

امکان سنجی و بررسی کمی و کیفی بازیافت لجن خشک تصفیه خانه فاضلاب شهر صنعتی البرز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۱

کد مقاله: ۳۹۵۲۱

سید حامد مجابی^۱

چکیده

هدف کلی از انجام این تحقیق امکان سنجی و بررسی کمی و کیفی بازیافت لجن خشک تصفیه خانه فاضلاب شهر صنعتی البرز و کاربرد آن در کشاورزی می باشد، این تحقیق به صورت تجربی-آزمایشگاهی در مقیاس پایلوت به مدت سه ماه و در فصول بهار و تابستان در سال ۱۳۹۹ در دو مرحله و در آزمایشگاه تصفیه خانه شهر صنعتی البرز و آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط زیست استان قزوین انجام شد. روش کار در این پژوهش به ترتیب در ذیل آمده است. همچنین به منظور ارزیابی قابلیت استفاده از لجن حذف شده در هاضم هوازی شاخص های میکروبی TC, FC و تخم انگل و نماتودهای روده ای مورد پایش قرار گرفت و با استانداردهای زیست محیطی USEPA مقایسه شد. همچنین جهت رسم نمودارها از نرم افزارها Excel 2007 استفاده شد. حجم لجن تولیدی این تصفیه خانه در ورودی به استخرهای لجن خشک کن با احتساب ۴/۸ ساعت کار پمپ بادی $180 \text{ m}^3/\text{h}$ برابر $864 \text{ m}^3/\text{day}$ می باشد نتایج آزمایشات میکروبی نمونه های لجن ورودی به استخرهای لجن خشک کن نشان می دهد که میانگین دانسیته کلیفرم های مدفوعی در دو نمونه برداشت شده برابر $3/3 \times 10^6 \text{ MPN/gds}$ می باشد که با استاندارد لجن کلاس A و B USEPA اختلاف زیادی ندارد بررسی نتایج دو مرحله بارگذاری جداگانه هاضم های هوازی نشان می دهد که پارامترهای اندازه گیری شده در طول فرآیند هضم در بیوراکتور در جهت تثبیت پیش رفته اند. نتیجه گیری کلی که می توان از این مطالعه گرفت این است که در حال حاضر لجن فعلی که از خروجی های حوضچه های تثبیت شده به استخرهای لجن خشک کن ریخته می شوند خام و تثبیت نشده اند.

واژگان کلیدی: لجن خشک، تصفیه خانه فاضلاب، شهر صنعتی البرز، زیست محیطی

امروزه افزایش روزافزون جمعیت و همزمان با آن پیشرفت سریع فناوری در بخش‌های مختلف صنعت که پایه گذار انقلاب نوین صنعتی در جامعه بشری است، به عنوان مهمترین عوامل تخریب منابع زیست محیطی به شمار می‌روند. در صورت عدم توجه جدی به مقوله توسعه پایدار در بخش محیط زیست، در آینده‌ای نه چندان دور شاهد وضعیتی فاجعه بار در این حوزه خواهیم بود. کنترل آلاینده‌های زیست محیطی از طریق سیستم‌های مناسب به عنوان یکی از راهکارهای مهم و قابل توجه در راستای تحقق این هدف آرمانی می‌تواند بسیار سودمند باشد. فاضلاب اساساً از عوامل آلوده‌کننده محیط به حساب می‌آید که باید به طریق مناسب و بهداشتی جمع‌آوری و تصفیه شود. تصفیه فاضلاب همواره با تولید دو بخش به صورت پساب و لجن به طور مجزا همراه است. لجن فاضلاب، ماده نیمه جامدی است که در روش‌های مختلف تصفیه به منظور حذف آلاینده‌های معلق و محلول فاضلاب از طریق جداسازی مواد جامد از مایع و یا ترکیب شیمیایی و یا فعالیت‌های بیولوژیکی در تصفیه‌خانه فاضلاب به دست می‌آید. در حقیقت نوعی محصول فرعی مهم در فرآیند تصفیه است (مهردادی و همکاران، ۱۳۸۹). برخلاف پساب‌های خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب که معمولاً کیفیتی مطلوب برای تخلیه به طبیعت دارند، لجن‌ها که حاصل تغلیظ آلاینده‌های موجود در فاضلاب هستند، به هیچ وجه به صورت خام و تصفیه نشده مجوز ورود به محیط زیست را ندارند. به عبارت دیگر رها کردن لجن در محیط زیست به دلیل وجود مواد مختلف مقاوم به تجزیه میکروبی، سمی، مواد فسادپذیر و میکروبه‌های بیماریزای موجود در آن، تهدید جدی زیست محیطی محسوب می‌شود و به اشاعه بیماری‌های عفونی و تخریب محیط زیست می‌انجامد (اسدی، ۱۳۹۴).

متخصصین محیط زیست لجن‌های فاضلاب را بدلیل دارا بودن آلاینده‌های شیمیایی و عوامل بیماریزای در زمره مواد زائد خطرناک طبقه بندی نموده‌اند و تثبیت آن‌ها را قبل از دفع لازم می‌دانند. میزان جامدات لجن معمولاً ۰/۲۵ تا ۷ درصد وزنی برآورد می‌گردد. هنگامی که لجن فاضلاب به طور مناسب فرآوری شود، محصول حاصله که به نام جامدات زیستی شناخته شده، دارای کاربردهای مفید و متعددی می‌باشد که عبارتند از:

۱. کاربرد در زمین‌های زراعی جهت بهبود کیفیت خاک و حاصلخیزی آن به دلیل محتوای مواد مغذی و آلی موجود در آن؛
 ۲. استفاده از آن به عنوان یک اصلاح کننده خاک در بخش زراعت؛
 ۳. استفاده به عنوان پوشش روزانه یا بخشی از پوشش نهایی محل دفن مواد زائد جامد. (یارقلی، ۱۳۸۹).
- سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) و فدراسیون آب و محیط زیست (WEF) کاربرد جامدات زیستی را با تاکید بر استفاده سودمند از جامدات لجن فاضلاب ترویج می‌دهند. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا در سال ۱۹۹۳ با وضع ۴۰ کد در قالب قانون ایالتی (CFR)، استانداردهایی را برای استفاده یا دفع لجن وضع نموده است. هدف از این کد بندی مدیریت حل مشکل لجن بوده تا به روشی استفاده و یا دفع شود که سلامت انسان و محیط زیست را محافظت نماید. اهمیت مسئله موجب شده است تا مراکز تحقیقاتی جهان به دنبال شناخت و توسعه روشهای جدید برای به حداقل رساندن لجن تولیدی تصفیه خانه‌های فاضلاب باشند. در این زمینه استفاده از فرآیندهایی که لجن کمتری تولید نمایند به عنوان راه حل ایده آل برای حل اساسی مشکل لجن عنوان شده است (مهردادی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲- اهداف و فرضیات

الف- هدف کلی: هدف کلی از انجام این تحقیق امکان سنجی و بررسی کمی و کیفی بازیافت لجن خشک تصفیه خانه فاضلاب شهر صنعتی البرز و کاربرد آن در کشاورزی

ب- اهداف جزئی:

- تعیین مشخصات فیزیکی لجن (کل جامدات، کل جامدات فرار، نسبت VS/TS)
- تعیین مشخصات شیمیایی (COD، BOD5، PH، قلیائیت، نیتروژن، فسفر، فلزات سنگین (Cu, Hg, Ni, Pb, Mo, Se, Cd, Ar, Zn) و سرعت ویژه اکسیژن (SOUR))
- تعیین مشخصات میکروبی (کل کلیفرم‌ها، کلیفرم مدفوعی و شاخص نمادتوده‌های روده‌ای، تخم انگل‌ها)
- تعیین حجم لجن خروجی از شهر صنعتی البرز در زمان مورد تحقیق

ج- فرضیه‌ها:

۱. لجن شهر صنعتی البرز جهت کاربرد در کشاورزی مناسب است.
۲. تصفیه پذیری لجن شهر صنعتی البرز با روش هضم هوازی مزوفیلیک امکان پذیر است.

۳- شهر صنعتی البرز



شکل ۱ و ۲ بلان کلی تصفیه خانه فاضلاب شهر صنعتی البرز، تلمبه خانه اولیه تصفیه خانه فاضلاب شهر صنعتی البرز

۴- پیشینه تحقیق

نتایج تحقیقات فرزادکیا و همکاران در سال ۱۳۹۴ بر روی تعدادی از تصفیه خانه‌های فاضلاب شهر تهران نیز نشان داد که واحد شوش و صاحبقرانیه قادر به تامین استانداردهای زیست محیطی جهت استفاده مجدد از لجن نیستند، اما واحدهای قیصریه و اکباتان توانستند استاندارد کلاس B، USEPA را تامین کنند. نتایج تحقیقات دیگر در سال ۱۳۹۰ بر روی لجن‌های دفعی از تصفیه خانه‌های فاضلاب اصفهان توسط تکدستان و همکاران نیز نشان داد که هاضم‌های تصفیه خانه شاهین شهر تنها قادر به تامین مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) هستند، در صورتی که هاضم‌های بی‌هوازی جنوب، هیچ یک از معیارهای استفاده مجدد را تامین نمی‌نمایند.

فرزادکیا و همکارانش در سال ۱۳۸۰ به مقایسه کیفیت لجن تصفیه خانه شهر سرکان با استانداردهای زیست محیطی جهت استفاده مجدد پرداخته‌اند و به این نتیجه دست یافتند که کیفیت میکروبی لجن پایین‌تر از کلاس B مقررات USEPA بوده و استفاده مجدد از آن در کشاورزی، به شدت سلامت و بهداشت عمومی مردم را به خطر می‌اندازد. همین محققان در سال ۱۳۸۲ در مطالعه‌ای به بررسی کارایی هاضم‌های بی‌هوازی در تثبیت لجن تصفیه خانه فاضلاب شهر سرکان پرداخته‌اند. در این مطالعه پس از گذشت ۱۱ روز میزان VS ۳۸ درصد و نسبت VS/TS ۵۵ درصد کاهش یافته است. تعداد کلیفرم‌های مدفوعی پس از گذشت ۲۲ روز از $10^8 \times 1/93$ به $10^6 \times 1/08$ تقلیل یافته است و حداکثر در کلاس B استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا قرار می‌گیرد که جهت مصارف کشاورزی کاربرد نخواهد داشت و تنها در اراضی جنگلی و احیاء خاک‌های ضعیف می‌تواند به کار گرفته شود.

علوی مقدم و همکاران در سال ۱۳۸۶ به بررسی امکان بازیافت لجن خشک شده تصفیه خانه‌های فاضلاب تهران و استفاده در امر کشاورزی پرداختند. در این تحقیق لجن مورد استفاده جهت کاربرد در کشاورزی، با توجه به مقررات بخش ۵۰۳ آیین نامه ۴۰CFR استاندارد EPA، در کلاس B واقع می‌شود، در نتیجه رعایت محدودیت‌های مصرف از نظر نوع محصول و زمان برداشت ضرورت می‌یابد. موحدیان عطار و همکارانش جهت تثبیت لجن مخلوط فاضلاب شهری اصفهان، هاضم‌های طراحی نمودند که توانست مقادیر VS ، COD ، TS را $45/22$ ، $43/03$ و $52/38$ درصد با زمان ماند ۱۸ روز، کاهش داد.

ساکای^۱ و همکاران در سال ۲۰۰۰ موفق به حذف ۴۰ درصدی VSS پس از ۴۰ روز هضم‌های شدند.

رز و زاپانیک^۲ در سال ۲۰۰۲ با زمان ماند ۱۷ روز به وسیله هاضم‌های پیوسته کاهش ۶۲/۳ درصدی VSS بودند.

اچ و همکاران^۳ استراتژی‌های دفع لجن طبق تکنولوژی‌های تصفیه در جهت رسیدن لجن فاضلاب به سطح قابل تحمل را بررسی کرده‌اند. ایشان در مورد استراتژی‌های مختلف دفع لجن فاضلاب، خصوصاً استراتژی (استفاده از زمین) و استراتژی (تولید محصول) بحث می‌کنند. در استراتژی (استفاده از زمین) طبق قوانین جدید در اروپا مانند مسئله گندزدایی، لجن مستلزم تثبیت می‌باشد. این روش نیاز به کنترل کیفی لجن به طور سخت گیرانه و گندزدایی نهایی دارد و استراتژی (تولید محصول) شامل بازیافت و خاک‌های زیستی است که برای استفاده در مزارع گزینه مناسبی می‌باشد. همچنین در مورد طراحی و تجربیات عملیاتی روش‌های گندزدایی/تثبیت در نروژ بحث می‌کند. در این مطالعه به این مسئله توجه می‌شود که در استراتژی (تولید محصول) تفاوتی بین تولید (خاک‌های زیستی) و تولید محصولات ویژه (انرژی، نوترینت، کواگولانت و ...) وجود دارد و به طور قابل توجهی این محصولات ارزیابی می‌شوند.

1 Sakai
2 Ros& Zupanic
3 H & AT AL

۵- روش شناسی تحقیق

این تحقیق به صورت تجربی-آزمایشگاهی در مقیاس پایلوت به مدت سه ماه و در فصول بهار و تابستان در سال ۱۳۹۹ در دو مرحله و در آزمایشگاه تصفیه خانه شهر صنعتی البرز و آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط زیست استان قزوین انجام شد. روش کار در این پژوهش به ترتیب در ذیل آمده است.

۶- متغیرها

جدول ۱- متغیرهای پژوهش و تعاریف مجمل آن

نام متغیر	نوع متغیر	نقش متغیر	تعریف عملی متغیر
pH	مستقل	کمی	$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ بین ۱۴-۰ است.
TS	مستقل	کمی	نمونه هایی هستند که پس از خشک کردن لجن در ۱۰۳ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت باقی می‌مانند.
VS	مستقل	کمی	نمونه هایی که پس از خشک کردن لجن در ۵۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت باقی می‌مانند.
BOD ₅	مستقل	کمی	اکسیژن مورد نیاز باکتری‌ها برای تثبیت مواد آلی قابل تجزیه تحت شرایط هوازی
COD	مستقل	کمی	اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه تمام ترکیبات آلی تحت شرایط اسیدی با اکسید کننده‌های قوی
TN	مستقل	کمی	یکی از عناصر شیمیایی در جدول تناوبی است با عدد اتمی ۷ است. عنصر اصلی در بافت‌های زنده است.
TP	مستقل	کمی	فسفر یک عنصر شیمیایی جدول تناوبی با عدد اتمی ۱۵ است. یکی از عناصر حیاتی برای زندگی ارگانیسم‌های طبیعی اند
Total Coliform	مستقل	کمی	باکتری‌های میله‌ای شکل هوازی و بی هوازی اختیاری، گرم منفی، که لاکتوز را با تولید گاز تخمیر می‌کنند.
Fecal Coliform	مستقل	کمی	کلیرم‌های مقاوم به حرارت که لاکتوز را در ۴۴/۵ درجه سانتیگراد تخمیر می‌کنند.
تصفیه پذیری به روش هوازی مزوفیلیک	وابسته	کمی	اکسیداسیون و تجزیه بخش آلی لجن به وسیله میکروارگانیسم‌ها و در حضور اکسیژن
شاخص نماتودهای روده ای	مستقل	کمی	تعدد بسار دارند. زیر شاخه‌های نماتودهای روده‌ای (آسکاریس لامبریکوئیدس، کرم شلاق و کرم‌های قلابدار) است.
تخم کرم‌ها	مستقل	کمی	تخم کرم‌هایی که در دستگاه گوارش قرار دارد.
دفع سطحی لجن	وابسته	کیفی	روشی که در آن زمین برای دفع نهایی لجن استفاده می‌شود
کاربرد لجن در زمین	وابسته	کیفی	پاشیدن جامدات بیولوژیکی روی سطح زمین با هدف آماده سازی خاک یا تقویت رشد گیاهان در خاک.

۷- روش تجزیه و تحلیل داده ها

همچنین به منظور ارزیابی قابلیت استفاده از لجن حذف شده در هاضم هوازی شاخص‌های میکروبی FC، TC و تخم انگل و نماتودهای روده‌ای مورد پایش قرار گرفت و با استانداردهای زیست محیطی USEPA مقایسه شد. همچنین جهت رسم نمودارها از نرم افزارها Excel 2007 استفاده شد.

۸- روش‌های نمونه برداری و آزمایشات

پارامترهای مورد آزمایش در این تحقیق و نیز روش آنالیز آنها به همراه حجم نمونه مورد نیاز در جدول ۱-۳ آمده است.

جدول ۲ نام و روش آزمایش و حجم نمونه

حجم نمونه	روش استاندارد	نام آزمایش
2 mL	5220 C(CLOSED Reflux Method)	TCOD
10 mL	5210 B (5-Day BOD Test)	BOD5
5 mL	2540 B (Total Solids Dried at 103-105°C)	Total Solids
-	2540 E (Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C)	Volatile Solids
220 mL	4500-N Kjeldahl	Total Nitrogen
5 mL	4500-p	Phosphorus
-	9221 C Estimation of Bacterial Density	MPN (most probable numbers)
-	10550 A	Intestinal nematodes
300 mL	METHOD 1683 U.S. Environmental Protection Agency Office of Water	SOUR
-	2510	Electrical Conductivity (EC)
-	AAS	Cadmium
-	AAS	Molybdenum (Mo)
-	AAS	Lead (pb)
-	AAS	Argon (Ar)
-	AAS	Selenium

۹- نام و مدل دستگاه‌های مورد استفاده

نام و مدل دستگاه‌های مورد استفاده در این پروژه جهت انجام آزمایشات مربوطه در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول ۳ نام و مدل دستگاه‌های مورد استفاده در انجام آزمایشات

مدل دستگاه	نام دستگاه
Lutron CD-4306	EC meter
HACH NATOQUE	Cod Reactor
pH Meter Swiss MADC	pH meter
WA.2.17SD	Do meter
AAS Bolo	Atomic Adsorbtion
DR 2800	اسپکتروفتومتر
Nabertherm L3/11/S27	کوره
Mettler AC 100	ترازوی دیجیتال
Lovibond ET 619-9	انکوباتور یخچال دار
R.P.M × 100 PARTA2mAco	سانتریفیوژ
PS 8500	هواده دیفیوژری
BA620	میکروسکوپ الکترونی

۱۰- یافته‌های تحقیق

۱۰-۱- محاسبه حجم لجن تصفیه خانه

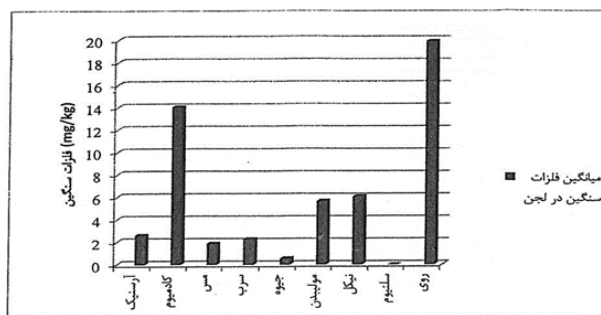
حجم لجن تولیدی این تصفیه خانه در ورودی به استخرهای لجن خشک کن با احتساب ۴/۸ ساعت کار پمپ با دبی $180 \text{ m}^3/\text{h}$ برابر $864 \text{ m}^3/\text{day}$ می‌باشد که با در نظر گرفتن میانگین 26360 mg/L TS برابر $22/748 \text{ ton/day}$ محاسبه شد.

۱۰-۲- نتایج آنالیز خصوصیات لجن ورودی به استخرهای لجن خشک فلزات سنگین

جدول ذیل مربوط است به آنالیز فلزات سنگین لجن ورودی به استخرهای لجن خشک کن در دو زمان متفاوت در تاریخ‌های ۹۵/۰۴/۰۳ و ۹۵/۰۴/۱۴ و میانگین آنها و همچنین استاندارد قابل قبول برای کاربرد در زمین کشاورزی و دفع سطحی.

جدول ۴ غلظت های فلزات سنگین در لجن ورودی به استخرهای لجن خشک کن در فصول مختلف

میانگین mg/kg	مقادیر آنالیز شده		مقدار استاندارد mg/k	نام فلز
	فصل تابستان	فصل بهار		
۲/۶	۳/۰۲	۲/۱۷	۷۵	آرسنیک
۱۴/۰۳	۱۴/۱۳	۱۳/۹۴	۸۵	کادمیوم
۱/۸۷	۲/۰۸	۱/۶۷	۴۳۰۰	مس
۲/۲۵	۲/۰۷	۲/۴۴	۸۴۰	سرب
۰/۵۴	۰/۷۰۵	۰/۳۸	۵۷	جیوه
۵/۶۵	۶/۱۱	۵/۲	۷۵	مولیبدن
۶/۰۵	۶/۷۱	۵/۴	۴۲۰	نیکل
تشخیص داده نشد	تشخیص داده نشد	تشخیص داده نشد	۱۰۰	سلنیوم
۱۹/۸۷	۲۱/۴۵	۱۸/۳	۷۵۰۰	روی



شکل ۳ میانگین غلظت فلزات سنگین در لجن ورودی به استخرهای لجن خشک کن در فصول بهار و تابستان

جدول ۵ مقادیر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و تصفیه پذیری لجن ورودی به استخرهای لجن خشک کن

نام پارامتر	۹۹/۰۳/۱۰	۹۹/۰۳/۱۱	۹۹/۰۳/۱۲	۹۹/۰۳/۱۳	۹۹/۰۳/۱۴	۹۹/۰۳/۱۵	۹۹/۰۳/۱۶	۹۹/۰۳/۱۷	۹۹/۰۳/۱۸	۹۹/۰۳/۱۹
OUR	۲/۰۲	۱/۵۲	۰/۸	۰/۶۳	۰/۵۱	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۱۸
SOURθ MG O2/gh	۵/۲	۴/۱۸	۲/۷۵	۲/۶۴	۲/۳۲	۱/۸۲	۱/۷۵	۱/۷	۱/۶	۱/۱۴
SOUR20 MG O2/gh	۵/۵۴	۴/۳۹	۲/۸۹	۲/۷۷	۲/۴۴	۱/۹۱	۱/۸۴	۱/۷۸	۱/۶۸	۱/۴
TS mg/L	۲۲۹۴۰	۲۱۷۹۰	۱۷۴۳۰	۱۵۲۱۰	۱۳۱۵۰	۱۲۸۵۰	۱۲۳۱۰	۱۰۹۴۰	۹۳۷۰	۸۰۵۰
VS mg/L	۱۶۲۸۰	۱۴۳۸۰	۱۰۶۴۰	۹۲۴۰	۷۶۲۰	۷۴۵۰	۶۸۹۰	۵۹۱۰	۴۹۶۰	۴۱۱۰
VS/TS	۰/۷۰۹۶	۰/۶۵۹۹	۰/۶۱۰۴	۰/۵۸۳۲	۰/۵۲۹۷	۰/۵۵۹۷	۰/۵۴۰۲	۰/۵۲۹۳	۰/۵۱۰۵	۰/۵۱۰۵
FC MPN/g ds	۱/۷×۱۰۶	۸/۲×۱۰۵	۳/۰۴×۱۰۵	۴/۲×۱۰۴						۵/۵×۱۰۳
TC MPN/g ds	۱/۶۱×۱۰۷	۲/۷×۱۰۶	۱/۸/۱۰۶	۴/۸×۱۰۵						۳×۱۰۶
تخم انگل MPN/4g ds	۲۸۰			۱۵۰						۱۰۲
BOD5 mg/L	۱۶۲۲۰									۲۷۹۰
COD mg/L	۴۰۰۰									۱۶۳۳۰

۱۱- بحث

۱۱-۱- وضعیت تثبیت

دو معیار مهم تثبیت در لجن های دفعی از تصفیه خانه ها نسبت VS/TS و SOUR20 می باشد که به ترتیب در لجن های تثبیت شده حداکثر برابر ۰/۶ و 2mg o2/gh می باشد. همچنین از آنجایی که عمل تثبیت لجن در نتیجه کاهش جامدات فرار کل به عنوان یک شاخص خوب به شمار می رود، کاهش حداقل ۴۰ درصد جامدات فرار از نظر مقررات زیست محیطی لازم و ضروری است. بر همین اساس لجن هایی خروجی به استخرهای لجن خشک کن این تصفیه خانه با میانگین SOUR20 برابر 5/18(mg/h)/h و میانگین نسبت VS/TS برابر ۷۲ درصد خام بوده و به تثبیت نرسیده اند و از جمله دلایل عدم تثبیت می توان به عدم راهبری مناسب حوضچه های تثبیت اشاره کرد که با وجود ۱۲ عدد هواده DO در آن صفر و زمان ماند بسیار کم در این حوضچه ها می باشد که باعث مختل شدن روند تثبیت مناسب می باشد.

۱۱-۲- وضعیت میکروبی

نتایج آزمایشات میکروبی نمونه های لجن ورودی به استخرهای لجن خشک کن نشان می دهد که میانگین دانسیته کلیفرم های مدفوعی در دو نمونه برداشت شده برابر 3×10^6 MPN/gds می باشد که با استاندارد لجن کلاس A و B USEPA اختلاف زیادی ندارد. مطابق داده های تحقیق در بررسی جداگانه از نمونه ها، نمونه شماره ۱، استاندارد کلاس A را تامین نمی کند ولی از حداکثر مجاز استاندارد کلاس B کمتر بود. با توجه به اینکه به صورت میانگین جمعیت میکروبی این لجن ها در گروه B قرار نگرفته نمی توان در مجموع این لجن ها را در هیچ گروهی از استاندارد EPA قرار داد.

۱۱-۳- وضعیت تخم انگل

هر چند برای لجن کلاس B مقررات کاهش پاتوژن USEPA، تنها انجام آزمون تعیین دانسیته کلیفرم مدفوعی به عنوان شاخص کافی می باشد و نیازی به انجام سایر آزمایش های تعیین کیفیت میکروبیولوژیکی مثل ویروس ها، سالمونلا و تخم انگل نیست، ولی به لحاظ اهمیت تخم انگل آزمون اختصاصی برای تعیین دانسیته تخم انگل بارور در لجن انجام گردید (ناصح، ۱۳۹۴). نتایج حاصله از بررسی تخم انگل ها نیز نشان می دهد که تعداد آنها به طور میانگین برابر 320MPN/4g ds می باشد که این مقدار الزمات کلاس A را تامین نمی کند.

۱۱-۴- رنگ ظاهری و بو

لجنهای تثبیت شده به روش هوازی دارای رنگ قهوه ای روشن و بدون بو تعفن هستند. لجن های تولیدی این تصفیه خانه در ورودی به استخرهای لجن خشک کن دارای شرایط متعفن با رنگ قهوه ای تیره تا کاملاً سیاه بودند این ویژگی ها کاملاً با خصوصیات لجن های تثبیت شده هوازی در تناقض است.

۱۱-۵- بحث درباره نتایج آزمایش های انجام شده از دو مرحله بارگذاری لجن به راکتورهای تثبیت

هوازی

بررسی نتایج دو مرحله بارگذاری جداگانه هاضم های هوازی نشان می دهد که پارامترهای اندازه گیری شده در طول فرآیند هضم در بیوراکتور در جهت تثبیت پیش رفته اند. سرعت تثبیت در ابتدای هضم بیشتر و در انتهای فعالیت راکتور کمتر بوده است. به عبارت دیگر فرآیند هضم با گذشت زمان کاملتر شده و سرعت تثبیت کاهش یافته است. از آنجایی که یکی از اهداف این پژوهش بعد از بررسی مستقیم پارامترهای تصفیه پذیری، فلزات سنگین و پارامترهای میکروبی، بررسی تثبیت هوازی در راکتور بوده و برای کاربرد این لجن ها در زمین و دفع سطحی پارامترهای تصفیه پذیری و میکروبی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در ادامه آمده است.

۱۱-۶- مقایسه با مقررات کاهش پاتوژن

سازمان حفاظت زیست آمریکا مقررات زیست محیطی لجن های دفعی از تصفیه خانه های فاضلاب را با توجه به شاخص های میکروبی و انگلی به دو گروه A و B تقسیم کرده است و روش های دفع و استفاده مجدد از هر یک را مشخص نموده

است (اسدی، ۱۳۹۴). نتایج آنالیزهای میکروبی هاضم هوازی لجن ورودی به استخرهای لجن خشک کن شهر صنعتی البرز نشان می دهد که هیچکدام از این هاضم ها شرایط میکروبی و انگلی کلاس A را تامین نکردند. اما کلیفرم های مدفوعی لجن راکتور شماره ۱ قبل از شروع فعالیت پایین تر از حد مجاز استاندارد کلاس B قرار داشت و راکتور شماره ۲ نیز بعد از گذشت ۷ روز توانست به استاندارد کلاس B برسد. و از آنجاییکه مصرف لجنی که در این کلاس قرار می گیرد، مناسب کود در کشاورزی نیستند تنها می توان برای اصلاح خاک های نامرغوب و یا دفن در اراضی جنگلی از آنها استفاده شود.

۱۱-۷- مقایسه با مقررات کاهش جذب ناقلین

مقررات کاهش جذب ناقلین برای لجن های هضم شده به طریق هوازی در هنگامی که درصد جامدات فرار در طول تثبیت بیش از ۳۸ درصد کاهش یابد و یا هنگامی که سرعت جذب اکسیژن در ۲۰ درجه سانتیگراد معادل و یا کمتر از $2\text{mgo}2/\text{gh}$ یا نسبت VS/TS کمتر از $0/6$ باشد برآورده خواهد شد. با توجه به نتایج آنالیز راکتورها، سرعت جذب اکسیژن در ۲۰ درجه سانتیگراد در راکتور شماره ۱ در روز بیست و چهارم ($1/82\text{mgo}2/\text{gh}$) و در راکتور شماره ۲ در روز بیست و یکم ($2\text{mgo}2/\text{gh}$) درصد کاهش جامدات فرار در راکتور شماره ۱ در روز شانزدهم (۴۳٪) و در راکتور شماره ۲ در روز دوازدهم (۴۶٪) و نسبت VS/TS در راکتور شماره ۱ در روز شانزدهم ($0/6$) و در راکتور شماره ۲ در روز بیست و یکم ($0/6$) به مقدار مجاز رسیده است. با توجه به موارد فوق بطور میانگین در روز بیست و یکم کاهش جذب ناقلین برآورد شده و این روز را باید حداکثر زمان لازم برای برآورده شدن مقررات جذب ناقلین دانست.

موحدیان و همکاران جهت تثبیت لجن مخلوط فاضلاب شهری اصفهان از راکتور هوازی استفاده کرده اند که در زمان ماند ۱۱ روز به حداقل ۴۰ درصد حذف مواد فرار دست یافتند. بررسی کارایی هاضم هوازی در تثبیت لجن تصفیه خانه شهر سرکان توسط فرزاد کیا و همکاران نشان داد که با زمان ماند ۱۷ روز تثبیت لجن صورت گرفته و مقررات کاهش جذب ناقلین تامین شده است اما برای رسیدن به کلاس B استاندارد USEPA شرایط هضم هوازی حداقل بایستی به مدت ۲۲ روز برقرار باشد. در مطالعه ای دیگر شنگ جی یو و همکاران در سال ۲۰۱۰ به بررسی هاضم های هوازی مزوفیل و ترموفیل جهت هضم مخلوطی از لجن اولیه و ثانویه پرداخته اند. هاضم های هوازی پس از ۱۵ روز میزان VS ، TCOD ، TS را ۲۷، ۳۰ و ۲۶ درصد حذف کرد.

همچنین در مطالعه ای که توسط Pinjing He و همکاران در سال ۲۰۱۳ صورت پذیرفت به وسیله هاضم هوازی توانستند جامدات فرار را پس از ۸۶ روز، ۶۶/۱ درصد کاهش دهند.

۱۱- نتیجه گیری

نتیجه گیری کلی که می توان از این مطالعه گرفت این است که در حال حاضر لجن فعلی که از خروجی های حوضچه های تثبیت شده به استخرهای لجن خشک کن ریخته می شوند خام و تثبیت نشده اند که هر گونه استفاده از این لجن ها به هر نحوی ممنوع است و فقط می تواند بعد از خشک شدن با شرایط ویژه ای آنها را دفع نمود اما اگر خواسته شود که این لجن ها برای کود یا استفاده در جنگل کاری و یا اصلاح خاک استفاده شود باید سیستم تثبیت این تصفیه خانه اصلاح گردد و از آنجاییکه سیستم تصفیه خانه بر مبنای هضم هوازی طراحی شده و مقدار اکسیژن هواده های این حوضچه ها کافی نبوده (در تمامی نمونه ها صفر محاسبه شده است) لذا باید سیستم هواده ای این حوضچه ها در جهت تامین اکسیژن محلول حداقل $1\text{mg}/\text{L}$ اصلاح گردند. همچنین با توجه به حداقل زمان تثبیت هوازی که ۴۰ روز در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد می باشد باید زمان ماند در این حوضچه ها افزایش یابد. در صورت اصلاح موارد فوق لجن مراحل تثبیت را به خوبی طی کرده و به استاندارد کلاس B می رسد و ممکن است تحت برخی شرایط در برخی پارامترها مثل کلیفرم های مدفوعی استاندارد کلاس A را نیز اخذ نماید.

۱۲- پیشنهادها

۱. لازم است آزمایش های بیشتر و دقیق تری بر روی پساب و لجن تصفیه خانه صورت پذیرد
۲. صنایع شناسایی شده و آنالیز دقیق بر روی پساب آنها صورت پذیرد و در صورت لزوم پساب آن صنایع به روش دیگری که فلزات سنگین را کاهش می دهند تصفیه شوند و بعد به شبکه جمع آوری فاضلاب شهر صنعتی اضافه گردند.
۳. لازم است بر روی مقدار مواد آلی مقاوم به تجزیه و سایر آلاینده ها آنالیز دقیقی صورت پذیرفته و با استانداردهای در این زمینه مقایسه شوند.

۴. پیشنهاد می گردد برای ادامه تحقیقات علاوه بر اندازه گیری موارد فوق در صورت استفاده از لجن برای مصارف کود و اصلاح زمین این اندازه گیری ها در خاک های مزارع و زمین هایی که این لجن ها در آنها استفاده می شود مورد مطالعه قرار گیرد تا بتوان کاربرد واقعی این لجن ها را تعیین کرد.

منابع

۱. اسدی، بهنام. ۱۳۹۴. تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد از آن در کشاورزی. مجله آب و فاضلاب، شماره ۱۶.
۲. مهرداد، ناصر، مهرداد عدل و محمدرضا زرنکابی ۱۳۸۰. مدیریت صنعت زه آب های کشاورزی. گروه کار اثرات زیست محیطی طرح های آبیاری و زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره انتشار ۴۲
۳. مهندسین مشاور یکم. ۱۳۸۹. پروژه تدوین برنامه بهره برداری از آب های شور، لب شور و غیر متعارف در سطح حوضه های آبریز کشور - گزارش شماره دو شناخت پتانسیل منابع آب های شور، لب شور و غیر متعارف در سطح حوضه های آبریز کشور. جلد اول - پتانسیل منابع آب های سطحی شور، ل بشور.
۴. مهندسین مشاور یکم. ۱۳۹۶. پروژه تدوین برنامه بهره برداری از آب های شور، لب شور و غیر متعارف در سطح حوضه های آبریز کشور - گزارش شماره دو شناخت پتانسیل منابع آب های شور، لب شور و غیر متعارف در سطح حوضه های آبریز کشور. جلد دوم - منابع آب های زی رزمینی شور و لب شور.
۵. ایرانی، بهمن. ۱۳۹۹. بررسی تغییرات کمی-کیفی و میزان خود پالایی نهر فیروز آباد. گزارش فنی. مؤسسه تحقیقات فنیمهندسی کشاورزی
۶. محمدی، بهمن. ۱۳۹۴. بررسی میزان جذب کادمیوم از محیط ریشه و میزان تجمع آن در اندام محصولات زراعی. پایان نامه دکتری. گروه محیط زیست دانشگاه تهران.
۷. راسخی، بهمن، ۱۳۸۹. اثرات زیست محیطی و برنامه پایش در طرح های تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب در کشاورزی مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، جلد ۵، شماره ۱۸، تابستان ۱۳۷۹ پایدار
۸. خاکی، محمدرضا (۱۳۸۴). روش تحقیق در علوم انسانی، چاپ دهم، نشر آگاه.
۹. یارقلی، بهمن ۱۳۸۹. بررسی علل گرفتگی قطره چکان ها طی استفاده از پسابها در آبیاری قطره‌ای. مجله آب و فاضلاب، شماره ۳۷،
۱۰. -ناصر، رضا ۱۳۹۰. بررسی عملکرد سیستم بیودیسک دوار در تصفیه فاضلاب خانگی برای استفاده در کشاورزی. مجله آب و فاضلاب، شماره ۳۴، تابستان
۱۱. یارقلی، بهمن ۱۳۹۱. طراح و اجرای پروژه های جامع تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب در کشاورزی پایدار. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، جلد ۴، شماره ۱۶
12. Abedi – koupai, j et al, 2001. Influence of treated wastewater and irrigation systems on soilphysical properties in Isfahan province. ICID International workshop on wastewater reusemanagement. Sep. 19-20. Seoul, Korea. 165-173.
13. Agriculture Western Australia. Farmnote 73/99. Water quality for farm, garden and
14. use.http://www.agric.wa.gov.au/agency/pubns/farmnote/1999/f07399.htm
15. Ayers, S. and D.W. Westcot.1985. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29. Rev.
16. "Canadian Water Quality Guidelines: Industrial water",1987, Chapter5.

