پژوهشـــــی

مجله محیط شناسی، شماره ۳۷، بهار ۱۳۸٤، صفحه ۱۶-۹

مقایسه آزمایشگاهی تأثیر مواد منعقد کننده بر آمایش شیمیایی لجن در تصفیه خانه فاضلاب شهرک قدس (شهرک غرب) تهران

دکتر علی اکبر عظیمی *

مهندس فریبا گلریزان **

چکیده

در این پژوهش, تأثیر مواد شیمیایی منعقد کننده در آمایش لجن هضم شده در هاضم هوازی تـصفیه خانـه فاضـلاب شـهرک قـدس (غرب) مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور مواد شیمیایی منعقد کننده شامل پلی الکترولیت کـاتیونی, کلـرور فریـک, آهـک و آلوم با غلظت های مختلف به نمونه های لجن اضافه شده و سپس با انجام آزمایش های جار, مقاومت ویژه لجن نسبت بـه آبگیـری, کل مواد معلق فرار, اکسیژن خواهی شیمیایی و اکسیژن خواهی بیوشیمیایی پنج روزه و کدورت روی آب جـدا شـده از لجـن, مقـادیر غلظت بهینه هر ماده منعقد کننده اندازه گیری شده است. بر اساس نتایج به دست آمده, دامنه مقادیر بهینـه غلظـت پلـی الکترولیـت کاتیونی, کلرور فریک, آهک و آلوم به ترتیب برابر با ۱۵ تا ۲۰, ۴۲۰ تا ۴۵۰, ۶۵۰ تا ۷۰۰ و ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ میلی گـرم در لیتـر بـوده است. همچنین مقادیر مقاومت ویژه لجن نسبت به آبگیری برای لجن خام و لجن آمایش شـده بـا پلـی الکترولیـت کـاتیونی, کلـرور فریک, کلـرور فریـک همـراه بـا آهـک, آهـک و آلـوم, بـه ترتیـب معـادل $۱۰^{۱۳}$*۷/۶۸, $۱۰^{۱۳}$*۰/۳۴۷, $۱۰^{۱۳}$*۰/۸۳۹, $۱۰^{۱۳}$*۱/۸۹, $۱۰^{۱۳}$*۲/۳۶ و $۱۰^{۱۳}$*۲/۵۲ متر بر کیلوگرم به دست آمده است. از آنجایی که با کاهش مقاومت ویژه لجن نسبت بـه آبگیـری, عمـل آبگیری از لجن آسانتر می شود, می توان نتیجه گیری کرد که متناسب ترین مواد منعقد کننده بـرای آمـایش لجـن بـه ترتیـب پلـی الکترولیت کاتیونی, کلرور فریک, کلرور فریک همراه با آهک, آهک و آلوم است. براساس نتایج به دست آمده مقادیر بهینه pH بـرای آمایش لجن با پلی الکترولیت کاتیونی, کلرورفریک, آهک و آلوم, به ترتیب در محدوده ۷ تا ۷/۵, ۵/۵ تـا ۷/۵, ۹ تـا ۹/۵ و ۳/۵ تـا ۵ است. با توجه به آزمایش های انجام شده و در دسترس بودن مواد منعقد کننده, کلرور فریـک بـه عنـوان مـاده آمـایش کننـده لجـن پایلوت, انتخاب شد. با اضافه کردن کلرورفریک با غلظت ۴۴۰ میلی گرم در لیتر به لجن خروجی از هاضم هـوازی, زمـان لازم بـرای خشک شدن لجن (تولید لجن با غلظت مواد خشک ۴۵ درصد) در بسترهای خشک کننده از ۹ روز به ۴ روز کاهش یافت. بـه عبـارت دیگر چنانچه لجن ورودی به بسترهای خشک کننده لجن, آمایش شود, سطح بستر مورد نیاز متجاوز از پنجاه درصد کاهش می یابد.

کلید واژه

آمایش شیمیایی لجن، مواد شیمیایی منعقدکننده، مقاومت ویژه لجن نسبت به آبگیری، آبگیری لجن، بسترهای خشک کننده لجـن، تـصفیه خانـه فاضلاب شهرک قدس(غرب) تهران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۲/۶/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۳/۲/۷

* استادیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

** کارشناس ارشد مهندسی عمران محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

سرآغاز

حدود ۹۵ تا ۹۹ درصد لجن حاصل از تصفیه فاضلاب, در فرایند لجن فعال از آب تشکیل شده است. معمولاً جداسازی آب از لجن به منظور تغلیظ یا آبگیری آن به آسانی قابل انجام نیست.

آمایش لجن عبارت از مجموعه عملیاتی است که قبل از مرحله آبگیری یا تغلیظ لجن انجام می شود تا کار آبگیری و تغلیظ لجن بسهولت انجام گیرد (Veenstra & Both, 1994).

آمایش لجن ممکن است با روش فیزیکی (نظیر گرمادهی, یخ زدگی و تابش اشعه یون ساز) و روشهای شیمیایی (نظیر افزودن مواد منعقد کننده) صورت پذیرد.

آمایش شیمیایی که موضوع اصلی این مقاله است, می تواند با مواد آمایش کننده آلی یا معدنی صورت گیرد. مهم ترین مواد آمایش کننده غیر آلی, آهک, کلرور فریک و آلوم و مهم ترین مواد آمایش کننده آلی, پلی الکترولیت های کاتیونی, آنیونی و غیر یونی است. آمایش شیمیایی معمولاً به عنوان روش پیش تصفیه قبل از تغلیظ یا آبگیری لجن با استفاده از دستگاه های برقی – مکانیکی استفاده می شود. عمل بهینه سازی آمایش شیمیایی لجن, به مشخصات کمی و کیفی لجن, خصوصیات مواد شیمیایی و امکانات محلی بستگی دارد. بنابراین روش بهینه آمایش شیمیایی لجن, برای هر تصفیه خانه, باید با توجه به این عوامل, به طور اختصاصی تعیین شود (Hammer, 2001; WPCF, 1988). در این تحقیق سعی شده است که روشی مناسب برای آمایش شیمیایی لجن هاضم هوازی تصفیه خانه شهرک قدس (غرب) , ارائه شود.

در مورد آمایش شیمیایی لجن قبل از ریختن آن روی بسترهای لجن خشک کن, مطالعاتی که در سایر کشورهای صورت گرفته, متفاوت است. در استاندارد ایالات ده گانه[۲] امریکا, به استفاده از مواد شیمیایی آمایش کننده, با وجود آنکه این مواد, زمان خشک شدن لجن و متعاقباً مساحت بستر را کاهش می دهند, کمتر توجه شده است. بعضی از مطالعات نشان می دهد که افزودن ناچیز مواد پلیمری (کمتر از ۵۰ میلی گرم در لیتر) می تواند, عمل جدا شدن آب از لجن های حذف شده را تسریع کند (WEF, 1992). براساس توصیه سازمان حفاظت محیط زیست امریکا بهتر است, لجن اضافه شده به بسترهای خشک کننده با مواد پلیمری آمایش شود.

در مورد آمایش شیمیایی لجن با مواد منعقد کننده غیر آلی قبل از ریختن لجن روی بسترهای خشک کننده, توصیه ای نشده است (EPA, 1987; WPCF, 1988).

مطالعات اخیر نشان داده است که اگر لجن قبل از ریختن روی بسترهای خشک کننده, بخوبی آمایش شود تقریباً در یک سوم زمانی که برای خشک شدن لجن آمایش نشده, وقت لازم است, خشک می شود. زمان خشک شدن لجن آمایش نشده را نیز در آب و هوای خشک تا معتدل, حدود یک تا دو هفته ذکر کرده اند.

عدد pH بهینه برای عملکرد بهتر نمک های آهن مثل کلرورفریک بین ۶ تا ۸ و برای سولفات آلومینیوم (آلوم) معادل ۳ تا ۵ است (WPCF, 1988).

معرفی تصفیه خانه فاضلاب شهرک قدس (غرب)

این تصفیه خانه به منظور تصفیه فاضلاب خانگی شهرک قدس طراحی شده است و در مرحله توسعه نهایی, جمعیتی معادل ۱۳۰۰۰۰ نفر را تحت پوشش دارد. متوسط روزانه دبی فاضلاب ورودی به تصفیه خانه حدود ۴۵۰۰۰ متر مکعب در روز است که غلظت COD[۱] و BOD_5[۲] آن به ترتیب معادل ۲۲۰ و ۱۰۵ میلی گرم در لیتر است.

بر اثر تصفیه فاضلاب به طور متوسط, جمعاً حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ متر مکعب در روز لجن اولیه و ثانویه تولید می شود که پس از گذراندن مراحل تغلیظ, هضم هوازی و آبگیری در بسترهای خشک کننده, برای مصارف کشاورزی به خارج از تصفیه خانه هدایت می شود.

روشها و مواد مصرفی

نمونه برداری لجن و نگهداری آن

در این تحقیق, جمعاً ۲۹ نمونه از هاضم هوازی تصفیه خانه فاضلاب شهرک قدس از دی ماه سال ۸۰ تا مرداد ماه سال ۸۱, برداشت شده و برای انجام آزمایش های مورد نظر به آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران منتقل شده است.

برای تهیه هر نمونه ابتدا چهار نمونه لجن از چهار گوشه هاضم مذکور برداشت شده و پس از اختلاط با یکدیگر, بخشی از آن به عنوان نمونه لجن انتخاب شده است.

به منظور جلوگیری از تغییر ماهیت لجن, ظروف نمونه های برداشت شده بلافاصله در صندوق محتوی یخ قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شده است. نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه در دمای حدود ۴ درجه سلسیوس در یخچال قرار داده و در همان روز, آزمایش های لازم روی آن انجام شده است.

در مواردی که انجام برخی آزمایش ها, در نهایت به روزهای بعد موکول می شد, به ازای هر ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه لجن, ۰/۱ میلی

لیتر فرم آلدئید به لجن اضافه می شد تا مشخصات شیمیایی آن ثابت بماند. در هر حال, در طول دوره انجام آزمایش ها حداکثر زمان نگهداری هیچ نمونه ای در یخچال از یک هفته تجاوز نکرده است.

آزمایش های انجام شده

آزمایش های لازم روی نمونه های لجن در دو بخش کلی به قرار زیر انجام شده است:

- آزمایش های مربوط به تعیین مشخصات شیمیایی لجن؛
- آزمایش های مربوط به آمایش شیمیایی لجن.

تمام این آزمایش ها بر اساس دستورالعمل ارائه شده در کتاب ‹‹روش های استاندارد آزمایش های آب و فاضلاب›› انجام شده است (APHA, 1995).

آزمایش های مربوط به تعیین مشخصات شیمیایی لجن

در هر نوبت از نمونه برداری, آزمایش های تعیین pH, دما, مواد معلق کل[۳] و مواد معلق آلی[۴] روی نمونه لجن و آزمایش های کدورت, اکسیژن خواهی شیمیایی – COD) و اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) پنج روزه روی آب جدا شده از لجن انجام شده است.

آزمایش های مربوط به آمایش شیمیایی لجن

برای تعیین نوع و غلظت بهینه مناسب ترین مواد شیمیایی آمایش کننده لجن, اقدامات زیر روی نمونه های لجن انجام شده است:

- انجام آزمایش جار؛
- تعیین مقاومت ویژه[۵] لن, قبل و بعد از آمایش؛
- تعیین زمان لازم برای نصف شدن حجم لجن بر اثر عمل آبگیری طبیعی.

انجام آزمایش جار: از این آزمایش, برای تعیین تاثیر مواد منعقد کننده بر خاصیت ته نشینی مواد معلق لجن استفاده شده است.

آزمایش جار, روی نمونه های لجن بر اساس دستورالعمل ارائه شده در کتاب ‹‹روش های استاندارد آزمایش های آب و فاضلاب›› انجام شده است (APHA, 1995).

نحوه انجام آزمایش جار با مواد منعقد کننده مصرفی برای آمایش لجن در جدول شماره (۱) ارائه شده است. برای مشخص شدن اثر ماده منعقد کننده بر عمل آمایش لجن, پس از اتمام آزمایش جار, نمونه های لجن برای مدت نیم ساعت در حالت سکون نگهداری شده, تا مواد معلق آن ته نشین شود. سپس مقدار مواد معلق کل, اکسیژن خواهی شیمیایی و کدورت ‹‹آب بالای››[۶] لجن ته نشین شده و مقدار مواد معلق کار لجن ته نشین شده, اندازه گیری شده است.

جدول شماره (۱): مشخصات آزمایش جار برای تعیین تأثیر مواد منعقد کننده بر آمایش شیمیایی نمونه های لجن هضم شده در هاضم هوازی تصفیه خانه فاضلاب شهرک قدس (غرب), ۱۳۸۱–۱۳۸۰

نوع ماده منعقدکننده	اختلاط سریع		لخته سازی	
	سرعت دوران همزن (دور بر دقیقه)	زمان اختلاط (دقیقه)	سرعت دوران همزن (دور بر دقیقه)	زمان اختلاط (دقیقه)
کلرور فریک	۱۳۳	۲/۵	۳۵	۱۳
آهک	۱۳۵	۳	۳۵	۱۵
کلرور فریک و آهک	۱۲۳	روی هم۵	۳۳	۱۵
پلی الکترولیت کاتیونی	۱۶۰	۲	۴۰	۱۷

تعیین مقاومت ویژه لجن: مقاومت ویژه لجن, شاخصی است که مقاومت نسبی لجن در برابر عمل جدا شدن آب از لجن را نشان می دهد. طبق تعریف, هر چه مقاومت ویژه لجن بزرگ تر باشد, عمل جداسازی آب از لجن سخت تر انجام می شود.

معمولاً برای تعیین مقاومت ویژه لجن از فرمول زیر استفاده می شود (WPCF, 1988).

$$R = \frac{2bA^2P}{\mu C}$$

R : مقاومت ویژه لجن برحسب متر بر کیلوگرم

b : شیب خط نمودار (t/V) در مقابل V بر حسب ثانیه بر m^6

V : حجم آب جدا شده از لجن در زمان t بر حسب متر مکعب

t : زمان اعمال مکش بر حسب ثانیه

A : سطح فیلتر بر حسب متر مربع

P : مکش اعمال شده بر حسب نیوتن بر متر مربع

μ : گرانروی دینامیکی بر حسب نیوتن – ثانیه بر مترمربع

C : غلظت مواد خشک لجن بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب

مقاومت ویژه لجن طبق دستورالعمل ارائه شده در کتاب ‹‹آمایش لجن›› اندازه گیری شده است (WPCF, 1988).

تعیین زمان لازم برای نصف شدن حجم لجن بر اثـر عمـل آبگیری طبیعی(۷)

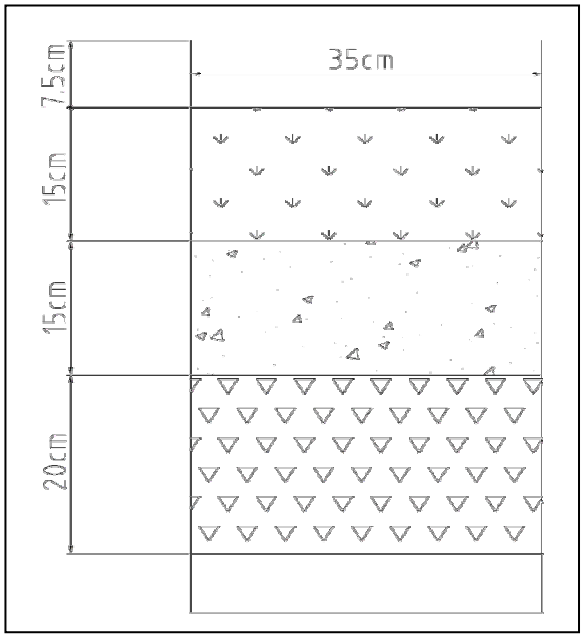
«زمان لازم برای نصف شدن حجم لجن بر اثر عمـل آبگیـری طبیعی» شاخص دیگری است که مقاومت نسبی لجن در برابر عمل جداسازی آب از لجن را مشخص می کند (WPCF, 1988).

بدیهی است در شرایط یکسان, هر چه زمان لازم بـرای نـصف شدن حجم لجن بـر اثـر آبگیـری طبیعـی کوتـاهتر باشـد, خاصـیت آبگیری از لجن بهتر است.

برای انجام این آزمایش حجم مشخصی از لجن را داخـل قیـف پوشانده شده با یک برگ کاغذ صافی (کاغذ واتمن شماره ۴۴) ریخته و زمان لازم برای جدا شدن آبی که حجـم آن معـادل نـصف حجـم اولیه لجن است, اندازه گیری شده است. شایان ذکر است که در ایـن آزمایش فقط نیروی جاذبه زمین بـه عنـوان عامـل جداکننـده آب از لجن عمل می کند.

ساخت پایلوت بستر خشک کننده لجن

به منظور بررسی تأثیر فرایند آمایش لجـن بـر سـرعت خـشک شدن لجن در بسترهای خشک کننده, دو دستگاه پایلوت به صـورت بستر خشک کننده لجن سـاخته شـد کـه مشخـصات آن در جـدول شماره (۲) و شکل شماتیک آن در شکل شماره (۱) , ارائه شده است (Veenstra & Both., 1994; Kawamura, 1991).



شکل شماره (۱): شکل شماتیک پایلوت بستر خشک کننده لجـن

شایان ذکر است که برای بررسی تـأثیر آمـایش لجـن بـر سـرعت عمل بسترهای خشک کننده لجن از کلرورفریک با غلظـت ۴۴۰ میلـی گرم در لیتر استفاده شده است. در این آزمایش ها, نمونه لجـن آمـایش شده روی یک بستر و نمونه لجن آمایش نشده روی بستر شاهد ریختـه شده و غلظت مواد خشک لجن روی بسترها, طبق برنامه زمانی منـدرج در جدول شماره (۳) اندازه گیری و با یکدیگر مقایسه شده است.

جدول شماره (۲): مشخصات پایلوت بستر خشک کننده لجن

نوع لایه بستر	ضخامت (سانتیمتر)	اندازه مؤثر یا D_{10} (میلی متر)	ضریب یکنواختی (D_{60}/D_{10})
لجن	۱۵ تا ۲۰	---	---
ماسه	۱۵	۰/۷۹۴	۱/۵۰
شن	۲۰	۱۵/۰	---

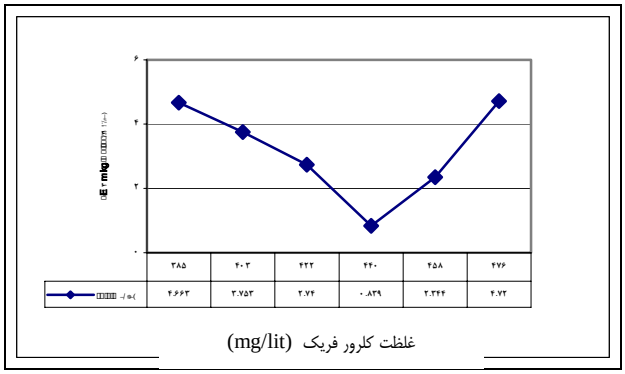
جدول شماره (۳): درصد غلظت مواد خشک لجن در طول دوره نگهداری لجن در بسترهای خشک کننده – تابستان ۱۳۸۱

زمان نگهداری	درصد غلظت مواد خشک لجن	
	لجن آمایش نشده	لجن آمایش شده
روز اول	۱/۵	۱/۵
روز دوم	۱۵	۳۱
روز چهارم	۲۲	۴۵
روز هشتم	۳۷	---
روز نهم	۴۶	---

تجزیه و تحلیل داده ها

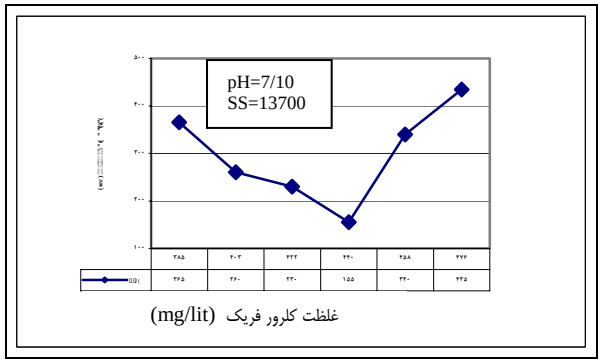
نتایج آزمایش های انجام شده

نتایج حاصل از انجـام آزمـایش هـا در نمودارهـای (۱) الـی (۸) و جدول شماره (۴) ارائه شده است. نمـودار شـماره (۱) تغییـرات مقاومـت ویژه لجن آمایش شده را در مقابل غلظت های مختلف کلرورفریک بـه عنوان ماده آمایش کننده لجن, نشان می دهد. این شـکل گویـای ایـن مطلب است که حداقل مقاومت ویـژه لجـن نـسبت بـه عمـل آبگیـری ($۸/۳۹*۱۰^{۱۲}$ متـر بـر کیلـوگرم), وقتـی حـادث مـی شـود کـه غلظـت کلرورفریک اضافه شده به لجن به طور میانگین حدود ۴۴۰ میلـی گـرم در لیتر (با درصد انحراف معیار ۱/۴۱) باشد.



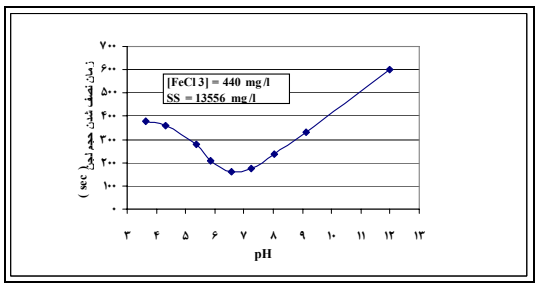
نمودار شماره (۱): مقدار مقاومت ویژه لجن آمایش شده در مقابل غلظتهای مختلف کلرور فریک

نمودار شماره (۲) مدت زمان لازم برای جدا شدن ۵۰ میلی لیتر آب از ۱۰۰ میلی لیتر لجن آمایش شده با کلرورفریک با غلظت های مختلف را نشان می دهد. این آزمایش نیز نشان می دهد که زمان لازم برای نصف شدن حجم لجن بر اثر آبگیری طبیعی وقتی به حداقل مقدار خود (۱۵۵ ثانیه) می رسد که غلظت کلرورفریک اضافه شده به لجن در حدود ۴۴۰ میلی گرم در لیتر باشد.



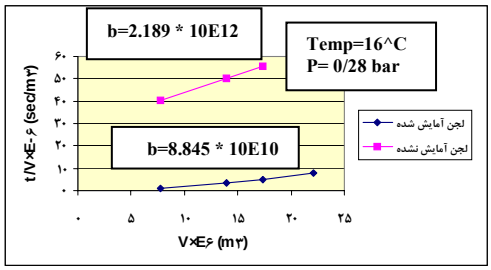
نمودار شماره (۲): مدت زمان لازم برای نصف شدن حجم لجن با توجه به غلظتهای مختلف کلرور فریک

نمودار شماره (۳), تأثیر pH بر خاصیت جداسازی آب از لجن آمایش شده با کلرورفریک را نشان می دهد. این نمودار نشان می دهد که چنانچه pH در محدوده ۵/۵ تا ۷/۵ قرار داشته باشد, زمان لازم برای نصف شدن حجم لجن بر اثر جاذبه زمین به حداقل مقدار خود می رسد. به عبارت دیگر, مناسب ترین محدوده pH برای جدا شدن آب از لجن آمایش شده با کلرور فریک حدود ۶/۵ است.



نمودار شماره (۳): تأثیر pH بر خاصیت جداسازی آب از لجن آمایش شده با کلرور فریک

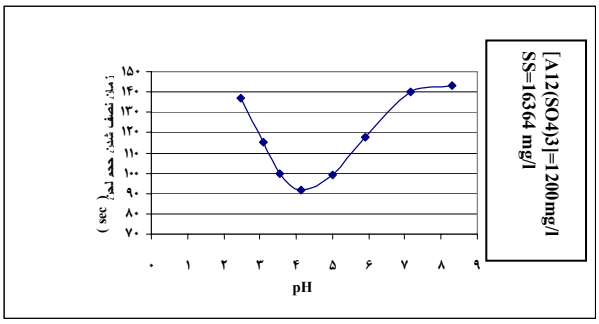
نمودار شماره (۴), تأثیر آمایش آهک فریک را بر روی مشخصه b در فرمول مقاومت ویژه نشان می دهد. B در واقع شیب خطی است که محور افقی آن حجم آب جمع آوری شده (V) در زمان t بر حسب متر مکعب و محور قائم آن حاصل تقسیم t/v است. چنانچه فشار, دما و سطح فیلتر یکسان باشد, هر چه شیب این خط بیشتر شود, نشان دهنده این است که زمان لازم برای فیلتر شدن مقدار مشخصی آب از لجن, طولانی تر شده و آبگیری از لجن مشکل تر است. در این حالت, مقاومت ویژه لجن نیز بالاتر است, همان طوری که در شکل نیز نشان داده شده است, شیب خط مذکور برای لجن آمایش شده کمتر است. مشخصه b برای لجن آمایش شده با غلظت بهینه کلرورفریک, در محدوده $۸/۷۳۱*۱۰^{۱۰}$ تا $۸/۹۳۸*۱۰^{۱۰}$ و به طور میانگین $۸/۸۴۵*۱۰^{۱۰}$ (SEC/m^6) با درصد انحراف معیار ۱/۱۶ قرار دارد, در صورتی که این مقدار برای لجن خام و آمایش نشده به طور میانگین $۲/۱۸۹*۱۰^{۱۲}$ به دست آمده است. این نمودار, نشان می دهد که آمایش لجن تا چه حد به عمل آبگیری از لجن و پایین آوردن مقاومت ویژه آن کمک می کند.



نمودار شماره (۴): تأثیر آمایش آهن سه ظرفیتی بر روی پارامتر b در فرمول مقاومت ویژه

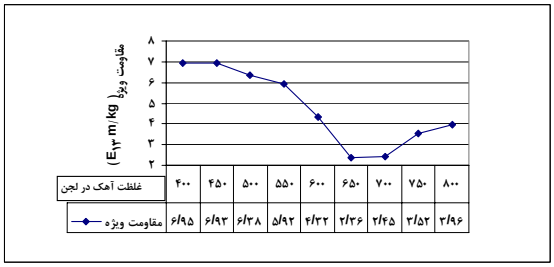
در نمودار شماره (۵), تأثیر pH بر خاصیت جداسازی آب از لجن آمایش شده با آلوم ارائه شده است. این شکل نشان می دهد که تأثیر آمایش آلومینیوم در محدوده pH برابر ۳/۵ تا ۵ بیشتر است. همان طوری که از روی نمودار مذکور مشخص است, چنانچه pH در محدوده

مذکور قرار داشته باشد, زمان لازم برای نصف شدن حجم لجن بر اثر جاذبه زمین به حداقل مقدار خود می رسد. به عبارت دیگر, مناسب ترین محدوده pH برای جداشدن آب از لجن آمایش شده با آلوم ۳/۵ تا ۵ است.



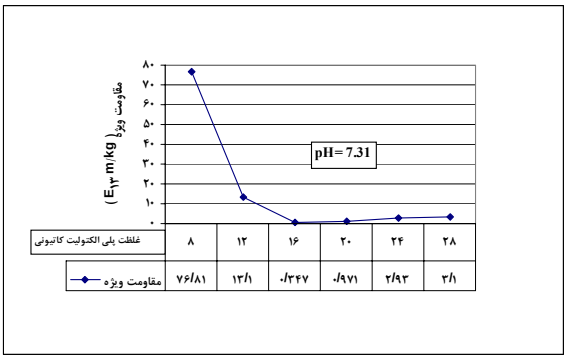
نمودار شماره (۵): تأثیر pH بر خاصیت جداسازی آب از لجن آمایش شده با آلوم

تأثیر استفاده از آهک در آمایش لجن و مقدار مقاومت ویژه لجن آمایش شده در مقابل غلظت های مختلف آهک در نمودار شماره (۶) نشان داده شده است. از این نمودار می توان نتیجه گرفت که غلظت بهینه آهک برای آمایش, در محدوده ۶۵۰ تا ۷۰۰ میلی گرم در لیتر (به طور متوسط ۶۷۵ میلی گرم در لیتر) است. وقتی غلظت آهک در این محدوده باشد, مقاومت ویژه لجن کمترین مقدار خود, یعنی به طور میانگین $۲/۳۶*۱۰^{۱۳}$ متر بر کیلوگرم را دارد. از مقایسه مقاومت ویژه لجن آمایش شده با کلرور فریک و آهک می توان نتیجه گرفت که حداقل مقاومت ویژه لجن آمایش شده با آهک, در حدود ۲/۸ برابر حداقل مقاومت ویژه لجن آمایش شده با کلرورفریک است. این مطلب نشان می دهد که کلرورفریک نسبت به آهک, آمایش بهتری انجام می دهد و عمل آبگیری را راحت تر می کند.



نمودار شماره (۶): مقدار مقاومت ویژه لجن آمایش شده در مقابل غلظتهای مختلف آهک

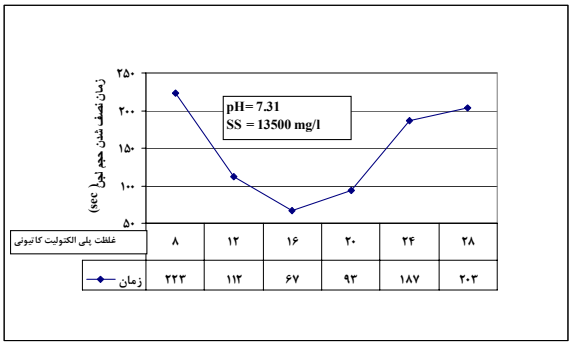
نمودار شماره (۷), مقاومت ویژه لجن آمایش شده را در مقابل غلظت های مختلف پلی الکترولیت کاتیونی نشان می دهد.



نمودار شماره (۷): مقاومت ویژه لجن آمایش شده در مقابل غلظتهای مختلف پلی الکترولیت کاتیونی

نمودار شماره (۸) نیز, مدت زمان لازم برای جداشدن ۵۰ میلی لیتر آب از ۱۰۰ میلی لیتر لجن آمایش شده با پلی الکترولیت کاتیونی با غلظت های مختلف را نشان می دهد. از دو نمودار مذکور می توان نتیجه گرفت که حدود غلظت بهینه پلی الکترولیت کاتیونی برای آمایش لجن هاضم هوازی تصفیه خانه ۱۵ تا ۱۸ میلی گرم در لیتر است. میانگین غلظت بهینه پلی الکترولیت کاتیونی ۱۶ میلی گرم در لیتر و درصد انحراف معیار آن ۷/۸ است. در این غلظت, مقاومت ویژه لجن آمایش شده به وسیله پلی الکترولیت کاتیونی, حداقل مقدار خود یعنی به طور میانگین $۰/۳۴۷*۱۰^{۱۳}$ متر بر کیلوگرم را داراست. همچنین زمان لازم برای فیلتر شدن لجن در محدوده ۶۰ تا ۷۰ ثانیه قرار دارد.

شایان ذکر است که نگهداری نمونه های لجن در دمای پایین نحوه تأثیر مواد منعقد کننده بر آمایش شیمیایی را تغییر می دهد. بنابراین مقدار دقیق غلظت بهینه هر ماده باید متناسب با دمای لجن در محل تصفیه خانه تعیین شود. البته باید توجه داشت که چون آزمایش های مربوط به مواد منعقدکننده مختلف در شرایط محیطی یکسان انجام شده است, نتایج به دست آمده با یکدیگر قابل مقایسه بوده و استفاده از آن به عنوان راهنما برای انجام آزمایش ها در تصفیه خانه بلامانع است.



نمودار شماره (۸): مدت زمان لازم برای نصف شدن حجم لجن با توجه به غلظتهای مختلف پلی الکترولیت کاتیونی

نتایج پایلوت بستر خشک کننده لجن

نتایج حاصل از نحوه خشک شدن لجن آمایش شده و لجن آمایش نشده روی بستر خشک کننده در جدول شماره (۳) ارائه شده است. منظور از لجن آمایش شده لجنی بوده است که کلرورفریک با غلظت حدود ۴۴۰ میلی گرم در لیتر با آن مخلوط شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول مذکور, زمان نگهداری لجن روی بستر خشک کننده برای اینکه غلظت مواد خشک آن به حدود ۴۵ درصد برسد برای لجن آمایش نشده و لجن آمایش شده, به ترتیب معادل ۹ و ۴ روز بوده است.

به عبارت دیگر چنانچه لجن قبل از تخلیه روی بستر خشک کننده, آمایش شود, سطح بستر خشک کننده مورد نیاز در حد زیادی کاهش می یابد.

جدول شماره (۴): ویژگی های آمایش لجن هاضم هوازی تصفیه خانه فاضلاب شهرک قدس (غرب) به وسیله مواد منعقدکننده, ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۱

ردیف	نوع ماده منعقدکننده	میانگین غلظت بهینه برحسب میلی گرم در لیتر	pH بهینه	حداقل مقاومت ویژه کسب شده ($10^{3}\ m/kg$)
۱	پلی الکترولیت کاتیونی	۱۶	۷–۷/۵	۰/۳۴۷
۲	کلرور فریک $(FeCl_3, 6H_2O)$	۴۴۰	۵/۵–۷/۵	۰/۸۳۹
۳	کلرور فریک و آهک	ابتدا کلرورفریک به میزان ۳۸۰ و سپس آهک به میزان ۶۵۰–۶۰۰ میلی گرم در لیتر	۶/۵–۷/۵	۱/۸۹
۴	آهک (CaO)	۶۵۰ تا ۷۰۰	بالای ۹	۲/۳۶

جمع بندی

اهم نتایج به دست آمده از انجام این تحقیق به قرار زیر است:

۱. آمایش لجن هضم شده در هاضم هوازی تصفیه خانه فاضلاب شهرک غرب با استفاده از مواد آلی (پلی الکترولیت کاتیونی) و مواد معدنی (کلرورفریک, آهک و آلوم) میسر است.

۲. کمترین مقاومت ویژه لجن نسبت به آبگیری بر اثر آمایش با استفاده از پلی الکترولیت کاتیونی با غلظت ۱۶ میلی گرم در لیتر به دست آمده است.

۳. غلظت بهینه پلی الکترولیت کاتیونی, کلرورفریک و آهک برای آمایش لجن مذکور به ترتیب ۱۶, ۴۴۰ و ۶۵۰ تا ۷۰۰ میلی گرم در لیتر است و مقاومت ویژه لجن آمایش شده و نظیر آن به ترتیب $۰/۳۴۷*۱۰^{۱۳}$, $۰/۸۳۹*۱۰^{۱۳}$ و $۲/۳۶*۱۰^{۱۳}$ متر بر کیلوگرم است. مقاومت ویژه لجن خام $۷/۶۸*۱۰^{۱۳}$ متر بر کیلوگرم بوده است.

۴. مناسب ترین محدوده pH برای آمایش لجن تصفیه خانه فاضلاب شهرک غرب به وسیله کلرورفریک و آلوم به ترتیب ۵/۵ تا ۷/۵ و ۳/۵ تا ۵ است.

یادداشت ها

1- Chemical Oxygen Demand
2- Biochemical Oxygen Demand
3- Total Suspended Solids (TSS)
4- Volatile Suspended Solids (VSS)
5- Specific Resistance
6- Supernatant

۷– «آبگیری طبیعی» نحوه جدا شده آب از لجن بر اثر اعمال نیروی جاذبه را نشان می دهد.

منابع مورد استفاده

American Public Health Association (1995), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed., Washington D. C., USA.

Hammer, M. J. 2001. Water and Wastewater Technology, 4th ed., Prentice – Hall Inc., New Jersey.

Kawamura, S. 1991. Integrated Design of Water Treatment Facilities. John Wiley and Sons, Inc., New York.

United States Environmental Protection Agency (USA), 1987. Dewatering Municipal Wastewater Sludges, Design Manual, EPA/ 625/ 1-87/ 014, Washington D. C., USA.

Veenstra S. and Both, G. 1994. Sludge Management, IHE, Delft, The Netherlands.

Water Environmental Federation (WEF). 1992. Sludge Conditioning. Manual of Practice (FD-14).

Water Pollution Control Federation, 1988. Sludge Conditioning, Manual of practice FD-14, Alexandria, USA.