

بررسی نقش باکتریها در حذف ترکیبات مغذی از فاضلابهای شهری

دکتر علی اصغر نجف پور^۱، دکتر محمد حسن احرام پوش^۲

چکیده

مقدمه: حفظ کیفیت منابع آب در کشور با توجه به فرار گرفتن در منطقه کم باران و کمبود منابع آب از اهمیت ویژه ای برخوردار است. یکی از روشهای اصلی در حفظ کیفیت آب این منابع، کنترل ورود آلاینده ها و کاهش غلظت آنهاست. رشد بیش از حد جلبکها و گیاهان آبرزی و اثرات نامناسب آنها بر کیفیت آب، پیامد ورود ترکیبات مغذی ای چون ازت و فسفر به این منابع است. روشهای مرسوم تصفیه بیولوژیکی فاضلاب توانایی کاهش غلظت کافی این ترکیبات را ندارند.

روش بررسی: این تحقیق به صورت تحلیلی - کاربردی در شهرک شهید نامجو در جنوب تهران و طی یک سال انجام شد که ضمن مطالعه کارایی حذف ترکیبات مغذی در تصفیه خانه انتخابی و انجام تغییراتی در آن، تعیین شاخص های کیفی فاضلاب نظیر COD, BOD، ازت و فسفر، جامدات و انواع باکتریها بر اساس روشهای کتاب استاندارد متد انجام پذیرفت. سپس با طراحی پایلوتی به شکل بی هوازی - هوازی تعداد باکتریهای مؤثر در حذف ترکیبات مغذی افزایش داده شد.

یافته ها: تعداد باکتریهای مؤثر در حذف فسفر در هر میلی لیتر لجن شامل سودوموناس، آئروموناس و اسیتوباکتر به ترتیب در مورد پایلوت طراحی شده برابر $1/1 \times 10^7$ ، $9/1 \times 10^6$ ، $5/2 \times 10^6$ عدد بود و در نتیجه غلظت ترکیبات ازت و فسفر در پساب خروجی به حدود استاندارد دفع در آبهای پذیرفته کاهش یافت که در مقایسه با روشهای معمول تصفیه فاضلاب اختلاف معنی داری وجود داشت ($p < 0.05$). در مورد ترکیبات فسفر غلظت این ترکیبات در پساب خروجی به حدود یک میلیگرم در لیتر کاهش داده شد.

واژه های کلیدی: فاضلاب شهری، ترکیبات مغذی

مقدمه

با توجه به موقعیت جغرافیایی کشور و کمبود منابع آب قابل استفاده، کنترل آلودگی های ورودی به این منابع بخصوص از طریق کاهش غلظت آلاینده های ورودی به آنها بسیار ضروری است^(۱). آبهای پذیرنده نظیر دریاچه ها و رودخانه ها محلی برای دفع فاضلابها و پسابها محسوب می شوند. از جمله آلاینده هایی که از این طریق می توانند وارد آبهای پذیرنده شوند می توان از ترکیبات مغذی ای چون ازت و فسفر نام برد که به دلیل افزایش رشد

۱- استادیار گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مشهد

۲- استادیار گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت

گیاهان آبرزی و جلبکها و در نهایت ایجاد پدیده اوتریفیکاسیون به عنوان آلوده کننده شدید تلقی می شوند^(۲،۳). در روشهای مرسوم تصفیه فاضلاب، انواع آلاینده ها از جمله ترکیبات مغذی کاهش داده می شوند ولی در مورد ترکیبات مغذی بخصوص فسفر مقدار کاهش کافی نبوده و با توجه به اهمیت آنها در رشد گیاهان آبرزی و جلبکها باید از روشهایی در تصفیه فاضلاب استفاده نمود که راندمان بیشتری در حذف این ترکیبات داشته باشد^(۴). از آنجایی که جلبکها موجوداتی اتوتروف هستند و فقط به ترکیبات معدنی نیازمندند، کاهش غلظت ترکیبات معدنی در پساب های تصفیه شده دفعی به آبهای پذیرنده در کنترل رشد آنها مؤثر خواهد بود و با توجه به اینکه مهمترین ترکیبات مغذی، ازت و فسفر هستند و فسفر به عنوان عامل محدود کننده رشد

جدول ۱: نتایج آنالیز سالیانه فاضلاب ورودی به تصفیه خانه فاضلاب

پارامتر	میانگین (mg/l)	انحراف معیار
جامدات کل	۸۹۰	۵۱/۰۸
جامدات محلول	۵۱۰	۳۶/۰۳
ثابت	۳۶۰	۲۲/۱۵
فرار	۱۵۰	۸/۰۹
جامدات معلق	۳۸۰	۱۵/۰۷
ثابت	۱۱۰	۴/۰۱
فرار	۲۷۰	۱۱/۰۲
جامدات قابل ته نشینی	۱۰	۰/۲۵
BOD ₅ کل	۳۶۶	۱۹/۰۴
BOD ₅ محلول	۱۶۸	۱۲/۱۵
COD	۴۱۷	۲۹/۵۴
نیترژن کل	۴۰	۱/۲۵
نیترژن آلی بر حسب ازت	۲۲	۰/۸۵
نیترژن آمونیاکی بر حسب ازت	۱۸	۰/۶۲
فسفر کل	۱۶	۰/۳۸
ارتوفسفات بر حسب فسفر	۱۱/۲	۰/۲۴
قلیائیت بر حسب کربنات کلسیم	۲۷۰	۱۹/۴۵
PH	۷/۴	۰/۲۰۳
مجموع کلیفرم	$1/2 \times 10^6$ MPN/100ml	-
کلیفرم مدفوعی	$1/8 \times 10^6$ MPN/100ml	-

* میانگین هندسی

جدول ۲: نتایج آنالیز پساب خروجی در روش های مختلف مورد مطالعه

روش A/O	نوع روش		لجن فعال در شرایط معمول بهره برداری		پارامتر
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
انحراف معیار	۲۳/۲	۰/۹۳	۳۶/۷	۱/۰۳	BOD ₅ (mg/l)
۰/۴۴	۷/۷	۰/۸۷	۱۵/۷	۱/۱	SBOD ₅ (mg/l)
۳/۲۰	۳۲/۸	۲/۷۸	۴۸	۳/۳۴	COD (mg/l)
۱/۲۱	۱۷/۴	۳/۱۲	۴۱	۳/۰۸	جامدات معلق (mg/l)
۰/۱۱	۱/۴۳	۰/۷۵	۶	۰/۲۵	فسفر کل (mg/l)
۰/۳۱	۰/۴۵	۰/۴۳	۴/۴	۰/۱۸	ارتوفسفات بر حسب فسفر (mg/l)
۰/۹۷	۱۵/۹	۱/۰۱	۱۰/۶	۰/۲۴	آمونیاک بر حسب ازت (mg/l)
۰/۸۲	۷	۰/۷۴	۹/۱	۰/۹۳	نیترات بر حسب ازت (mg/l)

در مرحله دوم تحقیق با ایجاد شرایط بی هوازی در ابتدای تصفیه خانه، باکتری های مورد نظر نیز تا حدود زیادی افزایش یافتند. میانگین تعداد باکتریهای مورد بررسی شامل سودوموناس، آئروموناس و اسیتوباکتر به ترتیب به $2/8 \times 10^6$ ، $1/9 \times 10^6$ ، $9/9 \times 10^6$ عدد در میلی لیتر افزایش یافت.

در مرحله سوم پایلوتی که دارای مراحل بی هوازی و هوازی مستقل از یکدیگر بود، طراحی گردید. نتایج مربوط به آنالیز پساب خروجی در این سه مرحله در جدول (۲) ارائه شده است. در ادامه مرحله سوم با در نظر گرفتن مخزنی جهت تجزیه بی هوازی لجن اولیه و تولید اسیدهای آلی فرار در آن بخش از این اسیدها به ابتدای مخزن بی هوازی منتقل شدند به نحوی که غلظت این اسیدها در مخزن به حدود ۱۰ میلی گرم در لیتر بر حسب اسید استیک افزایش یافت و باعث کاهش قابل ملاحظه فسفر کل، فسفر محلول و نیترات به ترتیب به $1/43$ ، $0/45$ و ۷ میلی گرم در لیتر گردید. تأثیر این تغییرات در پساب خروجی و کاهش غلظت ترکیبات مغذی و افزایش قابل ملاحظه باکتریهای مورد بررسی در جدول (۳) آورده شده است. با انجام تغییرات لازم در پارامترهایی چون DO، نسبت غذا به میکروارگانیسم و درصد لجن برگشتی، حذف فسفر کل به حدود ۹۰٪ افزایش یافت. درصد حذف پارامترهایی نظیر BOD، جامدات معلق و فسفر در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۳: پارامترهای اجرایی در روشهای مختلف حذف بیولوژیکی فسفر

نوع روش				پارامترها
A/O ^(۱)	لجن فعال اصلاح شده ^(۲)	لجن فعال ^(۳)	لجن فعال ^(۱)	
۰/۴۵	۰/۲	۰/۰۵۵	۰/۰۷	F/M (کیلوگرم TBOD بر کیلوگرم MLVSS در روز)
۶	۱۹	۲۰	۱۵	SRT(روز)
۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۵۰۰	۳۰۰۰	MLSS (میلی گرم در لیتر)
۲/۵	۲/۵	۱/۵	۱	DO در ناحیه هوازی (mg/l)
۴۵	۶۵	۸۵	۵۰	درصد لجن برگشتی
۱۰	-	-	-	VFA _۳ در ناحیه هوازی (mg/l)
زمان ماند هیدرولیکی (ساعت)				
۱/۵	۴	-	-	بی هوازی / انوکسیک
۳	۸	۲۹	۲۹	هوازی
تعداد باکتریها در میلی لیتر لجن				
۱/۳×۱۰ ^۸	۱/۱×۱۰ ^۸	۹×۱۰ ^۷	۱/۴×۱۰ ^۶	شمارش بشقابی هتروتروف ها
۱/۱×۱۰ ^۷	۲/۸×۱۰ ^۶	۱/۷×۱۰ ^۶	۱/۷×۱۰ ^۴	سودوموناس ها
۹/۱×۱۰ ^۶	۱/۹×۱۰ ^۶	۱/۵×۱۰ ^۶	۱/۳×۱۰ ^۴	آئروموناس ها
۵/۲×۱۰ ^۶	۹/۹×۱۰ ^۵	۲/۷×۱۰ ^۴	۲/۸×۱۰ ^۳	اسیتوباکترها

۱- لجن فعال در شرایط معمول بهره برداری

۲- لجن فعال در شرایط معمول بهره برداری

۳- لجن فعال با شرایط بی هوازی در ابتدای سیستم

۴- روش A/O

جدول ۴: متوسط درصد حذف پارامترهای مختلف در روشهای مورد مطالعه در طرح

فسفر محلول	فسفر کل	جامدات معلق	BOD ₅ محلول	BOD ₅ کل	درصد حذف
۳	۱۶	۸۱	۸۱	۷۶	لجن فعال در شرایط معمول بهره برداری
۳۴/۵	۴۶	۸۵	۹۰	۸۵	لجن فعال پس از بهبود شرایط بهره برداری
۶۴	۶۸	۹۱	۹۲	۸۸	لجن فعال با ایجاد شرایط بی هوازی (زمان ماند ۸ ساعت)
۹۵	۸۹	۹۴/۵	۹۴/۵	۹۰	پایلو ت طراحی شده به روش A/O

بحث

مورد نمی توان به استانداردهای دفع پساب به آب پذیرنده دست یافت. با بهبود شرایط از نظر افزایش غلظت اکسیژن محلول به حدود ۲/۵-۱/۵ میلی گرم در لیتر با توجه به فعالیت شش هواده موجود در تانک هوادهی و تنظیم F/M به مقدار ۰/۵۵ از طریق برگشت لجن، حذف BOD₅ کل و محلول نیز بهبود یافته و به ترتیب به حدود ۸۵ و ۹۰٪ افزایش یافت. تعداد باکتریهای پسودوموناس، آئروموناس و اسیتوباکتر نیز در لجن ثانویه مطابق جدول (۳) به ترتیب ۱/۷×۱۰^۶، ۱/۵×۱۰^۶ و ۲/۷×۱۰^۴ عدد در

در مرحله اول تحقیق با توجه به عدم بهره برداری مناسب، کمبود اکسیژن محلول در حوض هوادهی و نامناسب بودن درصد لجن برگشتی، کارآیی حذف SBOD و TBOD به ترتیب برابر ۷۶ و ۸۱٪ بود. کارآیی حذف فسفر کل و ارتوفسفات نیز به ترتیب حدود ۱۶ و ۳٪ تعیین گردید و این در حالی بود که جامدات معلق برابر ۸۱٪ بوده است. با توجه به این نتایج می توان گفت که عمل تصفیه ناقص بوده و تقریباً در هیچ

افزایش این پساب به مخزن بی هوازای پایلوت، غلظت این اسیدها به حدود ۱۰ میلی گرم در لیتر افزایش یافت. در اثر این تغییرات مطابق جدول (۳) تعداد باکتری های سودوموناس، آئروموناس و آسیتو باکتر در لجن ته نشینی ثانویه بطور متوسط نسبت به مرحله قبل حدود ۱۴-۹ درصد افزایش یافت. حذف BOD₅ کل و محلول نیز در این مرحله به حدود ۹۰ و ۹۴/۵٪ و حذف فسفر کل و محلول نیز به ترتیب به حدود ۸۹ و ۹۵٪ افزایش یافت. کارآیی این روش در حذف فسفر در مقایسه با روش های مرسوم تصفیه فاضلاب دارای اختلاف معنی داری است (p<0.001).

نتیجه گیری: در کل می توان اظهار داشت که افزایش تعداد باکتریهای ذخیره کننده فسفر و رسوب آنها در ته نشینی ثانویه باعث کاهش غلظت فسفر کل به کمتر از ۱/۵ میلی گرم در لیتر و فسفر محلول به کمتر از ۰/۵ میلی گرم در لیتر در پساب خواهد شد. همچنین در این حالت غلظت نیترات نیز به حدود ۷ میلی گرم در لیتر کاهش خواهد یافت و با توجه به اینکه ترکیبات فسفر به عنوان عامل محدود کننده رشد جلبکها و گیاهان آبی محسوب می شوند می توان چنین پسایی را بدون نگرانی از رشد بیش از حد جلبکها و مشکلات متعاقب آن نظیر اوتریفیکاسیون به آبهای پذیرنده دفع نمود.

References

- 1-Drapcho, Caye M., Brune, David E., *The partitioned aquaculture system: impact of design and environmental parameters on algal productivity and photosynthetic oxygen production*, Aquacultural Engineering, January 2000, Vol: 21, Issue3: 151-168
- 2-Kaempfer, H., Baillod, C.R., *Calibration and verification of a biological nutrient removal model for a high strength wastewater*, Proceedings of the Water Environment Federation 72nd Annual Conference & Exposition, New Orleans, Louisiana, USA, 1999 October, chapter 5, 9-13.
- 3-Wachtmeister, A., Kuba, T., Van Loosdrecht, *Sludge characterization assay for aerobic and denitrifying phosphorus removing sludge*, Water Research, March, 1997, Vol:31, Issue:3:471-478.
- 4-Furumai, Hiroaki, Kazmi Absar, *Modeling long term nutrient removal in a sequencing batch reactor*, Water Research, August 1999, Vol:33, Issue : 11 : 2708-2714.
- 5-Sedlak, R.I., *Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater: principles and practice*, Florida, Lewis publishers, Boca Raton, 3rd ed. 1998, chapter3 :598-675.
- 6- Chan, R.L. Narayanan, B., Buhr, H.O *The coupling of two biological phosphorus removal processes to increase operational flexibility and improve performance*. Proceedings of the Water Environment Federation 74 th Annual Conference & Exposition, Atlanta, Georgia, USA, October, 2001: 13-17.
- 7-Ahn. Jobwan, Daidou, Tsuneda, *Characterization of denitrifying phosphate-accumulating organisms cultivated under different electron acceptor conditions using polymerase chain reaction-denaturing gradient gel electrophoresis assay*, Water Research, 2002, January Vol :36, Issue: 2: 403-412.
- 8-Chuang, S.H.; Ouyang, C.F., *Evaluation of phosphorus removal in anaerobic-anoxic-aerobic system-via polyhydroxyalkanoates measurements*, Water Science and Technology 1998, Vol: 38, Issue: 1:107-114.

میلی لیتر لجن افزایش یافت که بیانگر اختلاف معنی داری در افزایش باکتری هاست (p<0.05).

در مرحله دوم که به مدت سه ماه به طول انجامید با توجه به بررسی های انجام شده قبل در مورد افزایش حذف فسفر با ایجاد شرایط بی هوازی، در ابتدای حوض هوادهی با قطع هواده ها این شرایط ایجاد گردید^(۷). با افزایش زمان ماند در مرحله بی هوازی به حدود ۸ ساعت، در اثر تخمیر ترکیبات آلی محلول و افزایش غلظت اسیدهای آلی مورد استفاده باکتریهای مورد بررسی، حذف BOD₅ کل و محلول به ۸۸ و ۹۲٪ افزایش یافته و حذف فسفر کل و محلول نیز به ترتیب به حدود ۶۸ و ۶۴٪ افزایش یافت. حذف فسفر نسبت به شرایط معمول بهره برداری دارای اختلاف معنی داری است (p<0.05).

در مرحله سوم تحقیق با طراحی پایلوت با حوض هوادهی مستقل، مخزنی نیز جهت هضم بی هوازای ترکیبات آلی لجن اولیه و تولید اسیدهای آلی فرار نظیر اسید استیک و پروپیونیک در نظر گرفته شد^(۸). با بررسی هایی که در آزمایشگاه جهت تعیین زمان مناسب برای تولید بهترین غلظت اسیدهای آلی انجام شد، در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد زمان ماند ۳-۵ روز برای این مخزن به حدود ۱۰۵ میلی گرم در لیتر رسید. پس از