10 و در 7 زمان ماند متفاوت، مشخص شد که بیشترین راندمان حذف COD و نیتروژن در زمان ماند 40 ساعت در کل سیستم روی می‌دهد که معادل جریان ورودی فاضلاب با دبی 1/2 لیتر بر ساعت می‌باشد. در این حالت میانگین درصد حذف نیتروژن و COD به ترتیب 95/1 و 94/1 بدست آمد.

سایر پارامترها

MLSS و MLVSS

با اندازه گیری مرتب پارامتر کنترلی MLSS در طول دوره بهره برداری، مقدار آن در ناحیه غیر هوازی در محدوده 3600 تا 4200 میلی گرم در لیتر و در ناحیه هوازی در محدوده 3900 تا 4700 میلی گرم در لیتر به دست آمد. نسبت MLVSS/MLSS نیز در محدوده 0/78 تا 0/84 قرار داشت.



شکل 3. تغییرات غلظت COD در طول 7 مرحله فاز بهره‌برداری

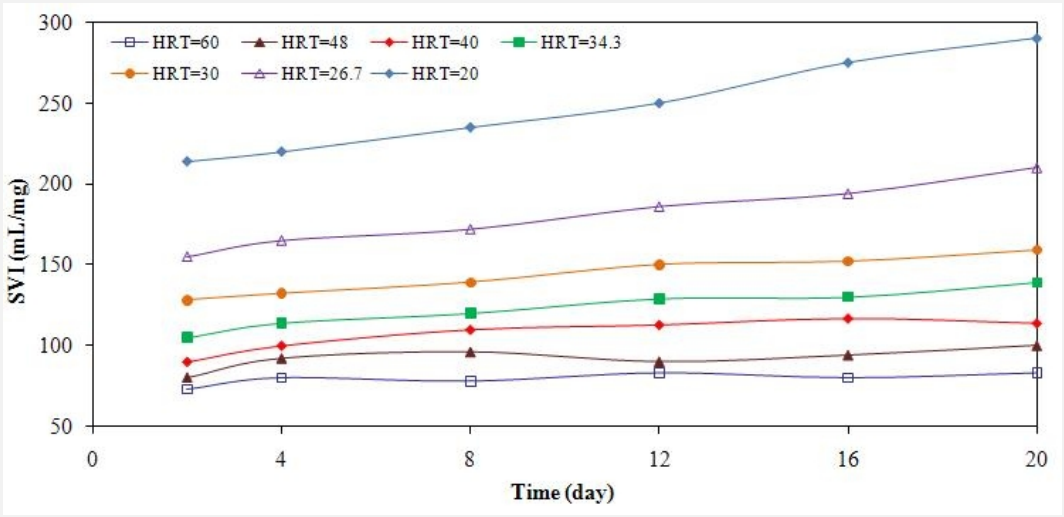
Archive of SID
www.SID.ir

شاخص حجمی لجن

نتایج میزان تغییرات شاخص حجمی لجن در طول 7 مرحله فاز بهره‌برداری در شکل 4 نشان داده شده‌است. همانطور که مشاهده می‌شود، بجز مرحله ششم و هفتم (زمان ماند هیدرولیکی 26/7 و 24 ساعت) در تمامی مراحل میزان تغییرات شاخص حجمی لجن در طول دوره راهبری با یک زمان ماند مشخص تغییر چندانی نمی‌کند. بعلاوه مشاهده می‌گردد که با کاهش زمان ماند هیدرولیکی، میزان شاخص حجمی لجن، افزایش می‌یابد. چنانچه از مرحله ششم (زمان ماند هیدرولیکی 26/7 ساعت) به بعد از مقدار 150 mL/mg نیز تجاوز می‌نماید که نشانگر قدرت ته‌نشینی پایین لجن در زلالساز می‌باشد. این مسئله را می‌توان بدین صورت توجیه نمود که با کاهش زمان ماند و افزایش دبی فاضلاب ورودی، فلوک‌های لجن به سرعت تشکیل می‌شوند و با توجه به اینکه زمان لازم برای تشکیل لخته‌های متراکم‌تر وجود ندارد، فلوک‌های تشکیل شده سبک بود و از قدرت بالایی برخوردار نیستند. نتایج مشاهدات میکروسکوپی نیز این مسئله را تائید می‌کند.

میزان حذف مواد جامد معلق خروجی

برای بررسی کیفیت پساب خروجی، میزان مواد جامد معلق در پساب خروجی اندازه‌گیری شد که نتایج حاصل از آن در شکل 5 قابل مشاهده است. چنانچه مشاهده می‌شود، در تمامی مراحل بجز مرحله ششم و هفتم (زمان ماند هیدرولیکی 26/7 و 24 ساعت) با گذشت زمان در هر مرحله با زمان ماند ثابت، از میزان غلظت مواد جامد معلق در پساب خروجی کاسته می‌شود که می‌توان آن را به پایدار شدن سیستم در شرایط جدید نسبت داد. بعلاوه افزایش گرادیان عمودی سرعت، در جریان رو به بالا از میان پتوی لجن و در نتیجه افزایش کارایی زلال‌ساز در فیلتراسیون، نیز می‌تواند توجیهی بر کاهش این پارامتر با کاهش زمان ماند هیدرولیکی در سیستم باشد.



شکل 4. تغییرات شاخص حجمی لجن در طول 7 مرحله فاز بهره‌برداری

Archive of SID
www.SID.ir

همچنین در دو مرحله مذکور به دلیل افت کیفیت لجن ته‌نشین شده در زلالساز و افزایش SVI، افزایش غلظت مواد جامد معلق در پساب خروجی، مشاهده گردید که بخصوص در مرحله 7 غلظت لجن ته‌نشین شده بسیار کاهش یافته بود و درنتیجه بخوبی ته‌نشین نشده و غالباً فلوک‌های ریز لجن در پساب خروجی از سیستم خارج می‌گردید.

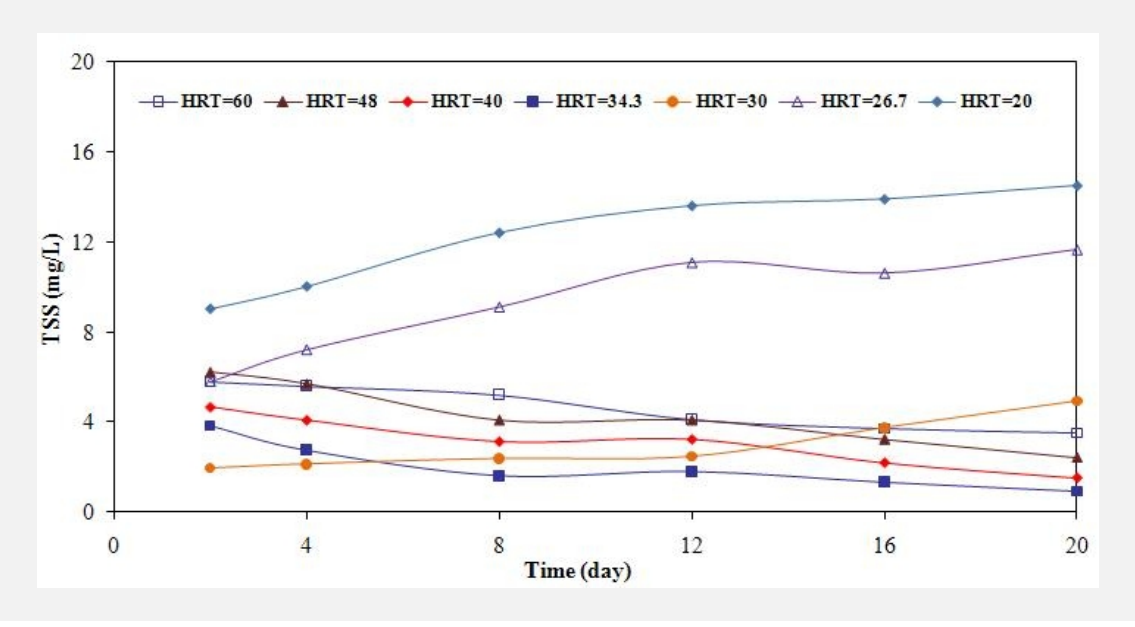
بررسی تاثیر شاخص حجمی لجن بر میزان مواد معلق در پساب خروجی

در ادامه تحلیل نتایج فاز بهره‌برداری پایلوت، تاثیر شاخص حجمی لجن بر میزان مواد معلق در پساب خروجی بررسی شد. همانطور که در شکل 6 ملاحظه می‌شود، میزان غلظت مواد معلق تا زمانی که شاخص حجمی لجن تقریباً ثابت و در محدوده 50 تا 150 mL/mg می‌باشد، دارای یک روند نزولی است، ولی با افزایش مقدار شاخص حجمی لجن در مرحله ششم (زمان ماند هیدرولیکی 30 ساعت)، روند تغییرات غلظت مواد معلق در پساب خروجی نیز صعودی می‌شود و حتی در اواخر مرحله هفتم (زمان ماند هیدرولیکی 24 ساعت) از مرز 13 mg/L نیز تجاوز می‌کند.

بحث

طبق نتایج حاصل سیستم USBF با COD معال 500 mg/L و با نسبت COD:N:P= 100:10:1 در زمان ماند 48 ساعت به ترتیب به راندمان حذف 95/1 و 96/3 درصد برای نیتروژن و COD رسید و غلظت نیتروژن بر حسب یون نیترات و نیتریت و COD خروجی به ترتیب به 2/5 و 18 میلی‌گرم در لیتر کاهش داده شد.

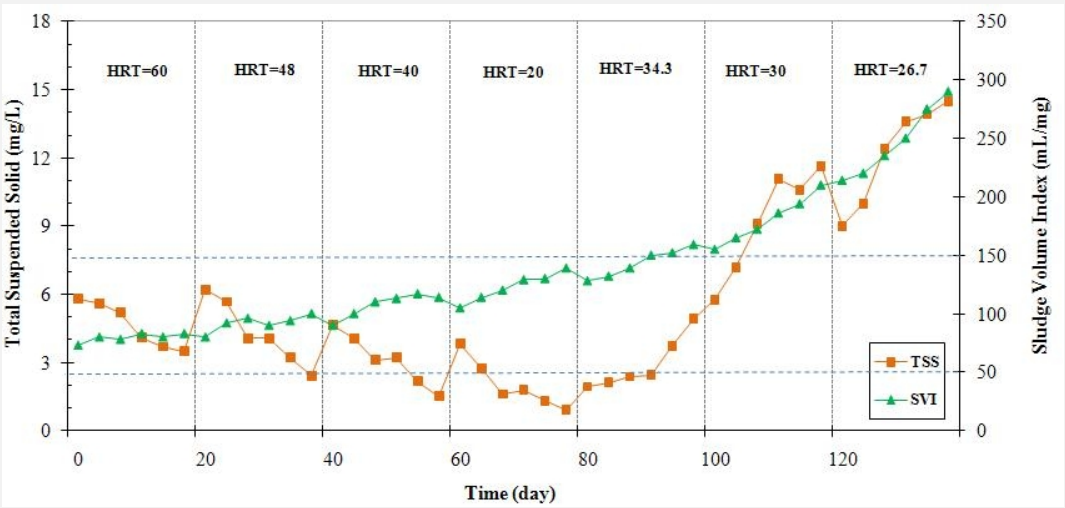
با توجه به جدول 2 مشاهده می‌شود که نتایج حذف COD و نیتروژن تحقیق حاضر نسبت به سایر سیستم‌های مشابه و غیرمشابه دارای کارایی مناسبی



شکل 5. میزان غلظت مواد جامد معلق در پساب خروجی در طول 7 مرحله فاز بهره‌برداری

Archive of SID
www.SID.ir

می‌باشد. بعبارتی نتایج حاصل از این تحقیق در مقیاس آزمایشگاهی نشان داد که فرایند USBF گزینه‌ای مناسب برای تصفیه فاضلاب‌های حاوی نیتروژن می‌باشد که می‌توان آنرا به‌عنوان جایگزینی برای فرایند لجن فعال متعارف یا راکتورهای ناپیوسته متوالی[10] برای رسیدن به راندمان حذف نیتروژن بالاتر، در نظر گرفت.



شکل 6. بررسی تاثیر شاخص حجمی لجن بر میزان مواد معلق در پساب خروجی

جدول 2. خلاصه نتایج سایر سیستم‌ها

سیستم بررسی شده	فاضلاب بررسی شده	COD_{in} (mg/L)	حذف COD (%)	N_{in} (mg/L)	حذف نیتروژن (%)	مرجع
USBF	صنعت فیبر	156	80	40	100	Mosquera-Corral *et al.* (2001)
USBF	صنعت کنسرو ماهی	1200	93	100	--	Fernandez *et al.* (2001)
USBF	صنعت قند	5000	94	250	--	Ahmadi (2006)
USBF	شهری	277	85/7	55	80/2	Pishrafti (2007)
USBF	شهری	1000	93/1	50	--	Fartoos (2008)
USBF	صنعتی	500	96/9	75	93/3	Zebardast (2009)
USBF	**شهری**	500	96/3	50	95/1	**تحقیق حاضر**
بیوراکتور غشایی	شهری	450	91/5	180	60/2	Liu *et al.* (2007)
SHBR[11]	شهری	350	92	71	93/5	Wang *et al.* (2008)
راکتور غشایی مستغرق	شهری	200	93	35	90	Xia *et al.* (2008)
راکتور بیوفیلم با بستر شناور	شهری	188	--	56/6	99/2	Aslan *et al.* (2008)

www.SID.ir

پی‌نوشت

1- Air Stripping
2- Sequence Hybrid Biological Reactor
3- Nitrite Accumulation Rate
4- Submerged Membrane Bioreactor
5- Nitrogen Loading Rate
6- Up-flow Sludge Blanket Filtration
7- Anoxic
8- Aerobic
9- Clarifier
10- Sequencing Batch Reactor (SBR)
11- Sequence Hybrid Biological Reactor

منابع

Ahmadi, M. (2006). Evaluate of the performance in USBF reactor for treatment of sugar industrial wastewater, M.Sc. Thesis. Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Aslan, S. and M. Dahab (2008). Nitritation and denitritation of ammonium-rich wastewater using fluidized-bed biofilm reactors, Journal of Hazardous Materials, 156 (1-3): 56-63.

Chan, T.Y. (2003). Amonia removal in wastewater with anaerobic ammonium oxidation process, Ph.D. Thesis in Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Concordia University, Canada.

Fartoos, S. (2008). Determination of hydraulic retention time for phosphorus wastewater treatment in USBF reactor, M.Sc. Thesis, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Fernandez, J.M., F. Omil, R. Mendez and J. M. Lema (2001). Anaerobic treatment of fiberboard manufacturing wastewaters in a pilot scale hybrid USBF reactor, Wat. Res., 35 (17): 4150–4158.

Follett, R.F., J.L. Hatfield (2001). Nitrogen in the environment: Sources, problems, and management, Elsevier Science B.V.

Gerardi, M.H. (2003). The microbiology of anaerobic digesters, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

Gerardi, M.H. (2002). Nitrification and denitrification in the activated sludge process. New York: John Wiley & Sons Inc.

http://www.ecofluid.com

Iranian Department of Environment (1994). Wastewater discharge standards, DOE Pub.

Wang, J., Y. Peng, S. Wang and Y. Gao (2008). Nitrogen removal by simultaneous nitrification and denitrification via nitrite in a sequence hybrid biological reactor, Chinese Journal of Chemical Engineering, 16 (5): 778-784.

Liu, H., C. Yang, W. Pu, J. Zhang (2008). Removal of nitrogen from wastewater for reusing to boiler feed-water by an anaerobic/ aerobic/ membrane bioreactor, Chemical Engineering Journal, 140 (1-3): 122–129.

Mesdaghinia A.R., A.H. Mahvi, R. Saeedi and H. Pishrafti (2010). Upflow Sludge Blanket Filtration (USBF): An Innovative, Technology in Activated Sludge Process, Iranian J. Pub. Health, 39 (2): 7-12.

Mosquera-Corral, A., M. Sanchez, J.L. Campos, R. Mendez and J.L. Lema (2001). Simultanous methanogenesis and denitrification of pretreted effluent from a fish canning industry, Wat. Res., 35 (2): 411-418.

Pishrafti, H. (2007). Study of domestic wastewater treatment using USBF, M.Sc. Thesis, School of Public Health and Center for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Archive of SID
www.SID.ir

Sedlak, R. (1991). Phosphorus and nitrogen removal from municipal wastewater principles and practice, 2nd ed., Lewis, USA.

Tchobanoglous, G., F.L. Burton and H.D. Stensel (2002). Wastewater engineering: Treatment and reuse 4th Edition, Metcalf & Eddy Inc., McGraw-Hill Science Engineering, New York, USA.

Torkian, A. and E. Azimi (Translators) (2001). Industrial water pollution control, Eckenfelder W.W., Tehran Industrial Complex Co.

Xia, S., J. Guo and R. Wang (2008). Performance of a pilot-scale submerged membrane bioreactor (MBR) in treating bathing wastewater, Bio-resource Technology, 99 (15): 6834–6843.

Zebardast, M. (2009). Efficiency of USBF reactor in nitrogen reduction from industrial wastewater, M.Sc. Thesis, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Archive of SID

www.SID.ir