بررسی ازن‌زنی متناوب در کاهش تولید لجن مازاد بیولوژیکی در راکتور ناپیوسته متوالی (SBR)

افشین تکدستان[1] علی‌اکبر عظیمی[2] علی ترابیان[3]

(دریافت ۸۷/۳/۲۵ پذیرش ۸۸/۱/۱۹)

چکیده

اخیراً فرایند ترکیبی ازن‌زنی به‌همراه فرایند هوازی بیولوژیکی همچون لجن فعال به‌عنوان راه حل انتخابی برای کاهش لجن با هدف به حداقل رساندن تولید لجن مازاد بیولوژیکی معرفی شده است. در این تحقیق از دو راکتور ناپیوسته متوالی به حجم ۲۰ لیتر که توسط سیستم کامپیوتری کنترل می‌شود، استفاده شد. پس از ایجاد شرایط پایدار در راکتورها در طول هشت ماه تحقیق، نمونه‌برداری و آزمون پارامترهایی از قبیل COD، MLSS، MLVSS، DO، SVI، SOUR ازن باقی‌مانده و در نهایت ضریب تولید بیومس (Y) انجام شد. نتایج نشان داد که در زمان ماند سلولی ۱۰ روز ضرایب سینتیکی Y و K_d به‌ترتیب ۰/۵۸ میلی‌گرم بیومس به میلی‌گرم COD و (1/day)۰/۰۵۸ محاسبه گردید. در مرحله بعدی تحقیق به‌منظور کاهش تولید لجن مازاد بیولوژیکی از غلظتهای مختلف ازن در راکتور به‌شکل متناوب استفاده گردید. نتایج نشان داد که ازن با غلظت ۲۲ میلی‌گرم به ازای هر گرم MLSS در راکتور قادر است ضریب سنتیکی Y را از ۰/۵۸ به ۰/۲۳ میلی‌گرم بیومس به میلی‌گرم COD کاهش دهد. به‌عبارت دیگر تقریباً لجن مازاد بیولوژیکی ۶۰ درصد کاهش یافت. اما COD محلول به‌مقدار جزئی، در پساب تصفیه شده افزایش یافته و درصد حذف COD از ۹۲ درصد در راکتور شاهد به ۶۲ درصد در راکتور آزمایش رسید. از طرفی میزان SOUR و SVI در این غلظت ازن مصرفی به‌ترتیب به ۶ mgO2/h.gvss و ۲۷ میلی‌لیتر بر گرم رسید. درغلظت ازن برابر ۲۷ میلی‌گرم، به ازای هرگرم MLSS در راکتور، هیچ لجن مازادی مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: راکتور ناپیوسته متوالی، لجن بیولوژیکی، اکسیداسیون لجن، ضریب تولید بیومس، ازن.

Intermittent Ozonation to Reduce Excess Biological Sludge in SBR

Afshin Takdastan[1] *Aliakbar Azimi[2]* *Ali Torabian[3]*

(Received June, 15, 2008 Accepted Apr. 8, 2009)

Abstract

A combination of ozonation and an aerobic biological process such as the activated sludge has been recently developed as an alternative solution for sludge reduction with the objective of minimizing the excess biological sludge production. In this study, two SBR reactors each with a capacity of 20 liters and controlled by an on-line system are used. Once the steady state conditions were set in the reactors, sampling and testing of such parameters as COD, MLSS, MLVSS, DO, SOUR, SVI, residual ozone, and Y coefficient were performed over the 8 months of research. Results showed that during the solid retention time of 10 days, the kinetic coefficients of Y and K_d were 0.58 mg biomass/mg COD and 0.058 1/day, respectively. In the next stage of the study, different concentrations of ozone in the reactor were intermittently used to reduce the excess biological sludge production. The results showed that 22 mg of ozone per 1 gram of MLSS in the reactor was able to reduce the yield coefficient Y from 0.58 to 0.23 mg Biomass/mg COD. In other words, the excess biological sludge reduced by 60% but the soluble COD increased slightly in the effluent and the removal percentage decreased from 92 in the blank reactor to 76 in the test reactor. While the amount of SVI and SOUR for this level of ozone concentration reached 6 mgO2/h.gVSS and 27 ml/g, respectively. No excess sludge was observed in the reactor for an ozone concentration of 27 mg per 1 gram of MLSS.

Keywords: Sequencing Batch Reactor, Biological Sludge, Oxidation of Sludge, Yield Coefficient, Ozon.

۱- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز (نویسنده مسئول) ۳۷۳۸۳۱۲ (۰۶۱۱) afshin_ir@yahoo.com
۲-استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
۳- استاد گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

1. Assist. Prof., Dept. of Environmental Health Engineering, Jondishapoor University of Ahwaz (Corresponding Author) (+98 611) 3738312 afshin_ir@yahoo.com
2. Assist. Prof., Dept. of Civil Engineering, Azad Islamic University, Ahar Branch
3. Prof., Dept. of Environmental Engineering,Tehran University

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

راکتور ناپیوسته متوالی[1] (SBR)، یکی از فرایندهای هوازی تصفیه فاضلاب است که به‌دلیل پایین بودن هزینه و راندمان مطلوب در حذف آلاینده‌ها در سالهای اخیر برای تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی کاربرد فراوانی یافته است. این فرایند دارای پنج مرحله پر شدن، واکنش، ته‌نشینی، تخلیه پساب و لجن مازاد و مرحله سکون است [۱ و ۲].

طی ۲۵ سال اخیر بیش از ۱۳۰۰ واحد SBR در امریکا، کانادا و اروپا به‌طور موفقیت‌آمیزی استفاده شده‌اند. تعداد واحدهای SBR در شمال آمریکا به‌سرعت در حال رشد است. بسیاری از این تأسیسات برای اجتماعات کوچک با فاضلاب تولیدی کمتر از یک میلیون گالن در ساعت، استفاده شده است. البته کیفیت پساب خروجی واحدهای بزرگ‌تر SBR برای فاضلاب بیش از ۲۳۰ میلیون گالن در روز که در دوبلین و ایرلند به‌کار رفته است، مشابه واحدهای کوچک‌تر می‌باشد [۳]. از SBR برای تصفیه پیشرفته فاضلاب به‌منظور حذف ازت و فسفر نیز استفاده شده است. یکی از معایب عمده فرایندهای هوازی تصفیه فاضلاب، تولید نسبتاً زیاد لجن مازاد بیولوژیکی است. به‌طوری که در فرایند لجن فعال به ازای کاهش هر کیلوگرم اکسیژن خواهی بیوشیمیایی پنج روزه در حوض هوادهی، حدود ۰/۴ تا ۰/۸ کیلوگرم بیومس تولید می‌شود. لجن مازاد بیولوژیکی (لجن ثانویه) دارای وزن مخصوص ۱/۰۰۵، با غلظت جامدات کل ۰/۵ تا ۱/۵ درصد است که ۷۰ تا ۹۰ درصد آن را مواد آلی تشکیل می‌دهد [۴]. نرخ تولید لجن ثانویه بستگی به مراحل تجزیه بیولوژیکی به‌کار گرفته شده و شرایط فرایند از نظر سن لجن، دما و نرخ بار آلی و هیدرولیکی واحد بیولوژیکی دارد. میزان سرانه لجن ثانویه تولیدی سیستم لجن فعال به ازای هر نفر ۱/۵ تا ۲/۵ لیتر در روز برآورد می‌شود [۵ و ۶].

از بین فراورده‌های جانبی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری، لجن پرحجم‌ترین و مشکل‌ترین جز از نظر تصفیه و دفع می‌باشد. به‌طوری که در فرایند لجن فعال، تأسیسات تصفیه و دفع لجن به‌طور معمول ۴۰ تا ۶۰ درصد هزینه ساخت تصفیه‌خانه و تا بیش از ۵۰ درصد هزینه راهبری یک تصفیه‌خانه فاضلاب را به خود اختصاص می‌دهد [۱، ۵ و ۶].

کاهش نرخ تولید لجن بیولوژیکی (بیومس) در فرایند تصفیه فاضلاب از زمانی مطرح شد که مشکلات و هزینه‌های مرتبط با تصفیه و دفع لجن مورد توجه قرار گرفت. از طرفی قوانین و استانداردهای جدید و سخت استفاده مجدد و دفع لجن در مورد آلاینده‌های مختلف آلی و معدنی و پاتوژن‌ها، سبب شده است که متخصصان تصفیه فاضلاب، روشهای تصفیه بیولوژیکی هوازی را اصلاح و یا ابداع کنند که لجن کمتری تولید شود. به‌عبارت دیگر، چنانچه مشکل تولید لجن مازاد از طریق کاهش تولید لجن در فرایندهای بیولوژیکی تصفیه فاضلاب حل شود، مسائل و مشکلات تصفیه ودفع لجن در حد قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد [۷-۹].

با توجه به مشکلات عدیده و هزینه سنگین عملیات و فرایندهای تصفیه لجن، مکانیسم‌های کاهش نرخ تولید لجن مازاد بیولوژیکی در سالهای اخیر مورد توجه قرارگرفته است [۷ و ۱۰].

ازن یک اکسیدکننده شیمیایی قوی است که علاوه بر گندزدایی آب و فاضلاب، اکسیداسیون آهن و منگنز، از بین بردن طعم و بو و بهبود انعقاد در کاهش تولید لجن، در تصفیه بیولوژیکی هوازی نیز به‌کار می‌رود [۵ و۶]. فرایند کاهش لجن به‌کمک ازن‌زنی بر اساس این نظریه است که قسمتی از لجن فعال به دی‌اکسید کربن و آب تبدیل می‌شود، در حالی که قسمتی از لجن به مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی محلول تبدیل می‌شود که به‌طور بیولوژیکی تصفیه هم می‌شود. سیستم ترکیبی فرایند لجن فعال و ازن‌زنی متناوب به‌طور موفقیت‌آمیزی به انجام رسیده است [۳ و ۱۱-۱۵].

در سیستم ترکیبی لجن فعال و ازن‌زنی، لجن مازاد گرفته شده از سیستم لجن فعال به‌طور پیوسته ازن‌زنی شده و سپس به تانک هوادهی برگردانده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که تولید لجن در مقدار ازن ۱۰ میلی‌گرم به ازای هر گرم جامدات معلق مایع مخلوط[2] در روز (۱۰mg/g.d) به ۵۰ درصد کاهش پیدا می‌کند، در حالی که اگر در تانک هوادهی مقدار ازن (۲۰mg/gMLSS.d) باشد، لجن مازادی تولید نمی‌شود [۱۵]. ازن عامل قوی‌ای برای تجزیه سلول‌هاست. زمانی که لجن توسط ازن‌زنی اکسید می‌شود، فعال‌ترین میکروارگانیسم‌های لجن کشته شده و به مواد آلی اکسید می‌شوند. مدرکی وجود دارد که بیش از ۵۰ درصد کربن به‌دست آمده، بعد از ازن‌زنی به آسانی قابل تجزیه بیولوژیکی است [۱۱ و۱۴].

نتایج در سیستم مقیاس کامل لجن فعال تانک ازن‌زنی در طی ۱۰ ماه با بار BOD ۵۵۰ کیلوگرم در روز نشان می‌دهد که هیچ لجن مازادی تولید نمی‌شود و تجمع جامدات معدنی در تانک هوادهی ناچیز است، در حالی که کل کربن آلی خروجی نسبت به فرایند لجن فعال متعارف کمی بیشتر است [۱۳]. هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری فرایند لجن فعال و ازن‌زنی به‌دلیل انرژی مورد نیاز برای تولید ازن، بالا است ولی اگر هزینه‌های آبگیری لجن و دفع آن مدنظر باشد، هزینه‌های بهره‌برداری کل فرایند را کمتر از فرایند لجن

[1] Sequencing Batch Reactor

[2] Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS)

Archive of SID
www.SID.ir

فعال متعارف نشان می‌دهد. فرایند ترکیبی لجن فعال ازن‌زنی یک تکنولوژی سودمند برای کاهش تولید لجن مازاد است، به‌علاوه ته‌نشینی لجن را هم بهبود می‌بخشد [۱۲، ۱۳ و ۱۵].

مجموعه اقداماتی که با انجام آن می‌توان نرخ تولید لجن مازاد بیولوژیکی را کاهش داد عبارت‌اند از :

۱- فرایند خود تخریبی [۵، ۹ و ۱۶]؛

۲- دورریزی انرژی [۱۷ و ۱۸]؛

۳- متابولیسم جفت نشده [۱۹ و ۲۰]؛

۴- افزایش اکسیژن محلول حوض هوادهی [۲۱]؛

۵- اکسیداسیون بخشی از لجن توسط کلر و یا ازن [۱۵، ۲۲ و ۲۳]؛

۶- افزایش دما در لجن برگشتی به راکتور [۲۴]؛

۷- تغییر pH [۲۳ و ۲۴]؛

۸- استفاده از پالس الکتریکی در لجن برگشتی به راکتور [۲۵ و ۲۶]؛

۹- استفاده از امواج التراسونیک در لجن برگشتی به راکتور [۲۷-۳۰]؛

۱۰- استفاده از باکتری خوارها نظیر روتیفرها و کرمها [۱۴].

هدف این تحقیق، کاهش تولید لجن مازاد بیولوژیکی از طریق کاهش ضریب تولید بیومس در راکتور ناپیوسته متوالی لجن فعال بود. از طرفی قابلیت ته‌نشینی لجن با شاخص SVI ارزیابی گردید. پارامترهای بهره‌برداری تصفیه فاضلاب نظیر COD، BOD_5 و TSS پساب خروجی در مقایسه با راکتور شاهد ارزیابی و کنترل شد.

۲- مواد و روشها

۲-۱- مشخصات پایلوت SBR

برای انجام مطالعه، از دو عدد راکتور ناپیوسته متوالی استوانه‌ای شکل، از جنس پلکسی‌گلس[1]، با قطر داخلی ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر، حجم مفید ۲۰ لیتر و ظرفیت تصفیه ۱۰ لیتر، در هر سیکل استفاده شد. شکل ۱ نمای کلی پایلوت راکتورهای ناپیوسته متوالی وشکل ۲ شماتیک سیستم نمای کلی آن را نشان می‌دهند.

برنامه‌ریزی عملیات سیستم از طریق نرم‌افزار کنترلر انجام شد. این نرم‌افزار قادر به کنترل و ثبت کلیه عملیات سیستم می‌باشد. با توجه به نوع و مشخصات فاضلاب خام مورد استفاده، طول دوره‌های کاری برای هر دو راکتور یکسان و به‌ترتیب زیر انتخاب شد: پر شدن ۳ دقیقه، هوادهی ۴ ساعت، ته‌نشینی، یک ساعت و ۴۵دقیقه و تخلیه ۱۲ دقیقه. در عمل مدت زمان لازم برای پر شدن کوتاه‌تر و حدود یک دقیقه و ۱۰ ثانیه می‌باشد.

۲-۲- مشخصات فاضلاب مصنوعی

فاضلاب ورودی به پایلوت از طریق اختلاط ۴۰ گرم شیر خشک صنعتی در ۱۰۰ لیتر آب لوله‌کشی تهیه شد. در آزمایش‌های انجام شده، مشخصات کیفی فاضلاب مصنوعی مطابق جدول ۱ می‌باشد.

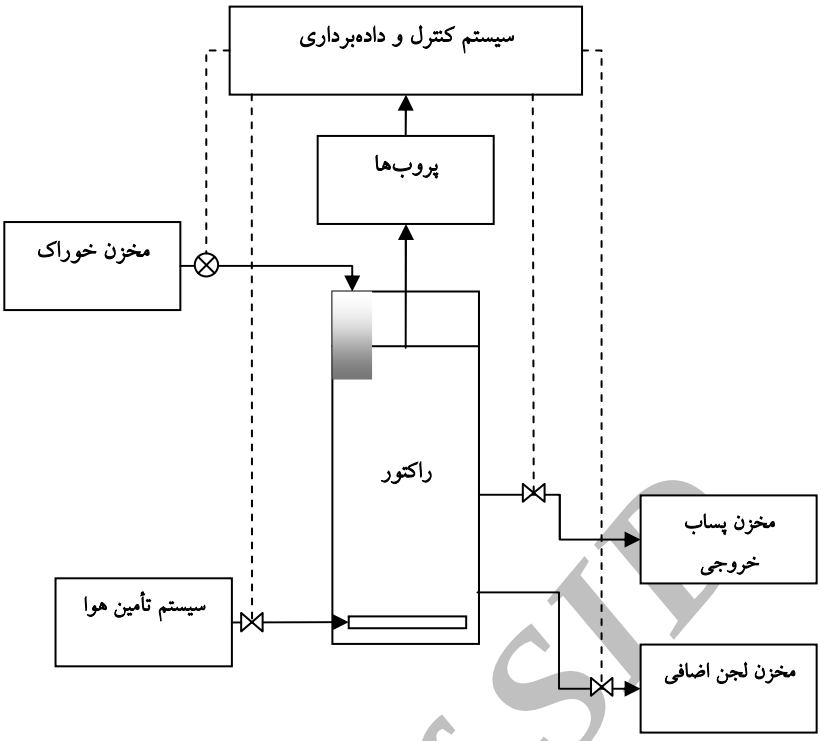
جدول ۱- مشخصات فاضلاب مصنوعی در راکتورهای SBR

پارامتر	راکتور شاهد	راکتور آزمایش
حجم راکتور(لیتر)	۲۰	۲۰
سن لجن (روز)	۱۰	۱۰
غلظت ازن تزریقی (mgO3/gMLSS)	۰	۰-۲۲
COD ورودی(mg/L)	۶۰۰	۶۰۰
BOD_5 ورودی(mg/L)	۳۵۰	۳۵۰
TKN(mg/L)	۳۰/۷	۳۰/۷
TP(mg/L)	۱۰/۵	۱۰/۵
NH_3(mg/L)	۳۰	۳۰
نیتروژن آلی(mg/L)	۰/۷	۰/۷

[1] Plexiglas

شکل ۱- نمای کلی پایلوت راکتورهای ناپیوسته متوالی

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲- شماتیک سیستم راکتورهای ناپیوسته متوالی

۲-۳- نحوه راه‌اندازی و پایلوت

برای راه‌اندازی راکتور SBR، از بذر[1] لجن فعال برگشتی تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان تهران، به حجم تقریبی ۲ لیتر برای هر یک از راکتورهای پایلوت SBR که دارای حجم ۲۰ لیتر بود، استفاده شد و به راکتور فاضلاب مصنوعی با COD حدود ۲۰±۶۰۰ اضافه گردید. این بذر هیچ‌گونه مشکل بهره‌برداری از قبیل بالکینگ، کف و پدیده نوک سوزنی نداشت.

هوادهی و واکنش به‌مدت تقریبی دو هفته برای تشکیل لخته یا بیومس صورت گرفت؛ به‌طوری که فقط واکنش انجام می‌شد اما مواد غذایی هر روز به مقدار کافی به راکتور اضافه می‌گردید. پس از این مدت، سیستم پایلوت SBR با ۵ سیکل پر شدن، واکنش، تخلیه پساب، تخلیه لجن و استراحت راه‌اندازی شد.

پساب خروجی از نظر COD، TSS و pH، پایش و کنترل می‌شد و نتایج آزمون در هر نوبت با نتایج قبلی مقایسه می‌گردید. پس از حدود ۲ هفته از راه‌اندازی SBR، نتایج COD خروجی نزدیک هم بود که نشان دهنده پایان راه‌اندازی راکتور می‌باشد.

پس از ایجاد شرایط پایدار در راکتورها در خلال ۸ ماه تحقیق، نمونه‌برداری و آزمون پارامترهایی از قبیل COD، MLSS، تغییرات غلظت بخش آلی لجن داخل راکتور[2]، SV1، میزان جذب ویژه اکسیژن (SOUR)[3] و ازن باقی‌مانده و در نهایت ضریب سنتیکی Y انجام شد. روش نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها طبق رهنمودهای مندرج در کتاب استاندارد متد بود [۱۰].

ازن باقی‌مانده توسط روش ایندیگو[4] با آمپول مخصوص ازن توسط دستگاه اسپکتروفتومتری DR/2000 طبق روش استاندارد متد اندازه‌گیری شد [۱۰].

۲-۴- تغییر شرایط

به‌هنگام تغییر سن لجن و برای تغییر غلظت ازن به‌منظور کاهش لجن مازاد بیولوژیکی در راکتور آزمایش، برای انطباق سیستم با شرایط جدید، حداقل دو هفته (معادل ۴۲ سیکل SBR) زمان در نظر گرفته شد؛ اندازه‌گیری پارامترها پس از تثبیت شرایط پایدار، انجام گردید. غلظت مواد معلق در داخل راکتور و COD پساب خروجی به‌عنوان شاخص تثبیت شرایط در نظر گرفته شد. با تغییر غلظت ازن تزریقی به راکتور برای کاهش تولید لجن مازاد بیولوژیکی، شروع به کار سیستم حداقل سه بار سیستم تکرار شد و

[1] Seed

[2] Mixed Liquor Volatile Suspended Sold (MLVSS)

[3] Specific Oxygen Uptak Rate (SOUR)

[4] Indigo

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده در زمان ماند سلولی ۱۰ روز برای تعیین ضرایب Y و K_d *

زمان واکنش	COD=۳۰۰		COD=۴۰۰		COD=۶۰۰		COD=۸۰۰	
(ساعت)	COD	MLSS	COD	MLSS	COD	MLSS	COD	MLSS
۰	۳۰۰	۱۴۱۰	۴۰۰	۱۵۵۰	۶۰۰	۱۳۵۰	۸۰۰	۱۲۵۰
۰/۵	۱۰۲	۱۵۵۰	۲۰۵	۱۵۰۰	۴۲۰	۱۵۷۰	۷۷۰	۱۲۳۰
۱	۸۱	۱۶۰۰	۱۲۳	۱۷۱۰	۲۹۰	۲۰۵۰	۵۳۵	۱۹۷۰
۱/۵	۵۷	۱۷۶۰	۹۳	۱۶۸۵	۱۰۷	۲۳۰۰	۳۱۳	۲۴۵۰
۲	۳۵	۱۸۵۰	۷۳	۱۹۰۰	۹۱	۲۴۵۰	۱۹۸	۲۶۳۰
۳	۱۵	۲۰۰۰	۴۷	۲۲۵۰	۶۹	۲۶۳۰	۱۳۰	۲۸۲۰
۴	۵	۲۲۳۸	۱۳	۲۳۸۱	۴۸	۲۵۳۲	۵۴	۲۷۲۶
$\overline{X}$		۱۷۹۶		۱۸۸۹		۲۱۵۰		۲۱۷۱
$dx/\overline{X}$		۰/۳۵		۰/۴۴		۰/۵۵		۰/۶۸
$ds/\overline{X}$		۰/۱۶		/۲۰		۰/۲۵		۰/۳۵

* تمام واحدها برحسب میلی‌گرم در لیتر است.

نتایج در هر بار یادداشت و در نهایت به‌صورت میانگین گزارش گردید.

۲-۵- تعیین ضریب سنتیکی تولید بیومس[1]

برای تعیین ضرایب بیوسنتیکی به‌ویژه ضریب تولید بیومس (Y)، از تغییرات بیومس تولیدی در واحد زمان نسبت به تغییرات COD مصرفی در واحد زمان استفاده می‌شود. ضریب تولید بیومس مشاهده شده[2] را با استفاده از رابطه زیر می‌توان محاسبه کرد

$$dX/dt = Y\, dS/dt \qquad (۱)$$

که در آن:

dX/dt میزان افزایش غلظت بیومس یا MLSS (میلی‌گرم بر لیتر) و dS/dt میزان حذف سوبسترا یا COD (میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد.

معادله ساده‌تر آن که نشان دهنده ارتباط بین این سه پارامتر است به‌صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود

$$Y = \frac{X_0 - X}{S_0 - S} \qquad (۲)$$

که در آن:

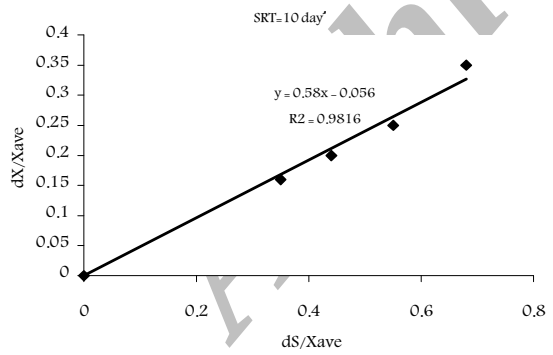
S_0 , S به‌ترتیب غلظت سوبسترای نهایی و اولیه (میلی‌گرم در لیتر) و X, X_0 به‌ترتیب غلظت بیومس نهایی و اولیه (میلی گرم در لیتر) است [۱].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تعیین ضریب سنتیکی K_d و Y در راکتور شاهد در زمان ماند سلولی ۱۰ روز

برای تعیین ضرایب بیوسنتیکی تولید جرم سلولی (Y) و ضریب خود تخریبی (K_d) در زمان‌های ماند سلولی مختلف از چهار غلظت مختلف COD استفاده شد، که جدول۲ نتایج حاصل را در زمان ماند سلولی ۱۰ روز نشان می‌دهد. لازم به‌ذکر است که در این تحقیق درجه حرارت توسط هیتر قابل تنظیم اکواریم در حد ۲۰ تا۲۲ درجه سانتی‌گراد و اکسیژن محلول نیز در حد ۱/۸ تا ۲ میلی‌گرم در لیتر حفظ شد.

مطابق شکل ۳، در زمان ماند سلولی ۱۰ روز K_d=0.056 1/day, Y=0.58 mg Biomass/mg COD می‌باشد. در این زمان ماند سلولی نسبت F/M برابر۰/۲۵ بر روز ، SVI برابر ۹۰ میلی‌لیتر بر گرم، غلظت جامدات خشک لجن ۱/۲ درصد، راندمان حذف COD حدود۹۲ درصد و خاصیت ته‌نشینی لجن خوب می‌باشد.



شکل ۳- تعیین ضریب Yو K_d در زمان ماند سلولی ۱۰ روز

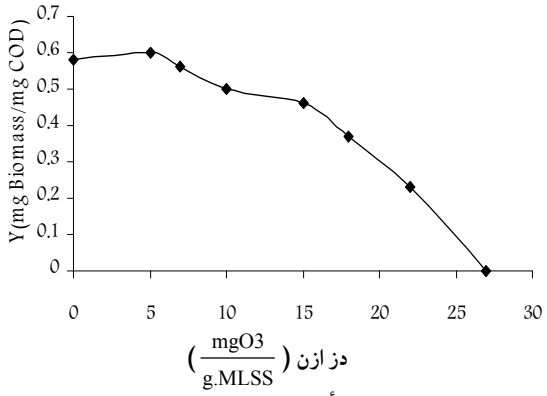
۳-۲- تأثیر میزان ازن تزریقی مختلف بر ضریب تولید بیومس

تاثیر میزان ازن تزریقی مختلف برضریب تولید بیومس (Y)

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود در زمان ماند سلولی ۱۰ روز، میزان جرم سلولی تولیدی به ازای هر گرم COD مصرفی(Y)

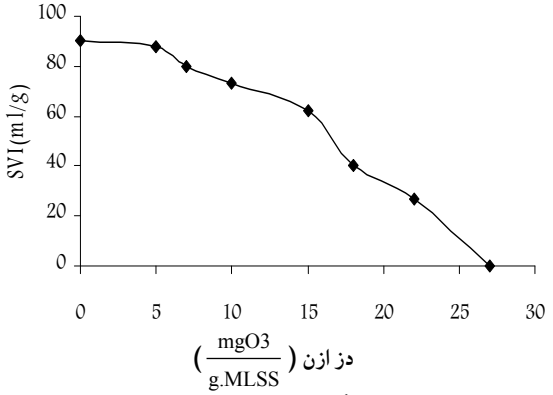
[1] Yield
[2] Yeild Observation

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۴- تأثیر میزان ازن تزریقی بر Y

در حالت بدون تزریق ازن به ۰/۵۸ میلی‌گرم بیومس تولیدی به میلی‌گرم COD مصرفی می‌رسد و در صورت افزایش ازن به راکتور، میزان Y، کاهش می‌یابد به‌طوری که در میزان ازن تزریقی ۲۲ میلی‌گرم به ازای هر گرم MLSS راکتور، میزان ضریب بیوسنتیکی Y به ۰/۲۳ میلی‌گرم بیومس تولیدی به میلی‌گرم COD مصرفی می‌رسد. در نتیجه میزان لجن مازاد بیولوژیکی حدود ۶۰ درصد کاهش می‌یابد.



شکل ۵- تأثیر میزان ازن تزریقی بر SVI

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود در غلظت ازن ۲۲ میلی‌گرم به ازای هرگرم MLSS در یک لیتر لجن، میزان کاهش لجن بیولوژیکی به ۶۰ درصد رسیده در صورتی که در تحقیق کامیا و همکاران[1] در سال ۱۹۹۸ میزان کاهش لجن به ۵۰ درصد در میزان دز ۱۰ میلی‌گرم ازن به ازای هر گرمMLSS در کل تانک هوادهی لجن فعال رسیده است. در ازن‌زنی پیوسته به مقدار ۰/۰۲gO_3/gSS به یک فاضلاب شهری با جریان ۴۵۰ m^3/d در مقیاس کامل لجن فعال طبق تحقیق ساکای[2] در سال ۱۹۹۷، میزان کاهش تولید لجن مازاد به ۱۰۰درصد رسید. در تمام تحقیقات میزان COD پساب خروجی افزایش یافت. دراین مطالعه نیز در میزان ازن تزریقی ۲۷ میلی‌گرم به ازای هرگرم MLSS در راکتور، لجن بیولوژیکی به میزان ۱۰۰ درصد کاهش یافت [۱۳-۱۵].

۳-۳- تأثیر میزان ازن تزریقی مختلف بر درصد کاهش لجن مازاد و راندمان حذف COD

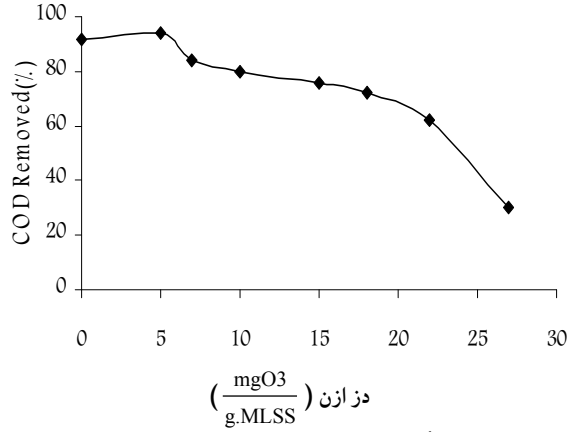
درصد کاهش تولید لجن مازاد بیولوژیکی و ازن باقی‌مانده پس از انجام واکنش در غلظتهای مختلف ازن تزریقی به راکتور مطابق جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳- تأثیر میزان ازن تزریقی با غلظت مختلف بر درصد کاهش تولید لجن مازاد بیولوژیکی و ازن باقی‌مانده

کاهش لجن (درصد)	ازن باقی‌مانده در پایان واکنش (mg/L)	غلظت ازن تزریقی درراکتور (mgO_3/gMLSS)
-	۰	۰
۳/۳ افزایش	۰	۵
۳/۵	۰	۷
۱۳/۸	۰/۰۱	۱۰
۲۰/۷	۰/۰۵	۱۵
۳۶/۲	۰/۱	۱۸
۶۰/۳۵	۰/۷	۲۲
۱۰۰	۱/۲	۲۷

۳-۴- تأثیر میزان ازن تزریقی مختلف بر راندمان حذف COD

مطابق شکل ۶ با افزایش ازن تزریقی به راکتور راندمان حذف COD پایین آمده و به حدود ۴۲درصد در میزان ازن تزریقی ۲۲ میلی‌گرم به ازای هر گرم MLSS در راکتور می‌رسد. در نتیجه COD محلول در پساب خروجی بالا می‌رود، که دلیل آن، از بین رفتن قسمتی از میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده ماده آلی است.



شکل ۶- تأثیر میزان ازن تزریقی بر راندمان حذف COD

[1] Kamya et al.
[2] Sakai

Archive of SID
www.SID.ir

بنابراین راندمان حذف COD کاهش یافته و از طرفی، قسمتی از بیومس توسط ازن اکسید شده و به‌صورت محلول در می‌آید.

یاسویی و همکاران[1] در سال ۱۹۹۶ در یک مطالعه درمقیاس کامل در تصفیه فاضلاب با بار BOD_5 معادل ۵۵۰ کیلوگرم در روز با تزریق ازن به‌شکل پیوسته به راکتور لجن فعال با دز ۰/۰۵ گرم به ازای هرگرم جامدات معلق حوض هوادهی، لجن مازاد را ۱۰۰درصد کاهش دادند، اما میزان TOC در پساب خروجی افزایش یافت [۱۳].

ساکای و همکاران در سال۱۹۹۷ در یک مطالعه در مقیاس کامل در تصفیه فاضلاب شهری با دبی ۴۵۰ مترمکعب در روز با تزریق ازن به‌شکل پیوسته به راکتور لجن فعال با دز ۰/۰۲گرم به ازای هر گرم جامدات معلق حوض هوادهی، لجن مازاد را ۱۰۰درصد کاهش دادند، اما میزان COD در پساب خروجی بیشتر شد [۱۴].

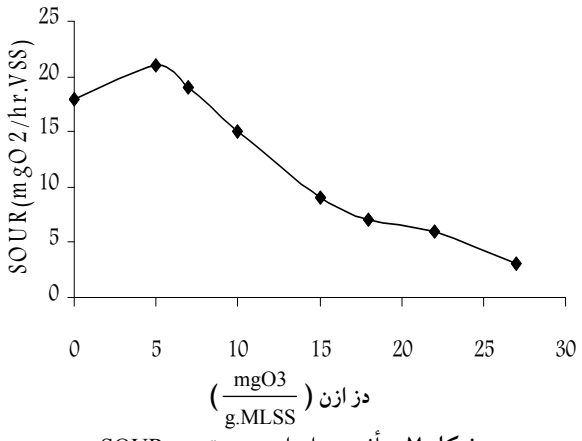
کامیا و همکاران در سال۱۹۹۸ در یک مطالعه آزمایشگاهی با فاضلاب مصنوعی با تزریق ازن به‌شکل متناوب به راکتور با دز ۱۱ میلی‌گرم به ازای هرگرم جامدات معلق، لجن مازاد را ۵۰ درصد کاهش دادند، اما میزان COD در پساب خروجی به میزان جزیی افزایش یافت [۱۵].

۳-۵- تأثیر میزان ازن تزریقی مختلف بر SOUR

مطابق شکل ۷، با افزودن ازن به‌دلیل تأثیر ازن بر میکروارگانیسم‌ها تعدادی از میکرب‌ها غیرفعال شده و از بین می‌روند (مگر تعداد محدودی از میکروارگانیسم‌های کپسول دار) و فعالیت میکربی کاهش می‌یابد، در نتیجه SOUR که میزان تنفس میکربی را نشان می‌دهد، کاهش می‌یابد. SOUR کمتر از ۱۲ میلی‌گرم اکسیژن در ساعت به ازای هر گرم جامدات معلق فرار نشان دهنده حضور مواد سمّی وبازدارنده رشد میکربی در راکتور است [۸ و۹]. نتایج نشان داد که ازن با غلظت ۲۲ میلی‌گرم به ازای هر گرم MLSS در راکتور، قادر است میزان SOUR را از ۱۸ در حالت بدون تزریق ازن به کمتراز $mgO_2/h.gVSS$ ۶ برساند.

۳-۶- تأثیر میزان ازن تزریقی مختلف بر SVI

مطابق با شکل ۵ با افزایش ازن تزریقی به راکتور، میزان شاخص حجمی لجن به‌دلیل اکسیداسیون بخشی از بیومس، کاهش می‌یابد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود با افزایش ازن تزریقی در حدود بیش از ۲۲میلی‌گرم به ازای هرگرم MLSS به راکتور، میزان SVI به حدود ۲۷ میلی‌لیتر بر گرم می‌رسد. اما در دز تزریقی ۲۷



شکل ۷- تأثیر میزان ازن تزریقی بر SOUR

میلی‌گرم به ازای هرگرم MLSS راکتور، هیچ لجنی تشکیل نمی‌شود. یاسویی و لو[2] نیز دریافتند که ازن علاوه بر کاهش تولید لجن مازاد، قادر است قابلیت ته‌نشینی لجن را بهبود بخشد و میزان SVI را کاهش دهد [۱۳و۱۷].

۴- نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که ازن با غلظت ۲۲ میلی‌گرم به ازای هر گرم MLSS در راکتور، قادر است ضریب سنتیکی Y را از ۰/۵۸ در حالت بدون تزریق ازن به ۰/۲۳ میلی‌گرم بیومس به میلی‌گرم COD کاهش دهد. در نتیجه میزان لجن مازاد بیولوژیکی حدود ۶۰ درصد کاهش می‌یابد. در میزان ازن تزریقی ۲۷ میلی‌گرم به ازای هر گرم MLSS در راکتور، راندمان حذف COD به کمتراز ۳۰ درصد رسید.

در استفاده از ازن در کاهش تولید لجن بیولوژیکی، میزان SVI کاهش یافته و از طرفی قابلیت ته‌نشینی لجن بهبود می‌یابد. نتایج نشان داد که ازن با غلظت ۲۲ میلی‌گرم به ازای هر گرم MLSS در راکتور، قادر است میزان SVI را از ۹۰ در حالت بدون تزریق ازن به ۲۷ میلی‌لیتر بر گرم برساند.

۵- تشکر و قدردانی

به این وسیله از دفتر توسعه منابع آب شرکت آب و فاضلاب کشور به خاطر حمایت مالی این تحقیق و از آزمایشگاه دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران به خاطر آزمایش پارامترها تشکر و قدردانی می‌گردد.

[1] Yasui et al.

[2] Low

Archive of SID

www.SID.ir

۶- مراجع

1- Tchobanglous, G., and Burton, F. (2003). *Wastewater engineering: Treatment ,disposal and reuse*, 4th Ed., McGraw Hill, Metcalf and Eddy Inc., New York.

2- Wisaam, S., Rekabi, A., and Qiang, W. (2007). "Review on sequencing batch reactors." *Pakistan J. of Nutrition*, 6 (1), 11-19.

3- Low, E. W., and Chase, H.A.(1999). "Reducing production of excess biomass during wastewater treatment." *Wat. Res.*, 33(5), 1119-1132.

4-Bitton, G. (2002). *Wastewater microbiology*, Willey-Liss, New York.

۵- تکدستان، ا.، ترابیان، ع.، عظیمی، ع . (۱۳۸۵). "روشهای کاهش تولید لجن بیولوژیکی در فرایندهای هوازی تصفیه فاضلاب." *اولین همایش ملی بهرهبرداری در بخش آب و فاضلاب*، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ۲۳۴-۲۴۰.

۶- تکدستان، ا.، و ترابیان، ع. (۱۳۸۶). "بررسی کاهش تولید لجن مازاد بیولوژیکی در راکتو ناپیوسته متوالی (SBR) توسط اکسیداسیون بخشی از لجن بوسیله کلر." *دهمین همایش کشوری بهداشت محیط*، دانشگاه همدان، ۲۴-۳۰.

7-USEPA. (1999). *Wastewater technology fact sheet sequencing batch reactors*, United States Environmental Protection Agency, 832-F-99-073, USA.

۸- تکدستان، ا.، و ترابیان، ع. (۱۳۸۷). "بررسی کاربرد متناوب کلر در کاهش تولید لجن مازاد بیولوژیکی در راکتور ناپیوسته متوالی (SBR)." *دومین همایش کشوری مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران*، تهران، ۳۷۴-۳۸۰.

9- Canales, A., Pareilleux, A., Rols, J. L., Goma, C., and Huyard, A. (1994). "Decreased sludge production strategy for domestic wastewater treatment." *Wat. Sci. Thecnol*., 30(8), 96-106.

10-APHA., AWWA., WPCF. (1995). *Standard method for the examination of water & wastewater*, 22th Ed. A.P.H.A.N.W, Washington D.C.

11-Liu, Y., and Tay, J. H. (2001). "Strategy for minimization of excess sludge production from the activated sludge process." *Biotech. Adv.*, 19(2), 97-107.

12- Liu, Y.(2003). "Chemically reduced excess sludge production in the activated sludge process." *Chemosphere*, 50, 1-7.

13- Yasui, H., Nakamura, K., Sakuma, S., Iwasaki, M., and Sakai, Y. (1996). "A full-sale operation of a novel activated sludge process without excess sludge production." *Water Sci. Technol.*, 34 (3-4), 395-404.

14- Sakai, Y., Fukase, T., Yasui, H., and Shibata, M. (1997). "An activated sludge process without excess sludge production." *Water Sci. Technol*., 36(11), 163-170.

15- Kamiya, T., and Hirotsuji, J. (1998). "New combined system of biological process and intermittent ozonation for advanced wastewater treatment." *Water Sci. Technol*., .38 (8-9), 145-153.

16- Yasui, H., and Shibata, M. (1994). "An innovative approach to reduce excess sludge production in the activated sludge process." *Water Sci.Technol*., 30 (23), 11-20.

17-Liu, Y. (2000). "Effect of chemical uncoupler on the observed growth yield in batch culture of activated sludge." *Water Res*., 3(4), 2025-2030.

18-Liu, Y., and Tay, J. H. (2000). "A kinetic model for energy spilling-associated product formation in substrate-sufficient continuous culture." *J. Appl. Microbiol.*, (88), 663-668.

19-Low, W. W., Chase, H. A., Milner, M.G., and Curtis, T.P. (2000). "Uncoupling of metabolism to reduce biomass production in the activated sludge process." *Water Res*., 34, 3204-3212.

20- Sabya, S., Djafera, M., and Hao Chenb, G. (2003). "Effect of low ORP in anoxic sludge zone on excess sludge production In OSA activated sludge process." *Water Res.,* 37(1), 11-20.

21- Wunderlich, R, Barry, J., and Greenwood, D. (1985) "Start up of a High-purity oxygen activated sludge system at the los angeles country sanitation districts." *J. Wat. Poll. Control Fed*., 57, 1012-1018.

22-Saby, S., Djafer, M., and Chen, G. H. (2002) "Feasibility of using a chlorination step to reduce excess sludge in activated sludge process." *Water Res*., 36 (3), 656-666.

Archive of SID

www.SID.ir

23- Chen, G., and Saby, S. (2003). "New approaches to minimize excess sludge in activated sludge system." *Water Sci. Technol.*, 44 (10), 203-208.
24- Rocher, M., Roux, G., Goma, G., Begue, AP., Louvel, L., and Rols, J.L. (2001). "Excess sludge reduction in activated sludge processesby integrating biomass alkaline heat treatment." *Water Sci. Technol*., 44(2–3), 437-444.
25-Lee, U., Topfl, S., and Heinz, V. "Application of pulsed electric fields for the reduction of excess sludge." *J. of Biotechnology and Process Engineering*, 12, 8-13.
26-Hoon Yoon, S., SooKim, H., and Lee, S. (2004). "Incorporation of ultrasonic cell disintegration into a membrane bioreactor for zero sludge production." *Process Biochemistry*, 39, 1923-1929.
27-Huang X., Liang, P., and Qian, Y. (2007). "Excess sludge reduction induced by Tubifex tubifex in a recycle sludge reactor." *Journal of Biotechnology*, 127, 443-453.
28- Liang, P., Huang, X., and Qain, Y. (2006). "Excess sludge reduction in activated sludge process through predation of Aeolosoma hemperichi." *Chemistry Engineering Journal*, 28, 117-122.
29- Liang, C., Huang, X., Qian, Y., Wei Y., and Ding, g. (2006). "Determination and comparison of sludge reduction rates caused by microfaunas, predation." *Bioresource Technology*, 97, 854-861.
30- Abbassi, B., Dullstein, S., and Rabiger, N. (2000). "Minimization of excess sludge production by increase of oxygen concentration in activated sludge flocs: Experimental and theoretical apperoch." *Water Res.*, 34 (1), 139-146.

Archive of SID

www.SID.ir